Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi

Bagian 1 Kapal Samudra

Volume VI

PERATURAN PENGELASAN

Edisi Konsolidasi 2022

Biro Klasifikasi Indonesia

www.bki.co.id

Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi

Bagian 1 Kapal Samudra

Volume VI

PERATURAN PENGELASAN

Edisi Konsolidasi 2022

Biro Klasifikasi Indonesia

Hak cipta © 2022 Biro Klasifikasi Indonesia
Jl. Yos Sudarso No. 38-40, Tanjung Priok
Jakarta 14320 - Indonesia
rules@bki.co.id
www.bki.co.id

Menggandakan seluruh atau sebagian isi dari Peraturan ini, harus mendapatkan ijin tertulis dari Kantor Pusat Biro Klasifikasi Indonesia.

Kata Pengantar

Peraturan ini adalah edisi konsolidasi 2022 dari Peraturan Pengelasan Bagian 1 – Kapal Samudra, Volume VI. Dalam edisi ini tidak ada amendemen baru yang ditambahkan, hanya menggabungkan antara edisi 2021, RCN No.1, dan RCN No.2. Rangkuman dari edisi sebelumnya dan amandemen termasuk tanggal pemberlakukannya ditunjukkan pada Tabel berikut:

No.	Amendemen Peraturan	Tanggal efektif	Tautan
1.	Consolidated Edition 2021	-	🔗
2.	RCN No.1, May 2020	1 Juli 2021	🔗
3.	RCN No.2, November 2021	1 Januari 2022	🔗

Catatan: Versi lengkap amendemen Peraturan sebelumnya tersedia melalui tautan di atas.

Peraturan ini adalah versi terjemahan dari Rules for Welding (Pt.1, Vol.VI) Consolidated Edition 2022. Jika terdapat perbedaan penafsiran agar merujuk ke versi asli yang tersedia dalam Bahasa Inggris. Referensi dalam Peraturan ini dapat mengacu ke versi terjemahannya, jika tersedia.

Peraturan ini dapat diunduh melalui www.bki.co.id. Setelah diunduh, Peraturan ini akan menjadi salinan yang tidak terkendali. Edisi terbaru dapat diperiksa melalui situs web BKI.

Pertanyaan atau komentar lebih lanjut tentang Peraturan ini disambut baik dan dapat dikomunikasikan ke Kantor Pusat BKI.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Daftar Isi

Kata Pengantar iii

Daftar Isi v

Bab 1 Peraturan Umum 1–1
A. Umum 1–1
B. Peraturan, Standar dan Spesifikasi Lainnya 1–2
C. Informasi dalam Dokumen Kerja 1–2
D. Bahan, Mampu Las 1–3
E. Bahan Habis dan Bahan Bantu Pengelasan 1–3
F. Jaminan Mutu, Tanggung Jawab 1–4
G. Tes Inspeksi, Kewajiban 1–5

Bab 2 Persyaratan untuk Bengkel Las, Persetujuan 2–1
A. Persetujuan Bengkel Las 2–1
B. Persyaratan Bengkel Las 2–3
C. Inspeksi Bengkel Las 2–5
D. Uji Prosedur Pengelasan 2–5
E. Sertifikasi persetujuan, Sertifikat sesuai dengan ISO 3834 2–6

Bab 3 Uji Kualifikasi Juru Las 3–1
A. Umum 3–1
B. Lembaga Pengujian 3–2
C. Kinerja Uji Kualifikasi Juru Las 3–3
D. Rentang Kualifikasi 3–13
E. Sertifikasi 3–20
F. Periode Validitas, Uji Ulang 3–21
G. Uji Juru Las Lainnya 3–23

Bab 4 Pengujian Prosedur Pengelasan, Pengujian Produksi 4-1
A. Umum 4-1
B. Pelaksanaan Uji Prosedur Pengelasan dan Produksi 4-2
C. Evaluasi Hasil Pengujian, Persyaratan, Spesimen Uji Ulang, Laporan Pengujian 4-6
D. Batas Aplikasi, Periode Masa Berlaku 4-7

Bab 5 Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 5-1
A. Umum 5-1
B. Elektroda Berbungkus untuk Pengelasan Busur Logam Manual Baja Struktural Lambung 5-12
C. Kombinasi Gas-Kawat (Berinti-Fluks) dan Elektroda Kawat Berinti-Fluks untuk Pengelasan Baja Struktural Lambung 5-22
D. Kombinasi Kawat-Fluks untuk Las Busur Rendam Baja Struktural Lambung 5-26
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Pengelasan Elektrogas dan Elektroslag Baja Struktural Lambung 5-34
F. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Struktural Kekuatan Tinggi 5-36
G. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol 5-40
H. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Temperatur Tinggi 5-42
I. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu Austenitik dan Austenitik-Feritik untuk Baja Tahan Karat, Baja Non-Magnetik dan Baja Paduan Nikel Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol 5-45

J. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Paduan Aluminium 5-51
K. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Tembaga dan Paduan Tembaga 5-56
L. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Nikel dan Paduan Nikel.....5-57

Bab 6 Cat Dasar Mampu Timpa Las 6-1
A. Umum 6-1
B. Pengujian dan Persetujuan Cat Dasar 6-1
C. Pengawasan Penggunaan Cat Dasar, Uji Produksi 6-3

Bab 7 Prinsip-Prinsip Desain Umum 7-1
A. Umum 7-1
B. Informasi yang Terkandung dalam Dokumen Fabrikasi 7-1
C. Material, Kemampuan Las 7-2
D. Detail Desain 7-3
E. Penentuan Ukuran Sambungan Las 7-5

Bab 8 Pengerjaan Las 8-1
A. Umum 8-1
B. Persiapan Las, Perakitan 8-2
C. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal 8-3
D. Posisi Pengelasan, Urutan Pengelasan 8-3
E. Pelaksanaan Pengelasan 8-4
F. Pelurusan, Toleransi.....8-5
G. Perlakuan Las Pasca-Las 8-5

Bab 9 Perlakuan Panas 9-1
A. Ruang Lingkup.....9-1
B. Peralatan dan Perlengkapan Perlakuan Panas 9-1
C. Prinsip-Prinsip yang Berkaitan dengan Perlakuan Panas 9-2
D. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal, Masukan Panas selama Pengelasan 9-2
E. Perlakuan Panas Pasca-Las.....9-8

Bab 10 Uji Tak Rusak Las 10–1
A. Umum 10–1
B. Metode Uji, Peralatan dan Media Uji.....10–2
C. Kualifikasi Personel yang terlibat dalam NDT.....10–4
D. Rencana Inspeksi, Laporan Inspeksi 10–5
E. Waktu Inpeksi, Waktu Tunggu 10–7
F. Persyaratan, Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian 10–8
G. Evaluasi Hasil Pengujian 10–9
H. Perluasan Lingkup Inspeksi 10–11
I. Perbaikan, Inspeksi Ulang 10–12
J. Inspeksi Visual.....10–12
K. Pemeriksaan Radiografi 10–13
L. Inspeksi Ultrasonik.....10–16
M. Inspeksi Partikel Magnetik 10–21
N. Inspeksi Penetran Cair 10–24
O. Uji Tak Rusak Maju (ANDT) 10–25

Bab 11 Pengujian Mekanik dan Teknologi 11-1
A. Ruang Lingkup.....11-1
B. Persiapan Spesimen dan Pengujian 11-1
C. Pengujian Tarik 11-1

D. Pengujian Lengkung 11-4
E. Pengujian Impak Batang Bertakik (ISO 9016) 11-8
F. Pengujian Kekerasan Lasan (ISO 9015) 11-9
G. Inspeksi Metalografi 11-10
H. Laporan Inspeksi 11-11

Bab 12 Pengelasan Struktur Lambung 12–1
A. Umum 12–1
B. Persetujuan Galangan Kapal dan Bengkel Las, Personil Las 12–2
C. Pemeriksaan Mutu, Tanggung Jawab 12–2
D. Material, Mampu Las 12–3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 12–4
F. Prosedur Pengelasan, Uji Kualifikasi Prosedur 12–6
G. Desain, Penentuan Ukuran 12–32
H. Pengerjaan Las 12–49
I. Inspeksi Sambungan Las 12–58

Bab 13 Pengelasan Ketel Uap 13-1
A. Umum 13-1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 13-1
C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab 13-2
D. Material, Kemampuan Las 13-3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 13-3
F. Uji Prosedur Pengelasan 13-3
G. Teknik Pengelasan 13-7
H. Perlakuan Panas Pasca-Las 13-8
I. Inspeksi Komponen Las 13-10

Bab 14 Pengelasan Bejana Tekan 14–1
A. Umum 14–1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 14–2
C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab 14–2
D. Material, Kemampuan Las 14–3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 14–3
F. Uji Prosedur Pengelasan 14–4
G. Teknik Pengelasan 14–10
H. Perlakuan Panas Pasca-Las 14–11
I. Inspeksi Komponen Las 14–13

Bab 15 Pengelasan Perpipaan 15–1
A. Umum 15–1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 15–2
C. Tanggung Jawab Inspeksi Mutu 15–2
D. Material, Kemampuan Las 15–3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 15–3
F. Uji Prosedur Pengelasan 15–5
G. Teknik Pengelasan 15–8
H. Pemanasan awal 15–9
I. Perlakuan Panas setelah Pengerjaan Dingin atau Panas dan Pengelasan 15–10
J. Inspeksi Pengelasan Pipa 15–11

Daftar Isi

Annex A Permohonan Persetujuan sesuai dengan Peraturan Las A–1

Annex B Uraian Bengkel Las B–1

Annex C Pelaksanaan Uji Kualifikasi Juru Las..... C–1

Annex D Spesifikasi Prosedur Pengelasan Pabrik Pembuat D–1

Annex E Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu..... E–1

Annex F Cacat pada Sambungan Las Baja..... F–1

Annex G Cacat pada Sambungan Las Aluminium G–1

Annex H Perbandingan Kelas-kelas Sistem Film yang Setara, Diakui Secara Internasional..... H–1

Annex I Posisi Pengelasan dan Perbandingannya I–1

Bab 1 Peraturan Umum

A. Umum 1–1
B. Peraturan, Standar dan Spesifikasi Lainnya 1–2
C. Informasi dalam Dokumen Kerja 1–2
D. Bahan, Mampu Las 1–3
E. Bahan Habis dan Bahan Bantu Pengelasan 1–3
F. Jaminan Mutu, Tanggung Jawab 1–4
G. Tes Inspeksi, Kewajiban 1–5

A. Umum

1. Ruang Lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk semua pekerjaan pengelasan yang dilakukan dalam proses konstruksi baru, konversi atau perbaikan yang dilakukan pada kapal dan instalasi permesinannya, termasuk ketel uap, bejana tekan dan perpipaan, yang permohonan klasifikasinya telah diajukan kepada Biro Klasifikasi Indonesia atau yang telah diklasifikasikan oleh BKI.

Catatan:

Istilah "pengelasan", "pekerjaan pengelasan", "proses pengelasan" dll. yang digunakan dalam Peraturan ini juga mencakup semua proses penyambungan panas dan/atau mekanik lainnya seperti mematri yang memerlukan pra-kualifikasi yang harus dilakukan oleh personil yang memiliki kualifikasi dan dipantau terus-menerus karena menurut standar jaminan mutu proses-proses tersebut dianggap sebagai "proses khusus". Peraturan ini harus diterapkan dengan cara yang sama dengan proses-proses tersebut. Jika tidak ada ketentuan khusus yang dibuat dalam paragraf berikut, maka jenis dan ruang lingkup jaminan mutu yang disyaratkan akan ditentukan oleh BKI atas dasar kasus per kasus.

1.2 Peraturan ini juga berlaku untuk semua pekerjaan pengelasan pada komponen, instalasi atau perlengkapan yang Peraturan, Pedoman atau petunjuk teknis lainnya telah diterbitkan oleh BKI yang merujuk ke Peraturan ini.

1.3 Peraturan ini harus diterapkan dengan cara yang sama jika Peraturan, Pedoman atau petunjuk teknis lain yang diterbitkan oleh BKI tidak berisi instruksi khusus berkaitan dengan pekerjaan pengelasan.

2. Aplikasi di bidang lain

Peraturan ini dapat diterapkan dengan cara yang sama untuk pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada struktur dan komponen selain yang disebutkan di butir 1., jika pengawasan dan pemeriksaan menjadi perhatian BKI. Jika diperlukan, pengaturan yang sesuai harus dilakukan dengan BKI.

3. Pengecualian untuk Peraturan ini

Pengecualian terhadap Peraturan ini memerlukan persetujuan dari Kantor Pusat BKI dalam setiap kasus individu.

4. Perubahan dan penambahan

BKI berhak untuk mengubah atau menambah Peraturan ini setiap saat, bila hal ini terbukti diperlukan atas dasar pengetahuan terkini atau pengalaman operasi.

B. Peraturan, Standar dan Spesifikasi Lainnya

1. Standar lain yang relevan

1.1 Standar atau petunjuk teknis lain yang disebutkan dalam bab-bab berikut merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan ini dan juga harus dipenuhi. Hal yang sama berlaku untuk dokumen kerja, misalnya gambar, spesifikasi pengelasan, dll yang disetujui oleh BKI.

1.2 Ketika bab-bab selanjutnya mengacu pada standar yang tanggalnya disebutkan, maka harus diberlakukan versi sesuai tanggal yang disebutkan. Ketika tidak ada tanggal yang disebutkan, maka versi standar yang harus diterapkan adalah standar yang berlaku pada saat Peraturan ini diterbitkan. Penggunaan standard versi berikutnya harus meminta pertimbangan BKI.

1.3 Jika bab berikut merujuk pada standar ISO dan EN dan jika kedua standar disebutkan namun tidak identik, maka standar ISO harus didahulukan. Apabila kedua standar identik, maka salah satu standar dapat digunakan.

1.4 Penerapan Peraturan, Standar, Regulasi lainnya atau arahan teknis lain harus mendapat persetujuan dari Kantor Pusat BKI dalam setiap kasus. BKI dapat membuat persetujuan bersyarat sepanjang konstruksi dan dimensi menjadi pertimbangan dalam arahan tersebut.

2. Perbedaan dalam persyaratan

Jika ada perbedaan persyaratan antara Peraturan ini dengan standar atau spesifikasi lain yang relevan, maka persyaratan Peraturan ini harus didahulukan, kecuali ditentukan lain.

C. Informasi dalam Dokumen Kerja

1. Gambar, dokumen kerja lainnya

1.1 Gambar, dan dokumen kerja lainnya yang harus diserahkan sebelum memulai pekerjaan fabrikasi harus berisi semua rincian yang diperlukan untuk persiapan, pelaksanaan dan, pemeriksaan lasan jika diperlukan.
Informasi ini terutama harus mencakup rincian tentang:

- bahan dasar, bentuk dan dimensi produk
- Proses pengelasan, bahan habis pakai dan bahan bantu pengelasan
- Bentuk dan dimensi lasan
- Pemanasan awal dan masukan panas selama pengelasan
- Perlakuan panas setelah pengelasan
- Perlakuan lanjutan dari lasan
- Sifat dan ruang lingkup inspeksi
- Persyaratan yang berlaku untuk sambungan las (misalnya tingkatan mutu, kinerja las, kategori evaluasi atau sejenisnya).

1.2 Dengan catatan pembuatan struktur kapal, bahan, proses pengelasan, bahan habis pengelasan, bahan bantu dan bentuk serta dimensi las sesuai dengan praktek pembangunan kapal normal, Peraturan dan persetujuan ini, maka rincian di atas tidak perlu dicantumkan.

2. Informasi dan dokumentasi tambahan

Untuk struktur tertentu (misalnya tangki gas cair), bahan-bahan (misalnya baja struktural quenched dan tempered dan pelat clad) atau proses pengelasan, informasi dan dokumentasi tambahan berikut harus disediakan sebagaimana diperlukan:

- Persiapan las, perakitan, lasan tambahan (cantum)
- Posisi pengelasan, urutan pengelasan (gambar-gambar)
- Bentuk dan urutan lasan, jumlah jalur
- Masukan panas selama pengelasan (masukan panas per satuan panjang las)

Informasi ini harus dituangkan dalam sebuah spesifikasi pengelasan (lihat Lampiran D). Untuk jenis pengujian dan spesifikasi uji tak rusak, lihat Bab 10.

D. Bahan, Mampu Las

1. Semua bahan harus terbukti mampu las. Bahan-bahan tersebut harus dipilih sesuai dengan aplikasi peruntukannya dan kondisi kerja serta harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V). Sifat bahan-bahan tersebut harus didokumentasikan sejauh yang ditentukan oleh sertifikat uji, misalnya sesuai dengan ISO 10474/EN 10204.

Catatan:

Baja struktural lambung dan produk canai yang dijelaskan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V), untuk pembuatan ketel uap, bejana tekan, perpipaan dan permesinan dianggap telah terbukti mampu lasnya.

2. Jika, tidak bertentangan dengan 1., bahan-bahan yang akan dilas yang sifatnya tidak dijelaskan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V), maka bengkel las yang bersangkutan harus memberikan bukti mampu las bahan-bahan tersebut (misalnya dengan mengacu pada standar yang ada) atau mengirimkan spesifikasi bahan tersebut untuk persetujuan. Jika ada keraguan mengenai mampu las suatu bahan, maka bengkel las harus secara khusus menunjukkan sifat mampu lasnya melalui uji prosedur pengelasan.

3. Bengkel las harus memastikan bahwa hanya bahan yang memenuhi persyaratan 1. dan 2. yang digunakan baik untuk pasokan awal maupun penggantian, dan harus memberikan bukti-buktinya kepada Surveyor berdasarkan permintaan.

E. Bahan Habis dan Bahan Bantu Pengelasan

1. Bahan habis dan bahan bantu pengelasan harus mampu menghasilkan sambungan las yang cocok dengan bahan dasar dan kondisi operasi. Bahan-bahan tersebut harus telah diuji untuk kesesuaian produk sesuai dengan Bab 5 dan disetujui untuk aplikasi yang dimaksud. Ketentuan ini berlaku juga untuk logam patri.

2. Persetujuan lazimnya harus telah diberikan oleh BKI. Jika, dalam kasus khusus, misalnya perbaikan, tidak ada bahan habis pengelasan yang telah diuji oleh BKI yang tersedia, bahan habis pengelasan yang disetujui oleh badan pengujian yang diakui lainnya dapat digunakan dengan Persetujuan BKI. Bukti yang relevan dari hal ini harus diserahkan kepada Surveyor.

3. Supervisor bengkel las harus memastikan bahwa bahan habis dan bahan bantu pengelasan yang digunakan hanya yang telah teruji dan telah disetujui oleh BKI dan harus memberikan buktinya kepada Surveyor berdasarkan permintaan.

F. Jaminan Mutu, Tanggung Jawab

1. Pemenuhan terhadap Peraturan, Inspeksi mutu

1.1 Galangan kapal atau bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini dan Peraturan tambahan yang berlaku, dokumen kerja yang disetujui, kondisi tertentu yang dinyatakan dalam persetujuan, praktek pembangunan kapal yang baik, dan juga kemutakhiran teknologi pengelasan.

1.2 Galangan kapal atau bengkel las harus memastikan, melalui inspeksi mutu internal secara rutin selama proses produksi dan pada akhir pekerjaan pengelasan, bahwa pekerjaan tersebut telah dilakukan dengan benar dan mahir. Tanggung jawab supervisor las tercakup juga didalam ISO 14731. Pengujian yang akan dilakukan oleh Surveyor BKI tidak melepaskan bengkel las terhadap tanggung jawab ini.

1.3 Jangkauan dan luasnya inspeksi mutu yang dibutuhkan ditentukan oleh struktur yang diinpeksi. Bagaimanapun juga, dalam setiap kasus, perlu untuk memastikan bahwa bahan, bahan habis dan bahan bantu pengelasan yang telah ditentukan digunakan dan memastikan bahwa persiapan las, perakitan, pelaksanaan las cantum dan pekerjaan pengelasan, beserta dengan keakuratan ukuran dan kelengkapan komponen dan sambungan las memenuhi persyaratan.

1.4 Setelah pemeriksaan oleh bengkel las dan setiap perbaikan yang mungkin diperlukan, komponen-komponen harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI untuk pemeriksaan sesuai tahapan konstruksi, mudah diakses dan lazimnya tidak dicat. Surveyor dapat menolak komponen-komponen yang tidak diperiksa secara memadai oleh bengkel las dan menentukan komponen untuk diperlihatkan kembali setelah lolos pemeriksaan oleh bengkel las dan, perbaikan yang diperlukan.

2. Penempatan subkontrak

2.1 Ketika memberikan pesanan kepada subkontraktor, cabang perusahaan yang independen atau pemasok serta perusahaan luar yang telah disetujui untuk bekerja di bengkel las (biasa disebut “perusahaan kontrak”, lihat catatan ayat A.1.1 dalam Bab 2) maka “kontraktor utama” harus memastikan bahwa ketentuan yang tercantum dalam 1. juga dipenuhi oleh “subkontraktor”.

2.2 Ketika perusahaan luar yang bekerja di bengkel las tidak disetujui oleh mereka sendiri atau ketika tenaga kerja kontrak yang digunakan, bengkel las yang menempatkan kontrak bertanggung jawab untuk memastikan bahwa kondisi yang dinyatakan dalam 1. dipatuhi dan pemeriksaan mutu dilakukan. BKI harus diberitahu tentang penempatan subkontrak atau penggunaan tenaga kerja kontrak.

3. Penyimpangan dari dokumen kerja yang disetujui, perbaikan

3.1 Jika diperlukan perubahan desain dari gambar yang telah disetujui atau penyimpangan dari prosedur fabrikasi yang telah disetujui, bengkel las harus segera mendapatkan persetujuan Surveyor terkait hal tersebut. Surveyor BKI harus diberitahu setiap perbaikan yang perlu selama fabrikasi.

3.2 Jika, karena informasi yang tidak memadai atau tidak benar dalam dokumen produksi (misalnya gambar kerja), kualitas atau kemampuan fungsional dari komponen tidak dapat dijamin atau diragukan, BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai untuk dilakukan.

3.3 Hal ini berlaku sama untuk komponen pelengkap atau tambahan (misalnya penguatan) meskipun hal tersebut tidak ditentukan pada waktu pemeriksaan gambar atau tidak dapat ditentukan karena kurangnya detail yang ditampilkan dalam "gambar-gambar kelas" (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol.II) Sec. 1, G.).

4. Penandaan dan identifikasi material

4.1 Semua material harus ditandai sedemikian rupa sehingga dapat diidentifikasi dan dicocokkan dengan sertifikat uji selama dan setelah fabrikasi.

4.2 Jika penandaan kemungkinan akan terhapus selama pembuatan, bengkel las harus segera memastikan bahwa tanda tersebut dipindahkan ke bagian lain dari produk. Hal ini dapat diabaikan dalam kasus bagian-bagian kecil dari struktur penting yang berukuran kecil seperti penegar atau penyangga, asalkan setiap keraguan yang berkaitan dengan material dapat dicegah dengan sarana operasional.F

5. Penandaan lasan

5.1 Dalam pembuatan ketel uap dan bejana bertekanan, setiap bagian lasan harus ditandai dengan simbol dari juru las yang mengerjakannya. Hal ini dapat ditiadakan jika supervisor bengkel las menyimpan catatan nama-nama juru las yang mengerjakan setiap bagian lasan.

5.2 Dalam kasus khusus, BKI juga dapat meminta penandaan atau pencatatan seperti yang dijelaskan dalam 5.1 untuk komponen lain atau sambungan lasnya.

G. Tes Inspeksi, Kewajiban

1. Presentasi komponen

Bengkel las wajib memperlihatkan komponen-komponen ke Surveyor untuk inspeksi antara dan akhir yang diperlukan. Langkah-langkah harus diambil untuk menjamin akses tanpa hambatan ke lasan. Lasan harus tanpa pelapis atau pelindung yang membuat sulit atau tidak mungkin untuk memeriksa kondisi lasan.

2. Penyediaan dokumentasi uji

Untuk inspeksi, semua catatan dan dokumen produsen tentang langkah-langkah jaminan mutu yang dilakukan olehnya harus diserahkan. Hal ini termasuk khususnya:

- Gambar-gambar (disetujui jika diperlukan) dan dokumen kerja lainnya
- Sertifikat uji material
- Juru las, dan sertifikat uji prosedur las
- laporan uji dan film uji tak rusak
- Sertifikat pembentukan panas dan perlakuan panas, jika ada
- Hasil tes produksi, hasil antara jika perlu

3. Cacat lanjutan

3.1 BKI tidak memberikan jaminan bahwa produk, struktur las atau komponen yang diuji oleh Surveyor BKI sejauh ditetapkan (biasanya tes acak) sesuai dengan persyaratan dalam segala hal dan pembuatan produk, struktur las atau komponen tersebut telah dilakukan dengan benar dan sesuai dengan prosedur yang telah diuji.

3.2 Produk atau struktur yang dilas yang terbukti cacat dalam pemakaian selanjutnya atau dalam operasi atau proses yang menimbulkan kekurangan dalam pemakaian saat digunakan dapat ditolak bahkan jika pemeriksaan awal cukup memuaskan, jika tidak mungkin untuk memperbaiki cacat atau kekurangan tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 2 Persyaratan untuk Bengkel Las, Persetujuan

A. Persetujuan Bengkel Las 2–1
B. Persyaratan Bengkel Las 2–3
C. Inspeksi Bengkel Las 2–5
D. Uji Prosedur Pengelasan 2–5
E. Sertifikasi persetujuan, Sertifikat sesuai dengan ISO 3834 2–6

A. Persetujuan Bengkel Las

1. Umum

1.1 Galangan kapal dan bengkel-bengkel las, termasuk cabang dan sub-kontraktor, yang melakukan pekerjaan pengelasan yang dicakup oleh Peraturan ini harus sudah disetujui oleh BKI untuk pekerjaan ini. Prasyarat untuk persetujuan ini adalah bengkel-bengkel las tersebut memenuhi persyaratan di sub bab B., telah diperiksa oleh BKI sesuai dengan sub bab C. dan, jika perlu, melakukan uji prosedur pengelasan sesuai dengan sub bab D.

Catatan:

Istilah bengkel las yang digunakan dalam paragraf berikut ini merupakan tempat yang mengerjakan pengelasan yang, karena prasarana dan organisasinya, dapat dianggap sebagai unit yang independen. Cabang dan sub-kontraktor umumnya harus dianggap sebagai fasilitas yang independen yang harus memenuhi persyaratan yang disebutkan di bawah ini. Secara khusus, setiap bengkel las harus memiliki staf pengawas las yang permanen (lihat B.2). Perusahaan luar yang bekerja di bengkel-bengkel las dapat disetujui sebagai perusahaan independen. Untuk rincian ini dan tenaga kerja kontrak, lihat Bab 1, F.2.

1.2 Setiap persetujuan sesuai dengan 1.1 mencakup persyaratan mutu pengelasan yang paling penting sesuai dengan standar ISO 3834. Untuk sertifikasi berdasarkan ketentuan standar ini, persyaratan yang ditetapkan pada 2.2 dan 3.2 juga harus dipenuhi. Persyaratan tambahan ini dianggap telah dipenuhi ketika bengkel las memiliki sistem jaminan mutu yang tersertifikasi sesuai dengan standard ISO 9000 seri.

1.3 Dalam pengecualian yang berlaku tersendiri, misalnya dalam hal perbaikan, BKI dapat mengijinkan pekerjaan pengelasan untuk dilaksanakan meskipun bengkel las belum mendapatkan persetujuan, dengan batasan waktu dan struktur tertentu, jika prasyarat bengkel las telah dipenuhi untuk pekerjaan tersebut dan mutu lasan yang dilakukan ditunjukkan dengan uji-uji yang relevan, misalnya uji tak rusak dan atau uji produksi.

2. Permohonan persetujuan

Catatan pengantar:

Ketika tidak ada ketentuan khusus yang diberikan dalam paragraf berikut atau, dalam kasus individu, tidak ada pengaturan lain yang dibuat, ketentuan "Persetujuan" ditetapkan sesuai dengan Peraturan ini juga harus berlaku dengan cara yang sama untuk "Sertifikasi" sesuai dengan ISO3834.

2.1 Persetujuan harus diajukan secara tertulis kepada Kantor Pusat BKI. Permohonan harus memuat rincian sebagai berikut, yang harus berhubungan satu sama lain sejauh memungkinkan, (lihat Penjelasan tentang Bengkel Las, Lampiran 2, butir 2.), ruang lingkup persetujuan yang diinginkan:

- Sifat struktur dan/atau komponen
- Material dan rentang dimensi

- Prosedur dan posisi pengelasan
- Perlakuan panas (jika perlu)
- Faktor las (bejana tekan)

2.2 Jika diperlukan sebuah sertifikat pemenuhan terhadap persyaratan mutu pengelasan yang diatur dalam ISO 3834 Bagian 2, Bagian 3 atau Bagian 4 selain dari persetujuan sesuai dengan Peraturan ini, maka hal ini harus secara tegas disebutkan dalam permohonan persetujuan.

3. Dokumen Persetujuan

3.1 Bengkel las yang mengajukan permohonan persetujuan untuk melaksanakan pekerjaan pengelasan harus menyerahkan dokumen-dokumen berikut ke Kantor Pusat BKI bersama dengan permohonan persetujuan (lihat Lampiran A):

- Penjelasan tentang bengkel las: lihat formulir dalam Lampiran B
- Salinan dokumen kualifikasi pengawas las
- Salinan sertifikat juru las yang valid atau daftar juru las yang memenuhi syarat (standar pengujian, badan pengujian, tanggal pengujian, kategori uji, tanggal uji ulang terakhir) yang ditandatangani oleh Surveyor.
- Salinan dokumentasi sebagai bukti kualifikasi personil pengawas dan personil uji, yang sesuai.
- Salinan laporan dari uji prosedur pengelasan yang dilakukan di tempat lain, termasuk persetujuan yang diberikan, yang sesuai.

3.2 Untuk sertifikasi yang sesuai dengan 2.2, informasi dan dokumen yang berhubungan dengan unsur-unsur yang ditentukan dalam Lampiran A ISO 3834-1 untuk masing-masing tingkat persyaratan (ISO 3834-2 = komprehensif, ISO 3834-3 = standar, atau ISO 3834-4 = persyaratan mutu dasar) juga harus dilampirkan dengan permohonan persetujuan (misalnya dalam bentuk petunjuk prosedur yang relevan):

- tinjauan kontrak
- tinjauan desain
- perlakuan subkontraktor
- pemeliharaan peralatan
- inspeksi mutu
- ketidaksesuaian
- kalibrasi
- identifikasi
- keterlacakan

Jika bengkel las menjalankan sistem jaminan mutu yang tersertifikasi sesuai dengan standar ISO 9000 seri, manual QA dan - jika ditentukan dalam Lampiran A ISO 3834-1 - dokumentasi yang berkaitan dengan langkah-langkah jaminan mutu yang dilakukan (laporan mutu) harus disampaikan ke BKI untuk pemeriksaan sebagai pengganti informasi dan dokumen di atas.

4. Masa berlaku persetujuan, pembaharuan

4.1 Persetujuan yang diberikan sesuai dengan Peraturan ini atau sertifikasi sesuai dengan ISO 3834 berlaku selama 4 (empat) tahun dan diberlakukan pemeriksaan berkala di tahun kedua. Asalkan pekerjaan pengelasan terus dilakukan di bawah pengawasan BKI selama berlakunya persetujuan dan prasyarat dimana persetujuan diberikan tidak berubah, maka persetujuan dapat diperpanjang berdasarkan permohonan bengkel las untuk 4 (empat) tahun ke depan setelah dilakukan pemeriksaan yang sesuai.

4.2 Jika tidak ada pekerjaan pengelasan yang dilakukan di bawah pengawasan BKI selama lebih dari satu tahun, permohonan pembaharuan persetujuan, dengan melampirkan informasi terbaru sebagaimana ditentukan dalam 3. harus diajukan tidak melampaui akhir tahun keempat masa berlaku. Persetujuan hanya dapat diperbaharui jika prasyarat yang diperlukan tetap berlaku, yang harus diverifikasi dengan pemeriksaan ulang bengkel las. Persetujuan kemudian dapat diperbaharui untuk jangka waktu 4 (empat) tahun ke depan.

5. Perubahan, pencabutan

5.1 Jika prasyarat dimana persetujuan diberikan mengalalami perubahan, misalnya penggunaan prosedur pengelasan, bahan dan/atau bahan habis pengelasan yang tidak diuji, atau jika terjadi perubahan pada pengawas bengkel las, harus diberitahukan kepada BKI secara sukarela. Lazimnya, hal ini memerlukan revisi persetujuan.

5.2 Persetujuan menjadi tidak berlaku jika prasyarat dimana persetujuan itu diberikan tidak diterapkan lagi. Jika cacat serius terdeteksi dalam komponen atau lasan, BKI berhak untuk melaksanakan pemeriksaan ulang terhadap fasilitas produksi dan dapat mencabut persetujuan bila diperlukan.

B. Persyaratan Bengkel Las

1. Peralatan Teknis

1.1 Bengkel las harus memiliki tempat kerja yang sesuai, peralatan, permesinan dan jig pada skala yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan pengelasan yang sesuai. Ini termasuk, misalnya, penyediaan fasilitas penyimpanan dan peralatan pemanas untuk bahan habis pengelasan dan bahan bantu las, peralatan pemanasan awal dan perlakuan panas, peralatan dan perlengkapan uji, dan sarana perlindungan cuaca untuk melaksanakan pekerjaan pengelasan di udara terbuka.

1.2 Peralatan dan fasilitas yang tidak termasuk ke dalam bengkel las itu sendiri, misalnya peralatan pengujian, dapat diperhitungkan ketika mengevaluasi kemampuan dari bengkel las, asalkan prasyarat yang diperlukan untuk fabrikasi dan pengujian yang tepat terpenuhi dan peralatan tersebut tersedia tanpa batasan.

2. Pengawas bengkel las

2.1 Bengkel atau cabang las (lihat catatan A.1) harus memiliki minimal satu pengawas las yang memenuhi kualifikasi, yang bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan dilakukan secara kompeten. Pengawas las harus memiliki pelatihan dan pengalaman yang sesuai dengan lingkup pekerjaan fabrikasi dan harus memberikan bukti dokumentasi yang diperlukan kepada BKI.

2.2 Nama-nama pengawas las yang bertanggung jawab dan wakilnya harus diberitahukan kepada BKI, lihat butir 3 Lampiran B "Uraian Bengkel Las". Jika peran pengawasan dilakukan oleh lebih dari satu orang, tanggung jawab dan tugas masing-masing orang harus dibuat dan ditetapkan. Pengawas las yang berwenang dan wakilnya harus diakui oleh BKI sebagai bagian dari persetujuan bengkel las.

2.3 Orang-orang berikut harus ditunjuk sebagai pengawas las tergantung pada sifat dan ruang lingkup pekerjaan:

- Insinyur las[1] (Welding Engineers) untuk fabrikasi komponen penting dari struktur lambung dan instalasi lepas pantai, juga peralatan penanganan, ketel uap, bejana tekan, jalur pipa bertekanan dan komponen permesinan dan transmisi.
- Spesialis las[2] untuk fabrikasi komponen yang lebih sederhana atau tidak menerima tegangan yang besar.

Untuk informasi yang berkaitan dengan kualifikasi pengawas las, tugas dan tanggung jawabnya lihat ISO 14731.

2.4 Pengawas las harus dipekerjakan secara permanen oleh bengkel las. Pengawasan pekerjaan pengelasan oleh staf luar bengkel las tidak dapat diterima.

3. Juru las dan operator

3.1 Bengkel las harus mempekerjakan juru las yang berkualifikasi dan, operator yang terlatih untuk peralatan las yang mekanik penuh dan otomatis. Jumlah juru las berkualifikasi yang diperlukan ditentukan oleh ukuran bengkel las dan lingkup pekerjaan pengelasan yang harus dilakukan di bawah pengawasan BKI. Namun, untuk setiap proses pengelasan diperlukan minimal dua juru las yang berkualifikasi.

3.2 Juru las untuk pengelasan manual dan semi mekanik harus lulus uji sesuai dengan Bab 3 dan sesuai dengan standar yang diakui (misalnya ISO 14732, ISO 9606 atau ASME Bab IX). Pengujian harus mencakup kondisi-kondisi yang mungkin terjadi dalam pekerjaan fabrikasi seperti proses las, material dasar, bahan habis pengelasan dan posisi pengelasan. Pembuatan benda uji dalam uji produksi atau uji prosedur las lengkap yang berhasil dapat diambil sebagai bukti keterampilan dalam pengujian juru las, lihat Bab 3, G.3.

3.3 Operator peralatan las mekanik penuh atau otomatis dan robot las harus telah dilatih dalam penggunaan peralatan. Operator juga harus mampu menyetel atau memprogram dan mengoperasikan peralatan sedemikian sehingga mutu las yang disyaratkan tercapai. Kualifikasi personil tersebut harus diperagakan sesuai dengan ISO 14732 pada benda uji las, misalnya dengan uji prosedur las atau uji fabrikasi atau dengan cara uji acak dan uji operasional, sesuai yang dapat diterapkan (silakan mengacu pada standar).

4. Pengawas uji dan personil uji

Ketika bengkel las memiliki pengawas uji dan personil uji sendiri (lihat Bab 10, C.), bukti dokumen kualifikasinya (misalnya sertifikat sesuai dengan ISO 9712) harus diserahkan kepada BKI.

[1] misalnya insinyur las profesional sebagaimana didefinisikan dalam pedoman European Welding Federation (EWF) atau insinyur dengan tingkat pengetahuan yang setara

[2] misalnya teknisi las atau ahli las sebagaimana didefinisikan dalam pedoman EWF atau, jika perlu, seseorang dengan pengetahuan yang sesuai

C. Inspeksi Bengkel Las

1. Inspeksi bengkel

Sebelum memulai pekerjaan fabrikasi, harus dibuktikan kepada Surveyor BKI melalui pemeriksaan bengkel las bahwa persyaratan yang berlaku untuk peralatan teknis sebagaimana tercantum dalam B.1 telah dipenuhi. Untuk tujuan ini Surveyor harus diberikan akses ke semua departemen dan laboratorium yang terkait dengan fabrikasi dan pengujian. Prosedur fabrikasi dan kendali mutu juga harus diuraikan dan dijelaskan kepada Surveyor jika ia meminta. Untuk sertifikasi sesuai dengan ISO 3834, pemenuhan terhadap persyaratan mutu tambahan yang tercantum dalam standar harus ditunjukkan kepada Surveyor (lihat A.3.2).

2. Pengajuan dokumentasi

Sebagai bagian dari prosedur inspeksi bengkel las,maka versi asli dari semua dokumen yang diperlukan untuk mengevaluasi prosedur fabrikasi dan prosedur jaminan mutu harus diserahkan kepada Surveyor. Hal ini terutama mencakup dokumen kualifikasi pengawas las, sertifikat juru las, laporan uji prosedur pengelasan sebelumnya, dan hasil uji mutu serta uji ulang juru las. Untuk sertifikasi sesuai dengan ISO 3834, sesuai dengan persyaratan mutu tambahan yang tercantum dalam standar harus ditunjukkan kepada Surveyor (lihat A.3.2).

D. Uji Prosedur Pengelasan

1. Ketentuan Umum

1.1 Jika uji prosedur las diperlukan, maka keberhasilan uji prosedur las harus menjadi prasyarat berikutnya untuk persetujuan bengkel las atau untuk memperpanjang persetujuan. Persyaratan untuk pelaksanaan uji ini dan persyaratan hasil uji terdapat dalam Bab 4 dan Bab 12 sampai 16.

1.2 Uji prosedur las harus dilakukan sedemikian rupa sehingga kondisi fabrikasi yang berkaitan dengan material, proses pengelasan, bahan habis pakai pengelasan dan material bantu, ketebalan dinding, bentuk pengelasan dan perlakuan panas dapat dicakup. Sifat-sifat material dasar untuk benda uji harus didokumentasikan dengan sertifikat uji.

2. Cakupan uji prosedur las

Catatan:

Silahkan lihat rincian informasi yang diberikan dalam Bab 4.D.

2.1 Secara umum, uji prosedur las hanya berlaku dalam batas-batas yang ditentukan dalam persetujuan dan tidak dapat dialihkan dari bengkel las yang melaksanakannya ke bengkel las yang lain. BKI dapat memberikan pengecualian dalam kasus bengkel las cabang terdekat yang berada di bawah pengawasan tetap bengkel las utama, ketika berlaku kondisi fabrikasi yang sama dan ketika digunakan proses las yang sama.

2.2 Uji prosedur las yang dilakukan di dalam bengkel pada umumnya tidak serta merta berlaku untuk pengelasan di lapangan. Dalam kasus tersebut, uji prosedur las harus diulang secara keseluruhan atau sebagian sesuai kondisi lapangan sebagaimana yang ditentukan oleh BKI. BKI dapat mengesampingkan uji ulang berdasarkan kesepakatan sebelumnya jika sifat-sifat pengelasan di lapangan didokumentasikan melalui uji produksi.

3. Pengakuan uji lainnya

Uji prosedur las yang dilakukan di bawah pengawasan lembaga uji lain yang independen dari bengkel las dapat diakui secara penuh atau sebagian oleh BKI atas permintaan bengkel las jika prosedur las dapat diterima berdasarkan hasil ujinya. Dalam kasus tersebut, laporan uji yang lengkap dan sertifikat persetujuan dari lembaga uji harus diserahkan kepada BKI untuk dievaluasi.

E. Sertifikasi persetujuan, Sertifikat sesuai dengan ISO 3834

1. BKI menerbitkan sertifikat persetujuan bengkel las untuk melaksanakan pekerjaan las dan untuk uji prosedur las jika persyaratan yang ditetapkan dalam Peraturan ini dipenuhi. Persetujuan bengkel las dan prosedur las ini berlaku sesuai batas-batas yang tercantum dalam sertifikat.

2. Ketika bukti telah dilengkapi bahwa persyaratan tambahan yang tercantum dalam A.3.2 sesuai ISO 3834 telah terpenuhi, maka berdasarkan bukti tersebut BKI menerbitkan sertifikat sesuai dengan standard ISO 3834.

3. Jika sertifikat persetujuan yang diterbitkan sebelumnya diganti atau ditambah dengan yang lebih baru (lihat A.5.1) dan rincian di sertifikat persetujuan yang lebih baru ini bertentangan dengan rincian di sertifikat sebelumnya, maka yang berlaku adalah rincian dalam sertifikat yang baru. Hal ini berlaku terutama untuk rentang aplikasi, misalnya untuk proses pengelasan tertentu.

Bab 3 Uji Kualifikasi Juru Las

A. Umum 3–1
B. Lembaga Pengujian 3–2
C. Kinerja Uji Kualifikasi Juru Las 3–3
D. Rentang Kualifikasi 3–13
E. Sertifikasi 3–20
F. Periode Validitas, Uji Ulang 3–21
G. Uji Juru Las Lainnya 3–23

A. Umum

1. Cakupan

1.1 Bab ini memberikan persyaratan mengenai skema kualifikasi juru las yang digunakan untuk melakukan pengelasan fusi pada baja dan aluminium seperti yang dijelaskan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec. 4.B., Sec. 4.L, Sec. 5.B, Sec. 6.B, Sec. 7.B, and Sec. 10 untuk struktur lambung dan sistem perpipaan kapal.

(IACS UR W32 1.1)

1.2 Skema kualifikasi ini tidak mencakup juru las yang terlibat dalam pengelasan oxy-acetylene dan pengelasan bejana tekan.

(IACS UR W32 1.2 & 1.3)

1.3 Uji kualifikasi juru las untuk aplikasi tertentu (material, bentuk las atau proses pengelasan tertentu) yang tidak tercakup oleh pengujian dan lingkup kerja yang dijelaskan di bawah ini (mis. untuk pelat clad atau sambungan pipa lepas pantai) harus dilakukan sesuai dengan rencana pengujian yang harus disetujui oleh BKI berdasarkan kasus per kasus.

2. Pengujian yang diperlukan (proses pengelasan)

2.1 Uji kualifikasi juru las diperlukan untuk semua juru las yang akan melakukan pekerjaan las menggunakan peralatan las yang digerakan secara manual (seperti pada pengelasan busur logam manual atau pengelasan semi-mekanis busur logam dengan pelindung gas dan/atau pengelasan menggunakan elektroda berinti fluks) dan dimana kualitas sambungan las sangat tergantung pada keterampilan manual juru las.

2.2 Untuk juru las yang melakukan pekerjaan las pada instalasi ketel uap, harus mematuhi Peraturan Nasional yang relevan.

2.3 Operator las yang bertanggung jawab untuk mengatur dan/atau menyetel peralatan yang sepenuhnya mekanis dan otomatis, seperti pengelasan busur terendam, pengelasan gravitasi, pengelasan elektro-gas dan pengelasan MAG dengan pembawa otomatis, dll., harus dikualifikasi apakah juru las mampu mengoperasikan peralatan tersebut atau tidak. Namun seorang operator las, yang hanya mengoperasikan peralatan tanpa tanggung jawab untuk mengatur dan/atau menyetel, tidak memerlukan kualifikasi asalkan operator las memiliki pengalaman dengan pekerjaan pengelasan khusus tersebut dan las produksi yang dibuat oleh operator memenuhi kualitas yang disyaratkan.

Uji kualifikasi dan rentang persetujuan dari operator las bergantung pada diskresi BKI dengan mengacu pada ISO 14732:2013.

(IACS UR W32 2.2)

3. Pelatihan, keterampilan manual, pengetahuan

3.1 Pelatihan juru las, kontrol kualifikasi dan pemeliharaan keterampilan juru las adalah tanggung jawab bengkel las. Surveyor BKI harus memverifikasi dan diyakinkan bahwa juru las memiliki kualifikasi yang tepat.

3.2 Uji kualifikasi juru las hanya dapat dilakukan oleh juru las yang telah menerima pelatihan yang sesuai sebelumnya (baik secara praktis maupun teoritis) dan yang telah memiliki kesempatan yang cukup untuk mempraktekkan keahliannya.

3.3 Selain keterampilan manual yang diperlukan, juru las juga harus memiliki pengetahuan profesional yang memungkinkannya melakukan pekerjaan pengelasan secara kompeten dan aman. Lihat informasi yang relevan di ISO 9606-1 Lampiran B dan ISO 9606-2 Lampiran C.

4. Daftar juru las, simbol

4.1 Bengkel las diharuskan untuk menyimpan daftar atau file yang memberikan informasi tentang nomor, nama (nomor kode) dan ruang lingkup uji juru las serta tanggal pengujian awal dan uji ulangnya. Daftar-daftar ini harus diserahkan kepada BKI sesuai permintaan untuk diperiksa bersama dengan dokumentasi asli yang relevan atau bersama dengan deskripsi bengkel las, jika diperlukan (lihat Bab 2, A.3.).

4.2 Setiap juru las harus diberi kode yang jelas, yang harus dicatat dalam dokumentasi pengujian (sertifikat, daftar, dll.). Sebagai tambahan, tergantung pada aplikasinya, BKI dapat meminta komponen dan lasan ditandai dengan kode juru las yang melakukan pekerjaan; lihat juga Bab 1, F.5.

B. Lembaga Pengujian

1. Tes awal di bengkel las

Uji awal juru las di bengkel las harus dilakukan oleh pengawas las dan dihadiri oleh Surveyor. Setelah penyerahan formulir uji kinerja juru las yang telah dilengkapi oleh bengkel las dan diparaf oleh Surveyor (lihat Lampiran C), uji ini akan dikonfirmasi oleh Kantor Pusat BKI dalam bentuk sertifikat uji.

2. Uji Ulang di bengkel las

2.1 Uji ulang yang dilakukan oleh juru las yang telah disertifikasi oleh BKI atau yang disertifikasi oleh lembaga pengujian lain yang diakui dan sertifikatnya diakui oleh BKI dapat dilakukan secara independen oleh insinyur las yang diakui oleh BKI terkait dengan dengan persetujuan yang diberikan kepada bengkel las. Pengujian yang dilakukan oleh pengawas las lainnya harus dilakukan dengan dihadiri oleh perwakilan BKI.

2.2 Perpanjangan masa berlaku suatu pengujian yang disertifikasi oleh BKI untuk dua tahun berikutnya, bagaimanapun, hanya dapat dilakukan oleh BKI. Untuk tujuan ini, satu set dokumentasi uji lengkap (spesifikasi prosedur pengelasan, formulir uji kinerja juru las dan laporan pengujian) harus diserahkan kepada Surveyor, lihat E.3.

3. Pengujian yang dilakukan oleh badan pengujian lainnya

Uji kualifikasi juru las yang dilakukan oleh badan pengujian lainnya (mis. lembaga pelatihan dan pengujian las atau lembaga pelatihan las) yang independen dari bengkel las yang diakui oleh BKI akan diakui oleh BKI berdasarkan pada kategori pengujian yang ditentukan dalam D. Pengakuan tersebut diberikan berdasarkan pada penyerahan satu set lengkap dokumentasi hasil uji kepada BKI, seperti yang dijelaskan dalam 2.2 di atas.

C. Kinerja Uji Kualifikasi Juru Las

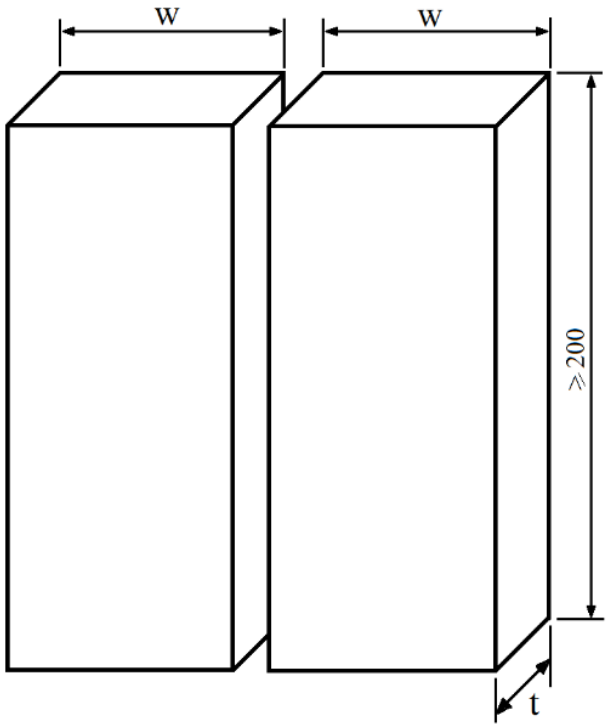
1. Spesifikasi Prosedur Pengelasan (WPS atau pWPS)

Untuk pengelasan benda uji, Spesifikasi Prosedur Pengelasan milik Pabrik Pembuat (WPS atau pWPS) harus dibuat oleh bengkel las - yang terpisah untuk setiap pekerjaan pengelasan - sesuai dengan Lampiran D. Kondisi pengelasan untuk pengujian harus sesuai dengan kondisi pada waktu fabrikasi.

2. Benda uji

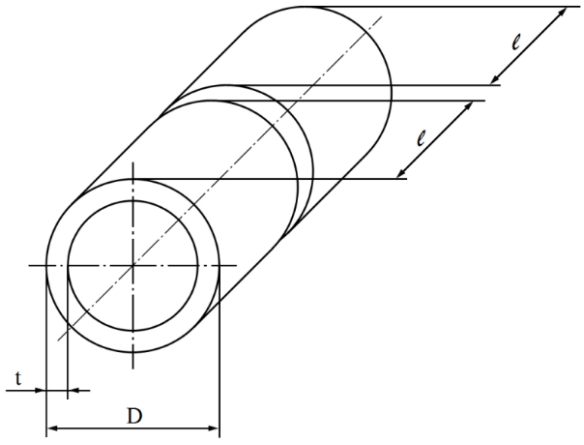
2.1 Benda uji untuk las butt dan untuk las fillet harus disiapkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 pada setiap uji kualifikasi. Untuk keliling pipa yang kurang dari 150 mm, diperlukan benda uji tambahan sejumlah maksimal tiga benda uji.

(IACS UR W32 4.2.1)



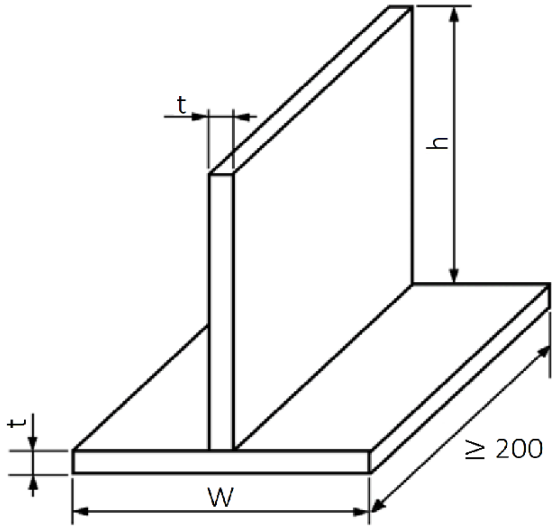
Panjang minimum = 200 mm
Untuk baja, lebar minimum (w) = 125 mm
Untuk aluminium, lebar minimum (w) = 150 mm

Gambar 3.1 Dimensi benda uji untuk las butt di pelat



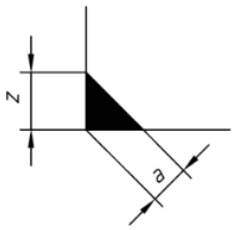
Untuk baja, panjang minimum = 125 mm
Untuk aluminium, panjang minimum = 150 mm

Gambar 3.2 Dimensi benda uji untuk las butt di pipa



$z = a\sqrt{2}$

$0{,}5t \leq a \leq 0{,}7t$

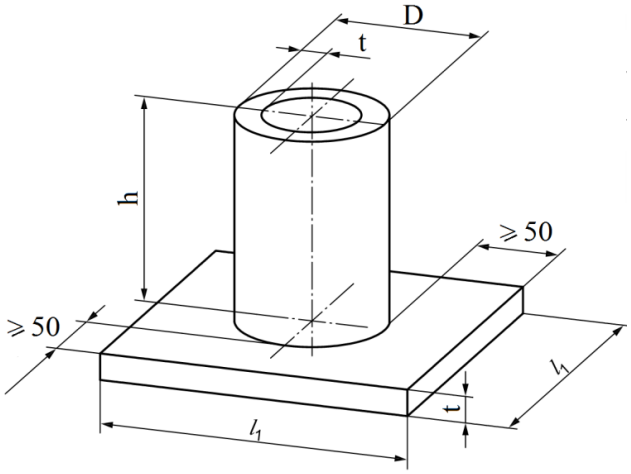


Panjang minimum = 200 mm

Untuk baja, lebar/tinggi minimum = 125 mm

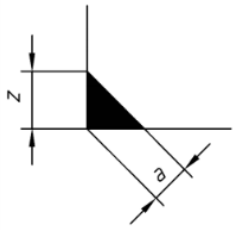
Untuk aluminium, lebar/tinggi minimum = 150 mm

Gambar 3.3 Dimensi benda uji untuk las fillet di pelat



$z = a\sqrt{2}$

$0{,}5t \leq a \leq 0{,}7t$



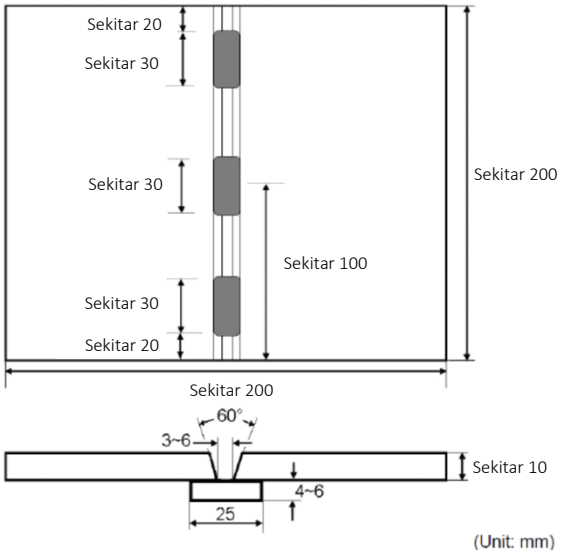
Untuk baja, tinggi minimum = 125 mm

Untuk aluminium, tinggi minimum = 150 mm

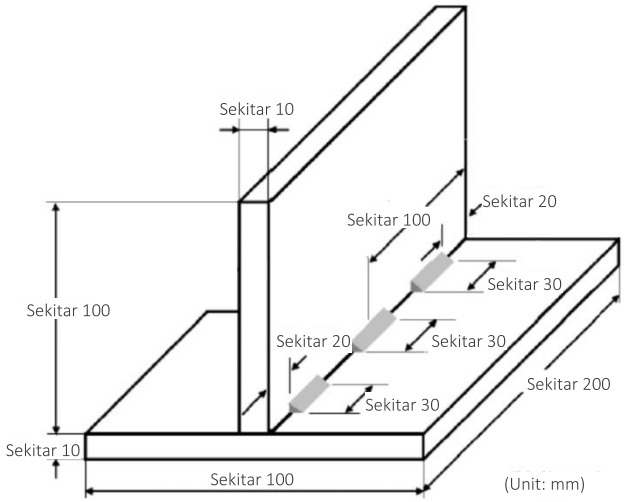
Gambar 3.4 Dimensi benda uji untuk las fillet di pipa

2.2 Spesimen uji untuk las cantum butt dan las camtum fillet dipersiapkan sesuai Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.

(IACS UR W32 4.2.2)



Gambar 3.5 Dimensi dan jenis specimen uji untuk las cantum butt



Gambar 3.6 Dimensi dan jenis specimen uji untuk las cantum fillet

2.3 Material pengujian dan bahan habis pengelasan harus memenuhi salah satu dari persyaratan berikut atau harus dari grade yang setara yang disetujui oleh BKI:

a) Material pengujian:
- baja struktural lambung yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4, B.
- Baja YP47 yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt. 1, Vol. V) Sec. 4, L.
- baja tempa struktural lambung yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 6.
- baja cor struktural lambung yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 7.
- paduan aluminium untuk konstruksi lambung dan penggunaan di laut yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1,Vol. V), Sec. 10, B.

b) Bahan habis pengelasan:
- bahan habis pengelasan untuk baja struktural lambung dan baja YP47 yang ditentukan dalam Bab 5, B hingga E.
- bahan habis pengelasan untuk paduan aluminium yang ditentukan dalam Bab 5, J.

(IACS UR W32 4.2.3)

3. Pengelasan benda uji

3.1 Pengelasan benda uji harus mengikuti WPS atau pWPS sebagai referensi. Pengawas pengelasan di galangan harus mencatat rincian dan parameter pengelasan pada Formulir Uji Kualifikasi Kinerja Juru Las sesuai dengan Lampiran C, yang diverifikasi oleh pengawas pengelasan dan Surveyor BKI setelah uji kualifikasi juru las selesai. Pengelasan material uji dan pengujian spesimen uji harus disaksikan oleh Surveyor.

(IACS UR W32 4.1.1)

3.2 Selama pengelasan benda uji, item-item berikut ini harus diperhatikan:

3.2.1 Sebelum pengelasan, benda uji harus ditandai dengan:

- Stempel spesimen KI (KJ)
- Untuk lasan pipa tetap, posisi pengelasan pukul 12 juga harus ditandai.

3.2.2 Setelah pengelasan, benda uji harus ditandai dengan:

- kode atau nama juru las
- posisi pengelasan
- grade material induk

3.2.3 Benda uji harus memiliki setidaknya satu pemberhentian dan mulai ulang di lajur akar dan di lajur penutup. Ketika digunakan lebih dari satu proses, setidaknya satu pemberhentian dan mulai ulang harus dibuat untuk setiap proses, yang mencakup lajur akar dan lajur akhir. Area berhenti dan mulai ulang harus ditandai untuk uji radiografi.

3.2.4 Dalam suatu kondisi ketika seorang juru las akan dikualifikasi untuk dua atau lebih proses pengelasan dengan mengelas satu benda uji (sambungan multi-proses), ketebalan deposit untuk setiap proses pengelasan yang digunakan harus dituliskan dalam formulir.

3.2.5 Setiap perlakuan panas pasca-las yang disyaratkan dalam WPS atau pWPS harus dilakukan kecuali untuk uji tak rusak.

3.2.6 Juru las harus diizinkan untuk menghilangkan cacat minor dengan gerinda, kecuali untuk lajur penutup yang mana hanya lokasi berhenti dan memulai ulang yang boleh digerinda.

4. Pemeriksaan dan Pengujian

4.1 Benda uji yang ditentukan dalam 2. harus diperiksa dan diuji sebagai berikut:

a) Untuk las butt:
   - Pemeriksaan visual
   - Uji lengkung

Catatan:

Uji radiografi atau uji ultrasonik (untuk baja feritik dengan ketebalan lebih dari 8 mm) atau uji patah dapat dilakukan sebagai pengganti uji lengkung kecuali proses pengelasan berpelindung gas dengan kawat pejal atau kawat berinti logam.

b) Untuk las fillet:
   - Pemeriksaan visual
   - Uji patah

Catatan:

Dua spesimen makro dapat diambil sebagai pengganti uji patah.

c) Untuk las cantum

- Pemeriksaan visual
- Uji Patah

Pengujian tambahan dapat disyaratkan, atas diskresi BKI.

(IACS UR W32 4.3.1)

4.2 Pemeriksaan Visual

Lasan harus diperiksa secara visual sebelum pemotongan spesimen uji untuk pengujian lengkung dan uji patah. Hasil pemeriksaan harus menunjukkan ketiadaan retak atau cacat berat lainnya.

Cacat yang terdeteksi harus dinilai sesuai dengan ISO 5817:2014 tingkat mutu B untuk baja atau ISO 10042:2018 untuk aluminium dan paduan aluminium, kecuali untuk jenis cacat berikut yang berlaku tingkat mutu C:

- logam las berlebih
- penetrasi berlebih
- kecembungan yang berlebih
- ketebalan leher las yang berlebih

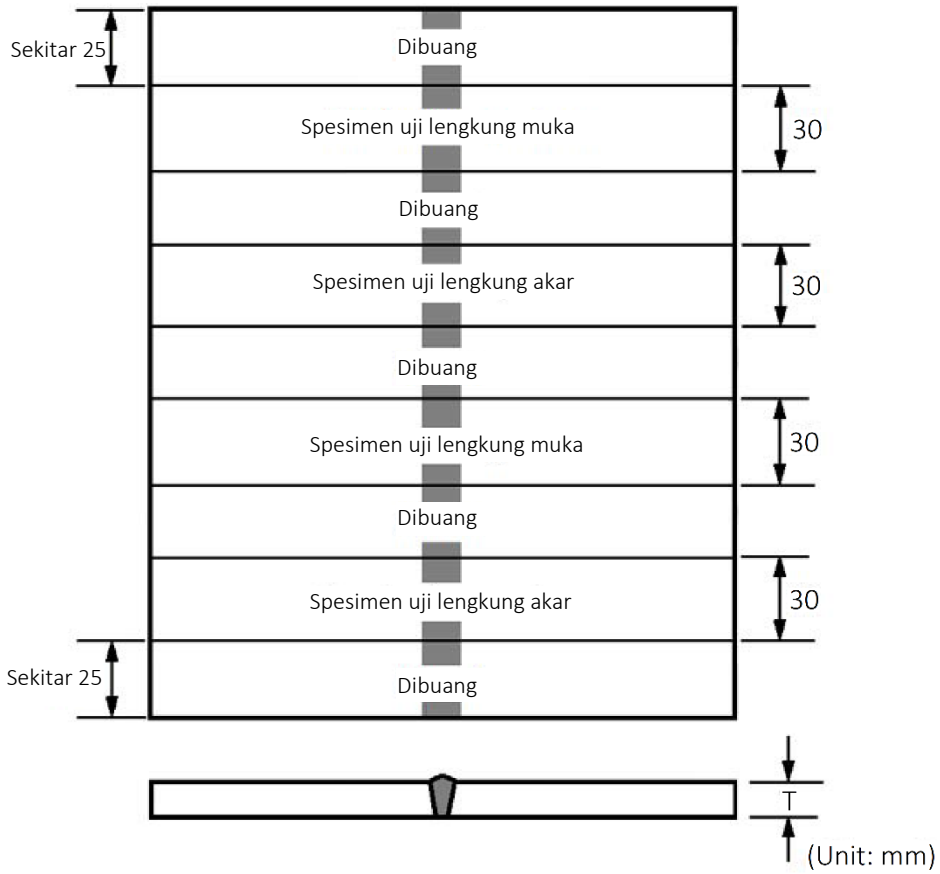
(IACS UR W32 4.3.2)

4.3 Uji Lengkung

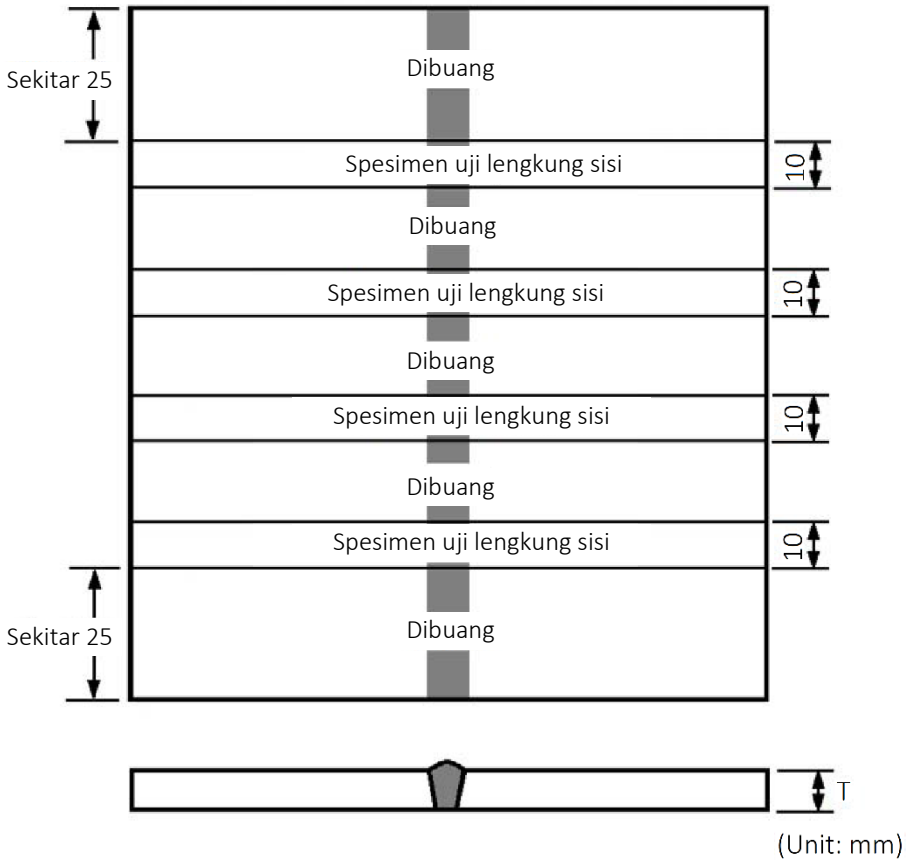
Ketika digunakan pengujian lengkung, panjang pemeriksaan benda uji harus dipotong menjadi empat spesimen uji dengan lebar yang sama (lihat Gambar 3.5, 3.6 dan 3.9).

Spesimen uji lengkung melintang harus sesuai dengan Bab 11, D.

Spesimen uji harus ditekuk hingga 180 derajat. Mandrel atau rasio diameter dalam rol terhadap ketebalan (D/T) harus sesuai dengan Tabel 3.1.



Gambar 3.5 Dimensi dan jenis benda uji untuk las butt (T < 12 mm)



Gambar 3.6 Dimensi dan jenis benda uji untuk las butt (T ≥ 12 mm)

Tabel 3.1 Rasio diameter mandrel terhadap ketebalan (D/T)

Material Induk	Rasio diameter mandrel terhadap ketebalan (D/T)
Baja struktural kekuatan normal dan lebih tinggi	4
Baja YP 47	5
Paduan aluminium grade 5754	3
Paduan aluminium grade 5083, 5086, 5456, 5454, 5059, 5383, 6082, 6061, 6106, 6005	6

Untuk uji kualifikasi awal dua spesimen uji lengkung muka dan dua spesimen uji lengkung akar harus diuji, dan satu spesimen uji lengkung muka dan satu spesimen uji lengkung akar untuk perpanjangan persetujuan. Untuk ketebalan 12 mm atau lebih, empat spesimen sisi (dua spesimen sisi untuk perpanjangan persetujuan) dengan ketebalan 10 mm dapat diuji sebagai alternatif.

Sekurang-kurangnya satu spesimen uji lengkung harus memuat satu pemberhentian dan mulai ulang pada bagian ditekuk, untuk lajur akar atau untuk lajur penutup.

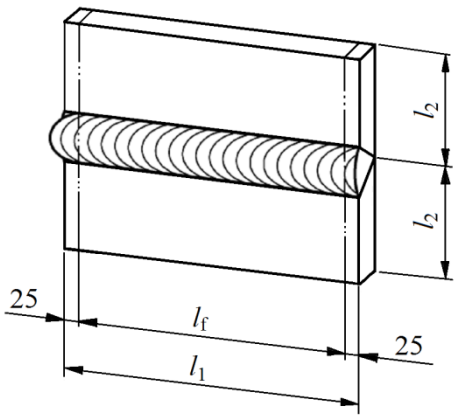
Setelah pengujian, spesimen uji tidak boleh memperlihatkan cacat terbuka yang lebih besar dari 3 mm ke arah manapun.

Cacat yang muncul di sudut dari spesimen uji pada waktu pengujian harus diperiksa kasus per kasus. Cacat harus diabaikan dalam evaluasi kecuali ada bukti bahwa retak disebabkan oleh penetrasi yang tidak lengkap, terak atau cacat lainnya. Jumlah cacat terbesar yang lebih dari 1 mm tetapi kurang dari 3 mm pada spesimen lengkung mana saja tidak boleh lebih dari 10 mm.

4.4 Uji radiografi

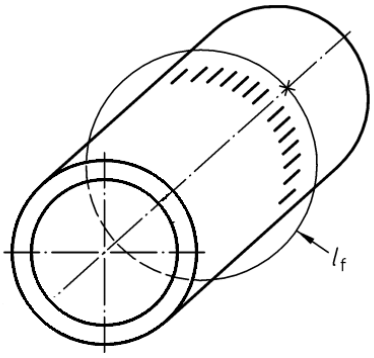
Ketika pengujian radiografi digunakan untuk las butt, panjang pemeriksaan (lihat Gbr. 3.7, Gbr. 3.8 dan Gbr. 3.9) pada benda uji harus diradiografi dalam kondisi apa adanya setelah dilas (tidak ada penghilangan logam las berlebih), cacat yang terdeteksi harus dinilai sesuai dengan tingkat mutu B pada ISO 5817:2014 untuk baja dan ISO 10042:2018 untuk paduan aluminium kecuali untuk logam las berlebih, kecembungan berlebih, penetrasi berlebih dimana yang berlaku tingkat mutu C.

(IACS UR W32 4.3.4)



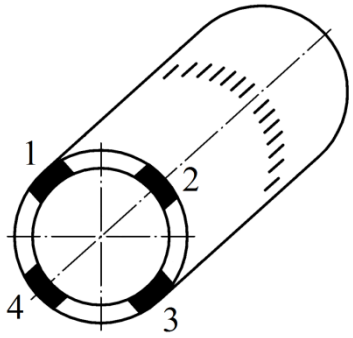
l_1 = panjang benda uji
l_2 = setengah lebar benda uji
l_f = panjang pemeriksaan

Gambar 3.7 Panjang pemeriksaan uji radiografi untuk pelat



l_f = panjang pemeriksaan

Gambar 3.8 Panjang pemeriksaan uji radiografi untuk pipa



1 = satu spesimen uji patah akar atau satu spesimen lengkung melintang akar atau satu spesimen lengkung sisi

2 = satu spesimen uji patah muka atau satu spesimen lengkung melintang muka atau satu spesimen lengkung sisi

3 = satu spesimen uji patah akar atau satu spesimen lengkung melintang akar atau satu spesimen lengkung sisi

4 = satu spesimen uji patah muka atau satu spesimen lengkung melintang mukaatau satu spesimen lengkung sisi

Gambar 3.9 Pembagian dari spesimen uji lengkung atau patah

4.5 Uji Patah (Las Butt)

Untuk las butt pada pelat dan pipa, panjang pemeriksaan benda uji (Gbr 3.7 dan Gbr 3.9) harus dipotong menjadi empat spesimen uji dengan lebar yang sama sesuai dengan dimensi yang diberikan pada Tabel 3.2.

Cacat yang terdeteksi harus dinilai dengan tingkat mutu B pada ISO 5817:2014 untuk baja dan ISO 10042:2018 untuk paduan aluminium kecuali untuk logam las berlebih, kecembungan berlebih, penetrasi berlebih dimana berlaku tingkat mutu C.

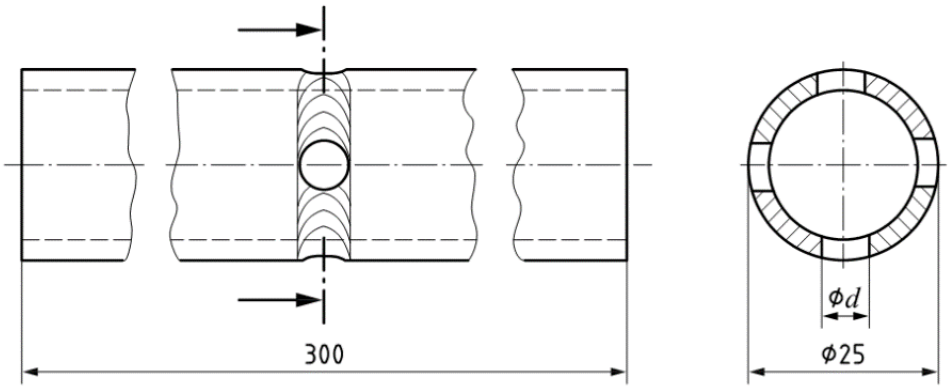
(IACS UR W32 4.3.5)

Tabel 3.2 Lebar spesimen uji patah

Tipe Produk		Lebar spesimen uji patah (mm)
Pelat	Pipa[1)]	
X	D ≥ 100 mm	≥ 35
–	50 ≤ D < 100 mm	≥ 20
–	25 < D < 50 mm	≥ 10

D = diameter luar

1) Untuk pipa dengan diameter luar D ≤ 25 mm, benda uji tarik bertakik sesuai dengan Gbr 3.10 direkomendasikan.



Lubang tidak diizinkan di area mulai dan berhenti.

Untuk t ≥ 1,8 mm: d = 4,5 mm

Untuk t <1,8 mm: d = 3,5 mm

Gambar 3.10 Contoh benda uji tarik bertakik untuk pipa berdiameter luar ≤ 25 mm

4.6 Uji Patah (Las Fillet)

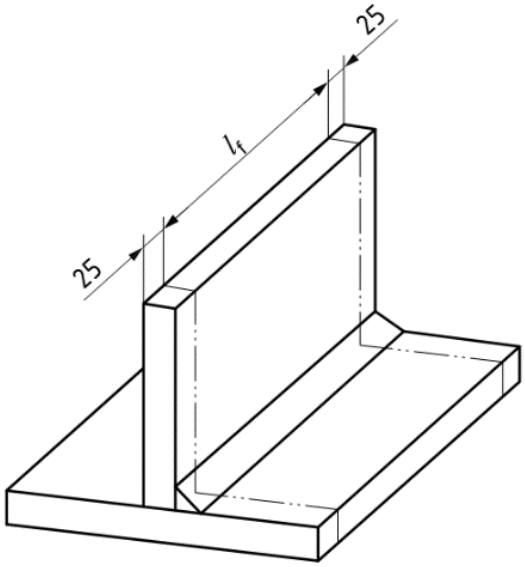
Untuk las fillet di pelat, panjang pemeriksaan benda uji (Gbr. 3.11) harus dipatahkan sebagai satu spesimen lengkap. Jika perlu, benda uji dapat dipotong menjadi beberapa spesimen uji dengan lebar yang sama.

Untuk las fillet di pipa, benda uji harus dipotong menjadi empat spesimen uji atau lebih dan dipatahkan (satu kemungkinan ditunjukkan pada Gbr 3.12).

Uji patah harus dilakukan dengan melipat pelat tegak ke arah pelat mendatar. Evaluasi harus difokuskan pada retak, porositas dan pori-pori, inklusi, kurang fusi dan kurang penetrasi.

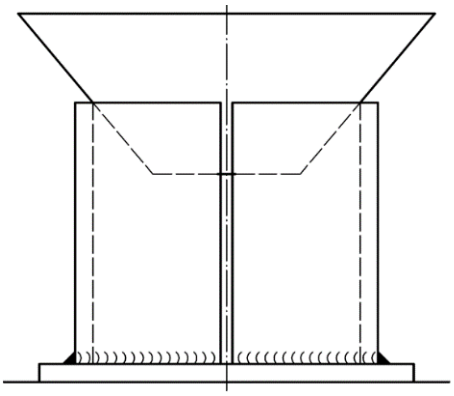
Cacat yang terdeteksi harus dinilai sesuai dengan tingkat mutu B di ISO 581:20147 untuk baja dan ISO 10042:2018 untuk paduan aluminium.

(IACS UR W32 4.3.6)



l_f = examination length

Gambar 3.11 Panjang pemeriksaan pengujian patah untuk las fillet di pelat



Gambar 3.12 Persiapan dan pengujian patah spesimen uji untuk las fillet di pipa

4.7 Pemeriksaan Makro

Ketika pemeriksaan makro digunakan untuk las fillet, dua spesimen uji harus disiapkan dari posisi pemotongan yang berbeda; setidaknya satu spesimen pemeriksaan makro harus dipotong pada posisi satu pemberhentian dan mulai ulang baik pada lajur akar ataupun lajur penutup. Spesimen ini harus dietsa pada salah satu sisi untuk memperlihatkan dengan jelas logam las, garis fusi, penetrasi akar dan zona terpengaruh panas.

Spesimen makro harus mencakup logam induk yang tidak terpengaruh dengan panjang sekitar 10 mm.

Pemeriksaan ini harus memperlihatkan profil las yang regular, fusi yang menerus antara lapisan-lapisan berdekatan dari logam las dan logam induk, penetrasi akar yang cukup dan ketiadaan cacat seperti retak, kurangnya fusi dll.

5. Uji ulang

5.1 Ketika seorang juru las gagal dalam uji kualifikasi, hal berikut ini harus berlaku:

5.1.1 Dalam kasus ketika juru las gagal memenuhi persyaratan dari pengujian, pengujian ulang dapat segera dilakukan, dengan membuat benda uji yang berbeda untuk setiap jenis sambungan las dan posisi dimana juru las gagal. Dalam hal ini, pengujian harus dilakukan terhadap spesimen uji pengganti dari setiap uji yang gagal.

Semua spesimen uji ulang harus memenuhi semua persyaratan yang ditentukan.

5.1.2 Dalam kasus dimana juru las gagal memenuhi persyaratan di semua bagian dari uji yang disyaratkan atau dalam uji ulang yang ditentukan dalam 5.1.1, juru las harus mendapatkan pelatihan dan praktik lebih lanjut.

5.1.3 Ketika terdapat alasan khusus untuk mempertanyakan kemampuan juru las atau masa berlakunya telah berakhir, juru las harus dikualifikasi ulang sesuai dengan pengujian yang ditentukan dalam 2.

5.1.4 Jika ada spesimen uji yang tidak memenuhi spesifikasi dimensi karena pemesinan yang buruk, maka benda uji pengganti harus dilas dan diuji.

6. Perekaman hasil

Formulir penilaian yang disediakan pada Lampiran C harus digunakan untuk mencatat rincian dan hasil uji (p = lulus, np = tidak lulus). Lembar tambahan harus digunakan seperlunya.

D. Rentang Kualifikasi

Juru las harus dikualifikasi dalam hubungan dengan variable pengelasan berikut:

- proses pengelasan;
- jenis produk (pelat atau pipa);
- jenis sambungan las;
- kelompok material;
- Jenis material pengisi;
- dimensi (ketebalan material dan diameter luar pipa);
- posisi pengelasan;
- detail pengelasan (material penahan, gas penahan, fluks penahan, pemasukan bahan habis, pengelasan satu sisi, pengelasan dua sisi, jalur tunggal, banyak jalur).

(IACS UR W32 3.1)

1. Proses pengelasan

Proses pengelasan untuk kualifikasi juru las diklasifikasikan dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Proses pengelasan untuk kualifikasi juru las

Simbol	Proses pengelasan dalam pekerjaan pengelasan yang sebenarnya		ISO 4063
M	Pengelasan Manual	Las busur logam manual (las busur logam dengan elektroda berbungkus)	111
S	Pengelasan Semi-Otomatis/ Pengelasan Mekanis Sebagian	Las MIG dengan elektroda kawat padat	131
		Las MAG dengan elektroda kawat padat	135
		Las MAG dengan elektroda berinti fluks	136
		Las MAG dengan elektroda berinti logam	138
T	Pengelasan TIG	Las TIG dengan material pengisi padat (kawat/batang)	141

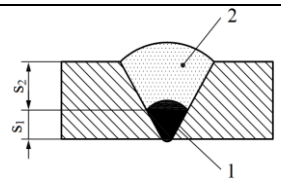
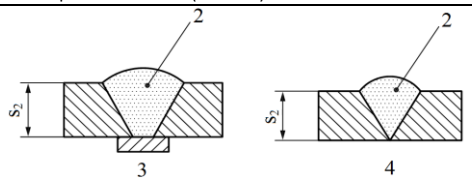
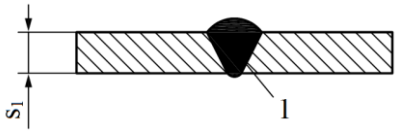
Setiap pengujian biasanya hanya mengkualifikasi untuk satu proses pengelasan. Perubahan proses pengelasan membutuhkan uji kualifikasi baru. Pengecualian untuk hal berikut:

- perubahan dari pengelasan MAG dengan elektroda kawat padat (135) bersama dengan elektroda berinti logam (138), atau sebaliknya, tidak memerlukan kualifikasi ulang
- kualifikasi juru las untuk mode transfer dip (*short-circuit*) (131, 135 dan 138) mengkualifikasi untuk mode transfer lainnya, tetapi tidak sebaliknya.

Namun, diizinkan untuk juru las dikualifikasi untuk dua atau lebih proses pengelasan dengan mengelas satu benda uji (sambungan banyak-proses) atau dengan dua atau lebih uji kualifikasi terpisah. Rentang kualifikasi terkait dengan ketebalan deposit untuk setiap proses pengelasan yang digunakan dan untuk sambungan las butt banyak-proses rentang kualifikasi diberikan pada Tabel 3.4.

(IACS UR W32 3.4)

Tabel 3.4 Rentang ketebalan deposit logam las untuk sambungan las butt dengan proses tunggal dan multi-proses

Proses pengelasan yang digunakan untuk benda uji	Rentang ketebalan deposit yang dikualifikasi sesuai Tabel 3.10	
	Sambungan proses tunggal	Sambungan multi-proses
 1 = proses las 1 (ss nb) 2 = proses las 2 (ss mb)	untuk proses las 1: $t = s_1$ untuk proses las 2: $t = s_2$	$t = s_1 + s_2$
 2 = proses las 2 3 = pengelasan dengan penahan (ss mb) 4 = pengelasan tanpa penahan (ss nb)	untuk proses las 1: $t = s_1$ untuk proses las 2: $t = s_2$	untuk $t = s_1 + s_2$ proses las 1 hanya untuk pegelasan daerah akar
 1 = proses las 1		

2. Jenis produk

Lasan benda uji dengan diameter luar pipa D > 25 mm mencakup lasan pada pelat.

Lasan benda uji pada pelat mencakup:

- lasan pada pipa berputar dengan diameter luar pipa D ≥ 75 mm untuk posisi pengelasan PA, PB, PC, dan PD.
- lasan pada pipa tetap (PH, PF, H-L45) dengan diameter luar pipa D ≥ 500 mm.

3. Jenis sambungan las

3.1 Las butt mencakup las butt pada semua jenis sambungan kampuh. Las butt tidak mengkualifikasi las fillet atau sebaliknya. BKI dapat meminta uji kualifikasi pengelasan fillet untuk juru las yang dipekerjakan untuk melakukan pengelasan fillet saja.

(IACS UR W32 3.8)

3.2 Seorang juru las yang memiliki kualifikasi untuk pengelasan butt atau fillet dapat mengerjakan las cantum untuk proses dan posisi pengelasan yang sesuai dengan yang diizinkan dalam sertifikatnya.

Sebagai alternatif, juru las yang terlibat dalam las cantum hanya dapat dikualifikasi dengan rangkaian uji seperti pada Gambar 3.5 atau Gambar 3.6.

(IACS UR W32 3.9)

3.3 Juru las yang mengerjakan las T penetrasi penuh/sebagian harus memenuhi syarat untuk las butt untuk proses pengelasan dan posisi yang sesuai dengan sambungan yang akan dilas.

(IACS UR W32 3.5)

4. Kelompok material

Uji kualifikasi harus dilakukan dengan material pengisi dari salah satu kelompok yang tercantum dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Kelompok material pengisi

Kelompok	Material pengisi untuk pengelasan	Contoh standar yang berlaku
FM1	Baja non-paduan dan berbutir halus	ISO 2560, ISO 14341, ISO 636, ISO 14171, ISO 17632
FM2	Baja kekuatan tinggi	ISO 18275, ISO 16834, ISO 26304, ISO 18276
FM3	Baja tahan mulur Cr < 3,75 %	ISO 3580, ISO 21952, ISO 24598, ISO 17634
FM4	Baja tahan mulur 3,75 ≤ Cr ≤ 12 %	ISO 3580, ISO 21952, ISO 24598, ISO 17634
FM5	Baja tahan karat dan tahan panas	ISO 3581, ISO 14343, ISO 17633
FM6	Nikel dan paduan nikel	ISO 14172, ISO 18274

Pengelasan dengan material pengisi dalam satu kelompok mengkualifikasi juru las untuk pengelasan dengan semua material pengisi lainnya dalam kelompok yang sama, serta kelompok lain, yang tercantum dalam Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Rentang kualifikasi untuk material pengisi

Material pengisi	Rentang Kualifikasi					
	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6
FM1	X	X	–	–	–	–
FM2	X	X	–	–	–	–
FM3	X	X	X	–	–	–
FM4	X	X	X	X	–	–
FM5	–	–	–	–	X	–
FM6	–	–	–	–	X	X

X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk material-material pengisi tersebut.
– mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk material-material pengisi tersebut

Untuk aluminium dan paduan aluminium, sistem pengelompokan berdasarkan pada kelompok material induk dimana pengelasan dari salah satu material induk dalam suatu kelompok memberikan kualifikasi pada juru las untuk pengelasan semua material induk lainnya dalam kelompok yang sama serta kelompok lain menurut Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Rentang kualifikasi untuk material induk dari aluminium dan paduan aluminium

Kelompok material[1] dari benda uji	Rentang kualifikasi					
	21	22	23	24	25	26
21	X	X	–	–	–	–
22	X	X	–	–	–	–
23	X	X	X[2]	–	–	–
24	–	–	–	X	X	–
25	–	–	–	X	X	–
26	–	–	–	X	X	X

X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk kelompok material tersebut
– mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk kelompok material tersebut

1) Kelompok material sesuai dengan ISO 15608
2) lihat juga 5.

5. Jenis material pengisi

Untuk pengelasan busur logam manual, uji kualifikasi disyaratkan menggunakan elektroda berbungkus basa, asam atau rutile.

Rentang kualifikasi untuk jenis material pengisi diberikan dalam Tabel 3.8 dan 3.9.

Pengelasan dengan material pengisi mengkualifikasi pengelasan tanpa material pengisi, tetapi tidak sebaliknya.

(IACS UR W32 3.3)

Tabel 3.8 Rentang kualifikasi untuk elektroda berbungkus (SMAW)

Proses Pengelasan	Jenis bungkus yang digunakan dalam pengujian[a]	Rentang kualifikasi		
		A, RA, RB, RC, RR, R 03, 13, 14, 19, 20, 24, 27	B 15, 16, 18, 28, 45, 48	C 10, 11
111	A, RA, RB, RC, RR, R 03, 13, 14, 19, 20, 24, 27	X	–	–
	B 15, 16, 18, 28, 45, 48	X	X	–
	C 10, 11	–	–	X

X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk jenis material pengisi tersebut
– mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk jenis material pengisi tersebut

[a] Jenis bungkus yang digunakan dalam uji kualifikasi juru las untuk pengelasan lajur akar tanpa penahan (ss nb) adalah jenis bungkus yang terkualifikasi untuk pengelasan lajur akar dalam las produksi tanpa penahan (ss nb).

Tabel 3.9 Rentang kualifikasi untuk jenis material pengisi[1]

Proses pengelasan	Jenis material pengisi yang digunakan pada benda uji	Rentang kualifikasi			
		Kawat pejal (S)	Kawat berinti logam (M)	Kawat berinti fluks (B)	Kawat berinti fluks (R, P, V, W, Y, Z)
131, 135	Elektroda kawat pejal (S)	X	X	–	–
138, 141	Eletroda berinti logam (M)	X	X	–	–

Tabel 3.9 Rentang kualifikasi untuk jenis material pengisi[1)] *(lanjutan)*

136	Elektroda berinti fluks (B)	–	–	X	X
	Elektroda berinti fluks (R, P, V, W, Y, Z)	–	–	–	X
X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk jenis material pengisi tersebut - mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk jenis material pengisi tersebut					
1) Jenis kawat berinti fluks yang digunakan dalam uji kualifikasi juru las untuk pengelasan lajur akar tanpa penahan (ss nb) adalah jenis kawat berinti fluks yang terkualifikasi untuk pengelasan lajur akar dalam las produksi tanpa penahan (ss nb).					

Untuk aluminium dan paduan aluminium, kualifikasi dengan jenis logam pengisi paduan AlMg mengkualifikasi penggunaan jenis paduan AlSi tetapi tidak sebaliknya.

Untuk proses pengelasan 131 peningkatan kandungan Helium (He) dari gas pelindung yang lebih besar dari 50% memerlukan uji kualifikasi.

6. Dimensi

Uji kualifikasi juru las untuk las butt didasarkan pada ketebalan dan diameter pipa luar. Rentang kualifikasi untuk ketebalan ditentukan dalam Tabel 3.10 untuk baja dan Tabel 3.11 untuk aluminium dan paduan aluminium, sedangkan rentang kualifikasi untuk diameter luar pipa ditentukan dalam Tabel 3.12.

Untuk las fillet, rentang kualifikasi untuk ketebalan ditentukan pada Tabel 3.13.

Untuk benda uji dengan diameter luar dan ketebalan pipa yang berbeda, juru las tersebut terkualifikasi untuk:

- tebal deposit dan/atau logam induk dari yang paling tipis sampai ke paling tebal; dan
- diameter terkecil hingga diameter terbesar.

Rentang ketebalan kualifikasi untuk juru las cantum adalah 3 mm dan lebih.

Tabel 3.10 Rentang kualifikasi ketebalan deposit untuk las butt pelat/pipa (baja)

Ketebalan deposit benda uji [mm]	Rentang kualifikasi[1)] [mm]
$t < 3$	t sampai 2t
$3 \le t < 12$	3 sampai 2t
$t \ge 12$ [2) 3)]	≥ 3 [3)]
1) Untuk proses las tunggal dan jenis material pengisi yang sama, t sama dengan ketebalan material induk. 2) Benda uji harus dilas setidaknya dengan 3 lapisan. 3) Untuk multi-proses, t adalah ketebalan deposit untuk masing-masing proses.	

Tabel 3.11 Rentang kualifikasi ketebalan material dan ketebalan logam las (multi proses) dari benda uji las butt (aluminium dan paduan aluminium)

Ketebalan material benda uji, t [mm]	Rentang kualifikasi [mm]
$t \le 6$	0,5 t sampai 2 t
$t > 6$	≥ 6

Tabel 3.12 – Rentang kualifikasi untuk diameter luar pipa (baja & aluminium dan paduan aluminium)

Diameter luar pipa benda uji, D [1] [mm]	Rentang kualifikasi [mm]
D ≤ 25	D sampai 2 D
D > 25	≥ 0,5 D (min. 25 mm)
[1] Untuk profil berongga non-lingkaran, D adalah dimensi sisi yang lebih kecil	

Tabel 3.13 Rentang kualifikasi ketebalan material untuk las fillet[1)] (baja & aluminium dan paduan aluminium)

Ketebalan material benda uji, t [mm]	Rentang kualifikasi [mm]
t < 3	t sampai 2t atau 3, mana yang lebih besar
t ≥ 3	≥ 3
[1] Lihat juga Tabel 3.18.	

7. Posisi pengelasan

Rentang kualifikasi untuk setiap posisi pengelasan diberikan dalam Tabel 3.14 dan Tabel 3.15 untuk baja serta Tabel 3.16 dan Tabel 3.17 untuk aluminium dan paduan aluminium. Diagram yang menunjukkan definisi posisi pengelasan yang digunakan pada Tabel 3.14 – 3.17 ditunjukkan pada Lampiran I.

Pengelasan dua pipa dengan diameter luar yang sama, satu pipa pada posisi pengelasan PH/5G-atas dan satu pipa pada posisi pengelasan PC/2G, juga mencakup rentang kualifikasi pipa yang dilas pada posisi pengelasan H-L045/6G-atas dengan pengelasan ke arah atas.

Pengelasan dua pipa dengan diameter luar yang sama, satu pipa pada posisi pengelasan PJ/5G-bawah dan satu pipa pada posisi pengelasan PC/2G, juga mencakup rentang kualifikasi pipa yang dilas pada posisi pengelasan J-L045/6G-bawah dengan pengelasan ke arah bawah.

Diameter luar pipa D ≥ 150 mm dapat dilas dalam dua posisi pengelasan (2/3 keliling dilas posisi PH/5G-atas atau PJ/5G-bawah, 1/3 keliling dilas posisi PC/2G) menggunakan hanya satu benda uji. Pengujian ini mencakup semua posisi untuk arah pengelasan yang digunakan dalam pengujian.

Tabel 3.14 Rentang kualifikasi untuk posisi pengelasan apabila pengujian dengan las butt (baja)

Posisi uji[2)]	Rentang kualifikasi[1)]								
	PA Datar	PB Horisontal vertikal	PC Horisontal	PD Horisontal overhead	PE Di atas kepala	PF Vertikal ke atas	PG Vertikal ke bawah	PH ke atas	PJ ke bawah
	1G/1F	2F	2G / 2F	4F	4G/4F	3G-atas /3F/5F	3G v-d/ 3F v-d	5G-atas/ 5F-atas	5G v-d / 5F v-d
PA	X	X	–	–	–	–	–	–	–
PC	X	X	X	–	–	–	–	–	–
PE (pelat)	X	X	X	X	X	–	–	–	–
PF (pelat)	X	X	–	–	–	X	–	–	–
PH (pipa)	X	X	–	X	X	X	–	X	–
PG (pelat)	–	–	–	–	–	–	X	–	–
PJ (pipa)	X	X	–	X	X	–	X	–	X
H-L045	X	X	X	X	X	X	–	X	–
J-L045	X	X	X	X	X	–	X	–	X
X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut. – mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.									
[1] Selain itu persyaratan 2. harus diperhatikan. [2] Las butt untuk kualifikasi pipa memenuhi syarat sambungan cabang dengan sudut ≥ 60°.									

Tabel 3.15 Rentang kualifikasi untuk posisi pengelasan apabila pengujian dengan las fillet (baja)

Posisi uji	Rentang kualifikasi						
	PA Datar	PB Horisontal Vertikal	PC Horisontal	PD Horisontal Di atas kepala	PE Di atas kepala	PF Vertikal ke atas	PG Vertikal ke bawah
	1F	2F	2F	4F	4F	3F menanjak	3F menurun
PA	X	–	–	–	–	–	–
PB	X	X	–	–	–	–	–
PC	X	X	X	–	–	–	–
PD	X	X	X	X	X	–	–
PE (Pelat)	X	X	X	X	X	–	–
PF (Pelat)	X	X	–	–	–	X	–
PH (Pipa)	X	X	–	X	X	X	–
PG (Pelat)	–	–	–	–	–	–	X
PJ (Pipa)	X	X	–	X	X	–	X

X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.
– mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.

Tabel 3.16 - Rentang kualifikasi untuk posisi pengelasan apabila pengujian dengan las butt (aluminium dan paduan aluminium)

Posisi pengelasan benda uji	Range of qualification[1)]									
	PA Datar	PB Hori-sontal vertikal	PC Horison-tal	PD Hori-sontal di atas kepala	PE Di atas kepala	PF (Pelat) Vertikal-atas	PF (Pipa) Vertikal-atas	PG (Pelat) Vertikal-bawah	PG (Pipa) Vertikal-bawah	H-L045 Ke atas
	1G / 1F	2F	2G / 2F	4F	4G / 4F	3G up / 3F	5G up / 5F	3G v-d / 3F v-d	5G v-d / 5F v-d	6G up
PA	X	X	–	–	–	–	–	–	–	–
PC	X	X	X	–	–	–	–	–	–	–
PE (pelat)	X	X	X	X	X	X	–	–	–	–
PF (pelat)	X	X	–	–	–	X	–	–	–	–
PF (pipa)	X	X	–	X	X	X	X	–	–	–
PG (pelat)	–	–	–	–	–	–	–	X	–	–
PG (pipa)	X	X	–	X	X	–	–	X	X	–
H-L045	X	X	X	X	X	X	X	–	–	X

X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.
– mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.

[1)] Selain itu persyaratan 2. harus diperhatikan.

Tabel 3.17 Rentang kualifikasi untuk posisi pengelasan apabila pengujian dengan las fillet (aluminium dan paduan aluminium)

Posisi pengelasan benda uji	Rentang kualifikasi[1)]								
	PA	PB	PC	PD	PE	PF (Pelat)	PF (Pipa)	PG (Pelat)	PG (Pipa)
	1F	2F	2F	4F	4F	3F atas	5F atas	3F v-d	5G v-d
PA	X	X	–	–	–	–	–	–	–
PB	X	X	–	–	–	–	–	–	–
PC (pelat)	X	X	X	–	–	–	–	–	–
PD	X	X	X	X	X	X	–	–	–
PE (pelat)	X	X	X	X	X	X	–	–	–
PF (pelat)	X	X	–	–	–	X	–	–	–
PF (pipa)	X	X	–	X	X	X	X	–	–
PG (pelat)	–	–	–	–	–	–	–	X	–
PG (pipa)	X	X	–	X	X	–	–	X	X
X mengindikasikan juru las terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut. – mengindikasikan juru las tidak terkualifikasi untuk posisi pengelasan tersebut.									
[1)] Selain itu persyaratan 2. harus diperhatikan.									

8. Detail las

Detail pengelasan untuk kualifikasi juru las dilakukan klasifikasi seperti pada Tabel 3.18 dengan mengacu pada uji kualifikasi.

Tabel 3.18 Detail las untuk kualifikasi juru las

Detail las yang digunakan pada specimen uji untuk kualifikasi				Detail las untuk qualifikasi
Las butt	Satu sisi las	dengan material penahan	SS MB	SS MB, DS MB, SL, ML
		Dengan gas penahan	SS GB	SS MB, SS GB, DS MB, SL, ML
		Tanpa penahan	SS NB	SS MB, SS NB, SS GB, DS MB, DS NB, SL, ML
	Dua sisi las	dengan gouging	DS MB	SS MB, DS MB, SL, ML
		tanpa gouging	DS NB	SS MB, DS MB, DS NB, SL, ML
Las fillet	Las lapis tunggal	–	SL	SL
	Las multi lapis	–	ML	SL, ML

E. Sertifikasi

1. Sertifikat kualifikasi biasanya dikeluarkan oleh BKI ketika juru las telah lulus uji kualifikasi dengan mengacu pada Rules ini. Setiap bengkel las harus bertanggung jawab untuk mengontrol validitas sertifikat dan rentang persetujuannya.

(IACS UR W32 5.1)

2. Item-item berikut harus dicantumkan dalam sertifikat:

a) Rentang kualifikasi untuk kelompok material, proses pengelasan, jenis logam pengisi, jenis sambungan las, ketebalan pelat, dan posisi pengelasan.

b) Tanggal kedaluwarsa dari validitas kualifikasi.

c) Nama, tanggal lahir, identifikasi, dan foto juru las.

d) Nama galangan kapal / pabrik pembuat.

3. Ketika sertifikat dikeluarkan, dokumen terkait seperti laporan pengujian dan/atau rekaman validasi ulang harus diarsipkan sebagai lampiran pada salinan sertifikat.

4. Status persetujuan dari setiap kualifikasi individu harus ditunjukkan kepada BKI saat diminta.

F. Periode Validitas, Uji Ulang

1. Masa berlaku

1.1 Biasanya masa berlaku persetujuan juru las dimulai sejak tanggal diterbitkannya sertifikat kualifikasi apabila semua persyaratan uji sudah terpenuhi.

(IACS UR W32 6.1.1)

1.2 Sertifikat tersebut ditandatangani dengan interval enam bulan oleh personil galangan/pabrik pembuat yang bertanggungjawab terhadap mutu produksi las dengan ketentuan semua kondisi berikut ini terpenuhi:

a) Juru las harus terlibat dengan pekerjaan pengelasan secara berkesinambungan pada rentang persetujuan yang ada. Waktu jeda dengan jangka waktu tidak lebih dari enam bulan dapat diizinkan.

b) Pekerjaan juru las pada umumnya harus sesuai dengan kondisi teknis di mana uji persetujuan dilakukan.

c) Tidak boleh ada alasan khusus untuk mempertanyakan keterampilan dan pengetahuan juru las.

(IACS UR W32 6.1.2)

1.3 Jika salah satu dari kondisi ini tidak terpenuhi, BKI akan menginformasikan dan sertifikat akan dibatalkan.

(IACS UR W32 6.1.2)

1.4 Masa berlaku sertifikat mungkin dipertahankan dengan kesepakatan dengan BKI yang ditentukan di 3. Pilihan mempertahankan yang dipilih dari kualifikasi yang mengacu pada 3.1 a) atau b) atau c) harus dinyatakan di dalam sertifikat pada waktu yang sama.

(IACS UR W32 6.1.4)

2. Uji ulang

2.1 Uji ulang yang berkaitan dengan satu proses pengelasan individu harus dilakukan apabila seorang juru las yang telah diuji pada lebih dari satu proses pengelasan tidak menggunakan proses tersebut selama lebih dari enam bulan.

2.2 Uji ulang, dalam kondisi apa pun, diperlukan apabila seorang juru las tidak melakukan pekerjaan pengelasan sebagaimana didefinisikan dalam 1., selama lebih dari enam bulan.

2.3 BKI dapat meminta pengujian ulang kapan saja jika timbul keraguan yang wajar terkait keterampilan juru las.

3. Validasi ulang masa berlaku

3.1 Validasi ulang harus dilaksanakan oleh BKI. Kemampuan juru las harus secara periodic diverifikasi dengan salah satu opsi sebagai berikut:

1) Juru las harus diuji ulang setiap 3 tahun
2) Setiap 2 tahun, 2 pengelasan dilakukan selama 6 bulan terakhir pada 2 tahun periode validasi harus diuji menggunakan pengujian radigrafi atau ultrasonic atau uji rusak dan harus dicatat. Las yang diuji harus mereproduksi kondisi pengujian awal kecuali untuk ketebalan dan diameter luar. Uji ini memvalidasi ulang kualifikasi juru las untuk tambahan 2 tahun.
3) Kualifikasi juru las untuk setiap sertifikat adalah sah selama ditandatangani sesuai dengan 1.2 subyek bahwa semua kondisi berikut dipenuhi. Dalam opsi ini, pemenuhan semua persyaratan harus diverifikasi oleh BKI. Frekuensi verifikasi oleh BKI tidak boleh lebih dari 3 tahun dan harus disepakati antara BKI dan galangan kapal/pabrik pembuat.
   A) Juru las bekerja untuk galangan/pabrik pembuat yang sama bertanggungjawab untuk mutu produksi las seperti yang tersebut di dalam sertifikat kualifikasinya.
   B) BKI harus memverifikasi bahwa sistem manajemen mutu juru las di galangan/produsen minimal mencakup:
      – Orang yang ditunjuk bertanggung jawab untuk koordinasi sistem manajemen mutu juru las.
      – Daftar juru las dan pengawas las di galangan kapal/pabrik pembuat
      – Jika berlaku, daftar juru las subkontrak
      – Sertifikat kualifikasi juru las dan deskripsi sistem manajemen terkait
      – Persyaratan pelatihan untuk program kualifikasi juru las
      – Sistem identifikasi untuk juru las dan WPS yang digunakan pada pengelasan
      – Prosedur yang menjelaskan sistem yang ada untuk memantau kinerja setiap juru las berdasarkan hasil catatan pemeriksaan las (misalnya tingkat perbaikan, dll.) termasuk kriteria yang memungkinkan pemeliharaan kualifikasi juru las tanpa pengujian ulang.
   C) Galangan kapal/pabrik pembuat harus mendokumentasikan setidaknya sekali setahun bahwa juru las telah menghasilkan las yang dapat diterima sesuai dengan standar kualitas konstruksi dan persyaratan BKI dalam posisi pengelasan, jenis las dan kondisi backing yang dicakup oleh sertifikatnya. Dokumen apa saja yang diperlukan dan bagaimana cara mendokumentasikannya harus sesuai kesepakatan antara BKI dengan galangan kapal/pabrik pembuat.

   (IACS UR W32 6.2.1)

3.2 Juru las harus diverifikasi pemenuhan terhadap ketentuan 3.1 di atas dan pemeliharaan sertifikat kualifikasi juru las harus ditandatangani oleh Surveyor.

(IACS UR W32 6.2.2)

3.3 Jika kondisi di mana validasi ulang diberikan, sebagaimana ditentukan dalam 3.1 b) dan c) di atas, tidak terpenuhi, pengujian ulang harus dilakukan sesuai dengan ruang lingkup pengujian awal. Jika pengujian ulang dilakukan dengan cakupan pengujian terbatas dibandingkan dengan pengujian awal, rentang persetujuan berikutnya ditentukan oleh ruang lingkup pengujian ulang.

G. Uji Juru Las Lainnya

1. Peraturan lainnya

1.1 BKI dapat menyetujui pelaksanaan uji kualifikasi juru las sesuai dengan Peraturan, Standar atau Kode lain yang setara yang diakui. Penugasan kerja juru las yang diuji sesuai dengan pengujian ini akan ditentukan dengan cara yang sama dengan Peraturan, Standar atau Kode di atas, tergantung pada ruang lingkup pengujian. Masa berlaku seperti yang ditentukan dalam F.

(IACS UR W32 2.5.1 & 2.5.2)

1.2 Uji juru las sesuai dengan Peraturan, Standar, atau Kode lain yang telah dilakukan oleh lembaga pengujian independen dengan cara yang sama dengan B.3. dapat diakui oleh BKI berdasarkan pada ketentuan sebelumnya. Spesifikasi prosedur pengelasan yang relevan, laporan pengujian, sertifikat pengujian dan, atas permintaan, Peraturan, Standar atau Kode yang relevan harus diserahkan kepada BKI untuk tujuan ini.

2. Pengecualian

Dalam keadaan luar biasa yang dapat dibenarkan (misalnya perbaikan), Surveyor dapat, berdasarkan batasan waktu tertentu dan pembatasan pada struktur tertentu, memberikan wewenang untuk mempekerjakan juru las yang terlatih dan berpengalaman tanpa dokumen kualifikasi yang ditentukan di atas, asalkan juru las tersebut memiliki alasan yang dapat dipercaya bahwa juru las yang bersangkutan kompeten untuk melakukan pekerjaan yang diberikan dan bahwa kualitas lasan yang dihasilkan oleh mereka dapat diverifikasi dengan sesuai, misalnya dengan uji tak rusak.

3. Uji juru las yang dilakukan sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan

Pengujian juru las dapat dimasukkan dalam uji prosedur pengelasan (lihat Bab 4, B.5.3) dan nama mereka kemudian akan dimasukkan dalam persetujuan prosedur pengelasan. Namun, sertifikat uji kualifikasi juru las yang memenuhi standar hanya dapat dikeluarkan dengan syarat semua ketentuan standar, mis. ruang lingkup pengujian dan uji pengetahuan, telah dipenuhi dan bahwa ini dicatat dalam formulir penilaian yang telah dilengkapi sebagaimana mestinya (lihat Lampiran C).

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 4 Pengujian Prosedur Pengelasan, Pengujian Produksi

A. Umum 4-1
B. Pelaksanaan Uji Prosedur Pengelasan dan Produksi 4-2
C. Evaluasi Hasil Pengujian, Persyaratan, Spesimen Uji Ulang, Laporan Pengujian 4-6
D. Batas Aplikasi, Periode Masa Berlaku 4-7

A. Umum

1. Uji prosedur pengelasan di bengkel pengguna

1.1 Uji prosedur pengelasan harus dilakukan di bawah pengawasan BKI di bengkel pengguna sebelum memulai pekerjaan fabrikasi sesuai dengan lingkup yang dijelaskan dalam Bab 12 sampai 16 untuk berbagai bidang aplikasi sesuai kondisi bengkel. Kondisi tempat kerja (perlindungan cuaca, peralatan las, jig operasi, juru las, toleransi produksi dll.) dan operasi pembentukan dingin ekstrim yang akan diberikan serta perlakuan panas material dan/atau las harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari uji prosedur pengelasan.

1.2 Tabel 4.1 memberikan ringkasan bukti dokumentasi yang diperlukan untuk pengakuan proses pengelasan di berbagai bidang aplikasi. Ketentuan dalam bab yang relevan antara Bab 12 hingga 16, bagaimanapun, lebih diutamakan.

1.3 Uji prosedur pengelasan yang telah dilakukan di bawah pengawasan lembaga pengujian independen lain dan disahkan oleh mereka tunduk pada ketentuan Bab 2, D.3. Dalam kasus seperti itu BKI berhak meminta agar uji produksi tambahan dilakukan sebelum dimulainya fabrikasi atau pada saat fabrikasi.

1.4 Dalam keadaan luar biasa yang dibenarkan secara teknis dan bersifat individu (misalnya perbaikan), Surveyor dapat, berdasarkan pada batas waktu yang ditentukan dan pembatasan untuk struktur tertentu, mengizinkan penggunaan proses pengelasan tertentu tanpa melakukan uji prosedur pengelasan terlebih dahulu, asalkan diberikan bukti berupa pengujian lain yang sesuai (misalnya uji tak rusak dan/atau uji produksi) bahwa proses pengelasan tersebut diterapkan dengan benar dan aman.

2. Uji prosedur pengelasan awal

2.1 Uji prosedur pengelasan awal harus dilakukan di tempat pabrik pembuat peralatan las atau bahan habis pengelasan atau di lembaga penelitian jika, karena alasan khusus, uji prosedur pengelasan langsung pada bengkel pengguna kelihatan tidak layak.

Dalam pengujian ini, parameter pengelasan dan, bila mungkin, perlakuan panas pasca-las harus sesuai dengan kondisi yang berlaku di bengkel pengguna. Dalam semua hal lainnya, ketentuan yang mengatur uji prosedur pengelasan di bengkel pengguna berlaku.

2.2 Uji prosedur pengelasan awal tidak membebaskan bengkel pengguna dari kewajiban untuk melaksanakan uji prosedur pengelasan definitif. Berdasarkan uji awal, rencana pengujian yang disederhanakan dapat disetujui untuk uji prosedur pengelasan definitif.

3. Uji produksi

3.1 Uji produksi harus dilakukan dengan lingkup yang dijelaskan dalam bab yang relevan antara Bab 12 hingga 16 pada saat fabrikasi untuk memantau mutu sambungan las. Benda uji yang dilas pada saat yang bersamaan dengan las produksi (misalnya saat las memanjang pada pelat, pipa atau cincin kulit bejana) atau bagian dari las produksi dapat digunakan untuk tujuan ini. Bila mungkin, benda uji harus diberi

perlakuan panas bersama-sama dengan komponen sejauh memungkinkan. Lazimnya, uji produksi terdiri atas uji tak rusak serta uji mekanis dan teknologi.

3.2 Uji produksi juga disyaratkan jika satu proses pengelasan tertentu belum digunakan di bawah pengawasan BKI untuk waktu yang lama atau jika proses dan/atau material yang akan dilas memerlukan verifikasi mutu las secara konstan. Jenis dan lingkup uji produksi tersebut harus ditetapkan atas dasar kasus per kasus.

3.3 Sebagai tambahan, BKI dapat meminta uji produksi harus dilakukan jika dari cara pekerjaan pengelasan dilakukan menimbulkan keraguan terhadap mutu sambungan las atau jika parameter pengelasan individu, bahan habis pengelasan atau material bantu telah diubah atau terjadi perubahan pada personel bengkel las. Ruang lingkup uji produksi tersebut akan ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

3.4 Untuk uji produksi yang berhubungan dengan cat dasar mampu timpa las, lihat Bab 6, C.

B. Pelaksanaan Uji Prosedur Pengelasan dan Produksi

1. Permohonan persetujuan

1.1 Permohonan persetujuan prosedur pengelasan dan pelaksanaan uji prosedur pengelasan harus diajukan ke BKI setidaknya dalam dua salinan, yang memberikan detail berikut (akan ditentukan dalam Lampiran B, "Uraian Bengkel Las", butir 2):

- rentang aplikasi (komponen, material, ketebalan pelat/dinding, diameter pipa, faktor las bila berlaku)
- proses pengelasan
- posisi pengelasan
- peralatan dan parameter las
- bentuk las, penumpukan las
- bahan habis pengelasan dan material bantu
- persiapan sambungan
- operasi pembentukan panas atau dingin sebelum pengelasan
- cat dasar mampu timpa las
- jig pengelasan dan perlindungan cuaca
- pemanasan awal dan masukan panas selama pengelasan
- perlakuan panas pasca las, perlakuan akhir lainnya
- juru las (uji kualifikasi)
- tanggal pengujian.

Catatan:

Lampiran D berisi formulir untuk menguraikan prosedur pengelasan (WPS) dan merekam hasil uji (WPQR) sesuai dengan ISO 15609 dan ISO 15614.

1.2 Bila memungkinkan, permohonan harus melampirkan proposal mengenai rencana pengujian sesuai dengan aturan yang ditetapkan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16 dengan gambar dan dimensi benda uji, yang menggambarkan spesimen dan pengujian yang dimaksudkan. Jika informasi dan parameter yang ditetapkan dalam 1.1 didasarkan pada standar internal pemohon atau spesifikasi (pengelasan) lainnya, maka standar atau spesifikasi tersebut juga harus dilampirkan bersama dengan permohonan tersebut.

2. Ruang lingkup pengujian, persyaratan, rencana pengujian

2.1 Ruang lingkup pengujian (benda uji, spesimen, dll.), pengujian dan persyaratan untuk bidang aplikasi individu (bangunan kapal, fabrikasi ketel uap dan bejana tekan, fabrikasi pipa, dll.) dijelaskan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16 dari Peraturan ini, sementara detail uji tak rusak diberikan dalam Bab 10 dan detail uji mekanik dan teknologi dalam Bab 11.

2.2 Jika rencana pengujian yang sesuai dengan bidang dan rentang aplikasi yang dimaksudkan telah disusun oleh pemohon sesuai dengan 1.2 dan 2.1 sesuai yang berlaku, maka hal ini harus disepakati dengan BKI sebelum memulai pengujian. Jika tidak, rencana pengujian seperti itu harus disusun oleh pemohon - dengan persetujuan BKI - dan diserahkan ke Kantor Pusat BKI untuk persetujuan akhir.

3. Material, bahan habis pengelasan dan material bantu

3.1 Material yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan harus dapat diidentifikasi dengan jelas berdasarkan penandaan dan sertifikatnya. Arah rol benda uji harus dapat dipastikan. Jika tidak, spesimen cek harus disiapkan dan diuji.

3.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu harus, jika memungkinkan, telah diuji dan disetujui oleh BKI; namun, bahan habis pengelasan dan material bantu tersebut dapat diuji dan disetujui pada saat yang sama dengan proses pengelasan. Lihat Bab 5, A.1.4. Persetujuan jenis ini umumnya terbatas pada bengkel pengguna dan berlaku maksimal selama satu tahun, kecuali jika uji ulang dilakukan sesuai dengan Bab 5, A.3.

3.3 Bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan hanya dapat diganti dalam pekerjaan fabrikasi selanjutnya dengan material lain dari jenis yang sama yang memiliki persetujuan BKI jika hal ini secara tegas dinyatakan dalam sertifikat persetujuan prosedur pengelasan; lihat juga A.3.3.

4. Benda uji, dimensi, arah rol, posisi pengelasan

4.1 Bentuk dan ukuran benda uji harus sesuai dengan prosedur pengelasan yang bersangkutan dan jumlah spesimen. Benda uji yang paling umum digunakan dijelaskan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16. Dimensi benda uji dapat dirubah jika hal ini tidak mempengaruhi pengujian dan diperlukan untuk mengevaluasi proses. Kecuali ditentukan lain dalam kasus individu baik benda uji las butt maupun benda uji las fillet harus dilas pada posisi yang ditentukan untuk proses fabrikasi.

4.2 Untuk pengelasan vertikal (misalnya pengelasan elektrogas atau elektroslag) panjang benda uji (panjang las) harus sesuai dengan jig pengelasan produksi, sedangkan dengan peralatan yang menggunakan elektroda kawat berpemandu yang dapat melebur, maka panjang benda uji harus disesuaikan dengan panjang elektroda kawat berpemandu atau tinggi komponen yang akan dilas, sesuai yang berlaku. Fitur khusus yang mempengaruhi penerapan proses ini (misalnya operasi pengelasan yang dilakukan melalui geladak) harus dipertimbangkan untuk menentukan bentuk benda uji.

4.3 Ketebalan pelat harus dipilih sesuai dengan informasi batas-batas aplikasi pada Bab 12 sampai 16 sesuai dengan rentang aplikasi yang dimaksud. Bila memungkinkan, dua ketebalan pelat yang berbeda harus dilas dan diuji untuk setiap rentang aplikasi. Bentuk las harus bentuk yang akan digunakan dalam praktek berikutnya sesuai dengan proses pengelasan.

4.4 Bila karakteristik proses pengelasan atau dimensi, dan karenanya jumlah jalur yang diperlukan, cenderung memiliki pengaruh yang cukup besar pada hasil pengujian, maka ketebalan benda uji dan jumlah jalur harus dibuat agar sesuai dengan batas ketebalan untuk rentang aplikasi dimaksud. Dalam kasus pengelasan vertikal ke bawah, ketebalan benda uji harus merupakan ketebalan batas atas dari rentang aplikasi, sedangkan dengan jumlah jalur yang bervariasi tergantung pada ketebalan pelat (misalnya dengan pengelasan satu- dan banyak-jalur), ruang lingkup pengujian harus mencakup berbagai teknik dan

ketebalan benda uji harus dipilih sesuai dengan itu. Hal yang sama berlaku dengan cara yang sama pada ketebalan las.

4.5 Biasanya, benda uji harus dilas dengan posisi yang akan digunakan pada praktek selanjutnya. Tergantung pada proses pengelasan dan material yang bersangkutan, dapat disetujui untuk membatasi pengujian pada posisi pengelasan tertentu yang ditentukan, misalnya dalam kasus las busur manual atau las busur logam berlindung gas semi mekanik pengujian dapat dibatasi pada posisi yang digunakan pada uji kualifikasi juru las sebagaimana dinyatakan dalam Bab 3. Namun, posisi horisontal-vertikal PC (h-v) harus selalu dimasukkan dalam uji prosedur pengelasan untuk pengelasan satu sisi. Apabila pengelasan diatas kepala PE (o) disertakan, maka ini dapat dikombinasikan dengan posisi tangan ke bawah PA (d).

4.6 Arah rol pelat harus sejajar dengan arah pengelasan. Orientasi arah rol harus disebutkan dalam laporan uji.

5. Pengelasan benda uji

5.1 Semua uji prosedur pengelasan harus menginvestigasi, sesuai dengan praktek yang dilakukan di bengkel, pengaruh dari operasi pembentukan dingin sebelumnya, persiapan las yang dilakukan di bengkel las dan ketepatan celah udara, pembatas bersama dengan penggunaannya, bila berlaku, cat produksi mampu timpa las (cat dasar). Kondisi fabrikasi yang sulit (misalnya aksesibilitas yang terbatas) harus disimulasikan dalam uji prosedur pengelasan.

5.2 Fasilitas bengkel las, peralatan las, alat bantu untuk perakitan dan las cantum yang digunakan dalam pengujian harus sesuai dengan yang digunakan dalam produksi sebenarnya. Pada posisi pengelasan tangan ke bawah dan vertikal, pertimbangan harus dilakukan terhadap penyimpangan angular maksimum yang diantisipasi dari posisi pengelasan teoritis (misalnya kemiringan landasan luncur).

5.3 Bila memungkinkan, beberapa (setidaknya dua) juru las atau dua tim operator harus ikut serta dalam uji prosedur pengelasan. Sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan, masing-masing juru las atau tim operator, sesuai yang berlaku, harus melaksanakan persiapan (pengelasan cantum) benda uji baru, penyelarasan peralatan las, dan penyetelan suplai arus dan kecepatan pengumpanan.

5.4 Pemanasan awal, masukan panas per satuan panjang las, temperatur antar jalur, pergantian elektroda serta penyalaan dan penghentian peralatan las (titik start/kawah akhir) harus sesuai dengan praktek selanjutnya. Elektroda batang harus digunakan sampai ke ujung penjepit.

5.5 Dalam uji prosedur pengelasan, pendepositan lajur belakang pada sisi akar (sisi penutup) umumnya diizinkan, dengan atau tanpa membuat alur pada akar tergantung pada prosesnya. Dalam pengelasan satu sisi, jenis penahan yang sama harus digunakan seperti dalam pekerjaan fabrikasi selanjutnya.

5.6 Dalam hal proses pengelasan mekanik dalam pembangunan kapal, penghentian operasi pengelasan yang diikuti dengan pendinginan sempurna benda uji dan penyalaan kembali peralatan harus diperagakan. Pemesinan kawah ujung dan persiapan titik start baru harus dilakukan sesuai dengan praktek normal. Hasil pengujian dari daerah las tersebut akan dievaluasi secara terpisah.

5.7 Cacat las minor yang terjadi dalam pelaksanaan uji prosedur pengelasan dapat, dengan persetujuan dari Surveyor, diperbaiki atau diabaikan ketika mempersiapkan spesimen. Dalam kasus cacat serius, penyebabnya harus ditentukan dan diperbaiki, setelah itu benda uji baru harus dilas.

5.8 Data berikut harus direkam saat pengelasan benda uji:

- bentuk las dan metode persiapan
- penumpukan las dan jumlah jalur
- bahan habis pengelasan dan material bantu (jenis, merek dagang, dimensi, jumlah)

- metode pembuatan alur akar dan pembersihan/perlakuan antar jalur
- pemanasan awal, temperatur antar jalur
- peralatan dan parameter pengelasan (arus, tegangan, kecepatan pengelasan, masukan panas per satuan panjang las)
- interupsi/gangguan dalam urutan pengelasan
- nama-nama juru las/operator
- fitur-fitur khusus yang berlaku pada pengujian (misalnya pengaruh cuaca, keterbatasan aksesibilitas)

6. Perlakuan panas pasca-las, jenis perlakuan akhir lainnya

6.1 Jika perlakuan panas pasca-las dari komponen (misalnya anil untuk membebaskan tegangan) digunakan dalam pekerjaan fabrikasi selanjutnya, maka benda uji harus diberikan perlakuan panas pasca-las yang sama. Hal ini berlaku dengan cara yang sama pada jenis perlakuan akhir lainnya, misalnya, perlakuan antarmuka las pasca pengelasan TIG. Jika persetujuan proses pengelasan diinginkan untuk kedua kondisi tanpa perlakuan dan setelah perlakuan, pengujian harus dilakukan untuk kedua kondisi tersebut.

6.2 Bila memungkinkan, perlakuan panas pasca-las benda uji harus dilakukan dalam tungku anil yang akan digunakan untuk komponen yang akan dibuat. Tungku anil wajib dilengkapi dengan pencatat temperatur. Kurva waktu-temperatur harus direkam. Jenis lain dari perlakuan akhir harus dijelaskan dalam laporan pengujian. Informasi lebih lanjut tentang perlakuan panas pasca-las diberikan dalam Bab 9.

7. Pengujian tak rusak

7.1 Sebelum pemotongan, setiap benda uji las butt harus menjalani uji visual dan uji tak rusak pada seluruh panjang las untuk mendeteksi cacat las eksternal atau internal. Kecuali jika disetujui lain, benda uji harus diradiografi dan yang tebalnya 30 mm atau lebih (10 mm atau lebih untuk benda uji yang dilas dari satu sisi dengan las busur rendam) juga harus menjalani uji ultrasonik.

7.2 Apabila material induk atau logam las dapat mengalami retak, pengujian retak permukaan harus dilakukan sebagai tambahan dari ketentuan diatas. Jika material tersebut dapat dimagnetisasi, maka pengujian harus berbentuk inspeksi partikel magnetik; jika sebaliknya metode penetran warna harus digunakan. BKI dapat meminta diberikan interval pengujian tertentu (misalnya 72 jam) antara selesainya pekerjaan pengelasan dan pelaksanaan uji retak.

7.3 Setiap benda uji bentuk-K atau las fillet (benda uji sambungan-T atau silang) harus menjalani inspeksi visual untuk cacat las eksternal. Sebagai tambahan, benda uji yang terbuat dari material selain baja struktural lambung kekuatan normal atau baja struktural yang setara harus dikenakan pengujian retak permukaan.

7.4 Berbeda dengan batas perekaman yang dinyatakan untuk uji produksi, semua cacat pengelasan dan indikasi yang terdeteksi selama pengujian ultrasonik tak rusak harus dicatat.

8. Pemotongan benda uji, persiapan spesimen

8.1 Pemotongan benda uji harus dilakukan seperti yang dijelaskan dalam Bab 12 sampai 16. Benda uji harus dipotong secara mekanis. Jika digunakan cara pemotongan panas, toleransi pemesinan yang cukup harus disediakan dan setelah itu zona terpengaruh panas harus dihilangkan.

8.2 Spesimen individu harus ditandai sebelum pemotongan dan selama pemesinan dengan cara yang memungkinkannya untuk diidentifikasi setiap saat dan orientasinya pada benda uji untuk direkonstruksi.

8.3 Dari semua benda uji las butt dan las fillet (silang) untuk proses pengelasan manual dan semi-mekanis, masing-masing satu set spesimen biasanya harus diambil dan diuji. Dari benda uji untuk proses pengelasan sepenuhnya mekanis, masing-masing satu set spesimen dari awal dan akhir lasan harus diambil

dan diuji. Dari benda uji yang terakhir ini, dalam keadaan khusus dapat diminta satu set spesimen ketiga dari bagian tengah las sebagai tambahan, misalnya bila terdapat sambungan memanjang atau proses pengelasan dikembangkan baru-baru ini. Ketika pengelasan busur rendam satu sisi dilakukan dengan penahan fluks, satu set spesimen ketiga harus diuji dalam setiap kasus.

9. Bentuk dan dimensi spesimen uji, uji mekanis dan teknologi

9.1 Bentuk dan dimensi spesimen, persiapan dan pelaksanaan pengujian serta penentuan hasil mengacu pada ketentuan Bab 11. Selanjutnya, ketentuan yang sesuai dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec.1 dan 2 juga harus dipenuhi.

9.2 Semua pengujian harus dilakukan oleh staf yang terlatih menggunakan peralatan pengujian yang terkalibrasi. Peralatan pengujian harus dirawat oleh pemiliknya dalam kondisi berfungsi penuh dan harus dikalibrasi secara berkala oleh badan pengujian independen.

9.3 Kecuali jika ditentukan atau disepakati lain, semua pengujian mekanis dan teknologi harus dilakukan dihadapan Surveyor yang kompeten. Grafik mikrografi harus diserahkan kepada Surveyor untuk evaluasi.

C. Evaluasi Hasil Pengujian, Persyaratan, Spesimen Uji Ulang, Laporan Pengujian

1. Penandaan hasil uji

1.1 Untuk memastikan bahwa deskripsi dan evaluasi proses dan posisi pengelasan, hasil pengujian, dll. sejelas dan seseragam mungkin, harus digunakan terminologi dan simbol yang diambil dari standar yang relevan (misalnya ISO 857-1, ISO 6947, ISO 6520, ISO 5817, ISO 10042) dan, untuk cacat internal, Tabel 10.1 di Bab 10. Posisi cacat atau patah dapat diberi tanda sebagai berikut:

- WM = di logam las
- FL = di zona transisi (garis fusi)
- HAZ = di zona terpengaruh-panas (dari material induk)
- BM = di material induk

2. Persyaratan, spesimen uji ulang

2.1 Persyaratan ditentukan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16.

2.2 Jika, dalam pengujian, spesimen individu gagal memenuhi persyaratan atau kegagalan spesimen ini adalah karena cacat lokal di dalam spesimen atau cacat pada peralatan pengujian, maka cukup menguji dua spesimen uji ulang atau sekumpulan spesimen uji ulang di setiap kasus, yang selanjutnya harus memenuhi persyaratan.

2.3 Dalam pengujian spesimen uji impak batang bertakik, kecuali jika ditentukan lain dalam kasus tertentu, nilai rata-rata dari tiga spesimen harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan; nilai spesimen individu tidak boleh ada yang kurang dari 70% dari nilai yang disyaratkan atau ada lebih dari satu spesimen yang nilainya dibawah nilai rata-rata yang disyaratkan. Jika kondisi ini tidak terpenuhi, tiga spesimen tambahan dari benda uji yang sama dapat diuji dan hasilnya ditambahkan ke nilai yang diperoleh sebelumnya. Nilai rata-rata baru dari enam spesimen tersebut harus memenuhi persyaratan. Namun, dari enam nilai individu tersebut hanya dua yang boleh berada dibawah nilai rata-rata yang disyaratkan, dimana dari dua nilai tersebut hanya satu nilai individu yang boleh kurang dari 70% dari nilai rata-rata yang ditentukan. Jika tidak, pengujian impak dan pengujian prosedur dinyatakan gagal.

2.4 Jika persyaratan tidak terpenuhi oleh spesimen dengan jumlah yang cukup banyak dan/atau di beberapa pengujian, penyebab kegagalan harus diselidiki. Ketika kesalahan telah diperbaiki, benda uji baru harus dilas dan diuji sepenuhnya.

3. Laporan, waktu penyimpanan

3.1 Laporan dari semua lasan percobaan dan pengujian (lihat Lampiran D) harus disiapkan dan diserahkan kepada BKI rangkap dua, ditandatangani oleh Surveyor dan pengawas las.

3.2 Sisa-sisa benda uji, spesimen dan dokumentasi uji harus disimpan sampai semua pengujian dan inspeksi dinyatakan selesai melalui konfirmasi persetujuan yang dikeluarkan oleh BKI. Untuk waktu penyimpanan dokumen uji tak rusak (misalnya film radiografi), lihat Bab 10.

D. Batas Aplikasi, Periode Masa Berlaku

1. Bengkel dan sub-bengkel

1.1 Persetujuan prosedur pengelasan umumnya tak dapat dialihkan. BKI dapat memberikan pengecualian dalam kasus bengkel cabang terdekat dimana pekerjaan pengelasan terus menerus dilakukan di bawah pengawasan bengkel utama, dengan syarat pekerjaan fabrikasi dilakukan pada kondisi yang sama dan menggunakan proses pengelasan yang sama. Namun, BKI dapat meminta bukti mengenai apakah proses pengelasan diterapkan dengan benar dan sifat mekaniknya memadai melalui uji tak rusak dan/atau uji produksi yang disederhanakan.

1.2 Pengujian prosedur pengelasan yang dilakukan dalam sebuah bengkel pada umumnya tidak secara serentak berlaku untuk pengelasan di lapangan. Dalam kasus tersebut, uji prosedur pengelasan harus diulang secara penuh atau sebagian sesuai kondisi lapangan yang ditentukan oleh BKI. Berdasarkan kesepakatan sebelumnya, BKI dapat meniadakan uji ulang jika sifat-sifat kualitatif las lapangan dibuktikan melalui uji produksi.

2. Rentang aplikasi

2.1 Material lain yang dicakup dalam persetujuan prosedur pengelasan berdasarkan pengujian suatu material tertentu ditunjukkan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16.

2.2 Mengenai ketebalan pelat, ketentuan dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16 harus diterapkan. Dalam kasus pengelasan vertikal ke bawah (PG/v-d), ketebalan pelat yang diuji harus dianggap sebagai batas atas aplikasi dalam setiap kasus.

2.3 Persetujuan prosedur pengelasan umumnya berlaku untuk posisi pengelasan yang diuji kecuali jika dinyatakan lain dalam bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16. Tergantung pada proses pengelasan, posisi pengelasan tertentu dapat dicakup; hal ini dinyatakan dalam dokumen persetujuan apabila berlaku.

2.4 Persetujuan prosedur pengelasan berlaku untuk proses pengelasan dan penumpukan las yang diuji.

2.5 Persetujuan prosedur pengelasan berlaku untuk kondisi perlakuan panas yang dilakukan dalam pengujian, misalnya tanpa perlakuan, anil untuk mebebaskan tegangan, normalisasi.

2.6 Setiap temperatur desain atau operasi minimum atau maksimum yang diperhitungkan pada saat pengujian dinyatakan dalam dokumen persetujuan prosedur. Temperatur desain atau operasi minimum umumnya 5°C di atas temperatur uji.

3. Periode masa berlaku

3.1 Persetujuan prosedur pengelasan umumnya berlaku tanpa batas waktu atau dengan batas waktu - tergantung pada rentang aplikasi; lihat Tabel 4.1 dan bab yang relevan antara Bab 12 sampai 16. Namun, hal ini berlaku asalkan kondisi dimana persetujuan diberikan tidak berubah secara signifikan.

3.2 Persetujuan prosedur pengelasan terikat dengan persetujuan bengkel las untuk melakukan pekerjaan pengelasan dan berakhir ketika persetujuan bengkel las berakhir. Untuk pembaruan dokumen persetujuan bengkel las (lihat Bab 2, A.4.), harus ditunjukkan kepada BKI bahwa proses pengelasan yang disetujui tidak diubah dalam produksi yang berjalan saat ini dan telah digunakan tanpa adanya cacat yang signifikan.

3.3 Uji produksi yang diperlukan dalam bidang aplikasi tertentu (misalnya ketel uap, bejana tekan) untuk mempertahankan masa berlaku persetujuan prosedur pengelasan, silakan lihat A.3. BKI akan memeriksa kondisi tersebut pada setiap pembaruan persetujuan bengkel las 3 tahunan; lihat Bab 2.

3.4 BKI dapat mencabut sebagian atau seluruh persetujuan prosedur pengelasan dan meminta uji prosedur pengelasan baru atau uji produksi baru jika timbul keraguan mengenai apakah proses pengelasan diterapkan dengan benar atau aman atau jika cacat di dalam atau kerusakan pada lasan yang ditimbulkan oleh proses ini mengarah pada kesimpulan bahwa mutu sambungan las tidak memadai.

Tabel 4.1 Pengakuan (kualifikasi) proses pengelasan - ringkasan

Rentang aplikasi	Pengelasan struktur lambung	Pengelasan ketel uap	Pengelasan bejana tekan	Pengelasan pipa	Pengelasan komponen permesinan
Komponen	Struktur lambung, dan bagian peralatan yang digunakan pada pembangunan kapal	Bagian yang menerima tekanan & bagian yang dilaskan padanya	Bagian yang menerima tekanan & bagian yang dilaskan padanya	Semua kelas pipa	Pelat dudukan, penyangga, kotak roda gigi, pelindung, badan roda, permesinan geladak bantu dll.
Bentuk dan prinsip persetujuan	Persetujuan berdasarkan uji prosedur pengelasan				
Bab dalam Peraturan ini	4 dan 12, F.	4 dan 13, F.	4 dan 14, F.	4 dan 15, F.	4 dan 16, F.
Standar yang relevan	ISO 15614-1, ISO 15614-2	ISO 15614-1	ISO 15614-1	ISO 15614-1, ISO 15614-2	ISO 15614-1, ISO 15614-2
Prasyarat umum	– Bengkel las disetujui, – Pengawas las diakui, – Juru las bersertifikat sesuai dengan ISO 9606; – Material bersertifikat dari pabrik yang disetujui; – Bahan habis pengelasan dan material bantu disetujui; – Spesifikasi prosedur pengelasan (pWPS atau WPS) yang diotorisasi memenuhi ISO 15609-1				
Material	Semua	Semua	Semua	Semua	Semua
Ketebalan pelat/dinding; diameter pipa	Semua	Semua	Semua	Semua	Semua
Proses pengelasan	Semua	Semua	Semua	Semua	Semua
Posisi pengelasan	Semua	Semua	Semua	Semua	Semua

Tabel 4.1 Pengakuan (kualifikasi) proses pengelasan – ringkasan *(lanjutan)*

Rentang aplikasi	Pengelasan struktur lambung	Pengelasan ketel uap	Pengelasan bejana tekan	Pengelasan pipa	Pengelasan komponen permesinan
Masa berlaku	Umumnya tidak ada batasan waktu	1 tahun	1 tahun	1 tahun untuk pipa kelas I & II. Untuk pipa kelas III umumnya tidak ada batasan waktu	Umumnya tidak ada batasan waktu
Perpanjangan berdasarkan	Bukti menurut D.3.2	Uji produksi atau uji prosedur pengelasan ulang	Uji produksi atau uji prosedur pengelasan ulang	Bukti mutu misalnya NDT atau uji prosedur pengelasan ulang	Bukti menurut D.3.2

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 5 Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

A. Umum 5-1
B. Elektroda Berbungkus untuk Pengelasan Busur Logam Manual Baja Struktural Lambung 5-12
C. Kombinasi Gas-Kawat (Berinti-Fluks) dan Elektroda Kawat Berinti-Fluks untuk Pengelasan Baja Struktural Lambung 5-22
D. Kombinasi Kawat-Fluks untuk Las Busur Rendam Baja Struktural Lambung 5-26
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Pengelasan Elektrogas dan Elektroslag Baja Struktural Lambung 5-34
F. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Struktural Kekuatan Tinggi 5-36
G. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol 5-40
H. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Temperatur Tinggi 5-42
I. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu Austenitik dan Austenitik-Feritik untuk Baja Tahan Karat, Baja Non-Magnetik dan Baja Paduan Nikel Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol 5-45
J. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Paduan Aluminium 5-51
K. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Tembaga dan Paduan Tembaga 5-56
L. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Nikel dan Paduan Nikel 5-57

A. Umum

Persyaratan pada Bab ini memberikan syarat-syarat persetujuan dan inspeksi bahan habis pengelasan yang digunakan untuk baja struktur lambung sesuai Rules for Materials (Pt.1, Vol.V), Sec. 4.B sebagai berikut :

- Baja kekuatan normal: Grade A, B, D dan E,
- Baja kekuatan lebih tinggi: Grade A32, D32, E32, A36, D36 dan E36,
- Baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum 390 N/mm^2: Grade A40, D40 dan E40,
- Baja kekuatan lebih tinggi untuk aplikasi temperatur rendah: Grade F32, F36 dan F40.

Bahan habis pengelasan untuk baja kekuatan tinggi untuk struktur yang dilas harus memenuhi persyaratan pada F.

Persyaratan ini tidak berlaku untuk uji kualifikasi prosedur pengelasan di galangan.

(IACS UR W17 1.1.1)

1. Prosedur persetujuan, penandaan

1.1 Semua bahan habis pengelasan dan material bantu (kawat dan batang las, elektroda berbungkus, kawat berinti fluks, kombinasi gas-kawat (-berinti fluks) atau kombinasi kawat-fluks, dll.) yang akan digunakan dalam rentang persetujuan dari Peraturan Pengelasan atau Peraturan, regulasi lainnya, dll. yang diterbitkan oleh BKI harus diuji dan disetujui oleh BKI untuk tujuan tersebut sesuai dengan ketentuan berikut. Hal yang sama juga berlaku dengan cara yang sama untuk material patri, pengujian dan persyaratan untuk tujuan tersebut akan ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

1.2 Untuk persetujuan yang diajukan, persetujuan biasanya diberikan atas dasar pengelasan spesimen dan pengujian yang dilakukan pada logam las dan sambungan las di tempat pabrik pembuat di bawah pengawasan BKI dengan masing-masing produk (masing-masing merek pabrik pembuat) sesuai dengan 1.1. Untuk rincian transfer persetujuan, lihat 2.

1.3 Dalam kaitannya dengan uji persetujuan, inspeksi terhadap fasilitas produksi pabrik pembuat (bengkel produksi, gudang, dll.) dan terutama langkah-langkah jaminan mutu internal yang diterapkan harus dilakukan ketika keadaan produksi normal.

Catatan:

1. Persyaratan mutu yang berkaitan dengan pembuatan, suplai dan pemasaran bahan habis pengelasan dan proses las yang diterapkan dijelaskan dalam ISO 14344. Kecuali jika ketentuan lain atau berbeda berkaitan dengan hal ini ditetapkan dalam paragraf-paragraf berikut, maka persyaratan mutu yang dinyatakan dalam standar ini dapat digunakan sebagai dasar untuk inspeksi fasilitas pabrik pembuat.

2. IACS Rec. 17 dapat digunakan sebagai panduan untuk Penilaian Sistem Jaminan Mutu Pabrik Pembuat Bahan Habis Pengelasan.

1.4 Untuk persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu yang dilakukan bersamaan dengan uji prosedur pengelasan (awal), lihat juga Bab 4, B.3.2. Pengguna harus telah menyetujui persetujuan tersebut (atas nama pabrik pembuat). Dalam kasus tersebut pengujian logam las murni juga harus dimasukkan dalam lingkup uji prosedur pengelasan. Pengujian spesimen yang diambil dari sambungan las tidak dianggap sebagai pengujian logam las murni.

1.5 Apabila persetujuan diajukan hanya untuk material bantu (yaitu tidak bersama-sama dengan bahan habis pengelasan) seperti kepingan penahan keramik, maka sifat material bantu tersebut harus diuji dan, jika sesuai, pengaruhnya pada mutu sambungan las ditetapkan berdasarkan pada standar produk yang relevan atau spesifikasi pabrik pembuat sesuai dengan rencana uji yang ditentukan untuk masing-masing kasus.

1.6 Jika bahan habis pengelasan dan material bantu harus disetujui dengan cara yang tidak biasa yaitu berdasarkan uji persetujuan yang dilakukan di tempat lain oleh badan lain yang diakui oleh BKI (misalnya badan klasifikasi lain atau lembaga pengawasan teknik), maka laporan uji lengkap (laporan uji awal yang tidak lebih dari 5 tahun dan, jika memungkinkan, 3 laporan uji ulang tahunan terakhir) harus diserahkan dan - jika tidak ada lagi yang ditetapkan oleh BKI – pengujian yang setidaknya setara dengan uji ulang (tahunan) wajib harus dilakukan.

1.7 Dalam kasus yang mendesak dan tidak luas, persetujuan dapat diberikan secara khusus untuk penggunaan bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah disetujui oleh badan klasifikasi lain yang diakui atau lembaga pengujian independen (misalnya lembaga pengawasan teknik), namun persetujuan tersebut harus dibatasi untuk waktu tertentu dan pada struktur tertentu. Dalam kasus proyek yang lebih besar, pabrik pembuat harus secara bersamaan mengajukan permohonan persetujuan.

1.8 Permohonan persetujuan sesuai Lampiran A sebanyak satu rangkap harus diserahkan ke BKI, yang memberikan informasi berikut dan disertai dengan katalog terbaru yang berkaitan dengan lembar data teknis yang berisi sifat yang dijamin oleh pabrik pembuat (terutama nilai komposisi kimia, kekuatan dan ketangguhan):

- Nama pabrik pembuat dan bengkel produksi (nama pemberi lisensi, jika sesuai)
- Jenis bahan habis pengelasan dan material bantu
- Merek pabrik pembuat (penandaan pemegang lisensi, jika berlaku)
- Dimensi yang dimintakan persetujuan (diameter, panjang)
- Grade yang ingin diajukan, termasuk simbol tambahan
- Rentang aplikasi yang diusulkan, termasuk misalnya material induk, proses pengelasan, posisi pengelasan yang diinginkan, kondisi perlakuan panas dan kondisi operasi khusus (misalnya temperatur rendah)
- Instruksi penggunaan (arus pengelasan, polaritas, pengeringan, perlakuan panas, dll.)
- Klasifikasi sesuai ISO, AWS, EN, atau standar lainnya

– Penandaan, kemasan
– Persetujuan yang telah dimiliki sebelumnya (misalnya dari badan klasifikasi lainnya)
– Laboratorium uji dan tanggal pengujian yang diusulkan.

Pernyataan kesesuaian ("keterangan tertulis") yang ditentukan dalam 2.2 juga harus dilampirkan bersama dengan permohonan transfer persetujuan. Formulir yang disediakan di Lampiran E dapat digunakan untuk menyusun informasi yang ditentukan di atas.

Catatan:

Klasifikasi sesuai ISO, AWS, EN, atau standar lainnya dilakukan oleh pabrik pembuat dan dimasukkan dalam sertifikat persetujuan dan dalam daftar bahan habis pengelasan dan material bantu yang disetujui oleh BKI. Bila memungkinkan klasifikasi dilakukan menurut standar AWS, tetapi jika standar ini tidak dikenal maka klasifikasi harus dilakukan terhadap peraturan lain yang memiliki sirkulasi seluas mungkin. Namun karena alasan ketersediaan ruang, umumnya hanya kode standar yang dicantumkan dalam daftar (bukan judul dari standar yang dimaksud). Klasifikasi biasanya tidak tercakup oleh pengujian dan karena itu bukan bagian dari persetujuan yang diberikan oleh BKI; lihat 4. Jika BKI juga diminta untuk memeriksa dan mengkonfirmasi klasifikasi sesuai dengan standar, permohonan terpisah harus diajukan untuk hal ini.

1.9 Pemohon umumnya adalah pabrik pembuat dari bahan habis pengelasan dan material bantu. Pabrik pembuat adalah perusahaan yang melakukan tahapan yang mempengaruhi mutu akhir dari proses pembuatan (misalnya penggulungan dalam kasus elektroda kawat).

1.10 Dalam hal pemohon dengan beberapa fasilitas produksi yang memiliki organisasi yang terpisah dan berada di lokasi yang terpisah, persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu umumnya akan diberikan pada pabrik yang memproduksi bahan habis pengelasan dan material bantu. Jika produksi direlokasi, persetujuan yang sudah ada dapat ditransfer ke pabrik yang baru. Dalam hal ini ketentuan yang berkaitan dengan transfer persetujuan yang ditentukan di 2. harus diberlakukan dengan cara yang sama.

Ketika suatu produk pengisi dibuat di beberapa pabrik dari perusahaan yang sama, rangkaian uji persetujuan lengkap harus dilakukan di salah satu pabrik saja. Di pabrik lain, diizinkan dilakukan program pengujian yang direduksi setidaknya setara dengan pengujian tahunan jika pabrik pembuat dapat menyatakan bahwa material yang digunakan dan proses fabrikasi identik dengan yang digunakan di pabrik utama. Persyaratan ini berlaku untuk semua pabrik pembuat produk pengisi di bawah lisensi (perusahaan saudara). Namun, jika ada keraguan, rangkaian pengujian lengkap mungkin diperlukan.

(IACS UR W17 2.3)

Catatan:

Kombinasi kawat-fluks untuk las busur rendam. Jika suatu bubuk fluks unik dikombinasikan dengan kawat yang berbeda yang berasal dari beberapa pabrik milik perusahaan yang sama, maka diperbolehkan, setelah mendapat persetujuan BKI, untuk melakukan hanya satu seri pengujian jika kawat yang berbeda tersebut dapat memenuhi spesifikasi teknis yang sama.

1.11 Jika pemohon bukan pabrik pembuat bahan habis pengelasan dan material bantu, maka pemohon tersebut harus memberikan nama-nama penyuplainya kepada BKI. Setiap terjadi perubahan penyuplai harus segera diberitahukan kepada BKI dan umumnya memerlukan uji persetujuan baru.

1.12 Jika bahan habis pengelasan dengan komposisi yang sama diproduksi oleh beberapa penyuplai dan dipasarkan oleh pemohon dibawah sebuah nama merek, maka rekaman-rekaman internal dan tulisan pada kemasan (misalnya nomor produksi) harus dengan jelas mengidentifikasi pabrik pembuat yang bersangkutan tanpa ada keraguan. Sistem kode yang digunakan tersebut harus diberitahukan kepada BKI.

1.13 Berdasarkan hasil kelulusan dari pengelasan dan pengujian spesimen, Kantor Pusat BKI akan menerbitkan sertifikat persetujuan. BKI juga memelihara dan menerbitkan "Daftar Produk yang Disetujui".

1.14 Pabrik, metode produksi dan kontrol mutu bahan habis pengelasan yang dimiliki oleh pabrik pembuat harus sedemikian rupa untuk memastikan keseragaman yang wajar dalam pembuatan. Dengan diberikannya persetujuan, pabrik pembuat bertanggung jawab untuk memastikan bahwa selama fabrikasi, komposisi dan sifat dari produk selalu sesuai dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah diuji; lihat juga Bab 1, F.1., dan 3.2.

1.15 Pabrik pembuat wajib menyatakan di dalam katalognya setidaknya item-item informasi dari sertifikat persetujuan yang muncul dalam "Daftar Produk yang Disetujui".

1.16 Selain nama merek, tanda identifikasi dan keterangan pabrik pembuat mengenai jenis dan penggunaan bahan habis pengelasan atau material bantu, tulisan pada kemasan atau label perekat atau tag yang melekat pada gulungan, gulungan kawat, dll. harus setidaknya mengindikasikan grade mutu lengkap dan setiap simbol tambahan harus terlihat. Keterangan yang diberikan dalam daftar persetujuan terbaru yang diterbitkan oleh BKI sesuai dengan 1.13 harus, bagaimanapun, diutamakan dalam setiap kasus.

1.17 Bila memungkinkan, setiap elektroda berbungkus, kawat las, dll. harus diberi identifikasi secara permanen dan berbeda dengan kode-warna, stempel atau penandaan timbul. Penandaan harus sesuai dengan yang ada pada kemasannya.

2. Transfers persetujuan

2.1 Berdasarkan permohonan, "persetujuan asli" setelah diberikan dapat ditransfer ke bahan habis pengelasan dan material bantu yang diproduksi di pabrik yang sama tetapi memakai nama merek yang berbeda atau ke bahan habis pengelasan dan material bantu dengan nama merek yang sama atau berbeda dan diproduksi oleh pabrik pembuat lain (termasuk anak perusahaan) yang mendapat lisensi. Persetujuan yang telah diberikan berdasarkan transfer persetujuan tidak dapat ditransfer.

2.2 Untuk maksud tersebut, perusahaan pembuat dan pemasaran serta pemberi lisensi dan pemegang lisensi harus mengkonfirmasi ("pernyataan tertulis") bahwa bahan habis pengelasan identik dalam hal komposisi, pembuatan dan sifat pengelasan serta faktor mutu yang atasnya persetujuan didasarkan, dan mereka harus secara terus-menerus mengawasi bahwa identitas ini dipertahankan sesuai dengan 1.14. Perusahaan pemasaran juga disyaratkan untuk mengkonfirmasi bahwa bahan habis pengelasan dan material bantu lainnya (dari produsen yang lain) tidak dipasarkan dengan nama merek yang sama; lihat 1.9 - 1.12 dan catatan pada 3.3.

2.3 Transfer persetujuan biasanya tergantung pada pengujian yang dilakukan sebelumnya yang ruang lingkupnya sama dengan uji ulang (tahunan) yang ditetapkan. Namun demikian, pengujian yang berbeda dari uji ini dalam hal waktu dan ruang lingkup dapat disetujui. Suatu pengujian dapat ditiadakan apabila transfer berkaitan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang diproduksi di pabrik yang sama dengan syarat bahwa uji ulang (tahunan) yang ditetapkan dilakukan di lokasi pabrik pada periode yang ditentukan.

2.4 Perusahaan (perusahaan pemasaran, pemegang lisensi) yang sertifikat persetujuan diterbitkan atas namanya bertanggung jawab untuk melakukan uji ulang (tahunan) yang ditetapkan. Apabila bahan habis pengelasan dan material bantu diproduksi di pabrik yang sama, uji ulang tidak perlu dilakukan lagi, tetapi apabila bahan habis pengelasan dengan komposisi yang sama diproduksi oleh beberapa penyuplai (lihat 1.12) uji ulang disyaratkan untuk semua penyuplai.

2.5 Perubahan pada bahan habis pengelasan dan material bantu atau pada nama mereknya, relokasi fasilitas produksi, atau perubahan kerjasama yang ada diantara perusahaan (misalnya dalam kasus transfer persetujuan) harus diinformasikan kepada BKI oleh masing-masing perusahaan yang bersangkutan. Ketentuan-ketentuan pada 1. harus diterapkan dengan cara yang sama.

3. Periode masa berlaku dan pengujian ulang

3.1 Persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu tetap berlaku tanpa batas waktu sampai dicabut dengan syarat uji ulang (tahunan) yang ditentukan dilakukan. Teknik produksi dan prosedur kontrol mutu terkait pada semua perusahaan yang disetujui untuk pembuatan bahan habis pengelasan harus menjalani penilaian ulang tahunan. Pada kesempatan tersebut, sampel dari bahan habis pengelasan yang disetujui harus dipilih oleh Surveyor dan dilakukan pengujian yang dijelaskan pada sub-bab selanjutnya.

Pengujian ulang ini harus diselesaikan dan dilaporkan dalam periode satu tahun dihitung dari tanggal persetujuan awal, dan diulang setiap tahun sedemikian sehingga mendapatkan rata-rata minimal satu pengujian tahunan per tahun.

(IACS UR W17 2.4)

Jika bahan habis pengelasan dan material bantu tidak menjalani uji ulang tahunan yang ditentukan, maka persetujuannya akan berakhir dan bahan habis pengelasan tersebut akan dihapus dari daftar tipe produk yang disetujui. Bukti dokumentasi alternatif yang setara dapat diakui oleh BKI dengan kesepakatan khusus sebelumnya.

Catatan:

BKI dapat menerima pengujian internal (in-house test) reguler yang dilakukan sebagai bagian dari sistem jaminan mutu yang diakui sebagai bukti alternatif yang setara asalkan sistem tersebut memenuhi Guidelines for the Acceptance of Manufacturer's Quality Assurance Systems for Welding Consumables yang telah bersama-sama disusun oleh badan klasifikasi IACS dan rekaman uji mutu yang memuaskan diserahkan ke BKI untuk pemeriksaan dengan interval tidak lebih dari setahun. BKI juga dapat melakukan pengujian interim secara acak untuk meyakinkan bahwa prosedur yang ditetapkan diikuti dan bahwa persyaratan yang ditentukan terpenuhi.

3.2 Keberlanjutan validitas persetujuan bergantung tidak hanya pada dipertahankannya merek, tetapi juga pada komposisi dan sifat dari produk awal dan produk akhir yang tidak berubah dalam periode berlakunya, serta pada pemantauan yang kontinyu terhadap produk ini oleh pabrik pembuat sesuai dengan 1.14 dan pada pemeliharaan rekaman pemantauan yang dapat diverifikasi. BKI dapat meminta untuk melihat rekaman ini kapan saja, dapat memeriksa produksi saat ini dan dapat juga, jika terdapat keraguan, meminta pengambilan sampel atau pengujian interim, sesuai kebutuhan.

3.3 Transfer persetujuan umumnya berlaku selama satu tahun yang dihitung dari tanggal penerbitan sertifikat, tetapi paling lama sampai dengan waktu uji ulang (tahunan) di tempat pabrik pembuat (pemberi lisensi) yang mengikuti penerbitan sertifikat transfer. Transfer persetujuan dapat diperpanjang untuk satu tahun berikutnya berdasarkan permohonan perusahaan pemasaran (pemegang lisensi) jika pabrik pembuat (pemberi lisensi) maupun perusahaan pemasaran (pemegang lisensi) mengirimkan konfirmasi identitas yang sesuai (pernyataan tertulis) sesuai dengan Bab 2.

Catatan:

BKI dapat mengabaikan persyaratan untuk menyerahkan konfirmasi identitas (pernyataan tertulis) tahunan jika, bersamaan dengan transfer persetujuan yang pertama, pabrik pembuat (pemberi lisensi) dan perusahaan pemasaran (penerima lisensi) keduanya secara tegas menyatakan bahwa mereka menyetujui BKI untuk terus mengesahkan uji ulang tahunan, (sampai dicabut), yaitu memperpanjang persetujuan.

3.4 Transfer persetujuan ke nama merek yang dipasarkan sesuai dengan 2.1 akan berhenti berlaku ketika persetujuan dari produk pabrik pembuatnya berakhir. Transfer persetujuan untuk suatu produk yang dibuat dibawah lisensi oleh pabrik pembuat lain, berdasarkan permohonan, dapat tetap berlaku asalkan uji ulang (tahunan) yang ditetapkan terus dilakukan oleh pabrik pembuat yang diberi lisensi.

3.5 Pengujian ulang harus dilakukan dibawah pengawasan BKI dan lingkupnya harus sesuai dengan yang ditetapkan untuk berbagai bahan habis pengelasan dan material bantu. Kecuali jika disetujui lain, pengujian harus dilakukan pada interval tahunan. Interval tahunan berhubungan dengan jangka waktu satu tahun yang dihitung dari tanggal persetujuan sampai dengan akhir periode ini paling lambat. Jika tidak ada bahan habis pengelasan atau material bantu diproduksi dalam periode ini, misalnya menjual "bekas persediaan" dari hasil produksi yang sudah diperiksa oleh BKI, maka BKI, berdasarkan permohonan, dapat menunda uji ulang. BKI mengeluarkan sertifikat kolektif yang mencakup uji ulang ini.

Catatan:

Jika jadwal uji ulang terlewati, uji ulang berikutnya berlaku secara retrospektif ke periode dimana uji tersebut seharusnya dilakukan dan dapat dikenakan batas waktu. Selanjutnya pabrik pembuat diminta untuk melakukan uji ulang berikutnya pada interval yang lebih pendek untuk memastikan periode pengujian tahunan yang ditetapkan secara rata-rata dapat tercapai lagi. Persetujuan dicabut jika uji ulang tidak dilakukan dalam dua tahun berturut-turut.

3.6 Pengujian ulang untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah disetujui untuk digunakan baik dalam kondisi tidak diberi perlakuan maupun dalam kondisi diberikan satu atau lebih perlakuan panas (lihat 7.4) harus dilakukan sesuai dengan lingkup yang ditentukan untuk penggunaan dalam kondisi tidak diberi perlakuan dan untuk penggunaan sesuai masing-masing kondisi perlakuan panas dimaksud.

3.7 Bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah diuji dan disetujui bersamaan dengan uji prosedur pengelasan yang dilakukan di tempat pengguna (lihat Bab 4, B.3.2) atau bersamaan dengan uji prosedur pengelasan awal (lihat Bab 4, A.2) harus dikenai uji ulang tahunan yang sejalan dengan ketentuan tersebut, yang harus dilakukan di tempat pabrik pembuat atau pengguna. Dalam kasus bahan habis pengelasan dan material bantu untuk proses pengelasan atau material khusus, ruang lingkup uji yang berlaku akan ditentukan secara kasus per kasus.

4. Klasifikasi dan penandaan (grade mutu, simbol tambahan)

4.1 Grup dan grade dasar

Logam pengisi secara garis besar dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan sifat kekuatannya seperti yang diklasifikasikan di bawah ini:

- Logam pengisi kekuatan normal untuk pengelasan baja struktural lambung kekuatan normal,
- Logam pengisi kekuatan lebih tinggi untuk pengelasan baja struktural lambung kekuatan normal dan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 355 N/mm^2,
- Logam pengisi kekuatan tinggi untuk pengelasan baja struktural lambung kekuatan normal dan tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 390 N/mm^2

Masing-masing dari ketiga grup didasarkan pada persyaratan kekuatan tariknya.

(IACS UR W17 1.2.1)

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja struktural lambung (termasuk baja tempa dan baja cor dengan grade yang sesuai) dan baja struktural yang setara tunduk pada pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan sebagai berikut:

- Menurut jenisnya (mis. elektroda berbungkus, elektroda kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks, kombinasi kawat-gas atau kombinasi kawat-fluks)
- Menurut grade mutu 1, 2, 3 dan 4 atau lebih tinggi, tergantung pada energi impak takik dan temperatur uji (lihat B. hingga E.)
- Dengan simbol tambahan Y atau Y40 (= luluh terkontrol) untuk pengelasan baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dan Y47 untuk pengelasan baja YP47

- Dengan simbol tambahan H15, H10 atau H5 untuk logam las dengan kandungan hidrogen terkontrol (hanya berlaku untuk grade mutu 2, 3 dan 4 atau lebih tinggi)
- Dengan simbol tambahan S (= semi otomatis) untuk pengelasan semi mekanis
- Dengan simbol tambahan T (= teknik dua lajur) untuk pengelasan satu jalur di setiap sisi, M menunjukkan teknik multi lajur, atau TM yang mencakup keduanya (dan hanya berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan sepenuhnya mekanis)
- Dengan simbol tambahan V (= proses pengelasan vertikal) untuk pengelasan elektrogas atau elektroslag.

Setiap grade mutu yang lebih tinggi mencakup satu (atau lebih) grade dibawahnya. Persetujuan untuk baja struktural lambung kekuatan yang lebih tinggi (simbol tambahan Y atau Y40) umumnya mencakup persetujuan untuk baja struktural lambung kekuatan normal; lihat Tabel 12.1 di Bab 12, E. Untuk proses pengelasan dimana kandungan material induk yang tinggi dapat mempengaruhi sifat-sifat logam las (misalnya dalam pengelasan busur rendam menggunakan teknik dua lajur atau dalam pengelasan elektrogas atau elektroslag), BKI dapat mensyaratkan pengujian kedua kategori material. Persetujuan untuk pengelasan semi-mekanis (simbol tambahan S) mencakup persetujuan untuk pengelasan mekanis multi-lajur (simbol tambahan M) pada posisi datar.

4.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja struktural kekuatan tinggi dengan kekuatan luluh minimum lebih dari 390 N/mm^2 mengikuti cara pengklasifikasian, penandaan, dan persetujuan yang sama dengan 4.1, dengan perbedaan sebagai berikut:

- Dengan grade mutu 3 atau lebih tinggi, tergantung pada energi impak dan temperatur pengujiannya (lihat F.)
- Dengan simbol tambahan Y dan kode angka tambahan yang menunjukkan kekuatan luluh minimum dari logam las (misalnya Y46 untuk kekuatan luluh minimum 460 N/mm^2).

Setiap grade mutu yang lebih tinggi mencakup satu (atau lebih) grade dibawahnya. Persetujuan untuk baja yang memiliki kekuatan luluh minimum yang ditunjukkan oleh kode angka, mencakup persetujuan baja dengan jenis yang sama yang memiliki kekuatan luluh dua tingkat lebih rendah (misalnya persetujuan untuk baja dengan simbol Y50 mencakup persetujuan untuk baja dengan simbol Y46 dan Y42). Dalam kasus baja dengan kekuatan luluh minimum 550 N/mm^2 atau lebih (simbol Y55, Y62 dan Y69), persetujuan hanya mencakup baja dengan kekuatan luluh satu tingkat lebih rendah. Dalam kasus khusus, bahan habis pengelasan dan material bantu hanya disetujui untuk material tertentu.

4.3 Tergantung pada jenis dan kondisinya (jenis paduan), bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja tangguh pada temperatur di bawah nol dikelaskan sama seperti untuk baja struktural kekuatan tinggi (lihat F.), baja tahan karat austenitik (lihat I.), atau nikel dan paduan nikel (lihat L.) dan mengikuti pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan sebagai berikut:

- Untuk persetujuan sesuai dengan F., menurut grade mutu yang tergantung pada energi impak dan temperatur ujinya dan, jika berlaku, dengan simbol tambahan Y dan kode angka untuk kekuatan luluh minimum (lihat 4.2)

  atau

- Untuk persetujuan sesuai dengan I., menurut grade mutu yang terdiri dari singkatan nomor material dari material atau kategori material yang telah diberikan persetujuan (lihat 4.5), juga menyebutkan temperatur uji yang digunakan untuk uji persetujuan

  atau

- Untuk persetujuan sesuai dengan L., menurut grade mutu yang berkaitan dengan kode penandaan yang ditunjukkan dalam standar yang berlaku untuk bahan habis pengelasan (lihat 4.8), juga menyebutkan temperatur uji yang digunakan untuk uji persetujuan.

Inklusi dan pengecualian dari kategori bahan habis pengelasan dan material bantu sesuai dengan persetujuan yang diberikan berlaku, kecuali jika dinyatakan lain dalam sertifikat persetujuan.

4.4 Pengklasifikasi, penandaan dan persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja temperatur tinggi adalah sebagai berikut:

- Menurut grade mutu yang berkaitan dengan kode penandaan untuk material atau kategori material yang telah diberikan persetujuan (lihat H.).

Material-material yang termasuk dalam masing-masing persetujuan ditunjukkan pada Tabel 5.19.

4.5 Pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan untuk bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan baja tahan karat dan baja non-magnetik serta baja paduan nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol adalah sebagai berikut:

- Untuk sambungan las pada baja tahan karat (austenitik), menurut grade mutu yang terdiri dari singkatan nomor material dari material induk yang akan dilas dengan produk (misalnya grade mutu 4571 untuk pengelasan baja dengan nomor material 1.4571 X6CrNiMoTi17-12- 2)
- Untuk sambungan las pada baja tahan karat non magnetik (austenitik), menurut grade mutu yang terdiri dari singkatan nomor material dari bahan habis pengelasan itu sendiri (misalnya grade mutu 3954 untuk pengelasan baja dengan nomor material 1.3964 X2CrNiMnMoNNb21-16-5-3)
- Untuk sambungan las antara baja-baja ini dengan baja struktural (lambung) tanpa paduan atau paduan rendah, untuk lajur las intermediate pada pelat berlapis dan tambalan las, menurut grade mutu yang terdiri dari singkatan nomor material dari bahan habis pengelasan itu sendiri (misalnya grade mutu 4370 untuk bahan habis pengelasan dengan nomor material 1.4370 Xl5CrNiMn-18-8)
- Untuk pengelasan baja paduan nikel tangguh pada temperatur di bawah nol, menurut grade mutu yang terdiri dari singkatan nomor material dari material induk yang akan dilas dengan produk dimaksud (misalnya grade mutu 5662 untuk pengelasan baja dengan nomor material 1.5662 X8Ni9).

Baja-baja yang juga dicakup dalam persetujuan dan informasi tentang jenis penggunaan ditunjukkan di I. (Tabel 5.23 hingga 5.25). Dalam hal khusus, misalnya ketika inklusi dan pengecualian berbeda, informasi yang relevan diberikan dalam sertifikat persetujuan.

4.6 Pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan paduan aluminium dilakukan menurut grade mutu yang berkaitan dengan kode penandaan sesuai standar (ISO 18273), misalnya grade mutu R AlMg 4,5 Mn. Untuk paduan aluminium lainnya yang dicakup oleh persetujuan masing-masing, lihat J., Tabel 5.27.

4.7 Pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan tembaga dan paduan tembaga dilakukan menurut grade mutu yang berkaitan dengan kode penandaan sesuai standar (ISO 24373), misalnya grade mutu CuNi30Fe. Untuk material induk lainnya yang dicakup oleh persetujuan masing-masing, lihat K., Tabel 5.30.

4.8 Pengklasifikasian, penandaan dan persetujuan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan nikel dan paduan nikel dilakukan menurut grade mutu yang berkaitan dengan kode penandaan untuk bahan habis pengelasan sesuai standar (ISO 18274), misalnya grade mutu NiCu30MnTi. Untuk material induk lainnya yang dicakup oleh persetujuan masing-masing, lihat L., Tabel 5.32.

4.9 Kode nomor dan huruf yang ditunjukkan pada Tabel 5.1 digunakan untuk mengidentifikasi posisi pengelasan yang disetujui. Dalam kasus khusus, posisi pengelasan yang disetujui ditetapkan secara individu; misalnya, persetujuan yang hanya berlaku untuk posisi vertikal ke arah bawah PG (v-d) atau posisi pengelasan individual juga ditentukan atau dikecualikan sesuai yang berlaku. Untuk batasan terkait penggunaan pengelasan vertikal ke bawah, lihat Bab 12, H.6.

Tabel 5.1 Posisi pengelasan

No. Kode	Posisi pengelasan, kode huruf [1)]	
1	Semua posisi pengelasan	PA (d), PB (h), PC (h-v), PD (h-o), PE (o), PF (v-u), PG (v-d)
2	Semua posisi pengelasan kecuali posisi vertikal ke bawah	PA (d), PB (h), PC (h-v), PD (h-o), PE (o), PF (v-u)
3	Las butt dengan posisi tangan ke bawah (*down-hand*), las fillet dengan posisi tangan ke bawah dan horizontal	PA (d), PB (h)
4	Las butt dengan posisi tangan ke bawah dan las fillet dengan posisi tangan ke bawah	PA (d)
5	Posisi vertikal turun dan posisi sesuai no. 3	PA (d), PB (h), PG (v-d)
1) Deskripsi posisi pengelasan, lihat Lampiran I.		

4.10 Huruf-huruf kode yang ditunjukkan dalam Tabel 5.2 harus digunakan untuk menunjuk jenis arus yang disetujui untuk digunakan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang relevan.

Tabel 5.2 Jenis arus dan polaritas

Huruf kode dan simbol	Jenis arus dan polaritas
DC +	Arus searah, polaritas +
DC –	Arus searah, polaritas –
DC ±	Arus searah, polaritas + dan –
AC	Arus bolak-balik

5. Perubahan, peningkatan dan penurunan

5.1 Setiap perubahan yang diusulkan oleh pabrik pembuat terhadap bahan habis pengelasan yang telah disetujui yang dapat mengakibatkan perubahan pada komposisi kimia dan sifat mekanik dari logam las, harus segera diberitahukan kepada BKI. Pengujian tambahan mungkin diperlukan.

(IACS UR W17 2.5)

5.2 Peningkatan bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah disetujui menjadi grade mutu yang lebih tinggi harus diajukan oleh pabrik pembuat dan dapat dilakukan pada kesempatan uji ulang (tahunan). Peningkatan mensyaratkan bahwa selain uji ulang, spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari semua benda uji las butt (sambungan las) yang ditetapkan untuk uji persetujuan (awal) pada berbagai posisi dan harus diuji. Pemeriksaan radiografi dianjurkan terhadap benda uji las butt.

5.3 Penurunan grade menjadi grade mutu lebih rendah yang sesuai terjadi ketika hasil uji ulang (tahunan) yang ditentukan gagal memenuhi persyaratan, bahkan jika spesimen pengujian ulang diikutkan. Jika hasil pengujian sebelumnya dan evaluasi terhadap semua temuan pengujian baru menunjukkan kegagalan spesimen kemungkinan disebabkan oleh cacat pada material atau pengelasan, maka pengujian ulang dapat segera diulangi. Jika persyaratan masih belum terpenuhi, maka grade mutu akan diturunkan. Dalam kasus seperti itu, peningkatan kembali dapat dilakukan paling cepat setelah tiga bulan (yaitu setelah perubahan dan perbaikan menyeluruh terhadap produk) dan setelah pengujian seperti yang dijelaskan pada 5.2.

5.4 Perluasan persetujuan yang sudah ada untuk mencakup pengelasan baja struktural lambung kekuatan normal ke baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi (misalnya dari grade 2 ke grade 2Y atau dari grade 3Y ke grade 3Y40) memerlukan pelaksanaan uji persetujuan baru lengkap menggunakan baja

struktural kekuatan lambung lebih tinggi dimaksud sebagai material induk. Persyaratan ini berlaku secara sama terhadap material yang lain juga.

5.5 Perluasan persetujuan yang sudah ada untuk memasukkan simbol tambahan H15 atau modifikasi dari simbol H15 ke H10 atau H5 diperbolehkan dengan syarat dapat dibuktikan bahwa logam las mengandung jumlah hidrogen yang rendah sesuai yang ditetapkan melalui pengujian sesuai dengan B.4. Pengujian yang sesuai yang dilakukan di tempat lain dapat diakui sebagai pemberian bukti yang diperlukan, dengan syarat dilakukan tidak lebih dari tiga tahun sebelumnya.

6. Karakteristik fisik, kinerja pengelasan dan pengemasan

6.1 Semua bahan habis pengelasan dan material bantu harus memiliki karakteristik fisik yang kompatibel dengan aplikasi dimaksud dan sesuai dengan standar yang relevan dan harus menampilkan kinerja pengelasan umum yang memuaskan. Pengemasan harus sedemikian rupa untuk mencegah penyerapan air yang berlebihan dan kerusakan pada isi dengan syarat material ditangani dan disimpan dengan benar. Verifikasi karakteristik ini dan pengujian kemasan merupakan bagian integral dari uji persetujuan dan pengujian ulang.

6.2 Dalam hal elektroda batang, pelapisnya harus membungkus batang inti secara konsentris dan dengan ketebalan yang seragam. Ketika elektroda digunakan dengan benar, tidak boleh ada lubang kawah yang terbentuk di satu sisi pelapis selama pengelasan. Pelapis tidak boleh menampilkan adanya tanda ketidakteraturan atau cacat permukaan. Pelapis harus menempel dengan kuat ke batang inti dan mampu disimpan dalam kondisi-kondisi batas yang ditentukan. Berdasarkan penanganan dan penggunaan yang tepat, pelapis tidak boleh pecah atau terlepas dari batang inti. Penjepit butt dan ujung busur harus bebas dari material pelapis.

6.3 Kawat las (elektrode kawat dan batang las) harus memiliki permukaan yang halus dan harus bebas dari cacat permukaan, karat atau kontaminasi lainnya yang dapat mengganggu keberhasilan pelaksanaan operasi pengelasan (misalnya dengan menghambat aliran arus). Meskipun kawat las dapat dilengkapi dengan lapisan logam, hal tersebut tidak boleh memberikan pengaruh buruk pada pelaksanaan pengelasan atau sifat-sifat las. Kawat las yang digulung harus bebas dari tekukan dan gulungan harus dapat dibuka dengan lancar.

6.4 Fluks pengelasan dan gas pelindung harus memiliki tingkat kemurnian yang sesuai dengan standar yang relevan dengan kadar air serendah mungkin. Fluks pengelasan harus berbentuk granular dan bebas-bergerak untuk memfasilitasi kelancaran pergerakan fluks melalui sistem pensuplai fluks. Granulometri fluks harus seragam dan konstan dari satu paket ke paket lainnya. Mengenai pengujian identitas gas dan inspeksi perangkat pencampur gas pelindung di tempat pengguna, lihat C.1.5.

6.5 Material bantu lainnya seperti campuran gas nitrogen hidrogen dan penahan (penopang) kolam las dari serbuk atau keramik sejauh memungkinkan harus bersifat netral secara metalurgi dan tidak mempunyai pengaruh terhadap karakteristik las. Jika efek seperti itu tidak dapat dikesampingkan (misalnya penahan serbuk yang mengurangi atau menambah unsur paduan), maka material tersebut harus dimasukkan dalam ruang lingkup uji persetujuan atau uji ulang yang relevan, atau harus diuji sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan (awal); lihat Bab 4, A.2 dan B.3.2.

6.6 Bahan habis pengelasan – jika sesuai dengan material bantunya harus menampilkan kinerja pengelasan yang memuaskan dan konstan tanpa percikan las yang berlebihan di semua posisi termasuk pada batas nilai arus pengelasan. Lapisan elektroda batang tidak boleh mengelupas selama pengelasan, elektroda kawat berpelapis juga tidak boleh pecah. Jika busur secara tidak sengaja terganggu selama pengelasan, terak tidak boleh menghalangi pemulihan busur yang cepat. Terak yang telah dingin harus mampu dikeluarkan dari lasan tanpa banyak kesulitan. Karakteristik eksternal dari lasan dan bagian internalnya (seperti ditampakkan oleh radiografi) harus memenuhi persyaratan fabrikasi berikutnya (lihat Bab 10, G.).

7. Pelaksanaan uji persetujuan

7.1 Kecuali dinyatakan lain di bawah ini, uji persetujuan harus dilakukan sesuai dengan Bab 4. Kondisi dimana las spesimen dibuat (parameter pengelasan, jumlah lajur, bentuk pengelasan, dll.) harus sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat dan praktek pembangunan kapal yang normal serta dituliskan pada rekaman. Elektroda berbungkus harus dikonsumsi hingga tersisa sekitar 50 mm. Masukan panas (masukan energi per satuan panjang las E) yang diterapkan selama pengelasan harus ditentukan dengan rumus berikut dan juga harus dicatat:

Masukan energi per satuan panjang:

$$E = \frac{U\,[\text{volts}] \cdot I\,[\text{amps}] \cdot \text{Waktu pengelasan}\,[\text{min}] \cdot 6}{\text{Panjang las}\,[\text{mm}] \cdot 100}\left[\frac{\text{kJ}}{\text{mm}}\right]$$

U = tegangan listrik [Volt]

I = arus listrik [Ampere]

7.2 Material induk yang digunakan untuk uji persetujuan harus dari komposisi kimia dan kategori kekuatan yang sesuai dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang akan disetujui. Tabel 5.3 menunjukkan material induk yang harus digunakan dalam uji persetujuan.

(IACS UR W17 7.2.1)

Tabel 5.3 Material induk yang harus digunakan untuk setiap grade mutu

Grade mutu	Material induk yang harus digunakan dalam uji persetujuan[1) 2)]
1	A
2	A, B, D
3	A, B, D, E
2Y [2)]	A32, A36, D32, D36
3Y [2)]	A32, A36, D32, D36, E32, E36
4Y [2)]	A32, A36, D32, D36, E32, E36, F32, F36
2Y40	A40, D40
3Y40	A40, D40, E40
4Y40	A40, D40, E40, F40
5Y40	A40, D40, E40, F40
3Y47	YP47

1) Baja struktural lain yang setara yang memiliki kekuatan tarik minimum yang sama dapat digunakan.

2) Apabila baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum 315 N/mm^2 digunakan untuk elektroda grade 2Y, 3Y dan 4Y, kekuatan tarik sebenarnya dari baja tidak boleh kurang dari 490 N/mm^2.

(IACS UR W17 4.3.1)

Untuk pengujian logam las murni, baja struktural lambung kekuatan normal atau baja struktural yang setara secara umum dapat digunakan. Untuk bahan habis pengelasan dengan komposisi kimia yang sangat berbeda, dinding sisi benda uji dapat, jika diperlukan, dilengkapi dengan penyangga (misalnya dalam kasus baja tahan karat) dan kepingan penopang dengan komposisi yang sama seperti pelat dapat digunakan. Untuk fitur-fitur khusus yang berlaku pada las busur rendam, lihat D.3.2 dan D.3.5.

Ketika sambungan las dibuat, tepi pelat harus ditiruskan baik dengan pemesinan mekanis atau dengan pemotongan menggunakan oksigen; untuk pilihan yang terakhir, tepi yang ditiruskan perlu dilakukan pembersihan kerak.

7.3 Bila bahan habis pengelasan dan material bantu harus disetujui untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC), pengujian harus dilakukan dengan arus bolak-balik (AC). Dalam kasus tertentu, verifikasi karakteristik pengelasan dengan menggunakan arus searah dapat diminta sebagai alternatif atau sebagai tambahan (misalnya untuk elektroda berbungkus yang digunakan untuk pengelasan gravitasi dengan arus searah dan bolak-balik, dan untuk proses pengelasan tertentu).

7.4 Perlakuan panas pasca pengelasan dari benda uji atau spesimen tidak diizinkan jika produk akan disetujui hanya untuk kondisi tanpa perlakuan; lihat juga keterangan pendahuluan yang berkaitan dengan B. Dikecualikan dari peraturan ini adalah perlakuan panas spesimen tarik untuk mengurangi kandungan hidrogennya seperti dijelaskan di bawah ini dalam kaitannya dengan berbagai bahan habis pengelasan dan material bantu. Jika bahan habis pengelasan dan material bantu juga akan disetujui untuk kondisi perlakuan panas, maka benda uji tambahan yang ditentukan harus disiapkan (lihat H.1.3) dan diberi perlakuan panas yang sesuai. Perlakuan panas lanjutan terhadap spesimen setelah dipotong dari benda uji tidak diperbolehkan.

7.5 Dalam kasus-kasus khusus, pengujian lebih lanjut (mis. pengukuran kekerasan, pemeriksaan specimen makro atau mikrografi untuk memeriksa penetrasi las dan karakteristik struktur, dll.) atau pengujian spesimen uji impak batang bertakik pada temperatur yang lebih rendah daripada yang ditetapkan dapat ditentukan sebagai tambahan terhadap benda uji dan spesimen yang disebut dalam paragrap berikut. Dalam hal bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja tahan karat austenitik, diperlukan bukti ketahanan terhadap korosi intergranular dan untuk baja austenitik padat ketahanan terhadap retak panas juga harus diperlihatkan.

7.6 Jika hasil uji individual gagal memenuhi persyaratan, maka benda uji dan spesimen dengan jumlah dua kali lipat dari jenis yang sama harus disiapkan dan dikenai pengujian. Untuk tujuan tersebut material induk, bahan habis pengelasan dan material bantu yang berasal dari pengiriman yang sama dengan yang digunakan untuk pengujian pertama harus digunakan. Jika benda uji baru dibuat dengan prosedur yang sama (khususnya jumlah lajur) seperti benda uji pertama, hanya spesimen uji ulang yang perlu disiapkan dan diuji. Jika tidak, semua spesimen uji harus disiapkan untuk diuji ulang. Jika spesimen kembali gagal, maka persetujuan tidak akan diberikan sampai penyebabnya diklarifikasi dan pengujian baru lengkap telah dilakukan (lihat juga 5.3). Untuk pengulangan uji impak batang bertakik, lihat ketentuan berikut yang berkaitan dengan berbagai bahan habis pengelasan dan material bantu.

(IACS UR W17 3.3.1)

B. Elektroda Berbungkus untuk Pengelasan Busur Logam Manual Baja Struktural Lambung

Keterangan pendahuluan:

Dalam praktek pembangunan kapal normal, umumnya komponen tidak dikenai perlakuan panas pasca pengelasan (mis. anil untuk menghilangkan tegangan). Karena itu, bahan habis pengelasan dan material bantu yang akan digunakan untuk konstruksi kapal umumnya diuji dan disetujui untuk kondisi tanpa perlakuan, yaitu kondisi las sebelum diberi perlakuan lanjutan.

Namun demikian, saat perlakuan panas pasca pengelasan direncanakan atau disyaratkan dalam kasus khusus, hanya bahan habis pengelasan dan material bantu dengan sifat dan grade mutu yang telah terbukti memadai dalam masing-masing kondisi perlakuan panas yang harus digunakan. Sifat dan ruang lingkup dari verifikasi yang diperlukan harus ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

Dalam hal bahan habis pengelasan untuk baja struktural lambung, temperatur uji untuk material induk yang bersangkutan (lihat Bab 12, Tabel 12.1 serta Rules for Hull (Pt.1, Vol. II), Sec. 2) dapat diasumsikan sebagai

temperatur beban minimum (temperatur desain). Temperatur 300℃ umumnya dianggap sebagai temperatur beban maksimum.

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut berlaku untuk elektroda berbungkus untuk las busur logam manual baja struktural lambung, termasuk baja tempa dan coran dengan grade yang sesuai, dan baja struktural yang setara. Elektroda berbungkus untuk las gravitasi semi mekanis dan proses las pegas diperlakukan dengan cara yang sama seperti pengelasan busur logam manual.

1.2 Tergantung pada hasil uji impak Charpy takik-V, elektroda dibagi menjadi beberapa grade berikut:

- Untuk baja kekuatan normal : Grade 1, 2 dan 3
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 355 N/mm^2 : Grade 2Y, 3Y dan 4Y (grade 1Y tidak berlaku untuk las manual)
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 390 N/mm^2 : Grade 2Y40, 3Y40, dan 4Y40
- Untuk baja YP47 : Grade 3Y47

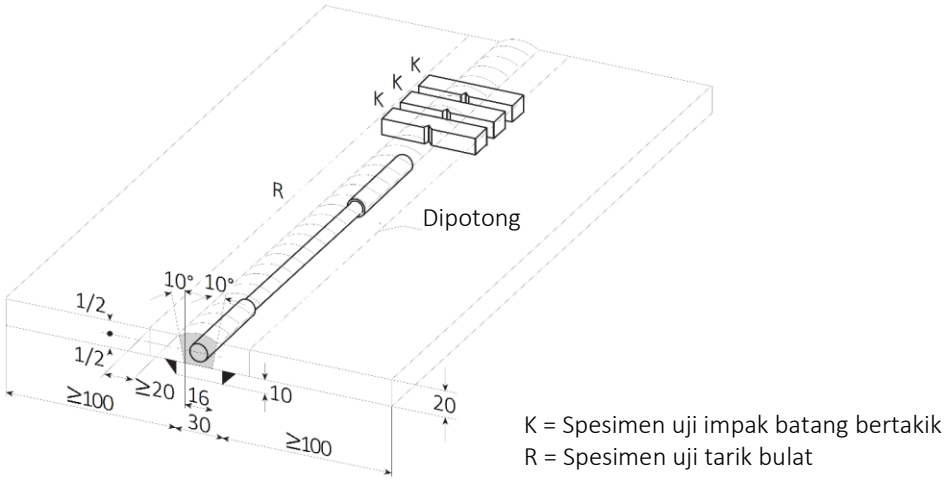
(IACS UR W17 1.2.1)

Dalam kasus khusus, misal ketika elektroda juga digunakan untuk baja tangguh pada temperatur di bawah nol, persetujuan dapat diberikan dengan grade mutu yang lebih tinggi, seperti bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja struktural kekuatan tinggi (lihat F. dan Tabel 5.15). Mengenai simbol tambahan, ketercakupan dan pengecualian, lihat A.4.1.

2. Pengujian deposit logam

2.1 Persiapan benda uji deposit logam

Untuk pengujian deposit logam las, 2 (dua) benda uji dari jenis yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 harus disiapkan dengan posisi pengelasan tangan ke bawah (PA (d)).



Gambar 5.1 Benda uji logam las

Salah satu benda uji harus dilas dengan elektroda batang berdiameter 4 mm, benda uji yang lain dengan elektroda berbungkus dengan diameter maksimum yang diproduksi, sampai batas 8 mm. Jika elektroda yang diproduksi hanya satu diameter saja atau diameternya tidak lebih dari 4 mm, maka cukup satu benda uji.

Sesuai dengan elektroda batang yang digunakan dan praktek pengelasan normal, logam las harus didepositkan secara berlapis yang terdiri dari satu atau banyak lajur. Lapisan harus dilas pada arah yang bergantian, dan masing-masing lajur tebalnya harus 2 – 4 mm. Sebelum mengelas setiap lapisan baru, benda uji harus didinginkan di udara tak bergerak hingga 250°C atau lebih rendah, tetapi tidak boleh di bawah 100°C. Temperatur harus diukur pada permukaan bagian tengah lasan. Setelah pengelasan, benda uji tidak boleh diberikan perlakuan panas apapun.

(IACS UR W17 4.3.2)

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan oleh pabrik pembuat menggunakan metode analisis yang diakui dan harus disahkan olehnya. Analisis komposisi kimia harus mencakup semua unsur paduan penting dan pengotor (mis. fosfor dan sulfur). Hasil analisis tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam standar. Dalam kasus khusus, toleransi yang terbatas untuk paduan dapat ditetapkan.

2.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, satu spesimen uji tarik bulat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 dan tiga spesimen uji impak takik-V ISO yang sesuai dengan Gambar 5.3 harus dipotong dari setiap benda uji logam las. Sumbu memanjang dari spesimen tarik bulat harus berada di tengah lasan pada pertengahan tebal las di benda uji deposit logam atau pertengahan tebal dari lajur kedua pada benda uji dua-lajur las.

Permukaan sisi atas spesimen uji impak harus terletak:

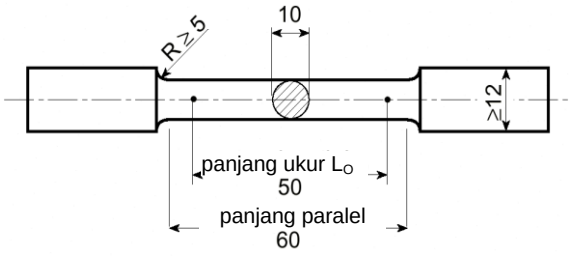
- di pertengahan tebal las pada benda uji logam deposit dan las butt dengan teknik banyak lajur
- maksimum 2 mm di bawah permukaan sisi lajur ke-2 pada benda uji dua-lajur las

(IACS UR W17 3.1.2)

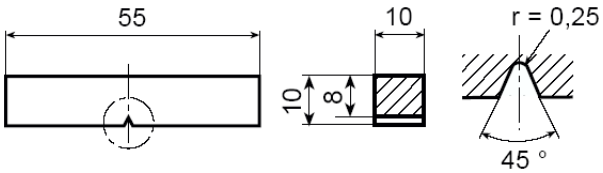
Untuk menghilangkan hidrogen dari logam las, spesimen tarik bulat dapat diberikan pemanasan dengan temperatur tidak lebih dari 250 °C selama tidak lebih dari 16 jam sebelum pengujian tarik.

Pada pengujian impak batang bertakik, temperatur spesimen untuk grade mutu 2, 2Y, 2Y40, 3, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, 5Y40 dan 3Y47 tidak boleh menyimpang lebih dari ± 2°C dari temperatur uji yang ditentukan.

(IACS UR W17 3.2.2)



Gambar 5.2 Spesimen uji tarik bundar



Gambar 5.3 Spesimen uji impak takik-V ISO

2.4 Sifat mekanik logam las harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.4. Jika kekuatan tarik melebihi batas atas, maka persetujuan elektroda hanya akan diberikan setelah mempertimbangkan dengan cermat sifat teknologi lainnya dan analisis kimia dari logam las. Nilai rata-rata untuk energi impak takik harus memenuhi persyaratan berikut; nilai individual boleh di bawah nilai rata-rata yang disyaratkan tetapi tidak kurang dari 70% dari nilai tersebut.

Tabel 5.4 Sifat-sifat logam las yang disyaratkan (elektroda berbungkus)

Grade mutu [1]	Kekuatan luluh minimum [N/mm²]	Kekuatan tarik [N/mm²]	Pemanjangan minimum ($L_o = 5\ d_o$) [%]	Energy impak takik minimum [2] [J]	Temperatur uji [°C]
1	305	400 – 560	22	47 (33)	+20
2					0
3					– 20
2Y	375	490 – 660	22	47 (33)	0
3Y					– 20
4Y					– 40
2Y40	400	510 [3] – 690	22	47 (33)	0
3Y40					– 20
4Y40					– 40
5Y40					– 60
3Y47	460	570 – 720	19	53 (37)	– 20

[1] Untuk kemungkinan grade mutu yang lebih tinggi, lihat 1.2.
[2] Nilai rata-rata dari tiga spesimen; () untuk nilai individu minimum; untuk ini dan pengujian ulang, lihat 2.4 dan 2.5.
[3] Kuat tarik 500 N/mm² dapat diterima jika nilai yang memadai didapatkan dalam sambungan las.

2.5 Untuk pelaksanaan uji ulang, lihat A.7.6; persyaratan untuk uji energi impak takik adalah sebagai berikut:

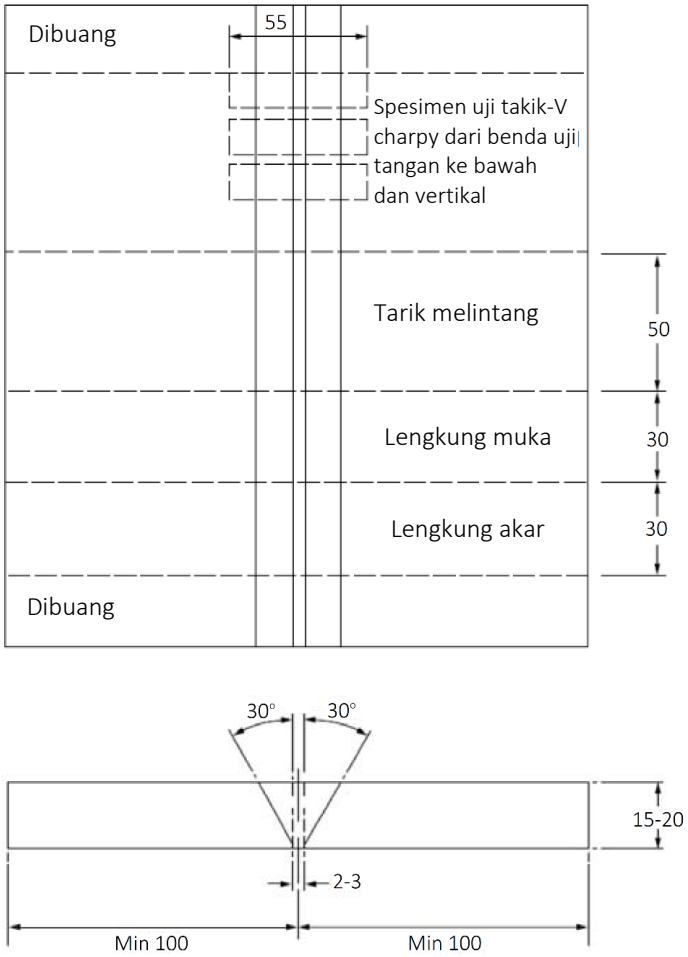
Jika nilai energi impak takik yang disyaratkan tidak tercapai, tetapi tidak lebih dari dua nilai individu berada di bawah nilai rata-rata yang disyaratkan dan tidak lebih dari satu diantara keduanya kurang dari 70% dari nilai yang disyaratkan, maka tiga spesimen uji impak tambahan dapat diambil dari benda uji logam las yang sama atau 5-15dentic dan diuji. Hasil yang diperoleh harus ditambahkan ke hasil yang pertama dan nilai rata-rata baru yang dihasilkan kemudian harus memenuhi persyaratan. Selain itu, tidak lebih dari dua dari enam nilai individu secara keseluruhan mungkin di bawah nilai rata-rata yang disyaratkan dan di antaranya, tidak lebih dari satu mungkin kurang dari 70% dari nilai yang diperlukan.

2.6 Pengujian ulang lebih lanjut membutuhkan persetujuan BKI dalam setiap kasus individu; lihat juga A.7.6. Namun, pengujian tersebut tanpa kecuali harus meliputi pengelasan benda uji baru dan pengujian semua spesimen yang disyaratkan diawal, meskipun beberapa dari spesimen tersebut telah memberikan hasil yang memuaskan dalam pengujian pertama.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Pengujian sambungan las umumnya dilakukan pada benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.4 dan Tabel 5.5. Jika elektroda batang akan disetujui hanya untuk pengelasan fillet (misalnya untuk pengelasan gravitasi), benda uji las fillet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 sebagai ganti dari benda uji las butt harus dilas dan diuji. Dalam kasus khusus, BKI dapat meminta benda uji las fillet serta las butt, misalnya untuk pengelasan vertikal-turun.

3.2 Benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.4 harus dilas pada posisi dan dengan diameter elektroda yang ditunjukkan pada Tabel 5.4 sesuai dengan posisi pengelasan yang dicakup oleh permohonan persetujuan (lihat A.4.9 dan Tabel 5.1). Untuk material induk yang digunakan, lihat A.7.2; komposisi kimianya harus direkam.



Gambar 5.4 Benda uji las butt

Tabel 5.5 Benda uji las butt, posisi pengelasan dan diameter elektroda

Posisi yang diajukan untuk persetujuan	Benda uji las butt yang disyaratkan...				
	... pada posisi		... dengan diameter elekroda [1]		
	Jumlah	Posisi[5]	Jalur akar	Jalur pengisian dan penutup	Jalur belakang
(1) [3] Semua posisi termasuk vertikal-turun	1	PA (d)	4	5 sampai 8 [2]	4
	1	PF (v-u)	3,25	4 atau 5	4
	1	PE (o)	3,25	4 atau 5	4
	1	PG (v-d)	Sesuai instruksi pabrik pembuat		
(2) [3] Semua posisi kecuali vertikal-turun	1	PA (d)	4	5 sampai 8 [2]	4
	1	PF (v-u)	3,25	4 atau 5	4
	1	PE (o)	3,25	4 atau 5	4
(3) [3] Posisi tangan ke bawah dan vertikal-atas	1	PA (d)	4	5 sampai 8 [2]	4
	1	PF (v-u)	3,25	4 atau 5	4
(4) Hanya posisi tangan ke bawah	1	PA (d)	4	5 sampai 8 [2]	4
	1	PA (d)	4	5 sampai 8 [4]	4
Hanya posisi horizontal-vertikal (2G)	1	PC (h-v)	4 atau 5	5	4

Tabel 5.5 Benda uji las butt, posisi pengelasan dan diameter elektroda *(lanjutan)*

Posisi yang diajukan untuk persetujuan	Benda uji las butt yang disyaratkan...				
	... pada posisi		... dengan diameter elekroda [1]		
	Jumlah	Posisi[5]	Jalur akar	Jalur pengisian dan penutup	Jalur belakang
(x) Posisi individu lain	1	(x)	Sebagaimana ditentukan diatas		

[1] Diameter elektroda [mm].

[2] Jalur pengisian dengan ukuran 5 atau 6 mm; dua lajur terakhir termasuk jalur penutup dengan diameter elektroda terbesar yang diproduksi, hingga maksimum 8 mm.

[3] Termasuk posisi horizontal-vertikal PC (h-v).

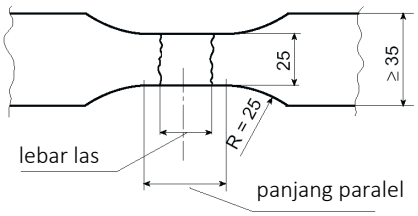
[4] Jalur kedua dengan ukuran 5 atau 6 mm; semua jalur pengisi dan dan penutup lainnya harus dibuat dengan diameter elektroda terbesar yang diproduksi, hingga maksimum 8 mm.

[5] Lihat Lampiran L.

Dua bagian benda uji harus dijajarkan dengan kelonggaran yang cukup untuk penyusutan sudut (*angular*). Sebelum pengelasan setiap jalur baru, benda uji harus didinginkan di udara tak bergerak hingga 250°C atau lebih rendah, tetapi tetapi tidak boleh di bawah 100°C. Temperatur harus diukur pada permukaan bagian tengah lasan. Setelah lajur akar dihilangkan hingga ke bagian logam yang bersih, lajur penutup belakang harus dibuat dengan elektroda berdiameter 4 mm pada posisi pengelasan yang sesuai untuk setiap sampel uji. Setelah pengelasan, benda uji tidak boleh diberikan perlakuan panas apapun.

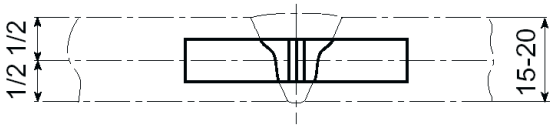
(IACS UR W17 4.3.2)

3.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, satu spesimen uji tarik rata sesuai dengan Gambar. 5.5, dua spesimen uji lengkung melintang selebar 30 mm (satu dengan jalur penutup mengalami tegangan dan satu pada jalur belakang) dan tiga spesimen uji impak batang bertakik (spesimen takik-V ISO sesuai dengan Gambar 5.3) harus disiapkan dari setiap benda uji las butt.



Gambar 5.5 Spesimen uji tarik rata

Panjang sisi paralel spesimen uji tarik rata harus sama dengan tiga kali ketebalan pelat atau lebar lasan ditambah dua kali ketebalan pelat, mana yang lebih besar. Pada sisi yang mengalami tegangan, tepi spesimen uji lengkung melintang dapat dibundarkan dengan jari-jari tidak lebih dari 2 mm. Posisi spesimen uji impak harus sesuai dengan Gambar 5.6. Pemerkuat las dari semua spesimen harus diratakan dengan permukaan pelat pada kedua sisi.



Gambar 5.6 Posisi spesimen uji impak

3.4 Sifat mekanis sambungan las harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Tabel 5.6. Untuk pengerjaan pengujian dan pelaksanaan uji ulang, lihat 2.4 dan 2.5. Posisi patah harus dicatat. Spesimen uji lengkung yang memperlihatkan retak yang baru terbentuk harus dipatahkan terbuka untuk menilai patahan. BKI dapat menetapkan bahwa uji lengkung atau uji lengkung tambahan dilakukan dalam batas waktu yang ditentukan untuk memastikan kemungkinan pengaruh hidrogen.

3.5 Benda uji las fillet seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 harus, jika diperlukan menurut 3.1, disiapkan untuk setiap posisi pengelasan yang diajukan untuk persetujuan (lihat 3.2). Untuk material induk yang akan digunakan, lihat A.7.2. Las fillet pertama harus dibuat dengan diameter elektroda terbesar, yang kedua dengan diameter elektroda terkecil yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat untuk posisi pengelasan tertentu dan ketebalan lehernya. Kecuali ditentukan atau disepakati lain, setiap las fillet harus dibuat dalam satu jalur. Elektroda dengan panjang maksimum yang diproduksi harus digunakan. Besarnya arus yang digunakan harus dicatat.

Panjang "L" dari benda uji harus sedemikian sehingga memungkinkan mencairnya sekurang-kurangnya satu panjang elektroda utuh - yaitu, yang terpanjang diproduksi – dengan ketebalan leher sesuai dengan diameter elektroda.

Tabel 5.6 Sifat sambungan las yang disyaratkan (elektroda berbungkus)

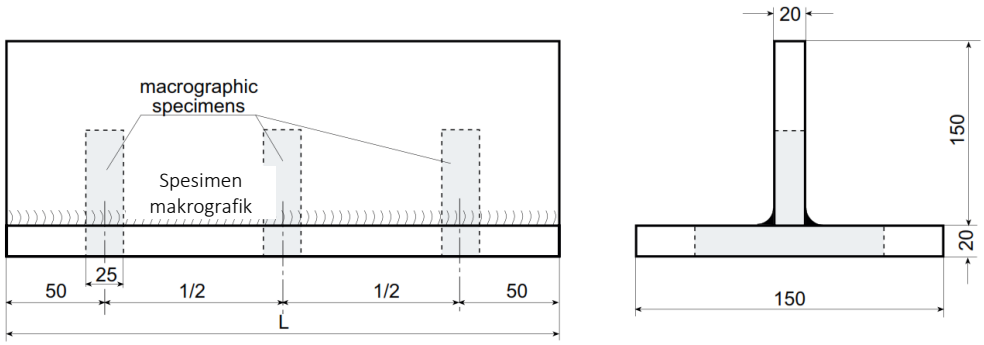
Grade mutu [1]	Kekuatan tarik [N/mm²]	Energi impak takik minimum [J] [2]			Rasio uji lengkung (D/t)	Sudut lengkung minimum
		Posisi		Temperatur uji [°C]		
		PA (d), PC (h-v), PE (o)	PF (v-u), PG (v-d)			
1	≥ 400	47 (33)	34 (24)	+ 20	3	120° sebelum retakan awal yang baru terjadi, eksposur pori kecil hingga panjang maksimum 3 mm diizinkan.
2				0		
3				– 20		
2Y	≥ 490	47 (33)	34 (24)	0		
3Y				– 20		
4Y				– 40		
2Y40	≥ 510	47 (33)	39 (27)	0		
3Y40				– 20		
4Y40				– 40		
3Y47	≥ 570	53 (37)	53 (37)	– 40	4	

[1] Untuk kemungkinan nilai kualitas yang lebih tinggi, lihat 1.2.
[2] Nilai rata-rata dari tiga spesimen; () untuk nilai individu minimum; untuk ini dan pengujian ulang, lihat 2.4 dan 2.5.

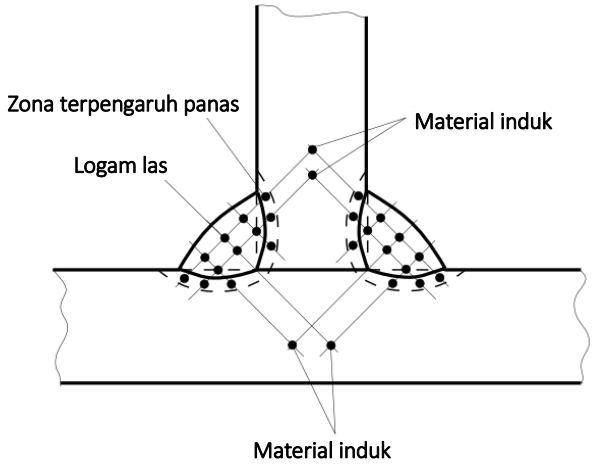
3.6 Setelah inspeksi dan penilaian visual, benda uji las fillet harus dipotong dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 5.7, dan spesimen makrografik yang ditandai dengan "M" harus disiapkan untuk mengevaluasi penetrasi las dan pengukuran kekerasan sesuai dengan Gambar 5.8. Jika memungkinkan, pengukuran kekerasan Vickers (ISO 6507-1, HV 10) harus dilakukan.

3.7 Kekerasan logam las yang diperoleh dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum hingga 355 N/mm^2 (simbol tambahan Y) tidak boleh kurang dari 150 HV dan kekerasan logam las untuk baja structural lambung kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum 390 N/mm^2 (simbol tambahan Y40) tidak boleh kurang dari 160 HV. Laporan uji juga harus mencatat nilai kekerasan yang diukur di zona terpengaruh panas dan material induk. Nilai yang setara untuk metode pengukuran lain harus disepakati.

Setelah salah satu las fillet dihilangkan, dua spesimen uji tersisa dari masing-masing benda uji las fillet harus dipatahkan terbuka pada sisi yang berlawanan dan patahan harus dinilai. Spesimen harus bebas dari cacat utama apapun seperti pori-pori besar dan rangkaian terak di akar, penetrasi tak komplet, kurangnya fusi di dinding samping, retak, dll., lihat juga, Bab 12, G.10.3.4.



Gambar 5.7 Benda uji las fillet



Gambar 5.8 Pengukuran kekerasan

4. Pengujian hidrogen

4.1 Pengujian hidrogen untuk menentukan kandungan hidrogen yang terdifusi di logam las, jika memungkinkan, harus dilakukan menurut metode merkuri atau metode detektor konduktivitas termal yang ditetapkan dalam ISO 3690 atau, dengan persetujuan BKI, menurut metode lain yang setara. Untuk sementara waktu dan dengan persetujuan BKI, metode gliserin yang dijelaskan di 4.4 dapat terus digunakan sebagai alternatif untuk simbol tambahan H15 dan H10. Tergantung pada simbol tambahan H15, H10 atau H5 yang akan ditambahkan ke grade mutu yang ditentukan dalam persetujuan (lihat A.4.1), kandungan hidrogen dari logam las tidak boleh melebihi batas yang ditunjukkan pada Tabel 5.7.

(IACS UR W 17 4.5.2)

4.2 Dalam metode merkuri, jumlah hidrogen terhadap logam las yang berfusi H_F harus ditentukan dan dicatat selain jumlah hidrogen yang dapat terdifusi terhadap deposit logam las H_D (lihat ISO 3690).

Tabel 5.7 Kandungan hidrogen yang diizinkan dari logam las

Simbol yang ditambahkan	Kandungan hidrogen yang diizinkan dari material pengelasan [1]		
	Metode mercury	Metode glycerin	Metode spesimen konduktivitas termal
H15	15 cm^3 / 100 g	10 cm^3 / 100 g	15 cm^3 / 100 g
H10	10 cm^3 / 100 g	5 cm^3 / 100 g	10 cm^3 / 100 g
H5	5 cm^3 / 100 g	[2]	5 cm^3 / 100 g

[1] Nilai rata-rata dari empat spesimen, terhadap deposit logam las.
[2] Tidak untuk digunakan.

4.3 Empat sampel las harus disiapkan. Temperatur spesimen dan waktu tahan minimum harus memenuhi Tabel 5.8 berikut, menurut metode pengukuran masing-masing.

Tabel 5.8 Temperatur uji dan waktu tahan standar untuk metode merkuri

Metode pengukuran		Temperatur uji (°C)	Waktu tahan minimum (h)
Metode detektor konduktivitas termal	Gas kromatografi	45	72
		150	6
[1] Penggunaan metode ekstraksi gas pembawa panas dapat dipertimbangkan berdasarkan verifikasi prosedur pengujian untuk mengkonfirmasi bahwa pengumpulan dan pengukuran hidrogen terjadi secara kontinyu sampai semua hidrogen yang berdifusi terukur.			

4.4 Apabila metode gliserin digunakan untuk pengujian hidrogen, prosedur berikut harus diadopsi:

4.4.1 Empat batang sampel baja yang dinormalisasi[1] berukuran 125 × 25 × 12 mm harus dibersihkan secara menyeluruh dan ditimbang hingga 0,1 g terdekat. Satu manik las, yang panjangnya kira-kira 100 mm, harus didepositkan pada salah satu permukaan 125 × 25 mm dari setiap batang sampel, pada setiap kesempatan menggunakan elektroda batang baru berdiameter 4 mm. Dalam proses tersebut panjang elektroda harus terkonsumsi sebesar 120 hingga 150 mm.

4.4.2 Operasi pengelasan harus dilakukan dengan arus sekitar 150 A dan busur sependek mungkin. Jika proses pengelasannya mekanis, maka diameter elektroda dan arus listrik harus dipilih sehingga masukan panasnya sesuai dengan masukan panas pengelasan busur manual. Sebelum pengelasan, bahan habis pengelasan dapat dipanasi dengan cara normal yang ditentukan oleh pabrik pembuat.

4.4.3 Terak harus dihilangkan dalam waktu 30 detik dari selesainya pengelasan setiap spesimen dan spesimen dicelupkan ke dalam air dengan temperatur sekitar 20°C. Setelah 30 detik di dalam air, spesimen dibersihkan dan dikeringkan, kemudian ditempatkan dalam peralatan yang cocok untuk pengumpulan hidrogen dengan pemindahan gliserin. Gliserin harus dijaga pada temperatur 45°C selama pengujian. Keempat spesimen harus dilas dan ditempatkan dalam peralatan pengumpul hidrogen individu dalam jangka waktu tertentu yang akan membatasi variasi kandungan hidrogen karena variasi penyerapan air setelah perlakuan pengeringan. Hal ini tidak boleh lebih dari 30 menit.

(IACS UR W17 4.5.2)

4.4.4 Selama pengujian, temperatur gliserin harus dipertahankan pada 45°C. Batang-batang sampel harus dibiarkan terendam dalam gliserin selama 48 jam, setelah itu sampel harus dikeluarkan dan dibersihkan dengan air dan alkohol. Setelah pengeringan, batang-batang sampel harus ditimbang kembali hingga 0,1 g terdekat untuk menentukan jumlah deposit logam las.

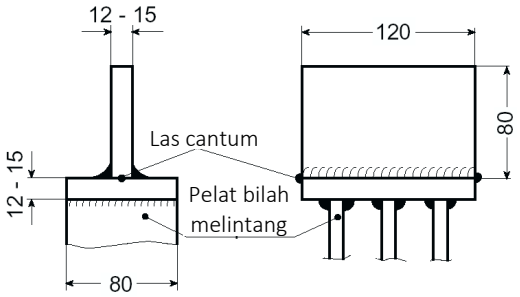
4.4.5 Volume gas yang terkumpul dalam bejana uji harus diukur hingga 0,05 cm^3 terdekat dan dikoreksi untuk temperatur 0°C dan tekanan 760 mm air raksa. Volume rata-rata hidrogen yang terdifusi yang diukur terhadap deposit logam las untuk keempat batang sampel tidak boleh melebihi nilai yang ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

5. Pengujian retak panas

5.1 Apabila BKI mensyaratkan bahwa uji retak panas harus dilakukan, maka untuk tujuan tersebut dua buah pelat harus dilas bersama dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 5.9. Permukaan ujung pelat bilah harus dipotong lurus dan tegak lurus dan harus pas dengan permukaan atas pelat bawah yang

[1] Kapanpun memungkinkan, baja tidak boleh mengandung lebih dari komponen berikut: 0,15% C, 0,10% Si, 1,0% Mn, 0,03% P, 0,03% S.

rata. Setiap ketidakrataan harus dihilangkan. Pelat dasar harus dipertegar dengan tiga pelat bilah melintang.



Gambar 5.9 Benda uji untuk retak panas

5.2 Las fillet pertama harus didepositkan dalam suatu jalur pada posisi tangan ke bawah PA(d). Selama operasi ini, arus harus berada pada batas atas dari rentang yang ditentukan untuk elektroda. Las fillet kedua pada sisi yang berlawanan harus didepositkan segera setelah yang pertama, juga pada posisi tangan ke bawah PA(d) dan dimulai pada ujung benda uji dimana las fillet pertama berakhir. Kedua las fillet harus didepositkan pada kecepatan yang sama tanpa mengayun elektroda.

5.3 Untuk pengelasan keseluruhan panjang dari masing-masing las fillet (120 mm), panjang elektroda yang ditunjukkan pada Tabel 5.9 harus dicairkan. Setelah pengelasan, terak harus segera disingkirkan dari las fillet.

Tabel 5.9 Panjang elektroda yang dicairkan

Diameter kawat inti elektroda [mm]	Panjang pencairan	
	Las fillet ke-1 [mm]	Las fillet ke-2 [mm]
4	200	150
5	150	100
6	100	75

5.4 Setengah jam setelah pengelasan, paling cepat, yaitu ketika benda uji telah dingin sepenuhnya diseluruh ketebalannya, las fillet harus diperiksa terhadap adanya retak dengan kaca pembesar atau dengan teknik pendeteksi retak.

Las fillet pertama kemudian harus dihilangkan dengan pemesinan dan las fillet kedua harus dipatahkan dengan cara merobohkan pelat (dengan akar mengalami tegangan). Sambungan yang patah kemudian harus diperiksa terhadap retak panas. Ketika dikenakan pengujian retak panas, las fillet tidak boleh memperlihatkan adanya retak dangkal atau internal. Hanya retak di ujung kawah yang dapat ditoleransi.

6. Pengujian ulang tahunan

6.1 Untuk elektroda batang untuk baja struktural lambung, pengujian ulang tahunan yang disebut dalam A.3.1 membutuhkan persiapan dua buah benda uji logam las sesuai dengan 2.1. Spesimen uji yang ditentukan dalam 2.3 harus diambil dari benda uji ini. Untuk pengujian yang akan diterapkan dan sifat yang disyaratkan, lihat 2.4 dan Tabel 5.3.

6.2 Dalam kasus khusus BKI dapat menetapkan uji ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

C. Kombinasi Gas-Kawat (Berinti-Fluks) dan Elektroda Kawat Berinti-Fluks untuk Pengelasan Baja Struktural Lambung

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut berlaku untuk kombinasi gas-kawat (berinti-fluks) dan elektroda kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks (untuk digunakan dengan atau tanpa gas pelindung) untuk pengelasan semi-mekanis baja struktural lambung, baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai dan baja struktural yang setara. Kombinasi gas-kawat untuk las wolfram gas mulia (TIG) manual harus diperlakukan secara sama dengan pengelasan semi-mekanis. Untuk kombinasi gas-kawat dan elektroda kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks untuk pengelasan sepenuhnya mekanis dan elektroda kawat jala, lihat D.1.1.

1.2 Tergantung pada hasil uji impak, kawat dan kombinasi gas-kawat dibagi menjadi grade berikut:

- Untuk baja kekuatan normal : Grade 1, 2 dan 3
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 355 N/mm^2: Grade 1Y, 2Y, 3Y dan 4Y
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 390 N/mm^2: Grade 2Y40, 3Y40, 4Y40 dan 5Y40
- Untuk baja YP47: Grade 3Y47

Akhiran "S" akan ditambahkan setelah tanda grade untuk menunjukkan persetujuan untuk pengelasan semi-otomatis multi-lajur. Untuk ketercakupan dan pengecualian, lihat A.4.

(IACS UR W17 6.1.2)

1.3 Persetujuan pada dasarnya terkait dengan merek (dagang) kawat tertentu - jika sesuai, bersama dengan gas pelindung yang sesuai dengan suatu standar (misalnya ISO 14175) atau ditetapkan berdasar komposisi dan kemurniannya. Suatu persetujuan berkaitan secara eksklusif dengan kawat yang diproduksi oleh pabrik pembuat tertentu dan digunakan untuk uji persetujuan. BKI harus diberitahu tentang pabrik pembuat dan merek serta penandaan standar dari kawat yang digunakan untuk uji persetujuan. Pemasaran kawat lain (kawat yang diproduksi oleh pabrik pembuat lain) dengan nama merek (dagang) yang tercantum dalam sertifikat persetujuan diizinkan hanya setelah memperbarui uji persetujuan dengan menggunakan kawat lain tersebut.

1.4 Persetujuan dapat diberikan untuk suatu merek (dagang) kawat bersama dengan merek (dagang) gas pelindung tertentu yang diproduksi oleh suatu pabrik pembuat tertentu atau bersama dengan gas pelindung yang dicakup oleh ISO 14175 dan ditetapkan berdasar kelompok dan nomor kode (mis. M 21) sesuai dengan Tabel 5.10.

1.5 Jika satu merek (dagang) kawat (berinti-fluks) disetujui bersama dengan gas pelindung standar sesuai dengan 1.4, maka kawat tersebut dapat digunakan dengan gas standar lainnya dari jenis yang sama, asalkan gas-gas ini dimasukkan dalam "Daftar Produk Persetujuan Tipe" (lihat A.1.13) berdasarkan verifikasi identitas awal yang dilakukan di lokasi pabrik pembuat diikuti dengan pengujian ulang tahunan komposisi dan kemurnian. Kantor cabang, stasiun pengisian tabung, dll. juga harus tercakup oleh pengujian ini. Untuk instalasi pencampuran gas (termasuk yang berada di lokasi pengguna) bukti dokumenter yang memadai harus diserahkan kepada BKI.

1.6 Jika dalam kasus luar biasa, misalnya apabila produsen gas membuat permohonan persetujuan untuk kombinasi gas-kawat (berinti-fluks), persetujuan disyaratkan diberikan untuk kawat standar yang spesifik bersama dengan merek (dagang) gas yang diproduksi oleh produsen tertentu, merek kawat yang digunakan dalam pengujian juga akan dicatat dalam dokumen konfirmasi persetujuan. Penggunaan kawat (berinti-fluks) dengan merek (dagang) lain yang setara atau kawat standar sebagai bagian dari persetujuan tersebut diizinkan hanya jika kawat tertentu tersebut telah diuji dan disetujui di tempat lain

dengan gas yang memiliki komposisi yang sesuai dan termasuk dalam "Daftar Produk Persetujuan Tipe" (lihat A.1.13)

Tabel 5.10 Klasifikasi gas pelindung menurut ISO 14175

Simbol [1]		Komponen [% vol.]					
Grup utama	Sub-grup	Mengoksidasi		Inert		Mereduksi	Reaktivitas Rendah
		CO_2	O_2	Ar	He	H_2	N_2
M1	1	≥ 0,5 hingga 5		sisa [1]		≥ 0,5 hingga 5	
	2	≥ 0,5 hingga 5		sisa [1]			
	3		≥ 0,5 hingga 3	sisa [1]			
	4	≥ 0,5 hingga 5	≥ 0,5 hingga 3	sisa [1]			
M2	0	> 5 hingga 15		sisa [1]			
	1	> 15 hingga 25		sisa [1]			
	2		> 3 hingga 10	sisa [1]			
	3	≥ 0,5 hingga 5	> 3 hingga 10	sisa [1]			
	4	> 5 hingga 15	≥ 0,5 hingga 3	sisa [1]			
	5	> 5 hingga 15	> 3 hingga 10	sisa [1]			
	6	> 15 hingga 25	≥ 0,5 hingga 3	sisa [1]			
	7	> 15 hingga 25	> 3 hingga 10	sisa [1]			
M3	1	> 25 hingga 50		sisa [1]			
	2		> 10 hingga 15	sisa [1]			
	3	> 25 hingga 50	> 2 hingga 10	sisa [1]			
	4	> 5 hingga 25	> 10 hingga 15	sisa [1]			
	5	> 25 hingga 50	> 10 hingga 15	sisa [1]			
C	1	100					
	2	sisa	≥ 0,5 hingga 30				

[1] Untuk keperluan klasifikasi ini, argon dapat diganti sebagian atau seluruhnya dengan helium.

(IACS UR W17 Table 6.a)

2. Pengujian logam las

2.1 Untuk pengujian deposit logam las, dua benda uji harus disiapkan pada posisi pengelasan tangan ke bawah PA (d) sesuai dengan B.2.1 dan Gambar 5.1. Salah satu benda uji harus dilas dengan kawat berdiameter 1,2 mm atau diameter terkecil yang diproduksi untuk penggunaan pada pembangunan kapal. Satu yang lainnya harus dilas dengan kawat berdiameter 2,4 mm atau diameter terbesar yang diproduksi. Jika hanya satu diameter kawat yang diproduksi, satu benda uji sudah cukup. Benda uji harus dilas dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.1 (lihat juga ISO 14341) sedemikian rupa sehingga ketebalan masing-masing jalur minimal 2 mm tetapi tidak lebih dari 6 mm.

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan dan dinyatakan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Hasil analisis tidak boleh melebihi nilai batas yang ditetapkan dalam standar atau oleh pabrik pembuat, toleransi yang lebih sempit berlaku di setiap kasus.

2.3 Spesimen uji yang didefinisikan dalam B.2.3 dan Gambar 5.2 serta 5.3 harus dipotong dari benda uji logam las dan harus diuji.

2.4 Hasil pengujian harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam D.2.4 dan Tabel 5.13.

3. Pengujian sambungan las

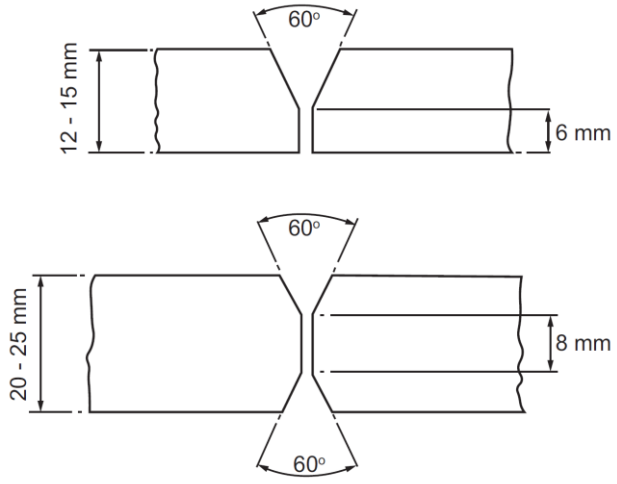
3.1 Seperti pada elektroda berbungkus untuk pengelasan busur manual (lihat B.3.1), pengujian pada sambungan las umumnya dilakukan pada benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.4 dan Tabel 5.5 dan dalam kasus-kasus tertentu pada benda uji las fillet sesuai dengan B.3.5 dan Gambar 5.7.

3.2 Tergantung pada posisi pengelasan yang diajukan untuk persetujuan (lihat A.4.9), benda uji las butt harus dilas pada posisi yang ditunjukkan pada Tabel 5.5, tetapi dengan diameter kawat yang ditunjukkan pada Tabel 5.11. Untuk material induk yang harus digunakan, lihat A.7.2. Benda uji harus dilas dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.2.

Tabel 5.11 Benda uji las butt, diameter kawat

Posisi pengelasan	Jalur akar	Jalur pengisi dan penutup, jalur belakang
Tangan ke bawah PA (d) [1)]	1,2 mm atau diameter terkecil yang diproduksi	2,4 mm atau diameter terbesar yang diproduksi
Posisi lainnya	1,2 mm atau diameter maksimum yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat untuk posisi yang bersangkutan	
[1)] Jika persetujuan diperlukan hanya untuk posisi PA(d), maka benda uji kedua harus dilas pada posisi ini dengan berbagai diameter kawat yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat.		

3.3 Untuk pengelasan otomatis dua-lajur, dua benda uji las butt harus disiapkan sesuai dengan Gambar 5.10. Jika persetujuan diminta untuk pengelasan pelat dengan tebal lebih dari 25 mm, maka satu benda uji harus disiapkan menggunakan pelat dengan ketebalan sekitar 20 mm dan yang lainnya menggunakan pelat dengan ketebalan maksimum yang dimintakan persetujuannya.



Semua dimensi dalam mm kecuali ditunjukkan lain

Gambar 5.10 Persiapan tepi yang disarankan untuk benda uji las butt dua lajur

Penyimpangan minor dalam persiapan tepi dapat diizinkan, jika diminta oleh pabrik pembuat. Untuk benda uji yang menggunakan pelat dengan tebal lebih dari 25 mm, persiapan tepi harus dilaporkan untuk informasi. Penyimpangan atau perbedaan diharapkan menjadi bagian dari prosedur standar yang direkomendasikan pabrik pembuat untuk teknik dan kisaran ketebalan ini.

Diameter kawat yang digunakan harus sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat dan harus dilaporkan.

3.4 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, spesimen uji sesuai dengan B.3.3 dan Gambar 5.3 hingga 5.6 harus dipotong dari benda uji las butt dan dilakukan pengujian.

3.5 Hasil pengujian harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam B.3.4 dan Tabel 5.6.

3.6 Jika diperlukan menurut B.3.1, benda uji las fillet sesuai dengan Gambar 5.7 harus dilas dengan setiap posisi pengelasan yang dimintakan persetujuannya (lihat A.4.9). Untuk material induk yang akan digunakan, lihat A.7.2. Benda uji harus dilas dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.5.

3.7 Benda uji las fillet harus dipotong dan diuji dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.6 dan B.3.7.

4. Pengujian hidrogen

4.1 Kombinasi gas-kawat (berinti-fluks) dan kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks yang komposisi (material inti) atau strukturnya (misalnya kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks terlipat) dapat mengakibatkan penangkapan uap air dan karenanya konsentrasi hidrogen dalam logam las lebih tinggi harus dikenai uji hidrogen, kecuali jika disetujui sebaliknya. Dalam kasus kombinasi gas-kawat padat, uji hidrogen biasanya tidak diperlukan.

4.2 Untuk pelaksanaan uji hidrogen dan persyaratan yang harus dipenuhi, lihat B.4; kecuali ditentukan lain dalam kasus tertentu, elektroda kawat berdiameter 1,2 mm harus digunakan untuk tujuan ini. Parameter pengelasan harus mematuhi rekomendasi pabrik pembuat.

5. Pengujian retak panas

5.1 Apabila BKI meminta uji retak panas (lihat B.5.1), benda uji yang sesuai dengan Gambar 5.9 dengan panjang 250 mm harus dilas.

5.2 Diameter kawat, ketebalan las dan panjang las harus sesuai dengan Tabel 5.12. Dalam semua hal lainnya, ketentuan B.5.2 - B.5.4 harus diterapkan secara sama.

Tabel 5.12 Diameter kawat dan dimensi las

Diameter kawat [mm]	Las fillet ke-1		Las fillet ke-2	
	Dimensi-a [mm]	Panjang las [mm]	Dimensi-a [mm]	Panjang las [mm]
1,2	9	250	7	250
1,6	9		7	

6. Pengujian ulang tahunan

6.1 Kombinasi gas-kawat (berinti-fluks) dan kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks yang disetujui untuk pengelasan semi-mekanis atau pengelasan semi-mekanis dan sepenuhnya mekanis multi lajur, uji ulang tahunan sesuai dengan A.3.1 memerlukan pengelasan, dengan diameter kawat dalam rentang yang disetujui, satu benda uji logam deposit, yang dari sana harus diambil specimen uji yang disebut dalam 2.3 dan 3.3. Untuk pengujian yang akan diterapkan dan persyaratan yang harus dipenuhi, lihat 2.4.

6.2 Dalam kasus khusus, BKI mungkin memerlukan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

D. Kombinasi Kawat-Fluks untuk Las Busur Rendam Baja Struktural Lambung

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut berlaku untuk kombinasi fluks-kawat las busur rendam (SAW) dengan teknik pengelasan dua lajur dan multi lajur pada baja struktural lambung, baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai dan baja struktural yang setara. Persetujuan yang diberikan sesuai dengan ketentuan ini berlaku untuk pengelasan kawat tunggal yang standar. Persetujuan juga mencakup pengelasan tandem atau multi-kawat dan pengelasan satu sisi menggunakan penopang (-fluks) yang mengharuskan dilakukannya uji prosedur pengelasan (awal). Kombinasi gas-kawat dan kawat berinti fluks yang hanya digunakan untuk pengelasan sepenuhnya mekanis dan elektroda kawat jala harus diuji dan disetujui dengan cara yang sama sesuai dengan Peraturan ini.

(IACS UR W17 5.1.1)

1.2 Apabila ada persyaratan untuk menggunakan kombinasi fluks multi kawat dengan komposisi dan struktur tertentu yang ditentukan, BKI dapat meminta tambahan benda uji atau pengujian untuk dilakukan selain pengujian standar yang diuraikan di bawah ini. Benda uji yang diserahkan untuk pengujian ini harus dari kombinasi dan struktur ini. Komposisi dan struktur kemudian akan ditulis secara khusus dalam konfirmasi persetujuan.

1.3 Tergantung pada hasil pengujian impak, kombinasi fluks-kawat dibagi menjadi grade berikut:

- Untuk baja kekuatan normal : Grade 1, 2 atau 3.
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 355 N/mm^2: Grade 1Y, 2Y, 3Y atau 4Y.
- Untuk baja kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan luluh minimum sampai dengan 355 N/mm^2: Grade 2Y40, 3Y40, 4Y40 atau 5Y40.
- Untuk baja YP47: Grade 3Y47.

(IACS UR W17 5.1.2)

Kombinasi fluks-kawat untuk pengelasan dengan satu jalur di setiap sisi (teknik dua-lajur) ditandai dengan simbol tambahan "T". Yang digunakan untuk pengelasan multi-lajur mendapat simbol tambahan "M", dan yang digunakan untuk kedua teknik pengelasan, diberi simbol tambahan "TM". Material induk yang digunakan untuk uji persetujuan harus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.3. Untuk ketercakupan dan pengecualian, lihat A.4.

1.4 Persetujuan pada dasarnya terkait dengan merek (dagang) fluks tertentu bersama dengan merek (dagang) kawat yang diproduksi oleh pabrik pembuat tertentu, atau bersama dengan kawat standar (misalnya sesuai ISO 14171) atau kawat yang diidentifikasi oleh komposisi kimianya dan karakteristik lainnya. BKI harus diberitahu tentang pabrik pembuat dan merek atau penandaan standar dari kawat yang digunakan untuk uji persetujuan.

1.5 Apabila persetujuan diberikan dengan kawat yang terstandarisasi, (merek dagang) jenis fluks yang bersangkutan dapat juga digunakan dengan kawat yang terstandarisasi lainnya dari jenis yang sama (kawat diproduksi oleh pabrik pembuat lain yang telah diperiksa oleh BKI sesuai dengan A.1.2), dengan syarat kawat-kawat ini dimasukkan dalam “Daftar Produk yang Disetujui "(lihat A.1.13) berdasarkan verifikasi awal identitas yang diikuti dengan uji ulang tahunan komposisi kimia dan karakteristik kualitatif lainnya. Pemasaran kawat yang diproduksi oleh pabrik pembuat yang berbeda menggunakan satu penandaan merek yang telah disetujui oleh BKI tidak diizinkan.

1.6 Kombinasi fluks-kawat untuk pengelasan busur rendam. Jika suatu fluks serbuk yang unik dikombinasikan dengan kawat berbeda yang berasal dari beberapa pabrik yang dimiliki perusahaan yang

sama, diperbolehkan untuk melakukan hanya satu seri pengujian jika kawat yang berbeda tersebut sesuai dengan spesifikasi teknis yang sama, setelah mendapat persetujuan dari BKI.

2. Pengujian logam las

2.1 Pengujian deposit logam las diperlukan pada persetujuan yang berkaitan dengan teknik multi-lajur (simbol tambahan M), teknik dua-lajur dan multi-lajur (simbol tambahan TM), atau khusus untuk pengelasan las fillet (ganda). Ketika kombinasi fluks-kawat diajukan untuk disetujui hanya untuk penggunaan teknik dua-lajur, benda uji deposit logam tidak perlu dibuat. Untuk tujuan ini, benda uji logam las seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11 harus dilas pada posisi tangan ke bawah PA (d) menggunakan kawat dengan diameter minimal 4 mm.

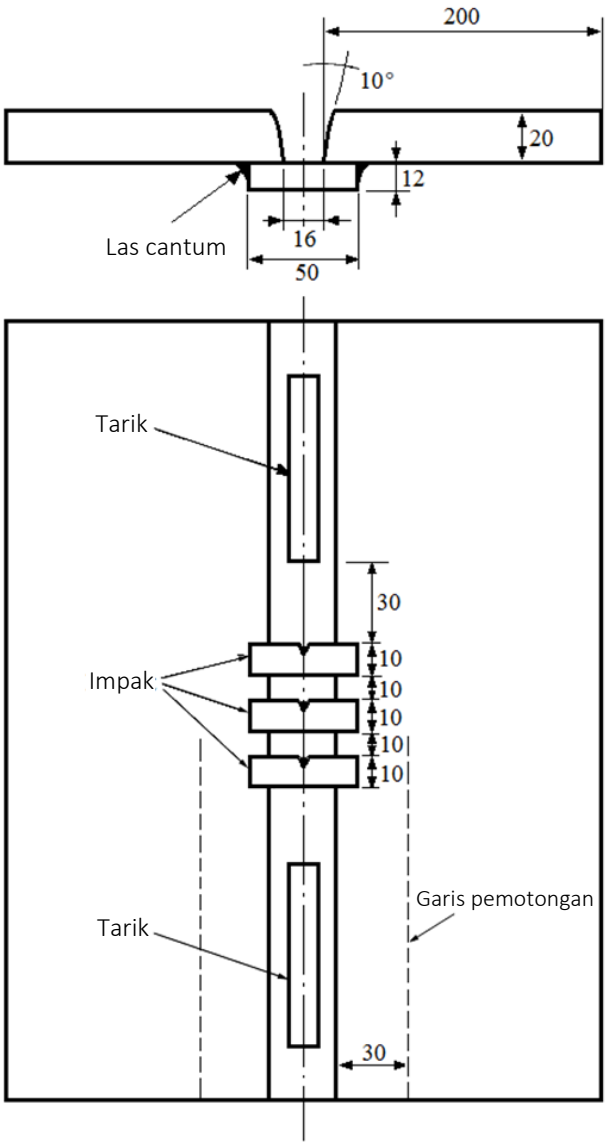
(IACS UR W17 Table 5.a)

Parameter pengelasan harus seperti yang digunakan untuk pengelasan multi-lajur biasa, dan masing-masing lajur harus didepositkan dengan arah selang-seling. Sebelum setiap lajur baru, benda uji harus didinginkan di udara diam hingga temperatur 250°C atau lebih rendah, tetapi tidak boleh dibawah 100°C. Temperatur harus diukur pada permukaan dari bagian tengah las. Ketebalan dari masing-masing lajur setidaknya harus sama dengan diameter kawat las yang digunakan dan tidak boleh kurang dari 4 mm.

2.2 Komposisi kimiawi dari logam las harus ditentukan dan dinyatakan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Hasil analisis tidak boleh melebihi batas nilai yang ditetapkan dalam standar atau oleh pabrik pembuat, toleransi yang sempit berlaku dalam setiap kasus.

2.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, spesimen uji tarik bulat (dua specimen untuk M dan satu specimen untuk TM) sesuai dengan Gambar 5.2 dan tiga spesimen uji impak takik-V ISO sesuai dengan Gambar 5.3 harus disiapkan dari benda uji logam las seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.11. Untuk persiapan dan perlakuan panas dari spesimen uji, lihat B.2.3.

(IACS UR W17 Table 5.a)



Semua dimensi dalam mm kecuali diindikasikan lain

Gambar 5.11 Benda uji logam las untuk pengelasan busur rendam

2.4 Sifat mekanis dari logam las harus memenuhi persyaratan yang ditunjukkan pada Tabel 5.13. Ketentuan pada B.2.4 dan 2.5 berlaku secara sama terhadap pemeliharaan temperatur uji, pelaksanaan uji impak batang bertakik dan pelaksanaan uji ulang.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Pengujian pada sambungan las umumnya dilakukan pada benda uji las butt seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 untuk teknik multi-lajur (simbol tambahan M) dan/atau Gambar 5.13 untuk teknik dua-lajur (simbol tambahan T). Jika permohonan hanya berkaitan dengan persetujuan untuk pengelasan satu lajur pada setiap sisi (T), pengujian deposit logam las sesuai dengan 2. dapat ditiadakan.

Jika persetujuan hendak mencakup kombinasi fluks-kawat yang hanya digunakan untuk las fillet, benda uji las butt harus diganti dengan benda uji las fillet seperti Gambar 5.7 tetapi dengan dimensi yang sesuai untuk las busur rendam. Setelah inspeksi retak permukaan, benda uji harus dipotong dan diuji dengan cara yang sama dengan yang dijelaskan dalam B.3.6 dan B.3.7. BKI juga dapat meminta benda uji las fillet sebagai tambahan terhadap benda uji las butt.

Tabel 5.13 Sifat logam las pengelasan busur rendam yang disyaratkan

Grade mutu	Kekuatan luluh [N/mm²] min.	Kekuatan tarik [N/mm²]	Pemanjangan (pada L_o = 5d) [%] min.	Energi impak [1] [J] min.	Temperatur uji [°C]
1	305	400 – 560	22	34 (24)	20
2					0
3					–20
1Y	375	490 – 660	22	34 (24)	20
2Y					0
3Y					–20
4Y					–40
2Y40	400	510 – 690	22	39 (27)	0
3Y40					–20
4Y40					40
3Y47	460	570 - 720	19	53 (37)	-20

1) Nilai rata-rata dari tiga spesimen; () nilai individu minimum; untuk ini dan pengujian ulang, lihat B.2.4 dan 2.5 dan juga D.2.4.

3.2 Untuk teknik multi-lajur (simbol tambahan M), benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.12 harus dilas pada posisi tangan ke bawah PA(d) dengan mengelas dua buah pelat (tebal 20 – 25 mm), lebar masing-masing tidak boleh kurang dari 150 mm dan panjang yang cukup agar spesimen uji dapat dipotong sesuai dengan jumlah dan ukuran yang ditentukan. Tepi pelat harus disiapkan membentuk sambungan V tunggal, sudut antara permukaan fusi adalah 60° dan permukaan akar adalah 4 mm. Jika kombinasi fluks-kawat juga akan disetujui untuk posisi lain (mis. untuk pengelasan pada posisi horizontal vertikal), benda uji juga harus dilas pada posisi tersebut. Untuk material induk yang harus digunakan, lihat A.7.2, meskipun baja struktural lambung grade A lazimnya harus digunakan untuk persetujuan grade mutu 1 dan 2.

Dua bagian benda uji harus disandingkan dengan kelonggaran yang memadai untuk penyusutan sudut. Las harus dikerjakan dengan teknik multi-lajur menggunakan kawat berdiameter minimal 4 mm dan parameter serta metode yang sama seperti untuk benda uji logam las busur rendam yang dijelaskan pada 2.1. Sebelum jalur belakang didepositkan, akar harus dibuat alur di bagian belakang las, jika memungkinkan dengan pemesinan. Benda uji tidak diberikan perlakuan panas apapun setelah pengelasan.

(IACS UR W17 5.2.3)

3.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, spesimen uji yang harus disiapkan dari benda uji las butt diberikan pada Tabel 5.14 dan ditunjukkan pada Gambar 5.12.

Tabel 5.14 Tabel umum mengenai uji mekanis pada benda uji las butt dengan pengelasan busur rendam untuk persetujuan kawat/fluks

M (teknik multi-lajur)	T (teknik dua-lajur)		TM (teknik dua-lajur dan multi-lajur)		
Benda uji las butt	Benda uji las butt (tebal minimum)	Benda uji las butt (tebal maksimum)	Benda uji las butt		
			Teknik multi-lajur	(Tebal minimum)	(Tebal maksimum)
2 FT 4 TB 3 CV –	2 FT 2 TB 3 CV –	2 FT 2 TB 3 CV 1 RT	2 FT 4 FB 3 CV –	2 FT 2 TB 3 CV –	2 FT 2 TB 3 CV 1 RT

Definisi simbol:
FT : spesimen uji tarik rata sesuai Gambar 5.6
TB : spesimen uji lengkung melintang
CV : Uji impak V-charpy pada sumbu las sesuai Gambar 5.3
RT : Spesimen uji tarik bulat sesuai Gambar .5.2

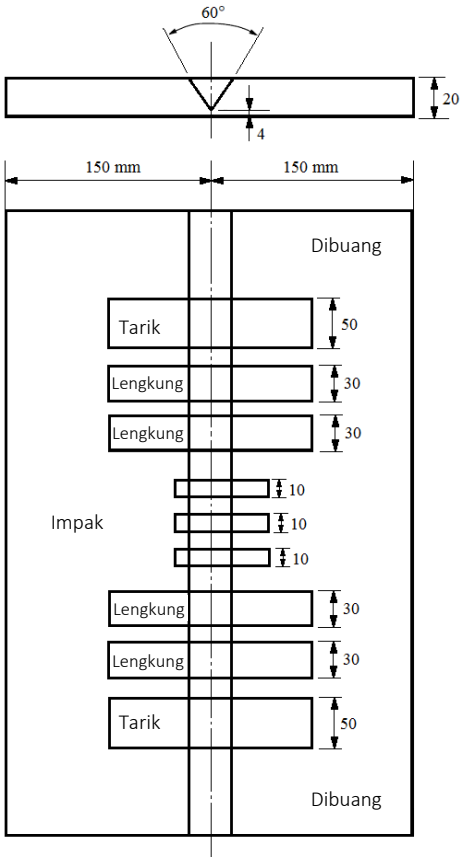
(IACS UR W 17 Table 5a)

3.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Tabel 5.15. Ketentuan pada B.2.4 dan B.2.5 serta B.3.4 berlaku secara analog pada pelaksanaan pengujian, termasuk khususnya pemeliharaan temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik dan informasi tentang spesimen uji ulang.

Tabel 5.15 Sifat-sifat sambungan las busur-rendam yang disyaratkan

Grade mutu	Kekuatan tarik [N/mm²]	Energi impak takik minimum		Rasio uji lengkung (D/t)	Sudut lengkung minimum
		[J] 1)	Temperatur uji [°C]		
1	≥ 400	34 (24)	20	3	120 ° sebelum retak pertama mulai terjadi, pori kecil yang terbuka hingga panjang maksimum 3 mm diperbolehkan
2			0		
3			−20		
1Y	≥ 490	34 (24)	20		
2Y			0		
3Y			−20		
4Y			−40		
2Y40	≥ 510	39 (27)	0		
3Y40			−20		
4Y40			−40		
5Y40			−60		
3Y47	≥ 570	53 (37)	-20	4	

1) Nilai rata-rata dari tiga spesimen; () nilai individu minimum; untuk ini dan pengujian ulang lihat B.2.4 dan 2.5 serta D.3.4 dan 3.7.



Semua dimensi dalam mm kecuali diindikasikan lain

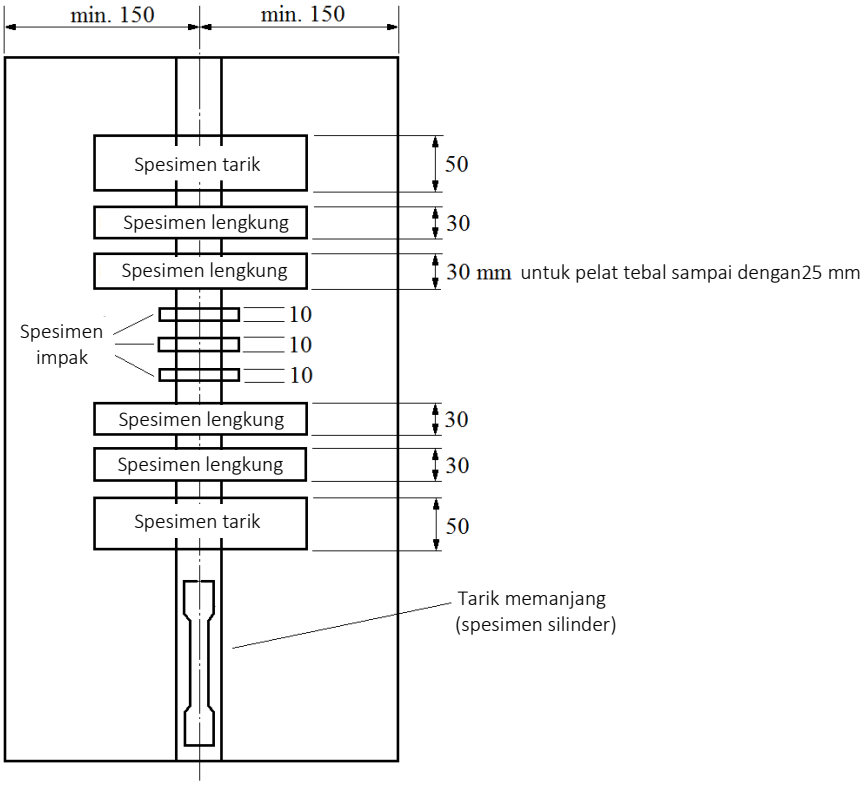
Gambar 5.12 Benda uji las butt multi-lajur untuk pengelasan busur rendam

3.5 Untuk pengelasan satu lajur pada setiap sisi (teknik dua-lajur simbol tambahan T), dua benda uji las butt seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.13 harus dilas pada posisi tangan ke bawah PA (d) menggunakan material induk, ketebalan pelat, bentuk las dan diameter kawat yang ditunjukkan pada Tabel 5.16. Apabila persetujuan diajukan untuk pengelasan baja kekuatan normal dan kekuatan lebih tinggi dua benda uji harus disiapkan menggunakan baja kekuatan lebih tinggi. Komposisi kimia dari material induk yang digunakan harus dinyatakan dalam laporan pengujian.

(IACS UR W17 5.3.1)

Benda uji las butt harus diproduksi dengan mendepositkan satu lajur di setiap sisi. Parameter arus pengelasan dan kecepatan pengumpanan harus sesuai dengan aplikasi yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat. Setelah mendepositkan lajur pertama, fluks dan terak harus dihilangkan dan benda uji dibiarkan dingin hingga 100°C di udara diam. Temperatur harus diukur pada permukaan dari bagian tengah las. Sebelum mendepositkan lajur kedua, akar harus diberi alur jika hal ini ditentukan secara jelas oleh pabrik pembuat untuk penggunaan nanti.

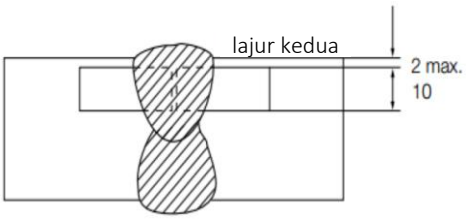
3.6 Setelah inspeksi radiografi yang direkomendasikan, spesimen uji yang ditunjukkan pada Tabel 5.14 dan diperlihatkan di Gambar 5.13 harus disiapkan dari setiap benda uji las butt.



Semua dimensi dalam mm kecuali diindikasikan lain

Gambar 5.13 Benda uji las butt busur-rendam "T" untuk satu lajur di setiap sisi (teknik dua-lajur)

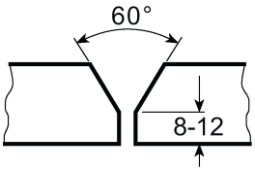
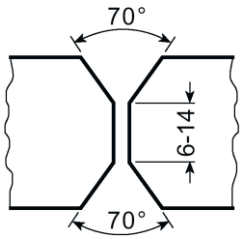
3.7 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.15. Ketentuan pada B.2.4 dan B.2.5 serta B.3.4 berlaku secara analog pada pelaksanaan pengujian, termasuk khususnya pemeliharaan temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik dan informasi tentang spesimen uji ulang.



Semua dimensi dalam mm kecuali diindikasikan lain

Gambar 5.14 Benda uji las butt "T"; lokasi spesimen uji impak batang bertakik

Tabel 5.16 Benda uji las butt busur rendam "T"; material induk, ketebalan pelat, bentuk las dan diameter kawat

Grade mutu	Material induk [1]	Ketebalan benda uji [2] [mm]	Persiapan las yang direkomendasikan [3]	Diameter kawat maksimum [mm]
1 1Y	A A 32, A 36	12 – 15		5
1 1Y	A A 32, A 36	20 – 25		6
2 2Y 2Y40	A, B, D A 32, A 36, D 32, D 36 A 40, D 40			
3 3Y 3Y40	A, B, D, E A 32 sampai E 36 A 40, sampai E 40			
4Y 4Y40 5Y40 3Y47	A 32 sampai F 36 A 40 sampai F 40 A 40 sampai F 40 YP47			
2 2Y 2Y40	A, B, D A 32, A 36, D 32, D 36 A 40, D 40	30 – 35		7
3 3Y 3Y40	A, B, D, E A 32 sampai E 36 A 40 sampai E 40			
4Y 4Y40 5Y40 3Y47	A 32 sampai F 36 A 40 sampai F 40 A 40 sampai F 40 YP47			

[1] A32, D32, E32, F32 hanya dengan kekuatan tarik minimal 490 N/mm^2.

[2] Untuk persetujuan dengan grade mutu 1 dan 1Y : t = 12 - 15 dan 20 - 25 mm.

Untuk persetujuan dengan grade mutu 2 hingga 5Y40 : t = 20 - 25 dan 30 - 35 mm.

Batasan persetujuan untuk rentang ketebalan bawah dan menengah (hingga maksimum ketebalan pelat yang dilas) dapat disetujui, dan benda uji harus dilas dari pelat dengan ketebalan t = 12 - 15 mm dan 20 - 25 mm terlepas apa pun grade mutunya.

[3] Penyimpangan minor dalam persiapan las dapat diterima. Celah akar tidak boleh lebih dari 1 mm.

(IACS UR W17 5.3.2)

4. Pengujian hidrogen

4.1 Apabila uji hidrogen ditetapkan untuk kombinasi fluks-kawat (atau untuk komponen fluks), pengujian ini harus dilakukan dengan cara sama dengan B.4, meskipun dengan dimensi spesimen yang diubah dan alat penjepit sesuai dengan ISO 3690-2.

4.2 Sebagai alternatif, uji hidrogen dapat, untuk sementara waktu, tetap dilakukan menurut metode gliserin yang dijelaskan dalam B.4.3. Namun, dimensi spesimen dan alat penjepit harus sesuai dengan ISO 3690-2.

5. Pengujian ulang tahunan

5.1 Untuk teknik multi-lajur (M), pengujian ulang tahunan harus mencakup pengujian deposit logam las sesuai dengan 2. (benda uji logam las busur rendam seperti ditunjukkan pada Gambar 5.11). Namun, hanya satu spesimen uji tarik bulat dan tiga spesimen uji impak batang bertakik yang perlu diuji pada kesempatan ini.

5.2 Untuk teknik dua-lajur (T), sebuah benda uji las butt T seperti ditunjukkan pada Gambar 5.13 dengan ketebalan pelat 20-25 mm harus disiapkan dan diuji sesuai dengan 3.6 dan 3.7. Namun, hanya satu spesimen uji tarik bulat, satu spesimen uji tarik rata, dua spesimen uji lengkung melintang dan tiga spesimen uji impak batang bertakik yang perlu diuji pada kesempatan ini.

(IACS UR W17 6.5.1)

5.3 Untuk teknik dua-lajur dan multi-lajur (TM), benda uji logam las yang ditentukan dalam 5.1 dan benda uji las butt T sesuai dengan 5.2 harus dilas dan diuji. Namun, spesimen uji tarik bulat yang disebutkan dalam 5.2 dapat ditiadakan.

5.4 Kombinasi fluks-kawat yang digunakan khusus untuk pengelasan fillet (lihat 2.1 dan 3.1) harus diuji ulang sesuai dengan 5.1.

5.5 Untuk teknik tandem dan multi-kawat dan untuk pengelasan satu sisi menggunakan panahan (fluks), pengujian ulang tahunan yang serupa dengan yang ditentukan di atas harus dilakukan dengan metode pengelasan yang bersangkutan (lihat 1.1 dan A.3.7).

5.6 Jika kombinasi fluks-kawat disetujui baik untuk pengelasan baja kekuatan normal maupun baja kekuatan lebih tinggi, baja yang terakhir harus digunakan untuk persiapan benda uji las butt yang dipersyaratkan oleh 5.2.

5.7 Dalam kasus khusus, BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Pengelasan Elektrogas dan Elektroslag Baja Struktural Lambung

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk kombinasi gas-kawat, kawat berinti-fluks atau berlapis-fluks dan kombinasi fluks-kawat untuk pengelasan elektrogas (EG) dan elektroslag (ES) sepenuhnya mekanis (dalam posisi vertikal ke atas) dari baja struktural lambung, baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai dan baja struktural yang setara. Apabila digunakan elektroda nosel habis pakai, ini harus dimasukkan dalam pengujian.

1.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu yang disebutkan dalam 1.1 dan digunakan untuk baja struktural lambung kekuatan normal disetujui menurut grade mutu 1V, 2V dan 3V tergantung pada nilai energi impak takik yang dicapai selama uji persetujuan. Grade mutu 1YV, 2YV, 3YV, dan 4YV atau, jika berlaku, 2Y40V, 3Y40V, 4Y40V dan 5Y40V diberikan kepada bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan untuk baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi. Grade mutu 3Y47V diberikan untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan untuk baja YP47. Untuk ketercakupan dan pengecualian, lihat A.4.

2. Pengujian sambungan las

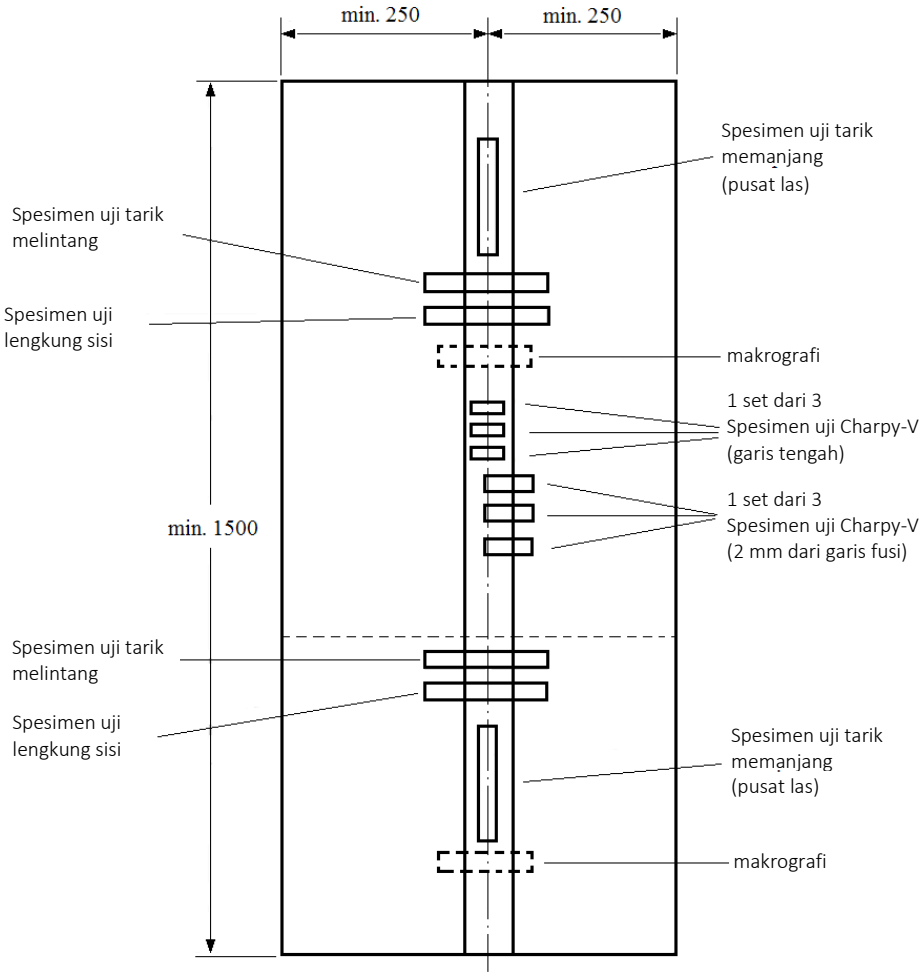
2.1 Pengujian bahan habis pengelasan dan material bantu yang tercakup oleh 1.1 dan digunakan untuk pengelasan elektrogas dan elektroslag dilakukan secara eksklusif pada sambungan las dengan cara

yang sama dengan yang ditentukan dalam D.3.5 - D.3.7 untuk kombinasi fluks kawat, menggunakan benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.15.

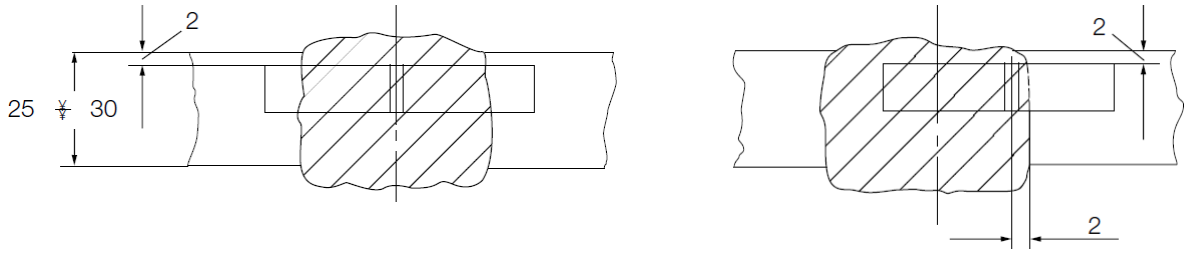
2.2 Benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.15 harus dilas dengan cara yang sama dengan Tabel 5.15 menggunakan material induk dengan komposisi yang diketahui (harus dicatat) dan dua ketebalan pelat, satu di antaranya dengan pelat tebal 20 - 25 mm, yang lain dengan pelat tebal 35 - 40 mm atau lebih. Persiapan las, diameter kawat dan parameter pengelasan harus sesuai dengan rekomendasi pabrik pembuat untuk praktik selanjutnya dan harus direkam. Panjang benda uji harus disesuaikan dengan peralatan pengelasan yang digunakan dan, jika sesuai, dengan panjang elektroda nosel.

2.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, spesimen berikut harus diambil dari setiap benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.15: dua spesimen uji tarik rata sesuai Gambar 5.5, dua spesimen uji lengkung sisi (lebar spesimen 10 mm), dua spesimen uji tarik bulat sesuai Gambar 5.2, tiga spesimen uji impak batang bertakik (spesimen uji impak takik-V ISO sesuai Gambar 5.3) masing-masing dari tengah dan sisi logam las, dan dua spesimen makro grafik. Ketika pemerkuat las telah diratakan, tepi dari spesimen uji lengkung sisi dapat dibundarkan pada bagian yang mengalami tegangan hingga radius tidak lebih dari 1 mm. Lokasi spesimen uji impak batang bertakik harus sesuai dengan Gambar 5.16. Ketentuan B.2.3 dan B.3.3 berlaku dengan cara yang sama.

2.4 Sifat mekanik sambungan las harus memenuhi persyaratan yang ditunjukkan dalam Tabel 5.14. Ketentuan B.2.4 dan 2.5 serta B.3.4 berlaku secara analog pada pelaksanaan pengujian, termasuk khususnya pemeliharaan temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik dan pelaksanaan pengujian ulang.



Gambar 5.15 Benda uji untuk pengelasan elektrogas dan elektroslag



Takik di bagian tengah las

Takik 2 mm dari garis fusi (sisi logam las)

Gambar 5.16 Lokasi spesimen uji impak batang bertakik

3. Pengujian ulang tahunan

3.1 Untuk pengujian ulang tahunan bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicakup oleh 1.1, benda uji las butt seperti ditunjukkan pada Gambar 5.15 dengan ketebalan pelat sedang (20 - 25 mm kecuali ditentukan lain) harus dilas sesuai dengan 2.2.

3.2 Satu spesimen uji tarik bulat, dua spesimen uji lengkung sisi dan tiga spesimen uji impak batang bertakik dari bagian tengah logam las sesuai dengan 2.3 dan Gambar 5.16 harus diambil dari benda uji yang ditentukan dalam 3.1.

3.3 Untuk pelaksanaan pengujian dan persyaratan yang harus dipenuhi, lihat 2.4, B.2.4, 2.5 dan B.3.4.

3.4 Dalam kasus khusus, BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

F. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Struktural Kekuatan Tinggi

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja struktural berbutir halus kekuatan-tinggi dengan tingkat kekuatan luluh dari 420 hingga 960 N/mm^2 dan grade impak A, D, E dan F, kecuali grade impak F tidak berlaku untuk kekuatan luluh 890 N/mm^2 dan 960 N/mm^2. Untuk baja struktural berbutir halus dengan kekuatan luluh minimum hingga 390 N/mm^2, bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja struktural lambung yang sesuai dapat digunakan (misalnya grade mutu 3Y40 atau 4Y40).

Catatan:

Komposisi kimia dari bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja struktural berbutir halus kekuatan-tinggi diperlukan untuk memperoleh logam las dengan sifat mekanis yang memadai sering juga menghasilkan sifat temperatur rendah yang baik. Melihat fakta ini dan juga mengingat peningkatan ketahanan terhadap patah getas diinginkan ketika mengelas baja ini, bahan habis pengelasan dan material bantu yang disebutkan dalam 1.1 umumnya disetujui hanya dengan grade mutu 3 atau lebih tinggi. Persetujuan tersebut biasanya juga merupakan bukti kecocokan untuk aplikasi suhu rendah hingga suhu layanan minimum (temperatur desain) 5°C di atas temperatur pengujian masing-masing. Lihat juga G.

1.2 Dengan cara yang sama dengan yang diterapkan pada baja struktural lambung, bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicakup oleh 1.1 disetujui sesuai grade mutu 3 - 5 dengan simbol tambahan Y dan nomor kode yang ditambahkan yang menunjukkan kekuatan luluh minimum logam las. Material induk masing-masing akan diklasifikasikan dengan cara yang sama dengan yang diterapkan pada baja struktural lambung (lihat Bab 12, Tabel 12.1) yang tergantung pada sifat kekuatan dan ketangguhan

tertentu yang dimaksud. Untuk simbol tambahan lainnya, lihat A.4.1; untuk ketercakupan dan pengecualian, lihat A.4.2.

1.3 Setiap grade mutu yang lebih tinggi mencakup satu (atau banyak) grade dibawahnya. Baja grade A... dan D... sesuai Rules for Materials (Pt.1 Vol.V) Sec.4 harus dilas menggunakan bahan habis pengelasan minimal grade mutu 3, baja grade E... menggunakan minimal grade mutu 4 dan baja grade F... menggunakan minimal grade mutu 5, lihat tabel berikut:

Grade bahan habis pengelasan	Grade baja yang dicakup
3Y...	D.... dan A...
4Y...	E..., D... dan A...
5Y...	F..., E..., D... dan A...

Bahan habis pengelasan yang disetujui dengan grade ...Y42, ...Y46 dan ...Y50 juga dianggap cocok untuk mengelas baja dengan kekuatan 2 tingkat dibawah kekuatan dimana bahan habis pengelasan tersebut disetujui. Bahan habis pengelasan yang disetujui dengan grade ...Y55, ...Y62 dan ...Y69 juga dianggap cocok untuk mengelas baja dengan kekuatan 1 tingkat dibawah kekuatan dimana bahan habis pengelasan tersebut disetujui.

1.4 Bahan habis pengelasan dengan grade Y89 dianggap hanya cocok untuk mengelas baja dengan tingkat kekuatan yang sama. Bahan habis pengelasan dengan grade Y96 juga dianggap cocok untuk mengelas baja dengan kekuatan 1 tingkat dibawah kekuatan dimana bahan habis pengelasan tersebut disetujui.

1.5 Untuk grade Y89 dan Y96, apabila persyaratan desain mengizinkan sambungan las yang tidak sesuai, maka bahan habis pengelasan dalam lingkup aturan ini dapat dipertimbangkan berdasarkan kebijaksanaan BKI dan rekomendasi pabrik pembuat.

(IACS UR W23 1.2.4)

2. Pengujian logam las

2.1 Untuk pengujian deposit logam las, benda uji yang sama dengan yang disebut dalam B.2.1, C.2.1 atau D.2.1 harus disiapkan, tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan). Logam induk yang digunakan harus baja struktural berbutir halus yang kompatibel dengan sifat-sifat logam las - atau dinding dari las harus disangga dengan logam las dengan komposisi yang sama.

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan dan dinyatakan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Hasil analisis tidak boleh melebihi nilai batas yang ditentukan dalam standar atau oleh pabrik pembuat, toleransi yang lebih sempit berlaku di setiap kasus.

2.3 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), spesimen uji yang ditentukan dalam B.2.3, C.2.3 atau D.2.3 harus diambil dari benda uji logam las dengan cara yang sama.

2.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.16 dan 5.17. Ketentuan B.2.4, C.2.4 dan D.2.4 berlaku dengan cara yang sama terhadap pelaksanaan pengujian, termasuk khususnya pemeliharaan temperatur uji dalam uji impak batang bertakik dan pelaksanaan pengujian ulang.

Tabel 5.16 Sifat-sifat logam las yang disyaratkan, grade mutu dan temperatur uji

Grade mutu	Temperatur uji [°C]	Energi impak takik [J] [1] min.
3	– 20	[2]
4	– 40	[2]
5	– 60	[2]

[1] Spesimen Charpy-takik-V sesuai dengan ISO 148, nilai rata-rata dari tiga spesimen; ( ) nilai individu minimum; untuk pengujian ulang, lihat B.2.5.

[2] Lihat Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Sifat-sifat logam las yang disyaratkan

Simbol tambahan pada grade mutu	Kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2 % [N/mm²] min.	Kekuatan tarik [1] [N/mm²]	Pemanjangan A [%] min.	Energi impak takik [2] [J] min.
Y42	420	530 – 680	20	47 (33)
Y46	460	570 – 720	20	47 (33)
Y50	500	610 – 770	18	50 (35)
Y55	550	670 – 830	18	55 (38)
Y62	620	720 – 890	18	62 (43)
Y69	690	770 – 940	17	69 (48)
Y89	890	940 – 1100	14	69 (48) [3]
Y96	960	980 – 1150	13	69 (48) [3]

[1] Kekuatan tarik logam las boleh 10% di bawah kekuatan tarik minimum material induk sesuai dengan simbol tambahannya, dengan syarat hasil yang diperoleh spesimen tarik melintang yang diambil dari sambungan las memenuhi persyaratan kekuatan tarik minimum yang dinyatakan dalam Tabel 5.18. Pemanjangan harus dinyatakan dalam laporan pengujian.

Catatan:

Untuk pengelasan ketebalan pelat yang sangat besar dimana "efek pendukung" dari material induk di kedua sisi lasan tidak lagi berlaku dan kekuatan tarik logam las juga menentukan kekuatan tarik sambungan las, maka mungkin diperlukan, ketika menerapkan catatan kaki 1), untuk memilih bahan habis pengelasan dan material bantu dari kategori kekuatan yang lebih tinggi berikutnya (simbol tambahan yang lebih tinggi berikutnya).

[2] Nilai rata-rata dari tiga spesimen; untuk nilai individu minimum () dan pengujian ulang lihat B.2.5.

[3] Grade mutu 5 tidak berlaku untuk bahan habis pengelasan grade Y89 dan Y96.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), pengujian sambungan las harus dilakukan pada benda uji las butt dengan cara yang sama dengan B.3.1, C.3.1 atau D.3.1.

Catatan:

Dalam pengujian sambungan las yang dibuat dengan kombinasi fluks-kawat untuk las busur rendam, karena umumnya diperlukan pembatasan pada masukan termal (masukan panas per satuan panjang lasan) maka harus diasumsikan bahwa pengelasan multi-lajur merupakan satu-satunya metode yang sesuai. Akibatnya 3.1 hanya mengacu pada benda uji las butt tipe M untuk pengelasan multi-lajur sesuai dengan D.3.1. Apabila dalam kasus luar biasa persetujuan juga diminta untuk pengelasan dua-lajur (T, dengan satu lajur pada setiap sisi), maka benda uji las butt tipe-"T" harus dilas untuk tujuan ini sesuai dengan D.3.5 dan diuji dengan cara yang serupa dengan yang ditentukan dalam D.3.6 dan D.3.7. Untuk alasan yang sama, tidak ada ketentuan yang dibuat di bawah ini untuk benda uji las fillet.

3.2 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), benda uji las butt yang disebut dalam 3.1 harus dilas dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.2, C.3.2 atau D.3.2. Logam induk yang digunakan haruslah baja struktural kekuatan tinggi berbutir halus dengan kekuatan luluh minimum dan kekuatan tarik yang sesuai dan kompatibel dengan simbol tambahan yang diajukan dalam permohonan (lihat Tabel 5.17).

3.3 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), spesimen uji yang diuraikan dalam B.3.3, C.3.3 dan D.3.3 harus diambil dari benda uji las butt.

3.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.18. Ketentuan B.3.4, C.3.4 dan D.3.4 berlaku sama terhadap pelaksanaan pengujian, termasuk khususnya pemeliharaan temperatur uji dalam uji impak batang bertakik dan persyaratan mengenai spesimen uji ulang.

4. Pengujian hidrogen

4.1 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi dengan tingkat kekuatan luluh dari 420 hingga 690 N/mm^2 harus – memperhatikan ketentuan dalam C.4.1 – dikenakan pengujian hidrogen dalam setiap kasus sesuai dengan metode merkuri menurut ISO 3690.

4.2 Untuk grade mutu atau simbol tambahan Y42 hingga Y50, kandungan hidrogen yang terdifusi dalam logam las yang ditentukan sesuai dengan ketentuan B.4.2 tidak boleh melebihi nilai 10 cm^3/100 g logam las (dikaitkan dengan jumlah deposit logam), yang ditentukan dalam Tabel 5.7 sebagai batas maksimum untuk simbol tambahan H10. Untuk grade mutu atau simbol tambahan Y55 hingga Y69, nilai maksimum 5 cm^3/100 g logam las yang ditentukan untuk simbol tambahan H5 tidak boleh dilampaui.

5. Pengujian ulang tahunan

5.1 Pengujian ulang tahunan yang ditentukan dalam A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji logam las sebagaimana ditentukan di 2. Jika dasar yang digunakan untuk pengujian ini adalah kekuatan tarik logam las yang direduksi sebagaimana ditentukan dalam catatan kaki [1)] pada Tabel 5.17, atau jika kekuatan tarik yang ditentukan tidak tercapai, maka dua spesimen tarik melintang yang diambil dari sambungan las (hanya pada posisi tangan ke bawah) juga harus diuji dan harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 5.17.

5.2 Untuk grade Y69 hingga Y96 pengujian hidrogen tahunan disyaratkan.

5.3 Dalam kasus-kasus khusus, BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

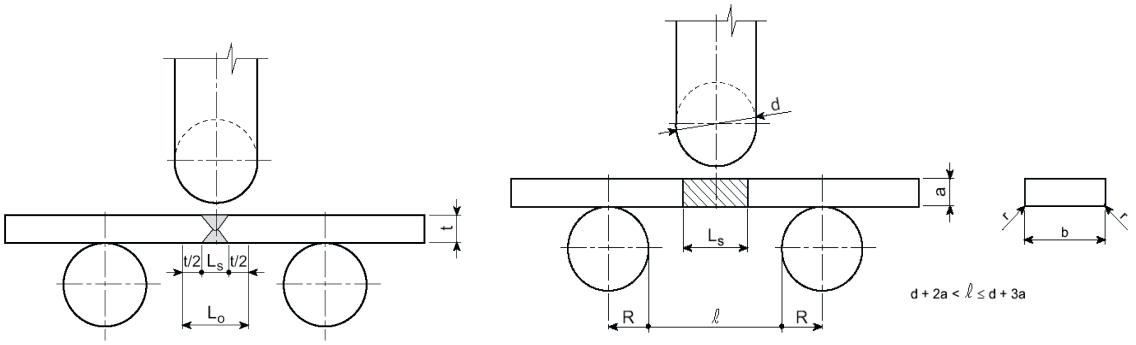
Tabel 5.18 Sifat sambungan las yang disyaratkan

Grade mutu	Simbol tambahan	Kekuatan tarik minimum [N/mm^2]	Energi impak takik minimum, suhu uji	Sudut lengkung minimum[1)]	Diameter mandrel (t = ketebalan spesimen)
3 sampai 5 sesuai dengan Tabel 5.16	Y42 Y46 Y50 Y55 Y62 Y69 Y89 Y96	520 540 590 640 700 770 940 980	Tergantung pada grade mutu dan simbol tambahan sesuai dengan Tabel 5.17	120° atau asalkan pemanjangan lengkung tercapai[2)]	4 t 4 t 4 t 5 t 5 t 5 t 6 t 7 t

Tabel 5.18 Sifat sambungan las yang disyaratkan *(lanjutan)*

1) Sudut lengkung dicapai sebelum retakan awal terjadi, pori kecil terbuka dengan panjang maksimum 3 mm diizinkan.

2) Jika sudut lengkung yang ditentukan 120° tidak tercapai, persyaratan masih akan dianggap telah terpenuhi asalkan pemanjangan lengkung dicapai dengan panjang ukur $L_0 = L_s + t$ (L_s = lebar las, t = a = ketebalan spesimen, lihat gambar dibawah ini) sebelum retakan awal terjadi memenuhi persyaratan pemanjangan yang diberikan pada Tabel 5.17.



G. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja tangguh pada suhu di bawah nol sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V), yang mengatur mengenai fabrikasi bejana, pipa, dll. untuk gas cair.

Catatan:

Menurut Rules for Materials (Pt.1, Vol. V), baja tangguh pada suhu dibawah titik beku yang digunakan dalam pembangunan kapal terbagi dalam tiga kategori: baja karbon-mangan paduan rendah, baja paduan nikel dan baja austenitik. Oleh karena itu, paragrap berikut berkaitan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk ketiga kategori material ini. Produk sejenis lainnya harus diperlakukan sama, untuk paduan aluminium lihat J.

1.2 Tergantung pada jenis dan sifatnya (jenis paduan), bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja tangguh pada temperatur di bawah nol diklasifikasikan dan disetujui dengan cara yang sama seperti untuk baja struktural kekuatan tinggi sesuai dengan F. atau seperti untuk baja tahan karat (austenitik) atau, jika berlaku, baja paduan nikel tangguh pada temperatur di bawah nol sesuai dengan I. Tidak ada indikasi khusus diberikan mengenai kesesuaian untuk penggunaan pada temperatur rendah (kecuali dengan grade mutu sesuai dengan F.); kesesuaian individu untuk penggunaan pada temperatur rendah (temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik dan bukti energi impak takik) ditunjukkan dalam sertifikat persetujuan. Secara umum, temperatur servis (desain) minimum adalah 5°C di atas temperatur uji ini.

2. Pengujian logam las

2.1 Pengujian logam las harus dilakukan sesuai dengan jenis bahan habis pengelasan dan material bantu, seperti yang dijelaskan dalam F. dan I. Kecuali ditentukan lain dalam kasus tertentu, temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik yang dinyatakan dalam ketentuan diatas harus diganti dengan temperatur uji yang ditunjukkan pada Tabel 5.19.

2.2 Persyaratan yang berlaku untuk kekuatan dan pemanjangan logam las ditentukan oleh persyaratan yang berlaku untuk material induk; lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec.4, F., Sec.5, D.,

Sec.6, F. dan Sec.7, E. Jika material induk tertentu dilas dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang berbeda dengan nilai kekuatan yang lebih rendah dari material induk (misalnya dalam pengelasan baja nikel 9%), maka nilai kekuatan yang digunakan dalam perhitungan desain komponen yang harus diterapkan. Kecuali ditentukan lain, nilai energi impak takik minimum pada temperatur uji yang ditunjukkan pada Tabel 5.19 adalah 47 J (nilai rata-rata) dan 39 J (nilai individu terendah).

Tabel 5.19 Temperatur desain minimum dan temperatur uji untuk uji impak batang bertakik

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk:	Referensi Peraturan dan Standar yang berkaitan dengan material	Temperatur desain minimum [°C]	Temperatur uji untuk uji impak batang bertakik [°C]
Baja struktural berbutir halus untuk amonia cair bertekanan	sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec.4, Table 4.16	0	– 20
Baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi (QT) dengan kekuatan luluh nominal 420 hingga 690 N/mm^2	sesuai dengan spesifikasi pabrik pembuat dan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec.4, F. Table 4.17	0	– 20
Baja struktural berbutir halus lainnya dengan kekuatan luluh nominal hingga 355 N/mm^2	misalnya EN 10028 Part 3	– 45 [1]	5°C dibawah temperatur desain minimum, tetapi tidak diatas – 20°C
Baja nikel dengan: 0,5 % nikel 1,5 % nikel 3,5 % nikel 5 % nikel 9 % nikel	baja sesuai dengan EN 10028 Part 4: 11MnNi5-3, 13MnNi6-3 15NiMn6 12Ni14 X12Ni5 X8Ni9, X7Ni9	 – 55 – 66 [2] – 90 [2] – 105 [2], [3] – 165	 – 60 – 65 [2] – 95 [2] – 110 [2] (– 196) [3] – 196
Baja austenitik	misalnya sesuai EN 10028-7 (AISI) X2CrNi19-11 / 1.4306 (304L) X2CrNiMo17-13-2 / 1.4404 (316L) X6CrNiTi18-10 / 1.4541 (321) X6CrNiNb18-10 / 1.4550 (347)	– 165	– 196

[1] BKI dapat menyetujui temperatur desain yang lebih rendah (hingga maksimum – 55°C) asalkan sifat yang sama dibuktikan dalam uji persetujuan.

[2] Temperatur desain yang lebih rendah dapat disetujui untuk baja QT dengan kandungan nikel 1,5%, 3,5% dan 5%; dalam hal ini BKI akan menentukan temperatur pengujian.

[3] Baja dengan kandungan nikel 5% dapat disetujui untuk temperatur desain minimum – 165°C berdasarkan ketentuan yang ditetapkan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4.F. Table 4.17, catatan kaki [2]; temperatur uji – 196°C.

3. Pengujian sambungan las

Pengujian sambungan las harus dilakukan sesuai dengan sifat bahan habis pengelasan dan material bantu seperti yang dijelaskan dalam F. dan I. Dalam hal bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja paduan nikel, sambungan las harus dibuat dengan material induk yang telah dimintakan persetujuannya. Dalam hal produk tersebut untuk baja karbon-mangan (paduan rendah) dan baja austenitik, material induk dari komposisi yang serupa dapat digunakan. Dalam semua hal lainnya, 2.1 dan 2.2 berlaku dengan cara yang sama.

4. Pengujian hidrogen

Jika uji hidrogen ditentukan untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang dimaksud (misal sesuai dengan F.4), maka dalam hal ini pengujian tersebut harus dilakukan juga. Persyaratan yang ditentukan untuk setiap kasus individu berlaku.

5. Pengujian ulang tahunan

Pengujian ulang tahunan yang ditetapkan dalam A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji logam las seperti yang ditentukan pada 2. BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

H. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Baja Temperatur Tinggi

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja temperatur tinggi sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) yang mengatur mengenai fabrikasi ketel uap, bejana tekan, saluran pipa, dll. dengan temperatur operasi tinggi.

Catatan:

Berdasarkan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V), ketentuan ini pada dasarnya berlaku untuk baja karbon-mangan P235GH (HI), P265GH (H II), P295GH (17Mn4), P355GH (19Mn6), baja paduan molibdenum 16Mo3 (15Mo3) dan baja paduan kromium-molibdenum 13CrMo4-5 (13CrMo4-4) dan 10CrMo9-10 (10CrMoI-10) dan 12CrMo9-10 sesuai dengan EN 10028 Part 2. Oleh karena itu, paragraf berikut berkaitan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja ini. Produk-produk lain yang sejenis tercakup jika mereka dapat diklasifikasikan diantara material yang juga dicakup oleh persetujuan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.20. Bahan habis pengelasan dan material bantu lainnya untuk baja temperatur tinggi lainnya harus diperlakukan dengan cara yang sama.

1.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja temperatur tinggi diklasifikasikan ke dalam grade mutu yang ditunjukkan pada Tabel 5.20 sesuai dengan komposisi kimianya (jenis paduan) dan karakteristik (kekuatan) mekanik dan disetujui sesuai dengan grade ini. Pengujian dan persetujuan baja di kolom kiri Tabel 5.20 mencakup baja di kolom kanan. Sifat kekuatan temperatur tinggi yang berbeda harus diperhatikan. Tabel tersebut berlaku dengan cara yang sama pada baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai.

1.3 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk komponen yang akan dikenakan perlakuan panas pasca las harus diuji dan disetujui secara terpisah untuk kondisi yang tidak diberi perlakuan dan untuk setiap kondisi yang diberi perlakuan panas. Secara umum, kondisi yang relevan adalah:

U = tidak diberi perlakuan (kondisi setelah dilas) dan

S = anil untuk membebaskan tegangan

Dalam kasus khusus, normalisasi (N) atau quench dan temper (V) mungkin diperlukan. Temperatur dan waktu anil harus temperatur dan waktu yang berlaku untuk perlakuan panas berikutnya dari komponen sesuai dengan standar, lembaran data material dll. Kecuali jika data yang lebih tepat diberikan dalam dokumen ini, temperatur dan waktu anil yang ditentukan dalam Bab 9, Tabel 9.2 dapat digunakan.

2. Pengujian logam las

2.1 Pengujian logam las harus dilakukan sesuai dengan sifat bahan habis pengelasan atau material bantu (dan, jika berlaku, sesuai dengan proses pengelasan) menggunakan benda uji dan spesimen yang

sama dengan ketentuan B.2, C.2 atau D.2. Selain itu, untuk menentukan tegangan uji 0,2% pada temperatur pemakaian maksimum dan pada temperatur kedua yang lebih rendah sesuai 2.3 dua tambahan spesimen uji tarik bulat harus diambil dari masing-masing benda uji dan diuji. Untuk keperluan ini, benda uji harus dibuat lebih besar.

Tabel 5.20 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja temperatur tinggi

Grade mutu	Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan baja[1] :		Baja yang juga tercakup oleh persetujuan[2] :	
	Penandaan	No. material :	Penandaan [1]	No. material :
235GH	P235GH	1.0345	-	-
265GH	P265GH	1.0425	P235GH	1.0345
295GH	P295GH	1.0481	P235GH P265GH	1.0345 1.0425
355GH	P355GH	1.0473	P235GH P265GH P295GH	1.0345 1.0425 1.0481
16Mo3	16Mo3	1.5415	P235GH P265GH P295GH P355GH	1.0345 1.0425 1.0481 1.0473
13CrMo4-5	13CrMo4-5	1.7335	16Mo3	1.5415
10CrMo9-10	10CrMo9-10	1.7380	16Mo3 13CrMo4-5	1.5415 1.7335
12CrMo9-10	11CrMo9-10	1.7383	16Mo3 13CrMo4-5 10CrMo9-10	1.5415 1.7335 1.7380

1) Grade baja sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) atau sesuai dengan EN 10028.

2) Grade baja sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) atau sesuai dengan EN 10028 serta grade lain dari baja tempa dan cor.

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan dan disahkan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Hasil analisis tidak boleh melebihi nilai batas yang ditetapkan dalam standard (misal ISO 3580, ISO 21952 atau ISO 17634) atau oleh pabrik pembuat, toleransi yang sempit berlaku di setiap kasus.

2.3 Sebagai persyaratan minimum, spesimen uji yang ditentukan dalam B.2.3, C.2.3 atau D.2.3 harus diambil dari benda uji logam las dan diuji pada temperatur kamar. Selain itu, untuk menentukan kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2% pada temperatur pemakaian tertinggi dan pada temperatur uji kedua 100°C lebih rendah sesuai dengan Tabel 5.22, dua tambahan spesimen uji tarik bulat harus diambil dari benda uji dan diuji.

BKI dapat mensyaratkan spesimen tambahan diambil dan pengujian yang harus dilakukan, mis. penentuan tegangan uij 1,0%, pengujian mulur, pengujian impak batang bertakik pada spesimen yang mengalami perlakuan penuaan atau uji perapuhan.

2.4 Sifat mekanis pada temperatur kamar harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Tabel 5.21, sedangkan tegangan uji 0,2% pada temperatur tinggi harus sesuai dengan Tabel 5.22. Jika tambahan pengujian diminta oleh BKI, persyaratan akan ditetapkan secara terpisah berdasarkan kasus per kasus. Ketentuan A.7.6, B.2.4, C.2.4 dan D.2.4 berlaku dengan cara yang sama pada pelaksanaan pengujian dan setiap pengujian ulang yang mungkin disyaratkan.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan pada proses pengelasan yang terkait), pengujian sambungan las harus dilakukan pada benda uji las butt dengan cara yang sama dengan ketentuan B.3, C.3, D.3 atau E.2.

3.2 Benda uji las butt harus disiapkan dengan cara yang sama dengan prosedur yang dijelaskan dalam B.3.2, C.3.2, D.3.2 atau E.2.2, dengan mempertimbangkan Tabel 5.21. Jika memungkinkan, material induk harus berupa baja temperatur tinggi yang sesuai dengan grade mutu yang dimaksud.

3.3 Tergantung pada proses pengelasan, spesimen uji yang diuraikan dalam B.3.3, C.3.3, D.3.3 atau E.2.3 harus diambil dari benda uji las butt, kecuali ditentukan lain.

3.4 Karakteristik mekanis sambungan las harus memenuhi persyaratan untuk logam las yang dinyatakan dalam Tabel 5.21, kecuali dalam hal kekuatan luluh. Ketentuan A.7.6, B.3.4, C.3.4, D.3.4 dan E.2.4 berlaku dengan cara yang sama pada pelaksanaan pengujian dan uji ulang yang mungkin diperlukan.

Tabel 5.21 Sifat logam las yang disyaratkan pada temperatur kamar (+20 °C)

Grade mutu	Kekuatan luluh R_{eL} [1] atau tegangan uji 0,2% $R_{p0,2}$ [N/mm²] min.	Kekuatan tarik R_m [N/mm²] min.	Pemanjangan A [%] min.	Energi impak takik[2] [J] min.
235GH	285	480	22	47 (33)
265GH				
295GH	360	520	22	
355GH				
16Mo3	355	510	22	
13CrMo4-5	355	510	20	
10CrMo9-10	400	520	18	
12CrMo9-10				

[1] Kekuatan luluh bawah (R_{eL}) berlaku. Jika kekuatan luluh tidak ditetapkan dengan jelas, maka tegangan uji 0,2% ($R_{p0,2}$) harus digunakan.

[2] Nilai rata-rata dari tiga spesimen; untuk nilai individual minimum () dan pengujian ulang, lihat B.2.5.

Tabel 5.22 Kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2% pada temperatur tinggi

Grade mutu	Kekuatan luluh minimum atau tegangan uji 0,2% [1] pada temperatur °C									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	[N/mm²]									
235GH	206	190	180	170	150	130	120	110	-	-
265GH	234	215	205	195	175	155	140	130	-	-
295GH	272	250	235	225	205	185	170	155	-	-
355GH	318	290	270	255	235	215	200	180	-	-
16Mo3	-	-	-	215	200	170	160	150	145	140
13CrMo4-5	-	-	-	230	220	205	190	180	170	165
10CrMo9-10	-	-	-	215	200	170	160	150	145	140
11CrMo9-10	-	-	-	-	255	235	225	215	205	195

[1] Kekuatan luluh bawah (R_{eL}) berlaku. Jika kekuatan luluh tidak ditetapkan dengan jelas, maka tegangan uji 0,2% ($R_{p0,2}$) harus digunakan.

4. Uji hidrogen

Jika uji hidrogen disyaratkan, maka pengujian tersebut harus dilakukan sesuai dengan B.4. Kandungan hidrogen yang dapat berdifusi tidak boleh melebihi 10 ml per 100 g deposit logam las.

5. Pengujian retak panas

Jika pengujian retak panas disyaratkan, maka pengujian ini harus dilakukan sesuai dengan B.5 atau standar yang relevan (misalnya ISO 17641-2).

6. Pengujian ulang tahunan

6.1 Pengujian ulang tahunan yang ditentukan dalam A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji logam las seperti yang ditentukan pada 2. BKI dapat meminta pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

6.2 Pengujian ulang tahunan harus dilakukan sesuai dengan ruang lingkup yang ditentukan baik untuk kondisi tidak diberi perlakuan maupun kondisi diberi berbagai perlakuan panas (yang disetujui) (lihat 1.3).

I. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu Austenitik dan Austenitik-Feritik untuk Baja Tahan Karat, Baja Non-Magnetik dan Baja Paduan Nikel Tangguh pada Temperatur di Bawah Nol

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja dan baja tuang tahan karat (austenitik), pelat yang dilapis dengan material tersebut dan sambungan dari material tersebut dengan baja struktural (lambung) tanpa paduan dan paduan rendah. Ketentuan ini juga berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja non-magnetik, baja paduan nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol dan baja sejenis lainnya. Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan pelat berlapis dan untuk menyambung material (feritik) yang sulit dilas harus diperlakukan dengan cara yang sama.

Catatan:

Dalam pembangunan kapal (tangki), praktek yang berlaku saat ini menggunakan, umumnya, baja tahan karat paduan molibdenum (austenitik atau austenitik-feritik) yang tercantum pada Tabel 5.23 kolom ketiga dari sebelah kiri. Untuk komponen peralatan, digunakan juga, antara lain, baja tipe 5CrNi18-10 (Material no. 1.4301, AISI 304) dan X6CrNiTi18-10 (Material no. 1.4541, AISI 321). Oleh karena itu, paragraf berikut berhubungan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk material induk ini termasuk sambungannya dengan baja struktural lambung. Selain itu, bahan habis pengelasan dan material bantu-yang telah diberikan persetujuan oleh BKI juga telah dimasukkan. Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk material induk lainnya harus, jika mungkin, dialokasikan ke kategori yang sesuai dan diperlakukan dengan cara yang sama.

Gas inert dengan tambahan oksigen 1 hingga 3% atau gas inert dengan tambahan CO_2 maksimum 2,5% dapat digunakan sebagai gas pelindung untuk pengelasan bahan habis pengelasan austenitik dalam rentang aplikasi yang ditentukan dalam 1.1. Gas inert dengan tambahan nitrogen dalam jumlah tinggi dapat digunakan untuk baja yang mengandung nitrogen. Campuran gas tipe M21 (lihat Tabel 5.10) dengan tambahan CO_2 maksimum 18% hanya dapat digunakan dengan elektroda kawat berinti fluks pembentuk-terak. Persetujuan untuk kombinasi gas-kawat (berinti fluks) juga diberikan.

1.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk sambungan las yang menyatukan baja tahan karat (austenitik atau austenitic-feritik) ke satu sama lain diklasifikasikan ke grade mutu yang ditunjukkan

pada Tabel 5.23 berdasarkan komposisi kimia (material no.) dan karakteristik (kekuatan) mekanik dari material induk yang akan dilas. Pengujian dan persetujuan baja di kolom sebelah kiri dari tabel mencakup baja di kolom sebelah kanan, dengan mempertimbangkan kondisi korosi pada setiap kasus. Tabel tersebut berlaku dengan cara yang sama pada baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai.

Tabel 5.23 Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan baja tahan karat

Grade mutu	Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan baja		Baja yang juga tercakup oleh persetujuan	
	Penandaan	No. material / AISI	Penandaan	No. material / AISI
4301	X5CrNi18-10	1.4301 / 304	-	-
4306	X2CrNi19-11	1.4306 / 304 L	X5CrNi18-10 C2CrNi18-9 GX6CrNi18-9	1.4301 / 304 1.4307 / 3047L 1.4308 / -
4307	X2CrNi18-9	1.4307 / 304 L	X5CrNi18-10	1.4301 / 304
4404	X2CrNiMo17-13-2	1.4404 / 316 L	X5CrNi18-10 X2CrNi19-11 GX6CrNi18-9 X5CrNiMo17-12-2 GX6CrNiMo18-9	1.4301 / 304 1.4306 / 304 L 1.4308 / - 1.4401 / 316 1.4408 / -
4429	X2CrNiMoN17-13-3	1.4429 / 316 LN	X2CrNiN18-10 X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-13-2 X2CrNiMoN17-12-2 GX6CrNiMo18-9 X2CrNiMo18-14-3 X5CrNiMo17-13-3 X6CrNiMoTi17-12-2 X10CrNiMoTi18-12 X6CrNiMoNb17-12-2 X10CrNiMoNb18-12	1.4311 / 303 LN 1.4401 / 316 1.4404 / 316 L 1.4406 / 316 LN 1.4408 / - 1.4435 / 316 L 1.4436 / 316 1.4571 / 316 Ti 1.4573 / - 1.4580 / 316 Cb 1.4583 / 318
4435	X2CrNiMo18-14-3	1.4435 / 316 L	X5CrNi18-10 X2CrNi19-11 GX6CrNi18-9 X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-13-2 GX6CrNiMo18-9	1.4301 / 304 1.4306 / 304 L 1.4308 / - 1.4401 / 316 1.4404 / 316 L 1.4408 / -
4438	X2CrNiMo18-16-4	1.4438 / 317 L	X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-13-2 X2CrNiMo18-14-3 X5CrNiMo17-13-3	1.4401 / 316 1.4404 / 316 L 1.4435 / 316 L 1.4436 / 316
4439	X3CrNiMoN17-13-5	1.4439 / (317 LN)	X2CrNiMoN17-12-2 X2CrNiMoN17-13-2 X2CrNiMo18-16-4 GX2CrNiMoN17-13-4 GX6CrNiMo-17-13 X5CrNiMo17-13	1.4406 / 316 LN 1.4429 / 316 LN 1.4438 / 317 L 1.4446 / - 1.4448 / - 1.4449 / 317
4462	X2CrNiMoN22-5	1.4462 / -	X8CrNi Mo27-5 X6CrNiMo24-8-2 X4CrNiMoNb25-7	1.4460 / 329 1.4463 / - 1.4582 / 329
4550	X6CrNiNb18-10	1.4550 / 347	X5CrNi18-10 X2CrNi19-11 GX6CrNi18-9 X6CrNiTi18-10 GX7CrNiNb18-9	1.4301 / 304 1.4306 / 304 L 1.4308 / - 1.4541 / 321 1.4552 / -

Tabel 5.23 Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan baja tahan karat (sambungan) *(lanjutan)*

Grade mutu	Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan baja		Baja yang juga tercakup oleh persetujuan	
	Penandaan	No. material / AISI	Penandaan	No. material / AISI
4571	X6CriMoTi17-12-2	1.4571 / 316 Ti	X5CrNi18-10 X2CrNi19-11 GX6CrNi18-9 X5CrNiMo17-12-2 X2CrNiMo17-13-2 GX6CrNiMo18-9 X2CrNiMo18-14-3 X5CrNiMo17-13-3 X6CrNiTi18-10 X6CrNiNb18-10 GX7CrNiNb18-9 X10CrNiMoTi18-12 X6CrNiMoNb17-12-2 GX7CrNiMoNb18-2 X10CrNiMoNb18-12	1.4301 / 304 1.4306 / 304 L 1.4308 / - 1.4401 / 316 1.4404 / 316 L 1.4408/- 1.4435 / 316 L 1.4436 / 316 1.4541 / 321 1.4550 / 347 1.4552 / - 1.4573 / - 1.4580 / 316 Cb 1.4581 / - 1.4583 / 318

1.3 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja tahan karat non-magnetik disetujui menurut grade mutu sesuai komposisi kimia (no. material) dari logam las. Sejumlah contoh terdapat dalam Tabel 5.24. Pengujian dan persetujuan baja di kolom sebelah kiri mencakup baja di kolom sebelah kanan, dengan mempertimbangkan kondisi korosi pada setiap kasus. Tabel tersebut berlaku dengan cara yang sama pada baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai.

1.4 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk menyambung baja tahan karat (austenitik atau austenitik-feritik) ke baja tanpa paduan atau baja paduan rendah, untuk lajur antara pada pengelasan pelat berlapis dan untuk las pelapis disetujui menurut grade mutu sesuai komposisi kimia logam las. Sejumlah contoh diberikan pada Tabel 5.25. Persetujuan diberikan dengan memperhatikan sifat mekanik dan sifat-sifat lain yang berhubungan dengan material induk dimaksud dan/atau untuk jenis aplikasi tertentu yang kesesuaiannya telah d ibuktikan.

Tabel 5.24 bahan habis pengelasan dan material bantu las untuk pengelasan baja tahan karat non-magnetik

Grade mutu	Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan baja		Baja yang juga tercakup oleh persetujuan	
	Penandaan	No. material	Penandaan	No. material
3954	X2CrNiMnMoNNb21-16-5-3	1.3964	X4CrNiMnMoN19-13-8 X2CrNiMoN22-15 X2CrNiMoN18-14-3 X2CrNiMo18-15	1.3948 1.3951 1.3952 1.3953
3984	X2CrNiMnMoNNb23-17-6-3	1.3974	X2CrNiMnMoNNb21-15-7-3 X2CrNiMoN22-15 X2CrNiMoN18-14-3 X2CrNiMnMoNNb21-16-5-3	1.3914 1.3951 1.3952 1.3964

Tabel 5.25 Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk menyambung baja tahan karat ke baja tanpa paduan atau paduan rendah, untuk lajur antara dan untuk las pelapis (contoh)

Grade mutu	Bahan habis pengelasan (logam las)		Penggunaan (Instruksi) [2]
	Penandaan [1]	No. material / AWS	
4332	E 23 12 nC X2CrNi24-12	(1.4332) / E 309 L 1.4332 / E 309 L	Lajur antara untuk sambungan las antara pelat berlapis dengan komposisi yang serupa. Sambungan las antara baja tahan panas CrNi, sambungan antara baja tahan karat dan baja tanpa paduan atau paduan rendah. Las pelapis.
4370	E 18 8 Mn 6 X15CrNiMn18-8	(1.4370) / (E 307) 1.4370 / -	Sambungan antara baja tahan karat dan baja tanpa paduan atau paduan rendah
4431	E 20 10 3 X12CrNiMo19-10	1.4431 / - 1.4431 / -	Seperti untuk 4370
4459	E 23 12 2 X8CrNiMo23-3	1.4459 / E 309 Mo (1.4459) / (E 309 Mo)	Seperti untuk 4332

[1] Baris pertama (E...): penandaan untuk elektroda berbungkus, baris kedua: penandaan untuk kombinasi gas-kawat (berinti-fluks) dan fluks-kawat.

[2] Informasi dari pabrik pembuat yang diberikan untuk masing-masing produk adalah informasi yang penting untuk disebutkan dalam persetujuan.

1.5 Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol diklasifikasikan ke dalam grade mutu seperti ditunjukkan pada Tabel 5.26 menurut komposisi kimia (no. material) dan karakteristik mekanis (kekuatan dan ketangguhan) dari material induk yang akan dilas. Pengujian dan persetujuan baja di kolom sebelah kiri mencakup baja di kolom sebelah kanan. Tabel tersebut berlaku dengan cara yang sama terhadap baja tempa dan cor dengan grade yang sesuai.

Tabel 5.26 Bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik untuk pengelasan baja nikel tangguh pada temperatur di bawah nol (contoh)

Grade mutu	Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan baja[1]		Baja yang juga tercakup oleh persetujuan[1]	
	Penandaan	No. material	Penandaan	No. material
5637	12Ni14 (3,5 % Ni)	1.5637	--	--
5680	X12Ni5 (5 % Ni)	1.5680	12Ni14 (3,5 % Ni)	1.5637
5662	X8Ni9 (9 % Ni)	1.5662	12Ni14 (3,5 % Ni) G9Ni14 (3,5 % Ni) X12Ni5 (5 % Ni)	1.5637 1.5638 1.5680
5663	X7Ni9 (9 % Ni)	1.5663	12Ni14 (3,5 % Ni) G9Ni14 (3,5 % Ni) X12Ni5 (5 % Ni) X8Ni9 (9 % Ni)	1.5637 1.5638 1.5680 1.5662

[1] Baja sesuai dengan EN 10028-4 dan EN 10213-3.

2. Pengujian logam las

2.1 Untuk pengujian deposit logam las, benda uji yang sama dengan yang disebutkan pada B.2.1 (hanya satu benda uji yang dilas pada posisi tangan ke bawah), C.2.1 atau D.2.1 harus disiapkan,

tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan sesuai dengan proses pengelasan). Material induk yang digunakan harus baja tahan karat dengan komposisi yang sama, atau dinding samping dari lasan harus dilapis dengan logam las dari komposisi tersebut.

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan dan disahkan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Sebagai alternatif, komposisi kimia dapat ditentukan dengan cara yang sama dengan ISO 15792-1 dengan menganalisis las tambalan. Hasil analisis tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan dalam standar atau oleh pabrik pembuat, toleransi kecil dapat diterapkan dalam setiap kasus.

Untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang ditentukan dalam Tabel 5.25 dan 5.26, nilai ketahanan lubang (% Cr + 3,3% Mo) setidaknya harus lebih tinggi 1% daripada material induk yang atasnya pengujian dilakukan atau yang atasnya persetujuan didasarkan. Analisis logam las dan rata-rata komposisi kimia yang ditentukan dari data yang diberikan dalam standar harus menjadi faktor penentu dalam kasus tersebut.

2.3 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), spesimen uji harus diambil dari benda uji logam las dengan cara yang sama dengan ketentuan B.2.3, C.2.3 atau D. 2.3.

2.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.27. Ketentuan B.2.4, C.2.4 dan D.2.4 berlaku dengan cara yang sama untuk pelaksanaan pengujian dan pengujian ulang. Untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang disebutkan dalam 1.4, persyaratannya tergantung pada aplikasi tertentu dan ditetapkan berdasarkan kasus per kasus. Nilai energi impak takik yang ditunjukkan pada saat pengujian dan juga temperatur pengujian dinyatakan dalam sertifikat persetujuan. Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk menyambung baja tahan karat dengan baja struktural lambung kekuatan normal atau kekuatan lebih tinggi harus, sebagai persyaratan minimum, memenuhi persyaratan yang berlaku untuk baja struktural lambung kekuatan normal atau kekuatan lebih tinggi. Untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang disebutkan dalam 1.5, G.2.2 dan Tabel 5.19 juga harus diperhatikan.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Tergantung pada sifatnya (dan pada proses pengelasan dimaksud), pengujian sambungan las yang dibuat dengan bahan habis pengelasan dan material bantu yang disebutkan dalam 1.2, 1.3 dan 1.5 harus dilakukan pada benda uji las butt yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.1, C.3.1 atau D.3.1. Untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicakup oleh 1.4, pengujian sambungan las disyaratkan hanya jika produk tersebut sepenuhnya atau terutama digunakan untuk membuat sambungan las atau apabila, dalam sambungan las, produk tersebut merupakan bagian substansial dari bagian las (seperti pada lajur antara dari las yang menyambungkan pelat berlapis). Namun, BKI dapat meminta las spesimen untuk membuktikan kinerja yang memuaskan dari produk-produk ini di berbagai posisi yang diminta persetujuannya (lihat juga A.6.). Untuk bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicakup oleh 1.3 yang khusus digunakan untuk pengelasan lapisan, ruang lingkup pengujian yang harus diterapkan harus ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

3.2 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), benda uji las butt yang disebut dalam 3.1 harus dilas dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3.2, C.3.2 atau D.3.2. Material induk yang digunakan harus baja dengan komposisi yang sama atau serupa sesuai dengan Tabel 5.23, 5.24 dan 5.26 dan harus memiliki sekurang-kurangnya sifat mekanik yang ditunjukkan pada Tabel 5.27. Prosedur yang sama harus digunakan dalam kasus bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicakup oleh 1.4 dan Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Sifat logam las yang disyaratkan

Grade mutu	Tegangan uji 0,2% [N/mm²] min.	Kekuatan tarik [N/mm²]	Pemanjangan [%] min.	Energi impak takik [J] 1) min.	Temperatur uji [°C]
4306	195	500 – 700	30	47 (33)	+20 2)
4404	205	510 – 710	30		
4429	295	580 – 800	30		
4435	205	510 – 710	30		
4438	205	510 – 710	30		
4439	295	580 – 800	30		
4462	480	680 – 900	25	35 (24)	–30
4550	205	510 – 740	30	47 (33)	+20 2)
4571	225	500 – 740	30		
3954	430	700 – 950	30	70 (49)	+20
3984	510	850 – 1050			
5637	355	490 – 640	22	47 (33)	–95 3)
5680	390	530 – 840	20		–196 3)
5662	490 5)	640 5) – 840	18		–110 (–196) 3), 4)
5663	585	680 – 820	18		–196 3)

1) Nilai rata-rata dari tiga spesimen; untuk nilai individual ( ) dan pengujian ulang, lihat I.2.4.

2) Dalam hal aplikasi temperatur rendah, persyaratan khusus berlaku: lihat G. (Tabel 5.19 dan G.2.2).

3) See G. (Table 5.19 and G.2.2).

4) Jika grade mutu 5680 (pengelasan baja nikel 5%) akan diterapkan pada temperatur desain minimum –165 °C. Temperatur pengujian harus –196 °C.

5) Jika kondisi pengiriman (dari material induk) adalah HT 640, bahan habis pengelasan ini juga harus disetujui untuk kondisi pengiriman material induk HT 680. Dalam hal demikian persyaratan minimum yang sama seperti yang dinyatakan untuk grade mutu 5663 harus diterapkan.

3.3 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan menurut proses pengelasan), spesimen uji yang ditentukan dalam B.3.3, C.3.3 atau D.3.3 harus diambil dari benda uji las butt.

3.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.27. BKI juga dapat menyetujui penerapan catatan kaki 1) pada Tabel 5.17 dengan cara yang sama untuk bahan habis pengelasan austenitik dan material bantu yang dicakup oleh sub-bab ini. Ketentuan A.7.6, B.3.4, C.3.4 dan D.3.4 berlaku dengan cara sama pada pelaksanaan pengujian dan uji ulang.

4. Pengujian ketahanan korosi intergranular

4.1 Pengujian ketahanan korosi intergranular (IC) harus dilakukan sesuai dengan ISO 3651-2 pada spesimen uji dengan las butt berpotongan menggunakan metode asam sulfur-tembaga sulfat (uji Strauss). Tidak boleh ada retak yang terdeteksi dan kedalaman penetrasi serangan pada batas butir yang diukur secara metalografi tidak boleh melebihi 0,05 mm.

4.2 Dalam kasus kondisi korosi khusus atau material tertentu, BKI dapat menetapkan uji korosi lainnya sebagai persyaratan tambahan atau alternatif, misalnya pengujian ketahanan lubang akibat serangan korosif oleh klorida, misal dengan air laut.

5. Pengujian retak panas

5.1 Pengujian retak panas harus dilakukan dengan cara yang sama dengan ketentuan B.5. atau ISO 17641-2 pada benda uji (bentuk 2) yang ditentukan untuk bahan habis pengelasan dan material bantu austenitik.

5.2 Metode pengujian retak panas lainnya dapat disetujui oleh BKI.

6. Pengujian ulang tahunan

6.1 Pengujian ulang tahunan yang ditentukan pada A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji logam las sebagaimana ditentukan pada 2. (penentuan sifat mekanis dan komposisi kimia logam las). Jika kekuatan tarik yang ditentukan dalam Tabel 5.27 tidak tercapai dan catatan kaki 1) pada Tabel 5.17 berlaku dengan cara yang sama, maka pengujian ulang juga harus mencakup pengujian spesimen tarik rata yang diambil dari sambungan las.

6.2 Dalam kasus khusus, BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

J. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Paduan Aluminium

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan paduan aluminium untuk komponen- komponen struktural dan bagian-bagian peralatan yang digunakan dalam pembangunan kapal dan permesinan. Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan paduan aluminium untuk aplikasi temperatur rendah diatur secara terpisah, persyaratan ditetapkan berdasarkan kasus per kasus sesuai dengan kondisi aplikasi, lihat G.

Catatan:

Dalam teknologi pembangunan kapal saat ini, hanya metode pengelasan gas inert MIG dan TIG menggunakan argon atau helium atau campuran keduanya dan pengelasan busur plasma yang paling praktis digunakan. Karena kesesuaiannya untuk aplikasi di air laut, paduan yang ditunjukkan dalam kolom 2 dan 3 Tabel 5.28 yang utamanya digunakan, lihat Rules for Materials, (Pt.1 Vol.V), Sec.10, A.4. Paduan cor hampir tidak pernah digunakan untuk komponen-komponen struktural penahan beban dalam pembangunan kapal. Oleh karena itu paragraf berikut terutama berhubungan dengan kombinasi gas-kawat untuk paduan yang disebutkan sebelumnya. Bahan habis pengelasan dan material bantu lainnya atau yang untuk material induk lainnya harus diperlakukan dengan cara yang sama. Persyaratan ditentukan oleh persyaratan yang berlaku untuk material induk yang akan dilas satu sama lain dan ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

1.2 Bahan habis pengelasan yang lebih utama digunakan untuk paduan aluminium dimaksud dibagi menjadi dua kategori sebagai berikut:

W = kawat elektroda dan kombinasi gas-kawat untuk MIG 131 sesuai dengan ISO 4063, TIG 141 dan las busur plasma (15)

R = kombinasi batang-gas untuk TIG 141 atau las busur plasma (15)

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan paduan aluminium diklasifikasikan ke dalam grade mutu yang ditunjukkan pada Tabel 5.28 berdasarkan material induk yang digunakan untuk pengujian persetujuan.

Tabel 5.28 Bahan habis pengelasan untuk paduan aluminium

Grade mutu	Material induk untuk pengujian	
	Penandaan paduan	
	Numerikal	Simbol kimia
RA/WA	5754	AlMg3
RB/WB	5086	AlMg4
RC1/WC1	5083	AlMg4,5Mn0,7
RC2/WC2[1)]	5383	AlMg4,5Mn0,9
	5456	AlMg5
RC3/WC3[2)]	5059	AlMg5,5Mn0,8ZnZr
RD/WD[3)]	6005A	AlSiMg(A)
	6061	AlMg1SiCu
	6082	AlSi1MgMn

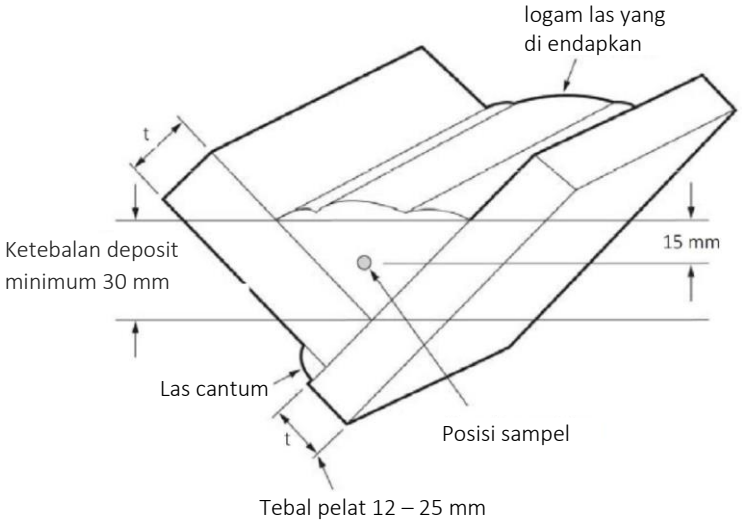
[1)] Persetujuan grade RC2/WC2 mencakup persetujuan material induk grade 5383, 5456 dan 5083.
[2)] Persetujuan grade RC3/WC3 mencakup persetujuan material induk grade 5059, 5383, 5456 dan 5083.
[3)] Persetujuan grade RD/WD mencakup persetujuan material induk grade 6005A, 6061 dan 6082.

1.3 Persetujuan bahan habis pengelasan terikat dengan gas pelindung tertentu seperti yang ditentukan dalam Tabel 5.29 atau dengan "gas khusus" yang ditetapkan secara terpisah menurut komposisi dan kemurniannya. Komposisi gas pelindung yang digunakan dalam pengujian harus dicatat. Persetujuan suatu kawat atau batang dengan suatu gas tertentu dapat diterapkan atau ditransfer ke kombinasi apapun dari kawat atau batang yang sama dan gas apapun dalam grup dengan nomor yang sama sebagaimana ditetapkan dalam Tabel 5.29, asalkan komposisi gas berada dalam rentang yang direkomendasikan oleh pabrik pembuat, berdasarkan persetujuan BKI.

2. Pengujian logam las

2.1 Kecuali ditentukan lain (misalnya pengujian sifat kekuatan logam las murni untuk pengelasan dinding berketebalan besar), pengujian logam las harus terdiri atas analisis deposit logam las.

2.2 Komposisi kimia dari logam las harus ditentukan dan disahkan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2 Untuk pengujian komposisi kimia dari logam las, benda uji sesuai dengan Gambar 5.17 harus disiapkan. Ukurannya tergantung pada jenis bahan habis pengelasan (dan pada proses pengelasan) dan harus memberikan logam las murni dalam jumlah yang cukup untuk analisis kimia. Logam induk yang digunakan harus kompatibel dengan logam las dalam hal komposisi kimia. Hasil analisis tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam standar atau oleh pabrik pembuat, toleransi dengan rentang yang sempit dapat diterapkan dalam setiap kasus.



Gambar 5.17 Benda uji logam las

Tabel 5.29 Gas pelindung untuk pengelasan paduan aluminium

Grup	Komposisi gas pelindung (Vol. %) [1]	
	Argon	Helium
I-1	100	-
I-2	-	100
I-3 (1)	Sisa	> 0 s/d 33 [2]
I-3 (2)	Sisa	> 33 s/d 66 [2]
I-3 (3)	Sisa	> 66 s/d 95 [2]
S	"Gas khusus", komposisi ditentukan, lihat 1.3	

[1] Kemurnian dan sifat-sifat lainnya dari gas pelindung harus memenuhi ISO 14175.

[2] Jika argon (hingga maks. 95%) diganti dengan helium dan kadar helium ditandai dengan simbol tambahan, maka gas dengan komposisi berikut harus digunakan untuk pengujian:

– untuk (1) = > 0 hingga 33% He:
campuran argon-helium yang mengandung sekitar 15% helium

– untuk (2) = > 33 hingga 66% He:
campuran argon-helium yang mengandung sekitar 50% helium

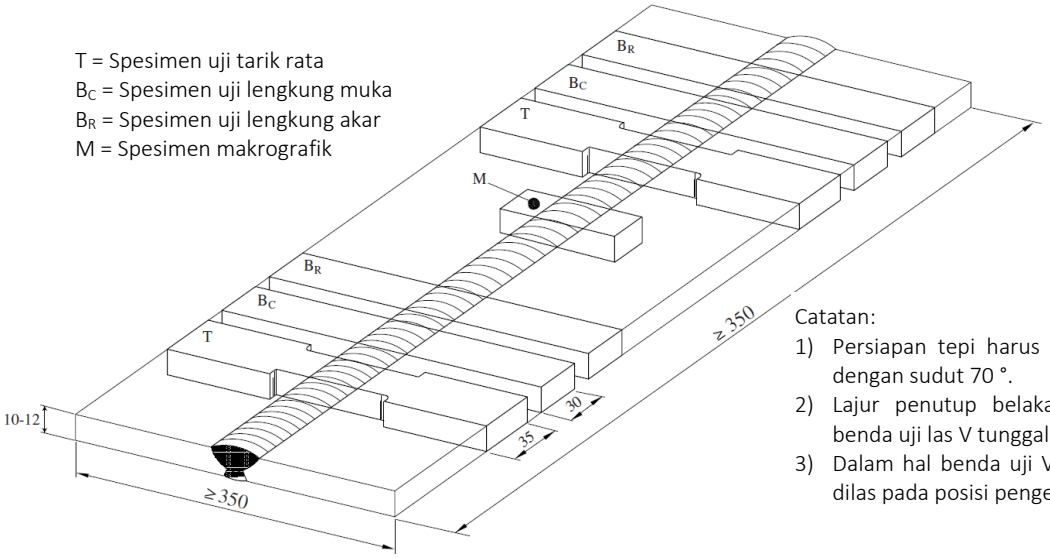
– untuk (3) = > 66 hingga 95% He:
campuran argon-helium yang mengandung sekitar 75% helium, Grup I-2 termasuk dalam kasus ini.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Pengujian sambungan las harus dilakukan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.3 atau C.3, sesuai yang berlaku, pada benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.18. Material induk yang ditunjukkan dalam Tabel 5.28 harus digunakan. Ketebalan pelat harus 10-12 mm untuk pengelasan MIG dan busur plasma dan 4-6 mm untuk pengelasan TIG.

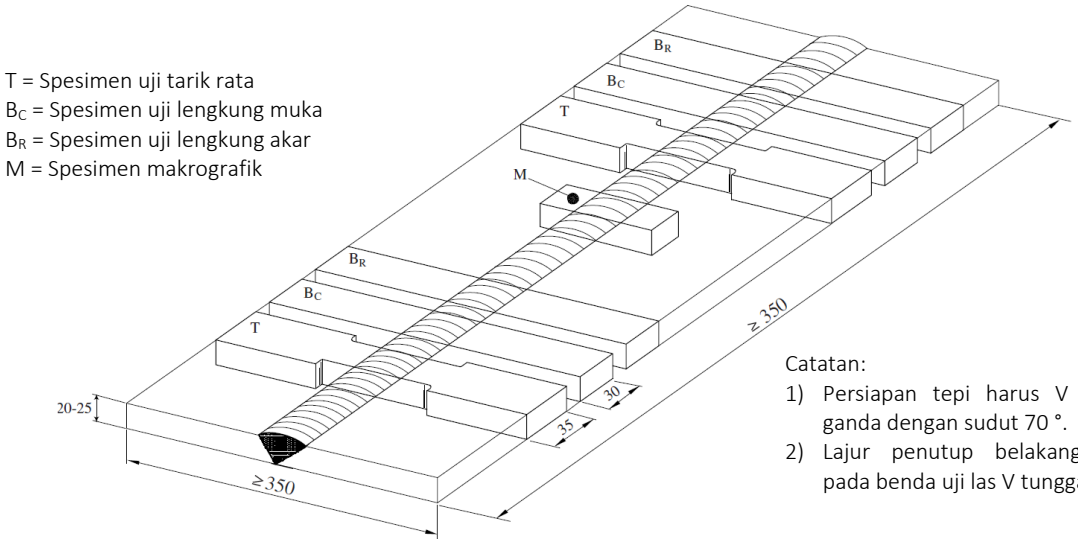
3.2 Tergantung pada posisi pengelasan yang diminta persetujuannya (lihat A.4.9), benda uji las butt yang ditunjukkan pada Gambar 5.18 harus dilas pada posisi yang ditunjukkan pada Tabel 5.5. Selain itu satu benda uji menurut Gambar 5.19 dengan ketebalan 20 hingga 25 mm harus dilas hanya pada posisi tangan ke bawah.

Diameter kawat harus sesuai dengan Tabel 5.11 dan parameter pengelasan sesuai rekomendasi pabrik pembuat atau pemasok. Komposisi gas pelindung yang digunakan untuk pengujian harus dituliskan dalam laporan.



Catatan:
1) Persiapan tepi harus V tunggal atau V ganda dengan sudut 70 °.
2) Lajur penutup belakang diperbolehkan pada benda uji las V tunggal.
3) Dalam hal benda uji V ganda, kedua sisi harus dilas pada posisi pengelasan yang sama.

Gambar 5.18 Benda uji las butt



Catatan:
1) Persiapan tepi harus V tunggal atau V ganda dengan sudut 70 °.
2) Lajur penutup belakang diperbolehkan pada benda uji las V tunggal.

Gambar 5.19 Benda uji las butt tambahan pada posisi tangan ke bawah

Setelah pengelasan selesai, benda uji harus dibiarkan mendingin secara alami hingga temperatur sekitar. Benda uji las dan spesimen uji tidak boleh diberikan perlakuan panas apa pun. Benda uji grade D harus dibiarkan mengalami *aging* secara alami dengan jangka waktu minimum 72 jam dari selesainya pengelasan sebelum dilakukan pengujian.

Perlakuan panas pasca-las benda uji (misalnya dalam kasus paduan yang dapat dikeraskan melalui *aging*) hanya diperbolehkan jika perlakuan panas tersebut dapat dan harus dilakukan dalam produksi komponen las yang akan datang (lihat keterangan pendahuluan pada Bab 5). Bila perlu, perlakuan panas harus disetujui sebelum pengujian dan dicatat dalam laporan.

3.3 Setelah pemeriksaan radiografi yang direkomendasikan, spesimen uji berikut harus diambil dari masing-masing benda uji las butt sesuai dengan Gambar 5.18 dan 5.19: dua spesimen uji tarik rata sesuai dengan ISO 4136, empat spesimen uji lengkung melintang (dua FBB dan dua RBB) sesuai dengan ISO 5173 dan spesimen makrografik. Kedua spesimen tarik rata harus diuji dengan pemerkuat las pada tempatnya.

Dari uji lengkung melintang (dengan pemerkuat las diratakan), dua harus diuji dengan jalur penutup mengalami tekanan dan dua dengan jalur belakang mengalami tekanan.

3.4 Karakteristik mekanik harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam Tabel 5.30. Ketentuan A.7.6, B.3.4 dan C.3.4 berlaku dengan cara yang sama dalam hal pelaksanaan pengujian dan uji ulang. Posisi patah harus dinyatakan dalam laporan pengujian. Dengan spesimen uji lengkung melintang, pemanjangan lengkung harus ditentukan. Spesimen makrografik harus diperiksa terhadap adanya cacat (seperti kurangnya fusi, rongga, inklusi, pori-pori, dan retak).

Tabel 5.30 Persyaratan yang berlaku untuk sambungan las

Grade mutu	Kekuatan tarik [1] [N/mm²] min.	Diameter mandrel (t = ketebalan spesimen)	Sudut lengkung minimum [2]	Pemanjangan lengkung[3] [%]
RA/WA	190	3 t	180°	20
RB/WB	240	6 t		17
RC1/WC1	275			17
RC2/WC2	290			17
RC3/WC3	330			24
RD/WD	170			8

1) Menggunakan material induk yang ditunjukkan pada Tabel 5.28.

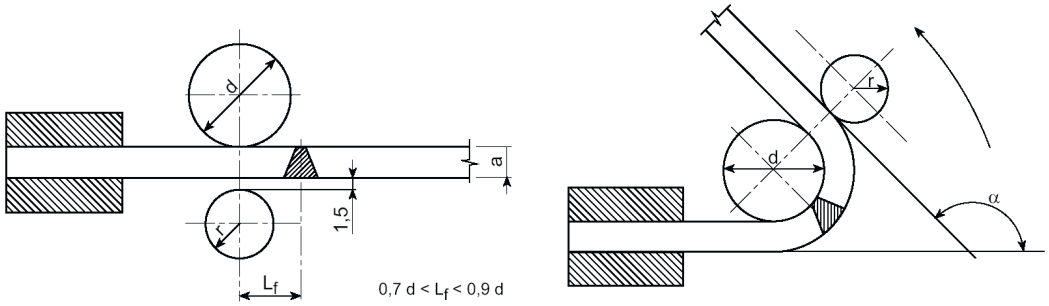
2) Sudut lengkung yang dicapai sebelum retak awal pertama, pori kecil terbuka diizinkan hingga panjang maksimal 3 mm.

3) Jika sudut lengkung tidak dicapai, persyaratan harus tetap dianggap terpenuhi jika pemanjangan dicapai dengan panjang ukur $L_0 = L_s + t$ sebelum retak awal pertama memenuhi persyaratan

- (L_s = lebar sambungan, t = ketebalan spesimen, lihat sketsa di bawah)

Catatan:

Karena perilaku aliran yang berbeda dari material induk dan logam las, retak awal pada spesimen dapat terjadi lebih cepat – terutama dengan deformasi yang terlalu cepat – ketika dilakukan uji lengkung "bebas" sesuai ISO 5173. Instalasi pengujian dari jenis yang diperlihatkan dalam sketsa berikut direkomendasikan digunakan yang mana spesimen uji lengkung, yang dijepit pada salah satu ujungnya, "dirol" mengelilingi mandrel.



3.5 Benda uji las fillet yang sama dengan yang disebut dalam B.3.5 atau C.3.5, sesuai yang berlaku, harus disediakan untuk bahan habis pengelasan dan material bantu (kombinasi gas-kawat) yang akan disetujui atau digunakan secara eksklusif untuk mengerjakan las fillet. Dalam kasus khusus, BKI dapat meminta benda uji las fillet selain benda uji las butt yang ditentukan pada 3.1.

4. Pengujian ulang tahunan

4.1 Pengujian ulang tahunan yang disebut pada A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji deposit logam las sebagaimana ditentukan pada 2.2 (Gambar 5.17) dan benda uji las butt sesuai dengan 3. yang dilas pada posisi tangan ke bawah dengan kawat berdiameter 1,2 mm. Setengah dari spesimen dapat digunakan dalam pengujian ulang seperti pada pengujian awal (Gambar 5.18).

4.2 Dalam kasus khusus, BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (misalnya analisis logam las sebagai persyaratan tambahan) (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

K. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Tembaga dan Paduan Tembaga

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan tembaga dan paduan tembaga sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V), dan digunakan untuk komponen-komponen struktural dalam pembangunan kapal (misalnya kemudi) dan terutama untuk pipa yang menyalurkan air laut.

Catatan:

Menurut Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) selain tembaga dan kuningan berkekuatan tinggi, paduan tembaga-nikel CuNi10Fe1Mn dan CuNi30Mn1Fe serta paduan tembaga cor tertentu (digunakan dalam pembuatan baling-baling) yang utama digunakan untuk pengelasan. Sesuai dengan praktik persetujuan saat ini, paragraf berikut karena itu berkaitan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk material induk ini; produk lain semacam itu untuk pengelasan paduan cor lainnya harus diperlakukan dengan cara yang sama.

1.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan tembaga dan paduan tembaga diklasifikasikan ke dalam grade mutu yang ditunjukkan pada Tabel 5.31 berdasarkan komposisi kimianya (jenis paduan) dan sifat (kekuatan) mekanik. Pengujian dan persetujuan material induk di kolom sebelah kiri dari Tabel 5.31 juga mencakup material induk yang terdapat di kolom sebelah kanan.

Tabel 5.31 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk tembaga dan paduan tembaga

Grade mutu	Pengujian persetujuan berkaitan dengan		Material yang juga dicakup oleh persetujuan	
	Penandaan	No. material	Penandaan	No. material
CuNi30Fe	CuNi30Mn1Fe	2.0882	CuNi5Fe CuNi10Fe1Mn CuNi20Fe	2.0872 2.0878
CuNi30Mn	CuNi30Mn1Fe	2.0882	CuNi5Fe CuNi10Fe1Mn CuNi20Fe	2.0872 2.0878
SCU1 [1)]	CU1 [5)]	-	-	-
SCU2 [2)]	CU2 [5)]	-	CU1 [1)]	-
SCU3 [3)]	CU3 [5)]	-	CU1 [1)] CU2 [2)]	-
SCU4 [4)]	CU4 [5)]	-	CU1 [1)] CU2 [2)] CU3 [3)]	-

1) Misalnya Al-bronze atau Mn-bronze.
2) Misalnya Al-bronze atau Ni-Mn-bronze.
3) Misalnya Al-bronze, Ni-Al-bronze atau Mn-Al-bronze.
4) Misalnya Mn-Al-bronze.
5) Paduan tembaga cor (untuk pembuatan baling-baling) sesuai dengan Rules for Materials (Pt. 1 Vol. V) atau paduan setara lainnya dengan sifat kekuatan yang sesuai.

2. Pengujian logam las

2.1 Kecuali jika ditentukan lain, pengujian logam las terdiri atas analisis kimia deposit logam las dan pengujian tarik yang sama dengan yang dijelaskan dalam B.2 (hanya satu benda uji yang dilas pada posisi tangan ke bawah).

2.2 Komposisi kimia harus ditentukan dan disahkan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam B.2.2. Hasil analisis tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam standard (misalnya ISO 24373) atau oleh pabrik pembuat, toleransi dengan rentang yang sempit dapat diterapkan dalam setiap kasus.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Pengujian sambungan las harus dilakukan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam J.3. untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk paduan aluminium.

3.2 Sifat mekanis harus sesuai dengan sifat yang disyaratkan dari material induk yang ditunjukkan pada Tabel 5.32. Nilai yang berbeda untuk sifat-sifat ini hanya diizinkan dengan persetujuan BKI dan apabila berlaku harus diperhitungkan ketika menentukan dimensi komponen.

4. Pengujian ulang tahunan

Pengujian ulang tahunan yang disebutkan dalam A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji las butt sesuai dengan 3.1 yang dilas dengan posisi tangan ke bawah seperti pada paduan aluminium (lihat J.4.1).

Tabel 5.32 Sifat sambungan las yang disyaratkan

Grade mutu	Tegangan uji 0,2% [N/mm^2] Min.	Kekuatan tarik [N/mm^2]	Pemanjangan [%] Min.
CuNi30Fe	120	360 - 490	30
CuNi30Mn	120	360 - 490	30
SCU1	175	min. 370	20
SCU2	195	min. 410	18
SCU3	245	min. 500	16
SCU4	275	min. 550	18

L. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu untuk Nikel dan Paduan Nikel

1. Umum

1.1 Ketentuan berikut ini berlaku untuk bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan nikel dan paduan nikel.

Catatan:

Menurut praktik persetujuan saat ini, digunakan bahan habis pengelasan dan material bantu yang ditunjukkan pada kolom sebelah kiri Tabel 5.33. Oleh karena itu, paragraf berikut berhubungan dengan bahan habis pengelasan dan material bantu untuk material-material ini, tetapi juga mencakup produk-produk tersebut untuk penyambungan material yang berbeda dengan pengelasan (misalnya baja austenitik ke baja feritik/perlitik) dan terutama untuk baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol.

1.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan nikel dan paduan nikel, untuk penyambungan material yang berbeda dengan pengelasan dan untuk pengelasan baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol diklasifikasikan menurut komposisi kimianya (jenis paduan) dan sifat mekanis (kekuatan mekanik dan tarik) ke dalam grade mutu yang ditunjukkan pada Tabel 5.33. Pengujian dan persetujuan material induk di kolom sebelah kiri Tabel 5.33 mencakup material yang ada di kolom sebelah kanan. Kesesuaian untuk pengelasan baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol pada aplikasi temperatur rendah ditunjukkan secara terpisah dalam sertifikat persetujuan; lihat G.

Tabel 5.33 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk nikel dan paduan nikel

<table>
<tr><th rowspan="2">Grade mutu</th><th colspan="2">Pengujian dan persetujuan yang berkaitan dengan</th><th colspan="2">Material yang juga dicakup oleh persetujuan</th></tr>
<tr><th>Penandaan</th><th>No. material</th><th>Penandaan</th><th>No. material</th></tr>
<tr><td rowspan="2">NiTi3
(2.4156)</td><td rowspan="2">Ni 99,6</td><td rowspan="2">2.4060</td><td>Ni 99,2
Ni 99,6
LCNi99,6
LCNi99</td><td>2.4066
2.4056
2.4061
2.4068</td></tr>
<tr><td colspan="2">dan sambungan antara paduan logam bukan besi yang berbeda dan dengan baja</td></tr>
<tr><td>NiTi4
(2.4155)</td><td>Ni 99,6</td><td>2.4060</td><td colspan="2">seperti untuk NiTi3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NiCr19Nb
(2.4648)</td><td rowspan="2">NiCr15Fe</td><td rowspan="2">2.4816</td><td>NiCr15Fe
LC-NiCr15Fe
NiCr20Ti
NiCr20TiAl
NiCr23Fe</td><td>2.4816
2.4817
2.4951
2.4952
2.4851</td></tr>
<tr><td colspan="2">dan sambungan las antara paduan nikel yang berbeda (kecuali untuk NiCu) dan dengan baja; sambungan las pada baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol</td></tr>
<tr><td>NiCr20Nb
(2 4806)</td><td>NiCr15Fe</td><td>2.4816</td><td colspan="2">seperti untuk NiCr19Nb</td></tr>
<tr><td>NiCr16FeMn
(2.4620)</td><td>NiCr15Fe</td><td>2.4816</td><td colspan="2">seperti untuk NiCr19Nb</td></tr>
<tr><td rowspan="5">NiCr20Mo9Nb
(2.4621)</td><td rowspan="5">NiCr22Mo9Nb</td><td rowspan="5">2.4856</td><td>NiCr21Mo</td><td>2.4858</td></tr>
<tr><td>NiCr22Mo6Cu</td><td>2.4618</td></tr>
<tr><td>NiCr22Mo7Cu</td><td>2.4619</td></tr>
<tr><td>NiCr21Mo6Cu</td><td>2.4641</td></tr>
<tr><td colspan="2">baja nikel tangguh pada temperatur di bawah nol</td></tr>
<tr><td>NiCr21Mo9Nb
(2.4831)</td><td>NiCr22Mo9Nb</td><td>2.4856</td><td colspan="2">seperti untuk NiCr20Mo9Nb</td></tr>
<tr><td>NiCu30Mn
(2.4366)</td><td>NiCu30Fe</td><td>2.4360</td><td colspan="2" rowspan="2">Sambungan dengan material berbeda, yaitu dengan baja struktural tanpa paduan sesuai EN 10025 dan baja ketel uap sesuai EN 10028</td></tr>
<tr><td>NiCu30MnTi
(2.4377)</td><td>NiCu30Fe</td><td>2.4360</td></tr>
</table>

2. Pengujian logam las

2.1 Untuk pengujian deposit logam las, benda uji yang dijelaskan dalam standard (misalnya ISO 18274 dan ISO 15792) harus disiapkan sesuai dengan ketentuan B.2., C.2., dan D.2. Ketentuan standard berkenaan dengan material induk yang akan digunakan, termasuk, jika berlaku, pelapisan sisi dinding lasan, dan parameter pengelasan harus dipenuhi.

2.2 Komposisi kimia dari deposit logam las harus ditentukan dan disahkan dengan cara yang sama dengan ketentuan B.2.2, dengan memperhatikan ketentuan standard. Hasil analisis tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam standard atau oleh pabrik pembuat, toleransi dengan rentang yang sempit dapat diterapkan dalam setiap kasus.

2.3 Tergantung pada sifat bahan habis pengelasan dan material bantu (dan sesuai dengan proses pengelasan), spesimen uji harus diambil dari benda uji logam las sesuai dengan standard dan ketentuan B.2.3, C.2.3 dan D.2.3.

2.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 5.34. Untuk pengelasan baja nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol, berlaku persyaratan energi impak takik yang dinyatakan dalam G.2.1 dan G.2.2. Ketentuan A.7.6, B.2.4, C.2.4 dan D.2.4 berlaku dengan cara yang sama dengan terhadap pengujian dan uji ulang yang mungkin diperlukan.

Tabel 5.34 Sifat logam las yang dissyaratkan[1)]

Grade mutu	Tegangan uji		Kekuatan tarik	Pemanjangan
	$R_{p\,0,2}$ [N/mm²] min.	$R_{p\,l,0}$ [N/mm²] min.	R_m [N/mm²] min.	A [%] min.
NiTi3 NiTi4	200	220	410	25
NiCr19Nb NiCr20Nb	360	380	600	
NiCr16FeMn	360	380	600	
NiCr20Mo9Nb NiCr21Mo9Nb	420	440	700	
NiCu30Mn NiCu30MnTi	200	220	460	

1) Energi impak takik yang dinyatakan pada 2.4 dan, jika berlaku, G.2.1 dan G.2.2.

2.5 BKI dapat mensyaratkan pengujian lain untuk dilakukan atau menetapkan nilai lain terhadap sifat yang disyaratkan jika nilai tersebut lebih sesuai dengan karakter bahan habis pengelasan dan material bantu atau diperlukan oleh tujuan penggunaan material.

3. Pengujian sambungan las

3.1 Tergantung pada sifat dari bahan habis pengelasan dan material bantu (dan pada proses pengelasan yang bersangkutan), pengujian harus dilakukan pada benda uji las butt dengan cara yang sama dengan B.3., C.3., atau D.3.

3.2 Benda uji las butt harus dilas sesuai dengan B.3.2, C.3.2 atau D.3.2, dengan memperhatikan ketentuan standard tersebut di atas (lihat 2.1). Jika memungkinkan, material induk harus material yang akan dilas pada aplikasi berikutnya; Namun, dalam hal apapun, material dengan kekuatan yang memadai yang harus digunakan.

3.3 Kecuali jika ditentukan lain, spesimen uji yang ditentukan dalam B.3.3, C.3.3 dan D.3.3 untuk berbagai jenis bahan habis pengelasan dan material bantu (dan, apabila mungkin, berbagai proses pengelasan) harus diambil dari benda uji las butt.

3.4 Sifat mekanis harus memenuhi persyaratan yang tercantum dalam 2.4 dan Tabel 5.34, dengan pengecualian tegangan uji. BKI dapat menetapkan nilai-nilai lain untuk properti yang diperlukan; lihat 2.4.

4. Pengujian ulang tahunan

Pengujian ulang tahunan yang ditetapkan dalam A.3.1 harus mencakup persiapan dan pengujian benda uji logam las sesuai dengan 2. BKI dapat mensyaratkan pengujian ulang yang lebih luas (lihat A.3.2, A.7.4 dan A.7.5).

Bab 6 Cat Dasar Mampu Timpa Las

A. Umum 6-1
B. Pengujian dan Persetujuan Cat Dasar 6-1
C. Pengawasan Penggunaan Cat Dasar, Uji Produksi 6-3

A. Umum

1. Cat dasar yang dapat ditimpa las yang diaplikasikan pada pelat, profil, dll. sebelum pengelasan tidak boleh mengurangi mutu sambungan las secara signifikan.

Catatan:

Penelitian dan pengalaman praktis sampai sekarang menunjukkan bahwa karakteristik sambungan las secara praktis tidak mengalami efek yang merusak selain dari kecenderungan meningkatnya porositas dalam las fillet. Oleh karena itu, pengujian, persetujuan, dan tindakan pengawasan secara khusus memperhatikan kecenderungan peningkatan porositas ini.

2. Hanya cat dasar mampu timpa las yang telah diterbitkan pernyataan penerimaan oleh BKI berdasarkan pengujian porositas yang harus digunakan.

3. Persyaratan terkait cat dasar mampu timpa las yang berkaitan dengan perlindungan korosi tercakup dalam Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II), Sec.38.

4. Meskipun pernyataan penerimaan telah diterbitkan, cat dasar mampu timpa las hanya dapat disetujui untuk pengelasan fillet ganda sepenuhnya mekanis setelah dilakukan uji prosedur pengelasan khusus di tempat pengguna.

B. Pengujian dan Persetujuan Cat Dasar

1. Pernyataan penerimaan awal

1.1 Permohonan untuk pernyataan penerimaan harus diajukan ke Kantor Pusat BKI bersama-sama dengan informasi dan dokumen-dokumen pendukung berikut:

- Pabrik pembuat (dan pemberi lisensi, jika berlaku)
- Nama merek (dan nama merek pemberi lisensi, jika berlaku) bersama-sama dengan nama merek asli jika digunakan sebutan komersial untuk pemasaran
- Nomor kode/nama singkat/simbol yang mengidentifikasi formulasi atau produk
- Karakteristik dasar pigmen
- Karakteristik dasar bahan pengikat
- Lembar data dengan petunjuk penggunaan (persiapan permukaan, metode aplikasi, ketebalan lapisan kering, dll)
- Dokumentasi yang berkaitan dengan pengujian, persetujuan sebelumnya, dll.
- Tempat dan tanggal pengujian yang diusulkan.

1.2 BKI berhak untuk melakukan pemeriksaan bengkel pabrik pembuat. Untuk tujuan ini, Surveyor BKI harus diberikan akses ke semua departemen produksi dan pengujian serta laboratorium. Penjelasan tentang kondisi produksi harus diberikan kepada Surveyor dan khususnya langkah-langkah jaminan mutu yang memuaskan harus ditunjukkan.

1.3 Untuk tujuan itu, pengujian porositas harus dilakukan oleh lembaga pengujian yang netral yang diakui oleh BKI dan dilengkapi peralatan yang sesuai atau oleh laboratorium uji yang sesuai di bawah pengawasan Surveyor BKI.

1.4 Pengujian tersebut harus dilakukan sesuai dengan ISO 17652 atau standar lain yang diakui.

1.5 Identitas dari material pelapis yang diajukan untuk pengujian harus ditetapkan dan dicatat dalam laporan pengujian. Hal ini dapat dilakukan dengan, misalnya, menyebutkan nomor batch dan tanggal pembuatan. Jika terdapat keraguan, BKI dapat meminta pengujian (misalnya komposisi kimia) untuk memverifikasi identitas sampel.

1.6 Luas total rata-rata pori tidak boleh lebih dari 150 mm^2.

1.7 Kantor Pusat BKI mengeluarkan pernyataan penerimaan berdasarkan pengujian yang dilakukan dan rekaman pengujiannya yang harus diserahkan dan juga berdasarkan pada pemeriksaan bengkel pabrik pembuat bila memungkinkan dan memasukkan cat dasar tersebut ke dalam daftar bahan habis pengelasan yang telah disetujui.

1.8 Pernyataan penerimaan berhubungan dengan produk tertentu yang telah diuji (merek, formulasi, nomor identifikasi dll) dari pabrik pembuat tertentu (tempat produksi). Pernyataan ini tidak berhubungan dengan produk lain atau produk dari proses produksi lainnya. Untuk informasi tentang pengalihan dokumen persetujuan, lihat 2.

1.9 Dengan dikeluarkannya pernyataan penerimaan oleh BKI, pabrik pembuat (atau, bilamana mungkin, perusahaan pemasaran) bertanggung jawab untuk memastikan bahwa komposisi dan karakteristik cat dasar tetap sama (lihat Bab 1, F.1.). Setiap modifikasi harus secara otomatis diberitahukan ke BKI dan biasanya akan memerlukan sebuah pengujian baru sesuai dengan 1.4.

2. Mentransfer dokumen persetujuan

2.1 Dalam hal produk yang memiliki nama merek yang berbeda tetapi formulasi/nomor identifikasinya sama atau produk-produk lainnya (yang diproduksi di lokasi yang berbeda) dengan nama merek, formulasi/nomor identifikasi dll. Yang sama, BKI dapat menyetujui untuk mentransfer dokumen persetujuan dari produk yang telah diterbitkan pernyataan penerimaannya tanpa mengharuskan pengujian ulang dari produk tersebut sebagaimana ditetapkan pada 1.3 dan 1.4.

2.2 Informasi dan dokumentasi yang ditentukan pada 1.1 dan juga pernyataan kesesuaian dari kedua pabrik pembuat, bersama-sama dengan bukti dokumentasi identitas produk yang pernyataan penerimaan pertamanya telah dikeluarkan dan produk yang kemana dokumen persetujuan akan dialihkan, harus diserahkan kepada BKI dengan permohonan untuk mentransfer dokumen persetujuan.

2.3 Apabila dokumen persetujuan akan ditransfer ke suatu produk dari pabrik pembuat lain, BKI juga dapat melakukan pemeriksaan terhadap bengkel pabrik pembuat di lokasi produksi lainnya sesuai dengan 1.2. BKI juga dapat meminta uji produksi untuk dilakukan sesuai dengan C.

3. Masa berlaku, perpanjangan masa berlaku

3.1 Persetujuan (awal dan pengalihan) berlaku selama 5 (lima) tahun. Atas permohonan dari pabrik pembuat, persetujuan dapat diperpanjang 5 (lima) tahun lagi pada sekali waktu. Di dalam permohonan, pabrik pembuat harus mengkonfirmasi secara tertulis bahwa tidak ada perubahan yang telah dilakukan terhadap produk sejak persetujuan awal diberikan.

3.2 Bukti bahwa pemeriksaan rutin validasi identitas telah dilakukan harus dilengkapi oleh pabrik pembuat. Persyaratan untuk pemeriksaan validasi produk dapat dipenuhi dengan menyerahkan rekaman pemeriksaan mutu dan konfirmasi pengawasan eksternal dari lembaga pengujian yang diakui oleh BKI untuk tujuan tersebut.

3.3 BKI dapat meminta pengujian ulang seperti yang ditentukan pada 1.3 hingga 1.5 pada kasus yang meragukan atau dimana perubahan telah dilakukan terhadap produk atau syarat-syarat fabrikasinya telah diubah.

C. Pengawasan Penggunaan Cat Dasar, Uji Produksi

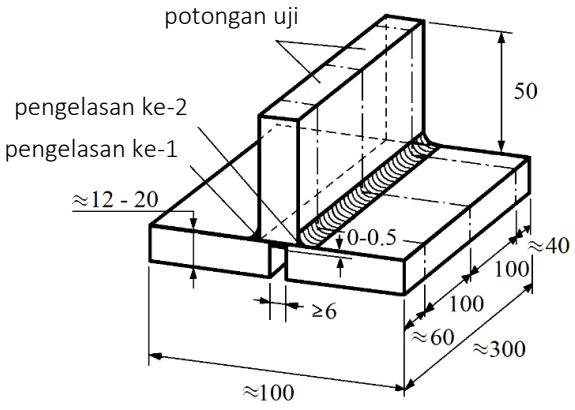
1. Dengan pemeriksaan yang sesuai yang dilakukan dalam proses produksi normal (misalnya pengukuran ketebalan lapisan cat, uji produksi), bengkel yang menggunakan cat dasar harus memastikan bahwa syarat-syarat penggunaan yang menjadi dasar diterbitkannya pernyataan penerimaan dipatuhi dan bahwa, dalam pengelasan fillet, tidak terjadi pembentukan pori yang berlebihan yang memberikan pengaruh yang merugikan dalam pemakaian.

Catatan:

Pori-pori di las fillet yang disebabkan oleh cat dasar mampu timpa las sebagian besar berbentuk untaian pori yang tersusun dari pori-pori individu berbentuk bulat atau memanjang. Pori-pori tersebut berasal dari celah antara pelat bilah dan pelat atau flens - dimana biasanya pelat bilah disambungkan - dan pori tersebut jarang muncul hingga ke permukaan. Oleh karena itu pori-pori tersebut hanya dapat dideteksi secara praktis dengan metode pemeriksaan tak merusak atau merusak.

2. Uji produksi harus dilakukan di bawah pengawasan BKI secara acak selama fabrikasi normal, sebagai uji pelengkap ketika pengalihan persetujuan diinginkan, ketika cat dasar diganti atau ketika syarat-syarat penggunaan diubah. BKI dapat meminta uji produksi pada kasus-kasus yang meragukan. Kondisi dimana benda uji produksi dilas harus sama dengan yang berlaku di fabrikasi normal. Sisa-sisa potongan fabrikasi dapat digunakan sebagai spesimen produksi.

3. Sambungan-T seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.1 harus dibuat sebagai bagian dari uji produksi. Untuk memudahkan kedua lasan pecah terbuka (jika mungkin, pada garis-bagi dari sudut yang dibuat oleh pelat bilah dan pelat atau flens), benda uji harus diberi celah dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 6.1 dan harus dibagi menjadi seksi-seksi uji masing-masing dengan panjang 100 mm. Sebagai alternatif, benda uji las fillet (berbentuk silang) dapat dilas sesuai dengan Bab 12, F.4.3.1.3 (Gambar 12.8) dan diuji sesuai dengan F.4.3.3.2.



Gambar 6.1 Benda uji produksi las fillet ganda

4. Benda uji produksi harus dipecah terbuka untuk diperiksa. Permukaan patahan las yang memperlihatkan pori dalam jumlah terbanyak harus diperiksa. Jumlah pori sepanjang 100 mm lasan harus dihitung dan luas masing-masing pori harus diukur (misalnya sebagai elips dengan panjang dan lebar dari pori menjadi sumbu utama). Pori yang sumbu utama terbesarnya kurang dari 0,5 mm diabaikan.

5. Jumlah pori dan luas masing-masing pori digunakan untuk menghitung luas total pori dan kemudian dihubungkan dengan luas patahan las. Persentase luas pori yang didapatkan dengan cara ini

harus disebutkan dalam laporan uji. Laporan uji juga harus menyebutkan material cat dasar, ketebalan lapisan cat dan parameter pengelasan.

Catatan:

Maksimum luas area pori yang diizinkan ditetapkan sebesar 4% untuk pembebanan dinamis dan 7% untuk pembebanan statis. Pengalaman (positif) sampai saat ini menunjukkan bahwa angka-angka ini berada "di sisi yang aman". Dalam pembangunan kapal, angka yang lebih tinggi dapat diterima.

Bab 7 Prinsip-Prinsip Desain Umum

A. Umum 7-1
B. Informasi yang Terkandung dalam Dokumen Fabrikasi 7-1
C. Material, Kemampuan Las 7-2
D. Detail Desain 7-3
E. Penentuan Ukuran Sambungan Las 7-5

A. Umum

1. Ruang lingkup

Peraturan ini berisi prinsip-prinsip umum yang berlaku untuk perancangan dan penetapan ukuran sambungan las, dan informasi yang terkandung dalam dokumen fabrikasi.

2. Peraturan tambahan

Perancangan dan penetapan ukuran sambungan las pada berbagai macam aplikasi juga diatur oleh persyaratan khusus yang belaku untuk suatu komponen yang dinyatakan dalam Bab 12 sampai 16 dan dalam masing-masing Peraturan Konstruksi.

B. Informasi yang Terkandung dalam Dokumen Fabrikasi

1. Bentuk sambungan/las, simbol

1.1 Penggambaran sambungan las dan juga bentuk sambungan serta lasan harus sesuai dengan standar (misalnya EN ISO 17659, ISO 2553 atau ISO 9692). Bentuk dan sambungan las harus diidentifikasi dalam dokumen fabrikasi (gambar, dll.) secara jelas, misalnya dengan menggunakan simbol-simbol yang standar.

1.2 Bentuk atau simbol las yang tidak standar harus digambarkan dan, bila mungkin, dijelaskan secara rinci dalam dokumen fabrikasi (gambar, bagan atau spesifikasi pengelasan). Bentuk atau simbol las yang tidak standar tersebut harus disetujui oleh BKI (misalnya dalam hubungannya dengan pemeriksaan gambar atau uji prosedur pengelasan).

1.3 Bentuk las harus dipilih sesuai dengan, memiliki ukuran yang cukup, atau dirancang dengan baik sesuai beban (statis atau dinamis) dan besarnya gaya yang akan ditransmisikan. Jika diperlukan, bukti dokumentasi dari perhitungan desain harus diserahkan (lihat peraturan tambahan yang disebutkan di A.2).

2. Informasi tentang fabrikasi

2.1 Dokumen-dokumen fabrikasi yang akan diserahkan untuk persetujuan harus berisi informasi tentang fabrikasi yang berkaitan dengan kualitas sambungan las dan yang diperlukan untuk pemeriksaan oleh BKI. Selain material dan bentuk las, dokumen ini terdiri dari informasi berikut:

- Metode persiapan las (mekanik, termal, dll.)
- Proses pengelasan, posisi pengelasan
- Bahan habis pengelasan dan material bantu
- Pemanasan awal dan, bilamana mungkin, masukan panas selama pengelasan
- Bentuk lasan dan jumlah jalur
- Urutan pengelasan (dalam kasus khusus)

- Pembuatan kampuh akar (metode)
- Perlakuan (panas) pasca las , jika ada
- Jumlah dan lokasi dari setiap spesimen produksi yang akan dilas pada saat yang sama (jika ditetapkan).

Berkenaan dengan informasi tentang persyaratan yang berlaku untuk sambungan las dan pemeriksaannya, lihat 3.

2.2 Jika persiapan dan pengerjaan las (bersama dengan prosedur pengelasan yang disetujui, bahan habis pengelasan dan material bantu) sesuai dengan praktek pengelasan dan pembangunan kapal secara normal serta Peraturan ini dan standar yang diakui, maka BKI dapat mengabaikan persyaratan yang mengharuskan las untuk digambarkan atau ditunjukkan secara khusus dalam dokumen fabrikasi.

3. Persyaratan untuk sambungan las, inspeksi

3.1 Dokumen-dokumen fabrikasi (misalnya gambar, bagan pengelasan atau inspeksi) yang harus diserahkan untuk persetujuan juga harus menunjukkan persyaratan mutu sambungan las. Tergantung pada berbagai penerapan, hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan faktor las (lihat Bab 13 dan 14), atau dengan menggunakan tingkat mutu las (lihat Bab 12, I., Tabel 12.9) atau kategori evaluasi sesuai dengan ISO 5817 atau ISO 10042 (lihat Lampiran F dan G). Pengujian (metode pengujian dan lingkup pengujian) yang akan digunakan untuk memverifikasi mutu las yang ditetapkan juga harus ditunjukkan.

3.2 Persyaratan yang harus dinyatakan termasuk juga kekedapan terhadap gas dan cairan atau ketahanan korosi terhadap media tertentu.

3.3 Berkenaan dengan prosedur pengelasan dan uji produksi, lihat Bab 4 dan aplikasi-spesifik di Bab 12 sampai 16; berkenaan dengan uji tak rusak, lihat Bab 10 dan aplikasi-spesifik di Bab 12 sampai 16.

C. Material, Kemampuan Las

1. Kemampuan las, pengerjaan

Hanya material dengan kemampuan las yang telah terbukti yang dapat digunakan untuk konstruksi las. Setiap kondisi yang terkait dengan persetujuan material atau uji prosedur pengelasan yang menimbulkan pembatasan pada pengerjaan dan rekomendasi dari produsen material harus dipertimbangkan saat merancang sambungan las.

2. Karakteristik terkait material

Karakteristik terkait material, seperti kekuatan (yang rendah) dari produk canai pada arah tebal (lihat D.7.2), pelunakan paduan aluminium yang dikeraskan ketika dilas, atau perbedaan tingkatan ekspansi termal dari berbagai material, harus dipertimbangkan saat perancangan dan penentuan ukuran komponen dan sambungan las.

3. Pelat berlapis

Pelat berlapis dimana efisiensi ikatan antara material pendukung dan pelapis telah dibuktikan dengan pengujian material (lihat Rules for Materials (Pt. 1, Vol. V), Sec. 4) secara umum dapat diperlakukan sebagai pelat utuh (sampai dengan ketebalan pelat menengah dengan sebagian besar las fillet).

4. Pasangan material, korosi

Ketika pasangan material yang berbeda terekspos ke air laut atau elektrolit lainnya, misalnya sambungan las antara baja struktural (lambung) tanpa paduan dengan baja tahan karat, perhatian harus diberikan pada

peningkatan kecenderungan korosi akibat perbedaan potensial elektrokimia. Bila mungkin, sambungan las ini harus ditempatkan pada lokasi-lokasi dimana bahaya korosinya rendah, atau harus disediakan perlindungan korosi khusus (misalnya pelapisan atau proteksi katodik).

D. Detail Desain

1. Kemudahan akses, pengerjaan dan kelayakan untuk pemeriksaan

1.1 Sambungan las harus direncanakan pada tahap desain untuk memastikan bahwa sambungan las tersebut mudah diakses selama fabrikasi dan dapat dikerjakan pada posisi dan urutan pengelasan yang optimal.

1.2 Sambungan las dan urutan pengelasan harus dirancang untuk meminimalkan tegangan sisa las dan menghindari deformasi yang berlebihan. Oleh karena itu ukuran sambungan las sebaiknya tidak berlebihan.

1.3 Sambungan las harus dirancang untuk memastikan bahwa jenis dan mutu las yang direncanakan (misalnya fusi akar yang penuh pada las butt bevel-tunggal dan ganda) dapat dicapai secara memuaskan dalam kondisi fabrikasi yang diberikan. Jika tidak bisa dicapai, maka langkah-langkah yang mudah untuk dikerjakan harus dibuat pada lasan dan kemampuan memikul beban (yang mungkin rendah) harus dipertimbangkan saat penentuan dimensi las.

1.4 Sambungan las yang menerima tegangan yang sangat besar, yang oleh sebab itu biasanya dijadikan subyek pemeriksaan wajib, harus dirancang untuk memfasilitasi penerapan teknik pemeriksaan yang paling sesuai (radiografi, ultrasonik atau pemeriksaan retak permukaan, boleh jadi kombinasi diantara ketiganya) sehingga dapat dilakukan pengujian yang memberikan hasil yang dapat dipercaya.

2. Lokasi dan konfigurasi sambungan las

2.1 Di area dengan konsentrasi tegangan yang tinggi yang dihasilkan dari desain -dan terutama dalam kasus pembebanan dinamis-, sambungan las harus dihindari sejauh memungkinkan atau dirancang sedemikian rupa untuk memberikan profil tegangan yang halus secara umum tanpa efek takik tambahan yang signifikan yang berasal dari operasi pengelasan. Lihat Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II) Sec. 20 "Kekuatan Lelah".

2.2 Las butt yang berpotongan pada dinding ketel uap dan bejana tekan yang memikul beban harus dihindari. Sambungan-sambungan memanjang pada pipa harus diberi jarak satu sama lain setidaknya 50 mm di bagian sambungan pipa. Pada struktur lambung diperbolehkan las butt yang berpotongan; namun, jika memungkinkan, sambungan las yang pertama (misalnya yang memanjang) harus dilas secara lengkap dan rapi pada ujung-ujungnya sebelum dibuat sambungan yang kedua (misalnya yang melintang).

3. Pengelompokan las setempat, jarak minimum

3.1 Pengelompokan las setempat dan jarak yang tidak cukup antara sambungan las harus dihindari (lihat juga Bab 12, G.4). Las tidak boleh mempunyai dimensi yang berlebihan. Ketebalan las fillet tidak boleh melebihi 0,7 x tebal bagian yang lebih tipis dari dua bagian yang akan disambung.

3.2 Las butt yang berdekatan harus dipisahkan satu sama lain dengan jarak minimal 50 mm + 4 x ketebalan pelat. Las fillet harus dipisahkan satu sama lain dan dari las butt dengan jarak minimal 30 mm + 3 x ketebalan pelat. Lebar potongan pelat pengganti (strip), bagaimanapun, tidak boleh kurang dari 300 mm atau 10 x ketebalan pelat, diambil yang paling besar. Lihat juga Bab 12, G.4.1.

4. Lubang, celah pengelasan

4.1 Lubang (celah pengelasan) yang berukuran cukup harus disediakan ketika, contohnya, penegar dipasang ke pelat sebelum sambungan butt di pelat dilas, lihat juga Bab 12, G.5. Celah pengelasan harus dibulatkan dengan radius minimal 25 mm atau 2 x tebal pelat, diambil yang paling besar.

4.2 Dalam kasus-kasus khusus, misalnya ketika komponen yang dilas menerima tegangan dinamis yang sangat besar, sebagai ganti menyediakan celah pengelasan di area las butt, dapat dianjurkan untuk membuat persiapan las bevel-ganda pada komponen yang akan disambung ke pelat, untuk mengelasnya dari kedua sisi dan untuk menghilangkan cacat akar yang dihasilkan di las butt dari sisi yang berlawanan (dari pelat).

5. Penguatan lokal, pelat rangkap

5.1 Jika pelat (termasuk pelat penumpu dan dinding tabung atau bejana) mengalami peningkatan tegangan setempat, maka sebaiknya digunakan pelat yang lebih tebal bilamana memungkinkan daripada pelat rangkap. Rumah bantalan, hub, dll. harus selalu berbentuk pelat yang lebih tebal, tempa atau sejenisnya, yang dilas ke pelat.

5.2 Jika penggunaan pelat rangkap tidak dapat dihindari, maka ketebalannya tidak boleh lebih dari 2 x tebal pelat dan lebarnya tidak boleh melebihi 30 x tebal pelat. Berkenaan dengan pengelasan pelat rangkap dan khususnya ujung-ujung pelat rangkap, lihat Bab 12, G.6. Berkenaan dengan desain dan pengelasan pelat rangkap sebagai penguatan lubang pengelasan pada bejana tekan, lihat Peraturan Konstruksi.

6. Aliran tegangan, transisi

6.1 Semua sambungan las pada bagian konstruksi pendukung harus dirancang untuk memberikan profil tegangan sehalus mungkin tanpa adanya takik internal atau eksternal yang besar, tidak ada diskontinuitas pada kekakuan dan tidak ada penghalang untuk ekspansi.

6.2 Untuk itu, komponen-komponen dengan dimensi yang berbeda harus disesuaikan satu sama lain dengan transisi yang gradual (misalnya dengan meniruskan tepi komponen yang lebih tebal). Oleh karena itu baja tuang dan baja tempa harus dilengkapi dengan flens pengelasan yang dicor atau ditempa secara integral. Lihat Bab 12, G.3. dan Peraturan Konstruksi.

7. Sambungan T-ganda (silang), tegangan pada arah tebal

7.1 Dalam kasus sambungan T-ganda (silang), jika produk rol menerima tegangan pada arah tebalnya akibat tegangan sisa pengelasan atau beban yang diaplikasikan, maka langkah-langkah yang sesuai harus diambil dalam mendesain struktur untuk mencegah sobek lamelar (patah bertingkat). Langkah-langkah tersebut meliputi penggunaan bentuk las yang sesuai dengan volume las yang minimum dan urutan pengelasan yang dirancang untuk mengurangi tegangan penyusutan pada arah tebal.

7.2 Jika terdapat tegangan yang sangat besar pada arah tebal (misalnya karena las butt bevel-tunggal atau ganda yang besar), maka harus digunakan material dengan karakteristik yang lebih bagus pada arah yang tegak lurus terhadap permukaan produk (lihat Rules for Materials (Pt. 1, Vol. V), Sec. 4).

8. Pengelasan bagian yang dibentuk-dingin

Pengelasan bagian baja struktural (lambung) yang dibentuk-dingin diperbolehkan asalkan persyaratan yang dinyatakan pada Bab 12, G.8. dipenuhi. Dalam kasus-kasus khusus, perlakuan panas pasca-las mungkin diperlukan atau bukti dokumentasi terkait ketangguhan yang cukup setelah pengelasan dapat diminta.

9. Langkah-langkah desain lainnya

9.1 Las tidak boleh ditempatkan di kanal profil yang menimbulkan bahaya karena adanya segregasi dan tegangan sisa di area ini yang timbul dari proses pengerolan.

9.2 Sambungan las (sambungan las fillet) di area dimana resiko korosi tidak dapat ditiadakan harus dikerjakan secara menerus mengelilingi komponen, lubang pengelasan, dll. untuk memberikan kekedapan.

9.3 Jika perlakuan panas dilakukan pada komponen dengan ruang berongga tertutup yang diharuskan oleh desain, seperti yang terjadi pada penguat lubang pengelasan (pelat rangkap), flens lepas pasang atau pipa penggantung, maka sarana ventilasi, misalnya lubang bor, harus disediakan.

E. Penentuan Ukuran Sambungan Las

1. Penentuan ukuran, perhitungan desain

1.1 Penentuan ukuran harus dilakukan sesuai dengan Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II), dengan mengacu pada bentuk dan mutu las yang bersangkutan serta jenis (statis atau dinamis) dan besarnya tegangan. Ukuran las (jika disyaratkan) harus jelas kelihatan dari dokumen fabrikasi yang akan diserahkan untuk persetujuan. Dalam kasus las fillet, keterangan juga harus diberikan terkait apakah data ukuran mengacu pada ketebalan leher las "a" atau pada panjang kaki las "z".

1.2 Jika disyaratkan oleh BKI (misalnya dalam Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II), atau sebagai bagian dari pemeriksaan gambar), maka bukti matematis (analisa tegangan secara umum dan/atau bukti kekuatan lelah) harus diberikan bahwa lasan telah memiliki ukuran las yang memadai.

2. Ketebalan minimum las fillet

Ketebalan leher las fillet harus sesuai dengan Peraturan ini atau hasil perhitungan desain. Ketebalan leher yang tidak ditetapkan berdasarkan Peraturan ini atau perhitungan desain harus dibuat, sebagai persyaratan minimum, dengan ketebalan leher

a = 0,5 x ketebalan pelat

dengan tebal pelat yang lebih tipis menjadi ukuran acuan. Kecuali jika disepakati lain (misalnya untuk pengelasan sepenuhnya mekanis pelat yang ketebalannya lebih tipis pada jig penjepit yang sesuai), ketebalan minimum leher las fillet harus

$$a_{min} = \sqrt{\frac{t_1 + t_2}{3}}$$ [mm], tetapi tidak kurang dari 3 mm

t_1 = tebal pelat yang lebih kecil (mis. web) [mm]

t_2 = tebal pelat yang lebih besar (mis. flens) [mm]

Ketebalan minimum leher las fillet yang lebih kecil (misalnya 2,5 mm) dapat disetujui jika didukung uji prosedur pengelasan yang terbukti tidak ada kesalahan.

3. Kelonggaran pemesinan

Kelonggaran pemesinan yang mencukupi (las yang lebih tebal) harus disediakan untuk pemesinan las berikutnya untuk memastikan bahwa ketebalan las minimum yang ditentukan tercapai pada penyelesaian pekerjaan. Hal ini terutama berlaku untuk lasan yang penetrasinya hanya sebagian, seperti yang kadang-kadang terjadi misalnya pada komponen mesin, yang dalam hal ini sambungan yang lebih dalam harus

dibuat sejak awal untuk pemesinan. Dalam kasus penggerindaan las yang bebas takikan, yang harus diterapkan dalam kasus persyaratan mutu las tertentu, lasan yang lebih tebal harus didepositkan.

Bab 8 Pengerjaan Las

A. Umum 8-1
B. Persiapan Las, Perakitan 8-2
C. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal 8-3
D. Posisi Pengelasan, Urutan Pengelasan 8-3
E. Pelaksanaan Pengelasan 8-4
F. Pelurusan, Toleransi 8-5
G. Perlakuan Las Pasca Pengelasan 8-5

A. Umum

1. Ruang lingkup, ketentuan tambahan

1.1 Bab ini berisi aturan umum yang berlaku untuk pelaksanaan pekerjaan pengelasan, mulai dari persiapan pengelasan hingga penyelesaian sambungan las termasuk pengerjaan akhir. Untuk perlakuan panas, lihat Bab 9; untuk pengujian sambungan las, lihat Bab 10 dan 11.

1.2 Pelaksanaan pekerjaan pengelasan juga diatur oleh persyaratan khusus yang terdapat dalam berbagai bab dari Bab 12 sampai 16. Ketentuan yang relevan dari masing-masing Peraturan Konstruksi juga harus dipenuhi.

2. Persyaratan bengkel las

2.1 Semua bengkel las yang ingin melakukan pekerjaan pengelasan harus memenuhi persyaratan bengkel las yang ditetapkan dalam Bab 2 (Persetujuan), 3 (Uji Kualifikasi Juru Las) dan 4 (Uji Prosedur Pengelasan), dan bila perlu, Bab 10 (Uji Tak Rusak Las).

2.2 Bengkel las harus memelihara rekaman terbaru terhadap pemenuhan ini dan harus menyerahkannya kepada Surveyor atas permintaannya. Jika perlu (misalnya dalam kasus terjadi interupsi yang berkepanjangan terhadap pekerjaan, lihat Bab 2, A.4.2 dan Bab 3, F.), BKI dapat memeriksa kembali bengkel las.

3. Material, penandaan

3.1 Pengelasan, di bawah persyaratan fabrikasi yang diberikan, hanya dapat dilakukan pada material yang identitas dan kemampuan lasnya secara tegas dapat dibuktikan dengan merujuk pada penandaan, sertifikat, dll.

3.2 Jika terdapat keraguan, maka identitas dan kemampuan las material harus diverifikasi sebelum pengelasan dimulai.

4. Bahan habis pengelasan dan material bantu

4.1 Bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan hanyalah yang telah diuji sesuai dengan Bab 5, disetujui oleh BKI dan dengan tingkat mutu yang sesuai dengan material induk yang akan dilas. Berbagai tingkat mutu dari bahan habis pengelasan yang sesuai dengan berbagai baja struktural lambung ditunjukkan pada Tabel 12.1 di Bab 12.

4.2 Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk material tertentu dan yang ditujukan untuk proses pengelasan khusus yang telah disetujui berdasarkan uji prosedur pengelasan (awal) hanya dapat

digunakan untuk rentang aplikasi yang ditentukan dalam sertifikat persetujuan. Segala persyaratan atau aturan khusus yang terkait dengan aplikasi tersebut harus dipenuhi.

4.3 Bahan habis pengelasan dan material bantu hanya dapat digunakan untuk diameter elektroda yang dicakup oleh pengujian dan untuk posisi pengelasan yang disetujui. Instruksi pabrikan dan rekomendasi penggunaan (mis. jenis arus dan polaritas yang digunakan) harus dipenuhi.

4.4 Jika perlu, sebelum digunakan, bahan habis pengelasan dan material bantu harus dipanaskan sesuai dengan instruksi pabrik (dengan menjaga waktu pemanasan maksimum yang ditentukan) dan harus dijaga tetap kering di tempat kerja (dalam wadah berpemanas atau sejenisnya).

5. Cat dasar mampu timpa las

5.1 Cat dasar mampu ditimpa las yang diaplikasikan pada pelat, profil, dll. sebelum pengelasan dan cat tersebut tidak dihilangkan harus diuji dan disetujui sesuai dengan Bab. 6.

5.2 Selama proses fabrikasi bengkel las harus memastikan melalui pemeriksaan yang sesuai (terutama pada ketebalan lapisan) dan uji produksi yang dilakukan secara acak bahwa mutu sambungan las tidak terpengaruh sampai pada tingkat yang tidak dapat diterima.

6. Dokumen fabrikasi, standar perusahaan

6.1 Pengelasan harus dikerjakan sesuai dengan gambar yang disetujui, bagan pengelasan atau standar perusahaan yang diakui oleh BKI. Pengecualian terhadap aturan ini harus berdasar persetujuan BKI dalam setiap kasus individu.

6.2 Pemenuhan terhadap dokumen fabrikasi adalah tanggung jawab bengkel las.

B. Persiapan Las, Perakitan

1. Persiapan las

1.1 Persiapan las dapat dilakukan dengan pemotongan termal atau pemesinan. Tepi sambungan (permukaan alur) yang disiapkan dengan pemotongan termal harus diratakan dengan pemesinan (mis. gerinda) jika efek yang merugikan pada sambungan las karena operasi pemotongan tidak dapat dikesampingkan. Sisi pengelasan dari baja cor dan baja tempa harus selalu diratakan sebagai persyaratan minimum; kotoran bekas pengerolan atau sisa-sisa pengecoran (*casting skin*) harus dihilangkan.

1.2 Permukaan alur harus bebas dari kotoran dan cacat yang dapat merusak mutu sambungan las, mis. lap, alur kasar yang dihasilkan oleh api pemotongan dan terak. Sebelum pengelasan, permukaan kampuh harus diperiksa terhadap cacat, misalnya retak, inklusi, *blowhole* atau pori-pori, menggunakan metode uji tak rusak jika perlu.

2. Bentuk las, bukaan akar (celah udara)

2.1 Saat menyiapkan dan merakit komponen, perhatian harus diberikan untuk memastikan pemenuhan bentuk las dan bukaan akar (celah udara) yang ditetapkan dalam dokumen fabrikasi. Khususnya dengan las butt bevel tunggal dan ganda, perhatian harus diberikan untuk membuat bukaan akar yang memadai untuk mendapatkan penetrasi akar yang cukup.

2.2 Bukaan akar tidak boleh melebihi dua kali celah yang ditetapkan. Jika ukuran celah yang diizinkan oleh peraturan ini terlampaui secara lokal di area yang terbatas, maka celah tersebut dapat diperkecil dengan membuat pengelasan tambahan pada dinding kampuh, berdasar persetujuan Surveyor. Pada las

fillet, ukuran "a" karenanya harus diperbesar, atau las tirus tunggal atau ganda harus dibuat jika celah udara besar. Potongan pelat dan kawat tidak boleh digunakan sebagai pengisi.

3. Kelurusan komponen

3.1 Komponen yang akan disatukan dengan pengelasan butt harus diluruskan seakurat mungkin. Untuk tujuan tersebut, profil yang dilas ke pelat harus dibiarkan tidak dilas di ujungnya. Perhatian khusus harus diberikan pada kelurusan penumpu (yang berbatas) yang terputus oleh bagian konstruksi melintang. Jika diperlukan, kelurusan tersebut harus difasilitasi oleh lubang periksa yang dibor pada bagian konstruksi melintang yang kemudian ditutup dengan pengelasan.

3.2 Kesalahan kelurusan tepi yang diizinkan tergantung pada sifat, keutamaan dan pembebanan dari komponen yang bersangkutan dan dibahas dalam berbagai bab dari Bab 12 sampai 16. Jika persyaratan pembebanan khusus atau persyaratan lain yang terkait dengan pengaplikasian mengharuskan pembatasan dari kesalahan kelurusan tepi, maka kesalahan yang diperbolehkan harus dinyatakan dalam dokumen fabrikasi.

4. Las cantum dan persiapan untuk pengelasan

4.1 Las cantum harus digunakan sesedikit mungkin dan harus dikerjakan oleh personel yang terlatih. Jika mutunya tidak memenuhi persyaratan yang berlaku untuk sambungan las, maka las cantum tersebut harus dihilangkan dengan hati-hati sebelum dilakukan las permanen.

4.2 Pelat penjepit, pengikat sementara dan pin pelurus harus dibuat dari material yang sama dengan material induk atau dari material dengan komposisi yang sama dan tidak boleh digunakan lebih dari yang diperlukan. Setiap kerusakan yang terjadi pada waktu pelepasannya harus diperbaiki dengan baik.

4.3 Pada proses pengelasan mekanis atau ketika cacat goresan busur (*arc stricking*) dan kawah akhir (*end crater*) pada las butt harus dihindari, pelat tambahan di awal dan akhir sambungan (*run-in* and *run-off)* harus disediakan sebagai kelanjutan dari garis pengelasan.

4.4 Komponen harus bersih dan kering di area pengelasan. Setiap kotoran, karat, sisa pemotongan, gemuk, cat (kecuali untuk cat dasar mampu timpa las yang disetujui), embun atau debu harus dihilangkan dengan hati-hati sebelum pengelasan.

C. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal

1. Area yang akan dilas harus dilindungi secara memadai terhadap pengaruh lingkungan seperti angin, kelembaban dan udara dingin dan harus dilakukan pemanasan awal jika diperlukan.

2. Kebutuhan dan tingkat pemanasan awal ditentukan oleh berbagai faktor, seperti komposisi kimia, ketebalan pelat, penyebaran panas dua atau tiga dimensi, temperatur lingkungan dan temperatur benda kerja, atau masukan panas selama pengelasan (energi yang diterapkan per satuan panjang las). Detail diberikan dalam Bab 9 dan berbagai bab dari Bab 12 hingga 16.

3. Pemanasan awal harus diterapkan secara seragam di seluruh ketebalan pelat atau komponen dengan lebar 4 × tebal pelat, tetapi tidak kurang dari 100 mm. Pemanasan awal mungkin diperlukan untuk las cantum dan las bantu seperti halnya las fabrikasi.

D. Posisi Pengelasan, Urutan Pengelasan

1. Pengelasan harus dilakukan dalam posisi pengelasan yang optimal; pengelasan dengan posisi sulit harus dibatasi seminimal mungkin. Juru las yang digunakan pada pengelasan posisi sulit harus memenuhi

syarat untuk posisi pengelasan yang dimaksud. Berkenaan dengan pengelasan pada posisi vertikal ke bawah, lihat Bab 12, H.6.

2. Urutan pengelasan harus dipilih untuk memungkinkan penyusutan berlangsung sebebas mungkin. Sambungan butt di area pelat harus selalu dilas penuh sebelum memasang penumpu dan penegar. BKI dapat meminta prosedur perakitan atau bagan urutan pengelasan untuk disusun dalam kasus-kasus khusus.

E. Pelaksanaan Pengelasan

1. Bengkel las harus memastikan bahwa parameter las yang ditetapkan diikuti dan bahwa pekerjaan las dilakukan secara kompeten.

2. Komponen tidak boleh mengalami gerakan atau getaran yang berarti selama pengelasan. Bagian-bagian yang akan dirakit pada saat digantung dengan derek atau yang menggantung harus dijepit sebelum dilakukan las cantum pada sambungannya sedemikian rupa sehingga relatif tidak ada gerakan dari bagian-bagian tersebut. Komponen yang belum sepenuhnya dilas dan yang akan dikerjakan atau diputar harus memiliki sambungan las yang cukup kuat.

3. Las cantum yang retak tidak boleh ditimpa las, tetapi harus digerinda habis. Dalam pengelasan multi-jalur, terak dari jalur sebelumnya harus benar-benar dihilangkan sebelum jalur berikutnya didepositkan. Pori-pori, inklusi terak yang terlihat, dan cacat pengelasan lainnya serta retak tidak boleh ditimpa las, tetapi harus digerinda habis dan diperbaiki.

4. Lasan harus memiliki penetrasi yang cukup dan harus menampilkan permukaan yang bersih dan teratur dengan transisi yang "halus" ke material induk. Pemerkuat las berlebih dan *undercut* atau takik yang mempengaruhi tepi pelat dan lubang pengelasan harus dihindari.

5. Sambungan las butt harus menampilkan fusi yang penuh pada seluruh penampang, kecuali jika ditentukan sebaliknya dalam kasus tertentu. Untuk tujuan ini, akar biasanya harus diberi alur dan ditutup. Setelah keberhasilan uji prosedur pengelasan yang dikonfirmasi oleh BKI, las satu sisi, misalnya menggunakan penahan keramik, dapat dianggap setara dengan las butt yang dilas dari kedua sisi. Sambungan lain yang dilas hanya pada satu sisi, misalnya menggunakan penahan permanen, harus mendapat persetujuan BKI ketika dilakukan pemeriksaan gambar yang relevan.

6. Las butt tirus tunggal dan ganda harus dibuat sesuai dengan spesifikasi desain baik dengan akar beralur sebagai sambungan las penetrasi penuh maupun dengan penetrasi akar tidak penuh yang diizinkan atau permukaan akar yang tidak dilas dengan faktor reduksi yang sesuai (lihat Bab 12, G.10.2). Jenis las harus ditentukan dalam gambar dalam setiap kasus dan harus mendapat persetujuan BKI ketika dilakukan pemeriksaan gambar.

7. Untuk lasan fillet, perhatian khusus harus diberikan pada penetrasi akar yang baik. Penetrasinya harus memanjang setidaknya sampai sekitar titik akar teoretis. Penampang las fillet yang ideal adalah las dengan sisi yang sama panjang dan permukaan yang datar dengan transisi yang halus ke material induk. Pada ujung pelat bilah, pada lubang pengelasan dan pada celah pengelasan, las fillet harus dibuat mengelilingi bilah untuk memberikan kekedapan.

8. Kesalahan pengerjaan dengan skala yang besar atau cacat pada material hanya dapat diperbaiki dengan persetujuan Surveyor. Cacat permukaan minor harus dihilangkan dengan gerinda dangkal. Cacat yang menembus lebih dalam ke dalam material (misal retak, atau kerusakan yang disebabkan oleh pelepasan peralatan tambahan untuk ereksi) harus digerinda dengan bersih dan jika perlu diperbaiki dengan las dengan masukan panas yang memadai.

9. Perbaikan (disebut lasan produksi) pada baja cor dan baja tempa hanya boleh dilakukan dengan persetujuan Surveyor. Jika volumenya cukup besar, sketsa dan deskripsi pekerjaan perbaikan harus diserahkan ke Kantor Pusat BKI untuk disetujui, bersama dengan rincian analisis material induk, proses pengelasan dan bahan habis pengelasan dan material bantu. BKI dapat meminta perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan atau, dalam kasus khusus, perlakuan panas lebih lanjut pada komponen setelah pengelasan.

10. Ketika mengerjakan dan mengelas baja struktural lambung berkekuatan lebih tinggi, baja struktural berbutir halus berkekuatan tinggi (didinginkan dan dikeraskan), baja tahan karat austenitik dan paduan aluminium, perhatian harus diberikan pada informasi dan instruksi yang relevan di berbagai bab mulai Bab 12 hingga 16. Untuk pekerjaan ini, BKI dapat meminta spesifikasi pengelasan yang sesuai untuk diserahkan.

F. Pelurusan, Toleransi

1. Operasi pelurusan (baik secara termal atau mekanis) tidak boleh merusak kualitas material dan sambungan las. BKI dapat meminta verifikasi kesesuaian metode pelurusan (misal dengan cara uji prosedur pengelasan). Hal ini khususnya berlaku untuk baja struktur butiran halus (didinginkan dan dikeraskan) berkekuatan tinggi.

2. Kecuali jika toleransi telah dinyatakan dalam Bab 12 sampai 16 atau dalam dokumen fabrikasi, toleransi dimensi untuk struktur yang dilas harus sesuai dengan standar, misal ISO 13920 dan untuk sambungan las sesuai dengan ISO 5817 atau ISO 10042, (lihat Lampiran F dan G). Tingkat kehalusan dan kategori evaluasi harus ditetapkan dalam dokumen fabrikasi. BKI dapat menentukan toleransi lain (yang lebih ketat) jika hal ini diperlukan karena alasan kekuatan dan/atau keselamatan operasional.

G. Perlakuan Las Pasca-Las

1. Jika direncanakan untuk melakukan perlakuan pasca-las pada lasan, misalnya untuk memperhalus permukaan akhir dalam kaitan pembebanan dinamis, maka perlakuan tersebut tidak boleh merusak karakteristik (sifat mekanik) dari sambungan las. BKI dapat meminta bukti dokumen terkait hal tersebut.

2. Untuk perlakuan panas pasca-las, lihat Bab 9; untuk perlakuan akhir permukaan dalam rangka uji tak rusak, lihat Bab 10, F.1.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 9 Perlakuan Panas

A. Ruang Lingkup....9-1
B. Peralatan dan Perlengkapan Perlakuan Panas....9-1
C. Prinsip-Prinsip yang Berkaitan dengan Perlakuan Panas....9-2
D. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal, Masukan Panas selama Pengelasan....9-2
E. Perlakuan Panas Pasca-Las....9-8

A. Ruang Lingkup

1. Peraturan ini berlaku untuk pemanasan awal, dan masukan panas selama pengelasan serta perlakuan panas pasca-las dari komponen las apabila disyaratkan. Untuk pemanasan awal baja struktural lambung, lihat juga Bab 12, H.4 dan H.5.

2. Persyaratan yang berkaitan dengan perlakuan panas pada komponen las yang mengalami pembentukan panas atau dingin (misalnya penutup bentuk bulat atau cakram, bentuk T dan siku) diatur dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V).

B. Peralatan dan Perlengkapan Perlakuan Panas

1. Peralatan dan perlengkapan untuk pemanasan awal

Pemanasan awal dapat dilakukan baik dengan peralatan perlakuan panas atau dengan perlengkapan pemanas bergerak, misalnya dengan pembakar gas (*burner*) atau induksi listrik atau peralatan pemanas resistensi (selimut resistensi) sesuai yang berlaku. Syarat penggunaannya adalah temperatur pemanasan awal dan temperatur antar jalur yang ditetapkan harus mampu dijaga konstan dan dimonitor selama operasi pengelasan.

Temperatur dapat dimonitor dengan menggunakan peralatan atau alat bantu yang sesuai, misalnya termometer kontak, sensor temperatur atau krayon yang sensitif terhadap temperatur.

2. Peralatan perlakuan panas tetap (tungku perlakuan panas)

2.1 Fasilitas perlakuan panas tetap (tungku perlakuan panas) harus memiliki ukuran yang sesuai untuk komponen tertentu dan struktur yang dimaksud dan harus dilengkapi dengan fasilitas kontrol temperatur yang sesuai. Tungku harus memastikan bahwa temperatur perlakuan panas yang ditetapkan dapat dijamin dan bahwa temperatur dapat dikontrol secara merata dan akurat (DIN 17052, grade mutu C).

2.2 Perekam temperatur dengan jumlah yang memadai harus disediakan, minimal 2 untuk setiap tungku. Variasi temperatur selama periode perlakuan panas harus ditetapkan dan dicatat. Alat kontrol temperatur dan instrumen perekam temperatur dan waktu yang digunakan harus diperiksa secara berkala (minimal sekali setahun) dan bukti dokumentasi dari hasil pemeriksaan harus diserahkan ke BKI jika diminta.

3. Peralatan perlakuan panas lainnya

Persyaratan utama ditentukan pada 1., namum tergantung pada persyaratan khusus yang terkait dengan komponen atau struktur. Jenis dan metode perlakuan panas dimaksud harus mendapat persetujuan BKI.

Jika tungku perlakuan panas dengan ukuran yang memadai tidak tersedia untuk perlakuan panas komponen, maka perlakuan panas dapat dilakukan pada fasilitas pemanas bergerak (tungku yang dapat dipindah) atau pada peralatan yang dirancang khusus untuk tujuan tersebut, berdasarkan persetujuan BKI.

Peralatan tersebut harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 2.1 dan 2.2 berkaitan dengan fungsi, kontrol temperatur dan perekam temperatur dan harus disampaikan kepada BKI untuk diperiksa sebelum digunakan. Perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa terdapat isolasi yang memadai pada komponen atau lasan yang memerlukan perlakuan panas. Perbedaan temperatur yang tidak dapat diterima pada komponen tersebut harus dihindari.

C. Prinsip-Prinsip yang Berkaitan dengan Perlakuan Panas

1. Perlakuan panas, pengukuran dan perekaman temperatur harus dilakukan oleh personel yang kompeten.

2. Selain dari laju pemanasan dan pendinginan, jenis, temperatur dan durasi proses perlakuan panas ditentukan oleh material, ketebalan material, proses produksi dan sifat dari komponen atau struktur. Perhatikan juga ketentuan ISO 17671 Part 1 sampai 4 dan aturan yang terdapat dalam Bab 12 sampai 16. Informasi dan rekomendasi yang disediakan oleh pabrik pembuat material dan bahan habis pengelasan harus diperhatikan.

3. Detail perlakuan panas pra- dan pasca-las dari suatu struktur atau komponen harus dimasukkan dalam dokumen produksi yang diserahkan untuk pemeriksaan oleh BKI. Jika digunakan spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) milik pabrik pembuat, WPS tersebut harus berisi informasi yang diperlukan terkait dengan pemanasan awal, masukan panas selama pengelasan dan perlakuan panas pasca-las.

4. Seluruh bagian komponen biasanya dikenai perlakuan panas pasca-las. Perlakuan panas pada bagian atau sebagian las atau perlakuan panas sebagian area, khususnya komponen yang bertekanan, memerlukan persetujuan BKI pada setiap kasus individu. Spesifikasi terkait dengan hal tersebut harus diserahkan kepada BKI untuk diperiksa.

5. Jika sambungan las akan dibuat antara material yang berbeda, dalam kasus komponen las yang kompleks (misalnya pada bejana proses LNG/LPG dan tangki gas), komponen yang memiliki tingkat pembentukan dingin yang tinggi (lebih dari 3%) atau struktur yang luas dan las perbaikan pada produk cor, maka kebutuhan, jenis dan luasan perlakuan panas harus disepakati dengan BKI.

6. Komponen harus disiapkan untuk perlakuan panas dengan benar dalam urutan yang tepat. Permukaan flens dan pengedap (*seal*) harus dilindungi secara memadai terhadap kerak. Tindakan pencegahan harus dilakukan untuk melindungi komponen terhadap distorsi; oleh karena itu komponen dan struktur harus diposisikan. Perbedaan temperatur yang berlebihan harus dihindari selama proses perlakukan panas dan selama pemanasan dan pendinginan.

D. Perlindungan Cuaca, Pemanasan Awal, Masukan Panas selama Pengelasan

1. Perlindungan cuaca, pengelasan pada temperatur rendah

1.1 Area dimana pekerjaan pengelasan dilakukan harus terlindung dari angin, kelembaban dan hujan, terutama jika dilakukan diluar ruangan. Apabila menggunakan las busur berpelindung gas, perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan perlindungan yang memadai terhadap angin kencang. Ketika bekerja di tempat terbuka di bawah kondisi cuaca yang tidak menguntungkan disarankan untuk mengeringkan tepi kampuh las dengan pemanasan.

1.2 Pada temperatur lingkungan di bawah +5°C, langkah-langkah tambahan harus diambil, seperti melindungi komponen, pemanasan pendahuluan dan pemanasan awal yang terus menerus, terutama ketika pengelasan dengan masukan panas yang relatif rendah (masukan energi per satuan panjang las), misalnya ketika membuat las fillet yang tipis atau dalam kasus penyebaran panas yang cepat, misalnya

ketika pengelasan komponen berdinding-tebal. Jika memungkinkan, pengelasan tidak boleh dilakukan pada temperatur lingkungan di bawah -10˚C.

2. Pemanasan awal untuk pengelasan baja feritik

2.1 Kebutuhan untuk pemanasan awal baja feritik dan temperatur pemanasan awal tergantung pada sejumlah faktor. Diantara faktor tersebut adalah:

- komposisi kimia dari material induk (karbon ekivalen) dan logam las,
- ketebalan benda kerja dan jenis sambungan las (aliran panas dua atau tiga dimensi),
- proses pengelasan dan parameter pengelasan (masukan energi per satuan panjang las),
- tegangan penyusutan dan perubahan tegangan,
- sifat mekanik logam las dan zona terpengaruh-panas yang tergantung pada temperatur
- kandungan hidrogen yang berdifusi dalam logam las

2.2 Temperatur operasi yang harus dipertahankan (temperatur pemanasan awal minimum dan temperatur antar jalur maksimum) untuk baja struktural (lambung) dapat ditentukan berdasarkan standar ISO 17671-2. Nilai rujukan untuk temperatur pemanasan awal terdapat pada Gambar 9.1 dan 9.2, untuk dua masukan energi per satuan panjang las[1)] yang berbeda dan kandungan hidrogen HD[2)] logam las, bersama dengan berbagai nilai karbon ekivalen CET[3)].

Catatan:

Tabel 9.1 di bawah ini memberikan nilai rujukan untuk karbon ekivalen CET[3)] dari beberapa grade standar baja. Basisnya adalah informasi pabrik pembuat baja. Jika ragu, maka CET harus dihitung berdasarkan analisis yang sebenarnya.

---

1) Masukan energi per satuan panjang las:

$$E = \frac{U[\text{volt}]\cdot I[\text{amp}]\cdot \text{Waktu mengelas}[\text{menit}]\cdot 6}{\text{Panjang las }[\text{mm}]\cdot 100\left[\frac{\text{kJ}}{\text{mm}}\right]}$$

2) HD 5 = hidrogen yang dapat terdifusi maks. 5 ml per 100 gr logam las
HD 15 = hidrogen yang dapat terdifusi maks. 15 ml per 100 gr logam las

3) Karbon ekivalen:

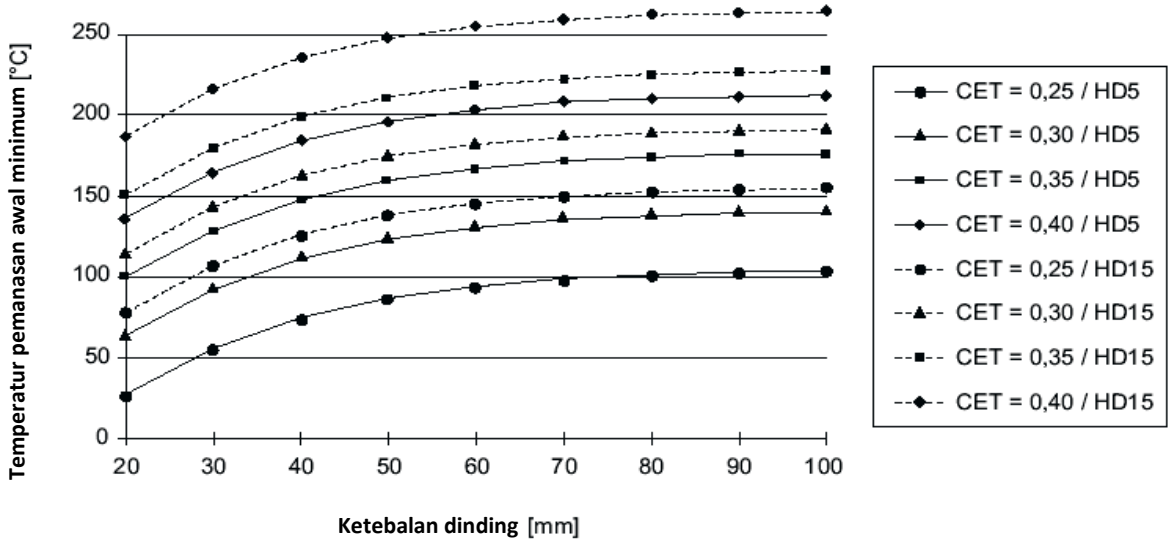
$$\text{CET} = C + \frac{Mn+Mo}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40} \quad [\%\ \text{berat}]$$

Rumus di atas untuk menghitung karbon ekivalen CET sesuai dengan ISO 17671 dapat diterapkan untuk baja yang memiliki kekuatan luluh berkisar dari 300 sampai 1000 MPa dan untuk komposisi kimia berikut: 0,05 - 0,32% C, maks. 0,8% Si, 0,5 - 1,9% Mn, maks. 0,75% Mo, maks. 1,5% Cr, maks. 0,7% Cu, maks. 2,5% Ni, maks. 0,12% Ti, maks. 0,18% V, maks. 0005 B%, maks. 0,06% Nb.

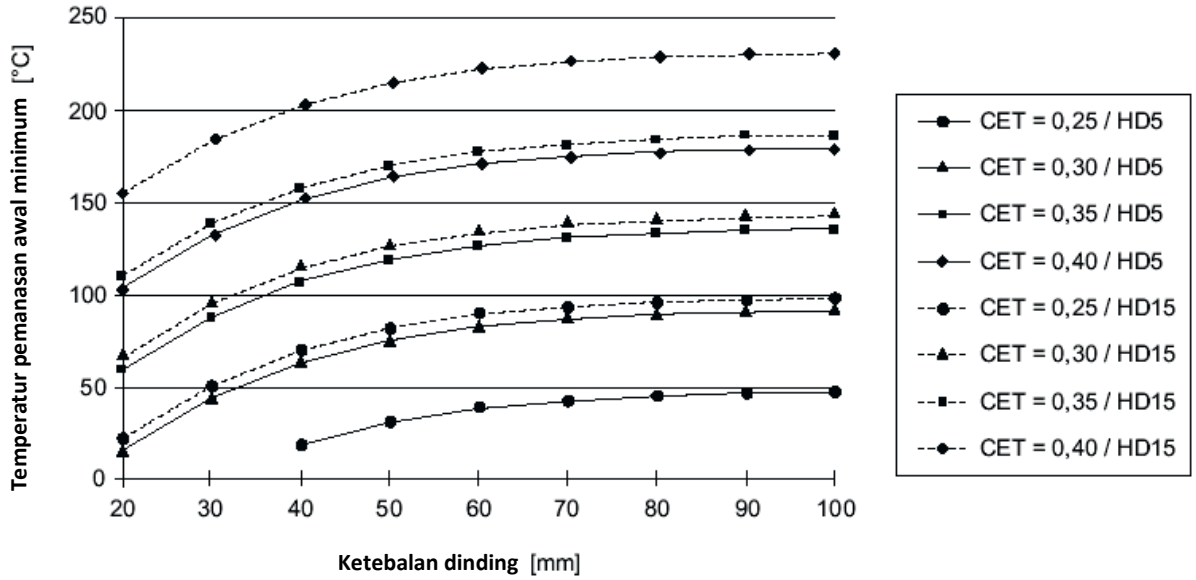
Tabel 9.1 Nilai rujukan untuk karbon ekivalen CET

Grade baja	CET [% berat]	
	Nilai rata-rata[1)]	Nilai maksimum [1)]
KI-A	0,27	0,28
KI-E	0,26	0,27
KI-D36	0,33	0,34
KI-E36TM	0,27	0,28
KI-D40	0,27	0,28
KI-E40TM	0,24	0,25
S275NL	0,25	0,27
S460NL	0,34	0,36
S460ML (TM)	0,27	0,28
S690QL	0,26	0,38
S890QL	0,38	0,41
2C22	0,26	0,29
34CrMo4	0,49	0,55
GS20Mn5	0,34	0,41

[1)] Untuk tebal produk sampai dengan 50 mm.



Gambar 9.1 Temperatur pemanasan awal minimum (temperatur operasi) yang berlaku pada proses pengelasan dengan masukan panas yang relatif rendah (masukan energi per satuan panjang[1)] E ≈ 0,5 kJ/mm) sebagai fungsi dari karbon ekivalen CET[3)] material induk dan kandungan hidrogen logam las



Gambar 9.2 Temperatur pemanasan awal minimum (temperatur operasi) yang berlaku pada proses pengelasan dengan masukan panas yang relatif tinggi (masukan energi per satuan panjang[1] E ≈ 3,5 kJ/mm) sebagai fungsi dari karbon ekivalen CET[3] material induk dan kandungan hidrogen logam las.

2.3 Tabel 9.2 berisi nilai rujukan untuk pemanasan awal baja paduan temperatur tinggi Mo atau CrMo (yang digunakan untuk ketel uap) sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V); lihat ISO 17671-2.

2.4 Tabel 9.3 berisi nilai rujukan untuk pemanasan awal baja nikel tangguh pada temperatur di bawah nol sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Untuk detail hal ini dan juga yang berkaitan dengan penggunaan bahan habis pengelasan austenitik atau berbasis nikel, lihat ISO 17671-2.

2.5 Tergantung pada kompleksitas komponen, proses pengelasan yang digunakan, tingkat tegangan sisa dalam komponen dan temperatur lingkungan (yang rendah), temperatur pemanasan awal harus dinaikkan atau batas ketebalan dinding dikurangi, sebagaimana yang sesuai. Untuk pengaruh berbagai faktor terkait dengan temperatur pemanasan awal, lihat Tabel 9.4.

2.6 Jika temperatur benda kerja lebih rendah dari temperatur minimum operasi yang dihitung berdasarkan data di atas, maka pemanasan awal perlu dilakukan. Berbagai metode yang tersedia:

- Pemanasan terus menerus sebelum dan selama pengelasan
- Bergantian antara pemanasan dan pengelasan
- Pemanasan hanya sebelum dilakukan pengelasan, jika masukan panas selama pengelasan cukup untuk mempertahankan temperatur operasi minimum.

Metode pemanasan dapat dipilih sesuai keinginan, asalkan tidak merusak material akibat pemanasan lokal yang berlebih atau menyebabkan gangguan lainnya sehingga menimbulkan kontaminasi pada area pengelasan.

Tabel 9.2 Nilai rujukan untuk pemanasan awal baja temperatur tinggi (yang digunakan untuk ketel uap)

Kategori sesuai dengan ISO 15608	Grade Baja	Ketebalan [mm]	Temperatur pemanasan awal minimum [°C] pada kandungan H_2 logam las		
			≤ 5 ml/100 g	> 5 - ≤ 10 ml/100 g	> 15 ml/100 g
1.1	16Mo3	≤ 15 > 15 - ≤ 30 > 30	20 20 75	20 75 100	100 100 tidak diperbolehkan
5.1	13CrMo4-5	≤ 15 > 15	20 100	100 150	150 tidak diperbolehkan
5.2	10CrMo9-10 11CrMo9-10	≤ 15 > 15	75 100	150 200	200 tidak diperbolehkan

Tabel 9.3 Nilai rujukan untuk pemanasan awal baja nikel tangguh pada temperatur di bawah nol

Kategori sesuai dengan ISO 15608	Grade baja	Ketebalan [mm]	Temperatur pemanasan awal minimum [°C] pada kandungan H_2 logam las	
			≤ 5 ml/100 g	> 5 - ≤ 10 ml/100 g
9.2	12Ni14 (3,5 % Ni)	> 10	100	150
9.3	12Ni19 (5 % Ni)	> 10	100	tidak diperbolehkan
	X8Ni9 (9 % Ni)	> 10	100	tidak diperbolehkan
	X7Ni9 (9 % Ni)	> 10	100	tidak diperbolehkan

Tabel 9.4 Pengaruh berbagai faktor pada tingkat pemanasan awal

Geser temperatur pemanasan awal ke nilai yang lebih rendah	Faktor yang mempengaruhi pemanasan awal	Geser temperatur pemanasan awal ke nilai yang lebih tinggi
kandungan unsur paduan rendah	komposisi kimia dari material induk (kemampuan mengeras *(hardenability)*), misalnya yang dinyatakan dengan karbon ekivalen	kandungan unsur paduan tinggi
tipis	ketebalan benda kerja atau komponen (penyebaran panas, kekakuan, kondisi tegangan sisa)	tebal
sambungan butt (2 bidang), Lasan tebal (multi lajur)	tipe sambungan, bentuk dan ukuran las, masukan panas, penyebaran panas	sambungan-T (3 bidang) las (satu-lajur) tipis
tinggi	temperatur lingkungan atau benda kerja (penyebaran panas)	rendah
tinggi	masukan panas (masukan energi per satuan panjang las) selama pengelasan	rendah
rendah	kandungan hidrogen dari logam las (jenis dan pemanasan kembali dari bahan habis pengelasan dan material bantu)	tinggi

2.7 Pemanasan awal selalu diperlukan pada las cantum dan las bantu kapanpun pemanasan awal diperlukan untuk pengelasan berikutnya. Pengecualian atas aturan ini adalah apabila dapat dijamin bahwa lasan berikutnya akan meleburkan zona terpengaruh panas, misalnya las cantum pada las busur rendam.

2.8 Terlepas dari informasi yang diberikan di atas, pemanasan awal selalu diperlukan ketika membuat las ereksi bantu yang besar, misalnya pengelasan pada kupingan pengangkat (*handling lugs*) dan ketika melakukan pengelasan pada dinding yang tebal serta produk cor dan tempa berdinding tebal.

2.9 Pemanasan awal harus dilakukan secara merata di seluruh ketebalan pelat atau komponen dengan jarak empat kali tebal pelat, minimum 100 mm, pada kedua sisi lasan. Pemanasan berlebih yang terjadi secara lokal harus dihindari. Pemanasan awal dengan gas pembakar harus dilakukan dengan api yang kecil, sehingga tidak menimbulkan jelaga, untuk mencegah kotoran terdepositkan ke area las. Untuk detail mengenai perekaman temperatur pemanasan awal lihat pada EN IS0 13916.

2.10 Untuk mencegah retak dingin pada baja kekuatan-lebih tinggi dan baja kekuatan tinggi (diquench dan ditemper), komponen berdinding tebal atau komponen dengan desain yang kompleks, disarankan untuk menggunakan langkah-langkah yang memberikan cukup waktu bagi hidrogen yang masuk ke dalam logam las untuk keluar. Metode berikut sering digunakan:

- Mempertahankan temperatur pemanasan awal minimum dan antar jalur selama operasi pengelasan
- Menunda pendinginan setelah pengelasan
- Menahan temperatur sekitar 250°C sebelum pendinginan dimulai (perlakukan panas untuk mereduksi hidrogen) atau
- Perlakuan panas sesaat setelah pengelasan (tanpa pendinginan di antaranya)

2.11 Jika baja struktural lambung atau baja struktural berbutir halus yang mengalami proses termo-mekanis (baja TM), maka kebutuhan dan tingkat pemanasan awal harus ditetapkan secara terpisah berdasarkan karbon ekivalen dan hasil persetujuan atau uji prosedur las, sesuai yang berlaku. Pengeringan daerah yang akan dilas dengan pemanasan dapat dianggap mencukupi.

3. Pemantauan temperatur antar jalur

Nilai rujukan temperatur antar jalur berbagai jenis baja yang terdapat pada Tabel 9.5 tidak boleh dilampaui secara signifikan.

Tabel 9.5 Nilai rujukan untuk temperatur maksimum antar jalur selama pengelasan

Kategori sesuai dengan ISO 15608	Grade baja	Temperatur maksimum antar jalur [°C]
1.1	Baja struktural lambung kekuatan normal dan baja struktural yang setara	250
1.2	Baja struktural kekuatan lebih tinggi dan baja struktural yang setara	250
1.1	Baja paduan rendah Mo, temperatur tinggi	250
2	Baja normalisasi atau proses thermo-mekanis berbutir halus dengan kekuatan luluh > 360 N/mm^2	250
3	Baja diquench dan ditemper atau baja yang dikeraskan dengan presipitasi (tidak termasuk baja tahan karat) dengan kekuatan luluh > 360 N/mm^2	250
5	Baja dengan kandungan Cr maks. 10% dan kandungan Mo maks. 1,2%	350
9	Baja paduan nikel dengan kandungan Ni maks. 10%	250

4. Pengelasan dengan masukan panas per satuan panjang las terkontrol

Selain mengontrol temperatur pemanasan awal dan antar jalur, masukan panas per satuan panjang las juga harus dikontrol selama pengelasan, terutama dalam kasus baja struktural kekuatan tinggi (diquench dan

ditemper) berbutir halus, bisa dilas. Masukan panas per satuan panjang las tidak boleh lebih rendah atau melebihi secara signifikan dari nilai yang ditetapkan oleh pabrik pembuat baja atau nilai yang digunakan dalam uji prosedur las dan yang ditetapkan dalam spesifikasi prosedur pengelasan (WPS).

5. Pemanasan awal dan masukan panas selama pengelasan pada baja atau material logam lainnya

5.1 Pemanasan awal biasanya tidak diperlukan untuk material austenitik. Pemanasan awal mungkin diperlukan untuk material austenitik-feritik. Temperatur antar jalur maksimum yang diizinkan yang biasanya antara 150˚C sampai 180˚C harus dipenuhi untuk mencegah retak panas.

5.2 Baja feritik dan baja tahan karat martensitik harus diberikan pemanasan awal secara memadai dan dilas dengan masukan panas per satuan panjang las yang terkontrol. Nilai rujukan untuk temperatur pemanasan awal dan antar jalur dijelaskan dalam ISO 17671-3.

5.3 Pemanasan awal biasanya tidak diperlukan untuk pengelasan paduan aluminium, jika dilakukan tidak boleh melebihi 50˚C. Temperatur antar jalur maksimum yang diizinkan antara 100˚C sampai 120˚C harus dipenuhi untuk mencegah dispersi fasa yang tidak diinginkan. ISO 17671-4 berisi nilai rujukan yang harus diaplikasikan untuk temperatur pemanasan awal dan temperatur antar jalur.

E. Perlakuan Panas Pasca-Las

1. Komponen-komponen yang dilas harus diberikan perlakuan panas pasca-las jika hal ini ditetapkan dalam Bab 12 sampai 16. Perlakuan panas pasca-las umumnya diterapkan pada baja feritik, dalam hal ini perlakukan panas pembebas tegangan atau temper biasanya mencukupi. Jika dalam pembuatan komponen atau struktur tertentu juga harus memperhatikan standard praktis lainnya, maka ketentuan terkait perlakuan panas pasca-las yang terkandung dalam standar praktis tersebut harus dipenuhi.

Catatan:

Kebutuhan dan jenis perlakuan panas pasca-las ditentukan oleh berbagai faktor, diantaranya yang paling penting diberikan di bawah ini:

- *karakteristik dan dimensi material (ketebalan dinding)*
- *temperatur operasi minimum yang diantisipai (temperatur desain)*
- *Jenis lingkungan operasi dan lingkungan sekitar (misalnya risiko korosi)*
- *penumpukan las untuk menghambat pemanjangan dan penyusutan*
- *risiko distorsi pada waktu proses pemesinan berikutnya*

2. Jika perlakuan panas pembebas tegangan setelah pengelasan tidak mencukupi dan perlakuan panas yang lebih luas diperlukan (misalnya normalisasi atau pendinginan cepat dan temper), maka metode perlakuan panas harus dibuat secara khusus sesuai dengan spesifikasi material dan kondisi penggunaan serta mendapat persetujuan BKI. Hal ini berlaku juga dengan cara yang sama untuk material dan kombinasi material selain yang dibahas di sini dan juga metode pembebas tegangan lainnya.

3. Perlakuan panas pembebas tegangan harus dilakukan dengan memanaskan komponen secara lambat dan merata sampai rentang temperatur yang ditentukan (nilai rujukan terdapat pada Tabel 9.6), ditahan pada kisaran temperatur tersebut selama dua menit per mm tebal dinding (namun tidak boleh kurang dari 30 menit), didinginkan lambat di dalam tungku atau perlengkapan perlakukan panas sampai temperatur 400˚C lalu dilakukan pendinginan menyeluruh di udara tidak bergerak. Untuk komponen berdinding tebal, waktu tahan tidak boleh lebih dari 150 menit.

4. Jika terdapat risiko komponen akan terdistorsi selama pendinginan, maka perlakuan panas, dalam batas-batas tertentu, dapat dilakukan pada temperatur yang lebih rendah dengan penambahan waktu tahan. Temperatur dan waktu tahan yang disyaratkan harus disetujui oleh BKI.

5. Sambungan antara baja feritik dan austenitik (logam las), lazimnya, tidak dikenakan perlakuan panas karena risiko difusi karbon, kecuali jika las dibuat menggunakan material pengisi berbasis nikel.

Tabel 9.6 Temperatur perlakuan panas pembebas tegangan dari sambungan las yang menggunakan logam pengisi yang sejenis

Kategori sesuai dengan ISO 15608	Grade baja	Contoh baja yang sesuai dengan Peraturan BKI atau standar[1)]	Temperatur perlakuan panas [°C]
1.1	Baja struktural lambung kekuatan normal dan baja struktural yang setara, grade baja tempa dan cor.	KI Grade A - E	550 - 600
1.2	Baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dan baja struktural yang setara, grade baja tempa dan cor.	KI Grade A 36 - E 36	530 - 580
1.1	Baja paduan rendah Mo, temperatur tinggi	16Mo3	550 - 620
2	Baja normalisasi atau proses termo-mekanis berbutir halus dengan kekuatan luluh > 360 N/mm^2	KI Grade A 40 - E 40 S 460 TM	530 - 600
3	Baja struktural berbutir halus diquench dan ditemper dengan kekuatan luluh > 360 N/mm^2	S 690 QL	530 - 580
5 5.1 5.2	Baja dengan kandungan Cr maks. 10%, kandungan Mo maks. 1,2%	 13CrMo4-5 10CrMo9-10, 11CrMo9-10,	 630 - 680 670 - 720
9 9.1 9.2 9.3 9.3 9.3	Baja nikel dengan kandungan Ni maks. 10%	 13MnNi6-3 (0,5 % Ni) 12Ni14 (3,5 % Ni) X12Ni5 (5 % Ni) X8Ni9 (9 % Ni) X7Ni9 (9 % Ni)	 530 - 560 530 - 560 530 - 560 2) 2)

1) Grade baja yang tidak tercantum di sini harus digolongkan bersama dengan grade yang setara.

2) Perlakuan panas harus dihindari.

This page intentionally left blank

Bab 10 Uji Tak Rusak Las

A. Umum 10–1
B. Metode Uji, Peralatan dan Media Uji 10–2
C. Kualifikasi Personel yang terlibat dalam NDT 10–4
D. Rencana Inspeksi, Laporan Inspeksi 10–5
E. Waktu Inpeksi, Waktu Tunggu 10–7
F. Persyaratan, Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian 10–8
G. Evaluasi Hasil Pengujian 10–9
H. Perluasan Lingkup Inspeksi 10–11
I. Perbaikan, Inspeksi Ulang 10–12
J. Inspeksi Visual 10–12
K. Pemeriksaan Radiografi 10–13
L. Inspeksi Ultrasonik 10–16
M. Inspeksi Partikel Magnetik 10–21
N. Inspeksi Penetran Cair 10–24
O. Uji Tak Rusak Maju 10–25

A. Umum

1. Ruang Lingkup

1.1 Bab ini berlaku untuk pelaksanaan uji tak rusak konvensional dan maju pada sambungan las sesuai dengan metode dan ruang lingkup yang ditetapkan pada Bab 12 hingga 16 untuk berbagai bidang aplikasi. Lihat juga Bab 1, A.1 dan A.2.

1.2 Peraturan ini juga berlaku untuk pelaksanaan semua uji tak rusak las yang telah ditetapkan dalam peraturan, regulasi atau petunjuk teknik lainnya yang didalamnya tidak terdapat penjelasan yang spesifik.

1.3 Level mutu yang diberikan dalam Bab ini mengacu pada mutu produksi dan bukan pada kesesuaian tujuan dari las yang diperiksa (lihat G.2.1).

(IACS UR W33 1.2)

1.4 NDT biasanya dilakukan oleh galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya sesuai dengan persyaratan ini. Surveyor BKI dapat meminta untuk menyaksikan pengujian.

(IACS UR W33 1.3 & IACS UR W34 1.2)

1.5 Galangan pembangun kapal atau pabrik pembuat bertanggungjawab untuk memastikan bahwa spesifikasi dan prosedur pengujian dipatuhi selama pembangunan dan laporan tentang temuan yang dihasilkan oleh uji tak rusak tersedia untuk BKI.

(IACS UR W33 1.4 & IACS UR W34 1.3)

2. Standar dan petunjuk praktis lainnya

2.1 Standar, dll. yang disebutkan dalam paragraf berikut adalah bagian yang tidak terpisahkan dari Peraturan ini dan juga harus dipenuhi ketika melakukan uji las tak rusak. Jika standar tersebut bertentangan dengan Peraturan ini, maka Peraturan ini harus didahulukan.

2.2 Pelaksanaan uji sesuai dengan petunjuk praktis lain yang setara membutuhkan persetujuan BKI terlebih dahulu. Untuk tujuan ini, petunjuk praktis yang relevan harus dikirimkan kepada BKI bersama dengan dokumen inspeksi lainnya (lihat D.1.1) untuk dilakukan pemeriksaan dan persetujuan.

(IACS UR W33 6.1.1)

3. Persyaratan yang berlaku untuk departemen inspeksi

3.1 Departemen inspeksi bengkel harus independen dan bebas dari pengaruh departemen fabrikasi karena hal tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa inspeksi dan evaluasi hasil inspeksi dilakukan secara objektif. Hal ini berlaku dengan cara yang sama terhadap lembaga inspeksi luar.

4. Penerapan

4.1 Logam induk

Bab ini berlaku untuk NDT konvensional untuk las fusi yang dibuat pada baja struktural lambung kekuatan normal dan kekuatan lebih tinggi sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.4.B dan 4.L, baja kekuatan tinggi untuk struktur yang dilas sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.4.D dan sambungan las dengan baja tempa untuk konstruksi lambung sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.6 dan baja cor untuk konstruksi lambung sesuai dengan dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.7. Logam induk selain daripada yang disebutkan di atas dapat diterapkan oleh BKI.

(IACS UR W33 2.1.1)

Untuk NDT maju lihat O.2.1.

4.2 Proses pengelasan

Bab ini berlaku untuk proses pengelasan yang ditetapkan dalam Tabel 10.1. Bab ini juga dapat diterapkan pada proses pengelasan lainnya atas pertimbangan BKI.

Tabel 10.1 Proses las yang berlaku

Proses las		ISO 4063:2009
Las manual	Las Busur Logam Berpelindung (SMAW)	111
Las semi-otomatis	(1) Las Gas Mulia Logam (MIG) (2) Las Gas Aktif Logam (MAG) (3) Las Busur Berinti Fluks (FCAW)	131 135, 138 136
Las TIG	Las Busur Wolfram Gas (GTAW)	141
Las otomatis	(1) Las Busur Rendam (SAW) (2) Las Elektrogas (EGW) (3) Las Elektroslag (ESW)	12 73 72

(IACS UR W33 2.2.1)

4.3 Sambungan Las

Bab ini berlaku untuk las butt dengan penetrasi penuh, sambungan T, sudut dan sambungan silang dengan atau tanpa penetrasi penuh, dan las fillet.

(IACS UR W33 2.3.1)

B. Metode Uji, Peralatan dan Media Uji

1. Metode uji

1.1 Pemilihan metoda uji yang akan digunakan pada setiap kasus ditentukan antara lain berdasarkan bentuk komponen atau las, material dan cacat yang akan ditunjukkan (jenis dan posisi). Lihat masing-masing aplikasi-spesifik pada Bab 12 sampai 16.

1.2 Kecuali jika dinyatakan sebaliknya dalam masing-masing aplikasi-spesifik pada Bab 12 hingga 16, persyaratan dasar berikut ini berlaku:

- Ketebalan dinding atau lasan hingga sekitar 40 mm, inspeksi radiografi adalah metode yang lebih diutamakan; untuk ketebalan yang lebih besar, inspeksi ultrasonik harus digunakan sebagai metode uji utama.
- Untuk ketebalan dinding atau las sekitar 8 mm atau lebih, baik inspeksi radiografi maupun ultrasonik boleh digunakan, dengan berkonsultasi kepada BKI
- Untuk inspeksi radiografi, sebisa mungkin menggunakan sumber sinar X. Sumber sinar gamma hanya dapat digunakan atas persetujuan BKI berdasarkan pemeriksaan dan pengakuan metode pengujian; lihat K.1
- Untuk material bersifat magnetik, pengujian keretakan permukaan sedapat mungkin dilakukan dengan inspeksi partikel magnetik; penggunaan cairan penetran untuk inspeksi pada material magnetik memerlukan persetujuan BKI pada masing-masing kasus individu.

1.3 Metode pengujian harus mampu mendeteksi dengan handal cacat eksternal dan/atau internal yang mungkin ada. Metode pengujian yang dapat diterapkan untuk berbagai jenis sambungan las diberikan pada Tabel 10.2. Jika diperlukan, pendeteksian cacat harus dilakukan dengan menggunakan kombinasi dua atau lebih metode pengujian. Metode uji khusus yang akan digunakan harus dinyatakan dalam rencana inspeksi (lihat D.1.1).

Table 10.2 Metode pengujian untuk mendeteksi cacat eksternal dan/atau internal dari berbagai jenis sambungan las [4)]

Sambungan las	Ketebalan material induk	Metode uji	
		Cacat eksternal	Cacat internal
Las butt dengan penetrasi penuh	t < 8 mm[1)]	Uji Visual (VT), Uji Penetrant (PT), Uji Partikel Magnetik (MT)	Uji Radiografi (RT)
	t ≥ 8 mm		Uji Ultrasonik (UT), Uji Radiografi (RT)
Sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan silang dengan penetrasi penuh	t < 8 mm[1)]		Uji Radiografi (RT[3)])
	t ≥ 8 mm		Uji Ultrasonik (UT), Uji Radiografi (RT[3)])
Sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan silang tanpa penetrasi penuh dan las fillet	Semua		Uji Ultrasonik (UT[2)]), Uji Radiografi (RT[3)])

Note:

1) Dalam kasus ketebalan di bawah 8 mm BKI dapat mempertimbangkan penerapan metode UT maju yang sesuai.
2) UT dapat digunakan untuk memeriksa tingkat penetrasi pada sambungan T, sudut dan silang. Persyaratan ini harus disepakati dengan BKI.
3) RT dapat diterapkan namun akan ada pembatasan.
4) Metode pengujian untuk mendeteksi cacat eksternal dan internal menggunakan uji tak rusak maju (ANDT) lihat Tabel 10.10.

(IACS UR W33 2.3.1 & 2.5)

1.4 Semua lasan harus dikenakan uji visual di keseluruhan panjangnya oleh personel yang ditunjuk oleh galangan pembangun kapal, yang dapat dikecualikan dari persyaratan kualifikasi yang ditentukan dalam C.

(IACS UR W33 5.4)

1.5 Sejauh dapat dilakukan, PT atau MT harus digunakan ketika memeriksa permukaan luar las, memeriksa jalur las antara dan sambungan yang akarnya digouging sebelum pendepositan jalur berikutnya.

MT harus dilakukan pada lasan material feromagnetik kecuali jika disetujui lain oleh BKI. Inspeksi permukaan dari sambungan T atau sudut yang penting, dengan menggunakan metode MT atau PT yang disetujui, harus dilakukan sesuai keinginan surveyor.

(IACS UR W33 5.5)

1.6 Sambungan las dari komponen tempa atau cor yang besar (misalnya linggi buritan, bos buritan, bagian kemudi, penyangga baling-baling) harus diuji seluruh panjang lasnya menggunakan MT (MT metode yang lebih diutamakan) atau PT, (PT harus diterapkan untuk logam bukan besi) dan di lokasi yang disepakati menggunakan RT atau UT.

(IACS UR W33 5.6)

1.7 Seperti yang diberikan pada Tabel 10.2, UT atau RT atau kombinasi UT dan RT dapat digunakan untuk pengujian las butt dengan penetrasi penuh dari ketebalan 8 mm atau lebih besar. Metode yang akan digunakan harus disetujui dengan BKI. Metode yang digunakan harus sesuai untuk mendeteksi jenis dan arah cacat tertentu. RT dan UT digunakan untuk mendeteksi cacat internal, dan pada dasarnya kedua pengujian tersebut saling melengkapi. RT umumnya paling efektif dalam mendeteksi cacat volumetrik (misalnya porositas dan terak) sementara UT lebih efektif untuk mendeteksi cacat planar (misalnya laminasi, kurangnya fusi dan retak). Meskipun satu metode mungkin tidak berhubungan langsung dengan yang lain, namun salah satu akan menunjukkan kondisi kontrol yang tidak memadai dari proses pengelasan.

(IACS UR W33 5.7)

1.8 Pada umumnya titik start/berhenti pada las yang dibuat dengan menggunakan proses las otomatis (mekanis) harus diperiksa dengan menggunakan RT atau UT, kecuali untuk konstruksi internal dimana tingkat pengujian harus disetujui oleh Surveyor yang hadir.

(IACS UR W33 5.8)

1.9 Pengelasan pada baja tebal (> 50 mm) yang digunakan pada pengangkut peti kemas, area geladak dan ambang palka harus diperiksa sesuai dengan persyaratan tambahan dalam Rules for Containers (Pt.1, Vol.XVIII) Sec.27.

(IACS UR W33 5.10)

2. Perlengkapan dan media uji

2.1 Perlengkapan dan media uji yang digunakan harus sesuai dengan teknologi terkini dan standar terkait serta harus dalam kondisi yang baik dan dapat digunakan. BKI dapat meminta pemeriksaan terhadap perlengkapan dan/atau media uji yang digunakan.

2.2 Ketika digunakan peralatan uji, perlengkapan uji, dll., yang dimiliki oleh lembaga pengujian luar, lain, bengkel harus memastikan bahwa kondisi yang disebutkan dalam 2.1 dipenuhi.

C. Kualifikasi Personel yang terlibat dalam NDT

1. Kualifikasi personel

1.1 Galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya bertanggung jawab terhadap kualifikasi dan terutama sertifikasi pihak ketiga dari pengawas dan operatornya menurut suatu skema sertifikasi yang diakui berdasarkan ISO 9712:2012.

1.2 Kualifikasi personel menurut skema kualifikasi berbasis pemberi kerja seperti misalnya SNT-TC-1A, 2016 atau ANSI/ASNT CP-189, 2016 dapat disetujui jika petunjuk tertulis galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya ditinjau dan dinyatakan dapat diterima oleh BKI. Petunjuk tertulis galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya minimal harus, kecuali untuk

persyaratan ketidakberpihakan dari lembaga sertifikasi dan/atau badan yang berwenang, sesuai dengan ISO 9712:2012.

1.3 Sertifikat dan kompetensi pengawas dan operator harus mencakup semua sektor dan teknik industri yang akan diterapkan oleh galangan atau subkontraktornya. Personel level 3 harus disertifikasi oleh lembaga sertifikasi yang terakreditasi.

(IACS UR W33 3.1 & W34 3.1)

2. Pengawas

2.1 Galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya harus memiliki satu atau beberapa pengawas, yang bertanggung jawab atas pengerjaan NDT yang tepat dan operator serta peralatannya yang sesuai standar profesional, termasuk prosedur kerja yang profesional secara administrasi.

2.2 Galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya harus mempekerjakan setidaknya satu orang pengawas, secara penuh. Pengawas, minimal, harus disertifikasi Level 2 pada metode yang dimaksud sesuai persyaratan 1. dengan pengalaman minimal selama 5 tahun pada metode yang disebutkan (untuk Level 3, pengalaman tidak diperlukan).

2.3 Pengawas harus terlibat langsung dalam penelaahan dan persetujuan prosedur NDT, laporan NDT, kalibrasi peralatan dan sarana NDT.

2.4 Pengawas atas nama galangan pembangun kapal, pabrik pembuat atau subkontraktornya harus mengevaluasi ulang kualifikasi operator setiap tahun.

(IACS UR W33 3.2 & UR W34 3.2)

3. Operator

3.1 Operator yang melakukan NDT dan menafsirkan indikasi, minimal harus terkualifikasi dan bersertifikat Level 2 pada metode NDT yang dimaksud, memiliki setidaknya 2 tahun pengalaman pengujian praktis yang diakui oleh BKI dan seperti yang dijelaskan dalam 1.

Namun, operator yang hanya melakukan pengumpulan data menggunakan metode NDT apa pun dan tidak melakukan interpretasi data atau analisis data dapat dikualifikasi dan disertifikasi sesuai Level 1.

3.2 Operator harus memiliki pengetahuan yang memadai tentang material, pengelasan, struktur atau komponen, peralatan NDT dan batasan yang cukup untuk menerapkan metode NDT terkait untuk setiap aplikasi dengan tepat.

(IACS UR W33 3.3 & UR W34 3.3)

D. Rencana Inspeksi, Laporan Inspeksi

1. Rencana inspeksi

1.1 Kecuali telah dinyatakan dalam dokumen fabrikasi lainnya (gambar, daftar bagian, dll.) yang harus diserahkan untuk persetujuan, rencana inspeksi untuk uji las tak rusak harus dibuat oleh bengkel las menurut desain konstruksi, jenis konstruksi dan proses las yang digunakan, yang harus berisi informasi sebagai berikut:

- Komponen dan sambungan las yang akan diuji
- Lingkup dan metode pengujian, area yang akan diuji, lokasi dari posisi pengujian (lihat aplikasi spesifik pada Bab 12 hingga 16)

- Persyaratan yang berlaku untuk sambungan las (untuk kriteria evaluasi, lihat aplikasi spesifik pada Bab 12 hingga 16)
- Standar dan/atau spesifikasi pengujian, apabila berencana menggunakan standar atau spesifikasi yang berbeda dari yang disebutkan dalam aturan ini.

Untuk survei bangunan baru referensi harus mengacu pada persyaratan NDT dari Rules for Classification and Surveys (Pt.1, Vol.I) Annex A.2.

(IACS UR W33 5.1 & 5.2)

Untuk struktur yang kritikal referensi harus mengacu pada Rules for Hull (Pt.1, Vol.II) Table 2.2 dan Rules for Bulk Carrier and Oil Tanker (Pt 1, Vol. XVII).

(IACS UR W33 1.5)

1.2 Lokasi dari posisi pengujian harus berdasarkan pada persetujuan antara bengkel las dan Surveyor BKI, dimana rencana inspeksi harus diserahkan ke Kantor Pusat BKI untuk mendapat persetujuan. BKI berhak untuk membuat perubahan pada rencana inspeksi meskipun persetujuan telah diberikan dan terutama untuk mengubah lokasi dari setiap posisi pengujian atau untuk memperluas ruang lingkup pengujian (lihat H.) jika proses produksi dan/atau hasil pengujian menyarankan hal ini diperlukan.

1.3 Dalam memilih posisi uji, penekanan harus diberikan pada lokasi inspeksi berikut:

- Lasan di daerah tegangan tinggi
- Area yang sensitif terhadap kelelahan
- Elemen struktural penting lainnya
- Lasan yang tidak dapat diakses atau sangat sulit untuk diperiksa saat operasi
- Las yang dibuat di lapangan
- Area bermasalah yang dicurigai

Pengelasan konstruksi blok yang dilakukan di lapangan, atau di lapangan/fasilitas yang disubkontrakkan, harus dipertimbangkan dalam memilih posisi uji. Untuk bangunan laut dan lepas pantai lainnya, cakupannya harus disepakati oleh BKI.

(IACS UR W33 5.2)

1.4 Panjang las minimum yang diinspeksi untuk setiap posisi pengujian harus ditentukan dalam rencana inspeksi yang disetujui dan harus mengikuti persyaratan dalam Bab yang relevan.

(IACS UR W33 6.6.2)

1.5 Rencana inspeksi tersebut hanya boleh diserahkan kepada personel yang bertanggung jawab atas NDT dan pengawasnya.

(IACS UR W33 5.2)

1.6 Sistem identifikasi harus mengidentifikasi lokasi yang tepat dari panjang las yang diperiksa.

(IACS UR W33 5.3)

2. Laporan inspeksi

2.1 Laporan harus disiapkan untuk semua pengujian (awal dan ulang), dan laporan tersebut harus diserahkan kepada Surveyor bersama dengan dokumentasi lainnya (mis. film radiografi). Laporan inspeksi harus memuat semua rincian yang diperlukan sesuai dengan K. hingga O. terkait dengan metode pengujian yang digunakan, posisi di mana pengujian dilakukan dan hasil yang diperoleh. Selain itu, minimal, informasi berikut harus diberikan:

- Tanggal pengujian
- Nomor lambung, lokasi dan panjang las yang diperiksa
- Nama, tingkat kualifikasi dan tanda tangan personel yang telah melakukan pengujian
- Identifikasi komponen yang diperiksa
- Identifikasi lasan yang diperiksa
- Material, jenis sambungan, ketebalan material induk, proses pengelasan
- Kriteria penerimaan
- Standar pengujian yang digunakan
- Peralatan pengujian dan pengaturan yang digunakan
- Semua batasan pengujian, kondisi tampilan, dan temperatur
- Hasil pengujian mengacu pada kriteria penerimaan, lokasi dan ukuran indikasi yang dapat dilaporkan
- Pernyataan diterima/tidak diterima, tanggal evaluasi, nama dan tanda tangan penilai
- Jumlah perbaikan jika area tertentu diperbaiki lebih dari dua kali

Catatan:

Bilamana hasil pengujian akan diakui sebagai pengganti uji ulang juru las yang ditentukan sesuai dengan Bab.3, E.3., maka laporan inspeksi juga harus menyebutkan nama atau nomor identifikasi juru las.

2.2 Pengujian ulang (setelah perbaikan) dan hasilnya harus diidentifikasi secara khusus dalam laporan inspeksi; lihat I.2.2. Hasil dan dokumen yang berkaitan dengan pengujian awal harus diserahkan kepada Surveyor BKI bersama dengan hasil dan dokumen yang berkaitan dengan pengujian ulang dan khususnya jika perbaikan telah dilakukan secara internal.

2.3 Laporan inspeksi harus ditandatangani oleh inspektur dan pengawas uji. Laporan dan dokumentasi harus disimpan selama 5 (lima) tahun.

E. Waktu Inpeksi, Waktu Tunggu

1. Lazimnya uji tak rusak pada lasan tidak boleh dilakukan sampai semua pekerjaan pengelasan pada komponen yang dilas telah diselesaikan. NDT harus dilakukan setelah las mendingin hingga ke temperatur ruang.

Dalam kasus khusus, misalnya dalam pengelasan komponen berdinding tebal yang berisiko retak, pengujian tak rusak, misal pemeriksaan retak permukaan, dapat disarankan untuk dilakukan (ditengah pekerjaan pengelasan) sebagai penilaian sementara.

2. Sebelum menggunakan metode uji yang dijelaskan dalam K. sampai O., inspeksi visual dari sambungan las harus dilakukan. Cacat permukaan yang membatasi kemampuan pengujian untuk mendapatkan hasil yang berarti atau yang dapat mengarah pada kesalahan interpretasi hasil harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum pengujian lanjutan dilakukan. Lihat juga J.3.

3. Komponen yang mengalami perlakuan panas setelah pengelasan (misal perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan sisa) lazimnya diperiksa setelah perlakuan panas. Inspeksi cacat pengelasan sebelum dilakukan perlakuan panas juga dianjurkan. BKI dapat mempertimbangkan pemeriksaan sebelumnya ketika menetapkan ruang lingkup inspeksi secara keseluruhan. Rincian harus disepakati dengan BKI berdasarkan kasus per kasus.

4. Terhadap baja kekuatan tinggi untuk konstruksi yang dilas dengan tegangan luluh minimum yang ditetapkan antara 420 N/mm^2 hingga 690 N/mm^2 dimana kemungkinan retak yang tertunda (misalnya

karena adanya hidrogen dalam logam las) tidak dapat dikesampingkan, maka pengujian tak rusak tidak boleh dilakukan kurang dari 48 jam setelah pekerjaan pengelasan diselesaikan.

Untuk baja dengan kekuatan luluh minimum yang ditetapkan lebih besar dari 690 N/mm^2 NDT tidak boleh dilakukan sebelum 72 jam setelah pengelasan selesai. Tanpa memperhatikan berapapun kekuatan luluh pertimbangan harus diberikan untuk inspeksi yang membutuhkan penundaan apabila bukti retak yang tertunda telah teramati pada las produksi. Atas pertimbangan surveyor, interval yang lebih lama dan/atau inspeksi acak tambahan yang dilakukan beberapa waktu kemudian dapat disyaratkan, (sebagai contoh untuk kasus las yang sangat tebal).

Atas pertimbangan surveyor, untuk inspeksi RT atau UT interval 72 jam dapat dikurangi menjadi 48 jam, dengan syarat tidak ada indikasi retak yang tertunda, dan inspeksi visual lengkap serta inspeksi MP atau PT secara acak sesuai kepuasan surveyor dilakukan 72 jam setelah las selesai dan mendingin ke temperatur ruang.

Apabila perlakuan panas pasca las (PWHT) dilakukan, maka persyaratan pengujian setelah periode penundaan dapat dilonggarkan, atas pertimbangan surveyor.

(IACS UR W33 2.4.2)

5. Pengulangan pengujian tak rusak harus di izinkan atau mungkin diminta jika komponen atau sambungan las telah mengalami tegangan abnormal (mis. Saat dalam perjalanan atau selama uji coba pembebanan atau pengujian tekanan) sebelum diberikan tegangan dalam pemakaian normal. Jenis dan ruang lingkup pengujian ini harus disetujui oleh BKI berdasarkan kasus per kasus.

F. Persyaratan, Persiapan dan Pelaksanaan Pengujian

1. Persyaratan pengujian

1.1 Galangan kapal harus memastikan bahwa personel yang melakukan NDT atau menginterpretasi hasil NDT memiliki kualifikasi dengan level yang sesuai seperti diuraikan di C.

1.2 Prosedur

1) Semua NDT harus dilakukan dengan prosedur yang mewakili item yang diperiksa.
2) Prosedur harus mengidentifikasi komponen yang diperiksa, metode NDT, peralatan yang digunakan dan seluruh lingkup pemeriksaan termasuk batasan pengujian yang ada.
3) Prosedur harus mencakup persyaratan untuk mengidentifikasi komponen secara positif dan untuk sistem data atau sistem penandaan yang akan diterapkan untuk memastikan inspeksi dapat diulang.
4) Prosedur harus mencakup metode dan persyaratan untuk kalibrasi peralatan dan pengecekan fungsi, bersama dengan lembaran teknik /rencana pemindaian khusus untuk komponen yang diuji.
5) Prosedur harus disetujui oleh personel yang memiliki kualifikasi level III pada teknik yang tepat sesuai dengan standar yang diakui.
6) Prosedur harus ditinjau oleh Surveyor BKI.

(IACS UR W34 7.1.2)

2. Persiapan area yang akan diuji

2.1 Area yang akan diuji (permukaan las dan bagian yang berdekatan dari benda kerja) harus cukup bersih dan rata untuk masing-masing metode pengujian. Ketidakteraturan pada sambungan las (lihat E.2.), sisa-sisa las tambahan, percikan las, serpihan terak, dll. dan lapisan pelindung atau pengawet harus dikupas sebelum pengujian jika menghalangi pengujian dengan benar.

Catatan:

Cat dasar mampu timpa las yang biasanya digunakan dalam pembangunan kapal telah diketahui tidak mempengaruhi pengujian dan karenanya secara umum dapat dibiarkan ditempat. Namun demikian, lasan yang "dicat dasar ulang", ketebalan catnya tidak boleh lebih tebal dari ketebalan normal.

2.2 Persiapan dan pembersihan las untuk NDT berikutnya harus sesuai dengan prosedur NDT yang telah disetujui, dan harus memuaskan surveyor. Kondisi permukaan yang mencegah interpretasi yang benar dapat menyebabkan penolakan area las yang diperiksa.

(IACS UR W33 4.1 & 6.5.3

2.3 Dalam kasus khusus, misalnya pengujian ultrasonik untuk cacat melintang (lihat L.4.3), mungkin diperlukan penggerindaan sambungan dan permukaan benda kerja.

3. Pelaksanaan pengujian

3.1 Pengujian tak rusak pada lasan harus dilakukan dengan cara yang dijelaskan dalam K. sampai O. Tempat dan tanggal pengujian harus diberitahukan kepada Surveyor BKI pada waktu yang tepat. Surveyor harus diberi kesempatan untuk berpartisipasi atau mengawasi pengujian jika dia menghendaki.

3.2 Detail yang cukup harus diberikan dalam prosedur tertulis untuk setiap teknik NDT yang diserahkan ke BKI untuk persetujuan.

(IACS UR W33 6.1.2)

3.3 Area pengujian harus berupa zona yang mencakup lasan dan material induk dengan jarak minimal 10 mm pada setiap sisi lasan, atau lebar zona terpengaruh panas (HAZ), mana yang lebih besar. Dalam semua kasus, inspeksi harus mencakup seluruh area pengujian.

(IACS UR W33 6.1.3)

3.4 Ketentuan harus dibuat bagi Surveyor untuk memverifikasi inspeksi, laporan dan rekaman (misalnya radiografi) berdasarkan permintaan.

(IACS UR W33 6.1.4)

3.5 Posisi atau bagian individu yang akan diuji harus ditandai dengan jelas pada komponen atau sambungan las sedemikian rupa sehingga temuan-temuan pengujian (misalnya, cacat las yang memerlukan perbaikan) dapat dilokalisasi secara tepat kapan saja hingga terselesaikannya semua pengujian dan perbaikannya jika ada. Jika dimensi ditunjukkan dengan tepat (atau dengan cara serupa digunakan), dalam gambar, bagan inspeksi dan laporan inspeksi maka penandaan pada komponen dapat ditiadakan.

G. Evaluasi Hasil Pengujian

1. Identifikasi temuan uji

1.1 Dalam hal pengujian radiografi dan, bila mungkin, metode pengujian permukaan, nomor referensi dan/atau simbol yang sesuai dengan ISO 6520 atau Tabel 10.3 (ekstrak dari standar), sesuai yang berlaku, dapat digunakan untuk mengidentifikasi (menggambarkan) temuan hasil uji (misalnya cacat pengelasan). Terkait deskripsi cacat las dengan pengujian ultrasonik, lihat L.5.

2. Kriteria evaluasi

2.1 Kecuali jika ditentukan sebaliknya untuk masing-masing komponen atau sambungan las dalam aplikasi-spesifik pada Bab 12 sampai 16, level mutu sesuai dengan ISO 5817 (Lampiran F) dapat digunakan sebagai kriteria evaluasi untuk baja dan ISO 10042 (Lampiran G) untuk paduan aluminium. Semua level mutu (B, C dan D) dalam standar yang disebutkan di atas mengacu pada mutu produksi dan bukan pada

kesesuaian tujuan (kemampuan produk, proses atau layanan untuk melayani tujuan yang ditentukan dalam kondisi tertentu).

Level penerimaan untuk setiap metode uji diberikan pada K. hingga O.

(IACS UR W33 7.2 & 7.4)

2.2 Dalam rencana inspeksi, instruksi pengujian, dll. yang harus disusun oleh bengkel las (lihat D.1.), level mutu harus ditentukan sesuai dengan jenis dan besarnya tegangan atau, bila diperlukan, karakteristik evaluasi individu lainnya harus digunakan untuk masing-masing komponen dan sambungan las. Berkenaan dengan evaluasi hasil pengujian ultrasonik dalam kaitannya dengan ketentuan yang disebutkan dalam standar di atas (level mutu) lihat L.5.

2.3 BKI dapat menyetujui penggunaan kriteria evaluasi yang berbeda atau kriteria yang sesuai dengan standar lain, dan sebagainya, jika kriteria tersebut kurang lebih setara dengan yang disebutkan dalam 2.1 dan cocok dengan metode uji yang digunakan. Rincian harus disepakati dengan BKI berdasarkan kasus per kasus.

3. Evaluasi, peringkat

3.1 Hasil inspeksi harus dievaluasi oleh departemen pengujian atau lembaga dan/atau staf pengawas pengelasan. Evaluasi akhir dan keputusan apakah akan membiarkan cacat di dalam material dan las seperti apa adanya atau harus diperbaiki menjadi kewenangan Surveyor BKI.

3.2 Hasilnya dapat diperingkat menurut Tabel 10.4 (dalam kasus inspeksi radiografi) atau, dalam kasus pengujian ultrasonik atau jika evaluasi statistik yang lebih luas tidak diperlukan, dengan "biarkan apa adanya" atau "memuaskan" atau, dalam kasus tertentu dapat, "harus diperbaiki" atau "tidak memuaskan".

Tabel 10.3 Simbol yang menunjukkan cacat (diambil dari ISO 6520)

Referensi No. / Simbol menyesuaikan ke manual IIW X-ray		Deskripsi [1)]
100	E	Retak
101	Ea	Retak longitudinal
102	Eb	Retak transversal
104	Ec	Retakan kawah
2011	Aa	Pori gas
2015	Ab	Rongga memanjang
2016	Ab	Lubang cacing *(Worm hole)*
2024	K	Pipa kawah (Ujung rongga kawah) (*Crater pipe (End crater cavity))*
301	Ba	Inklusi terak
304	H	Inklusi logam
4011		Kurang fusi dinding sisi (*Lack of side-wall fusion*)
4012		Kurang fusi antarlapis (*Lack of inter-run fusion*)
4013	C	Kurang fusi akar (*Lack of root fusion*)
402	D	Kurang penetrasi (penetrasi tak sempurna)
5011	F	Undercut, kontinu
5012	F	undercut, tidak menerus (*intermittent)*

Tabel 10.3 Simbol yang menunjukkan cacat (diambil dari ISO 6520) *(lanjutan)*

Referensi No. / Simbol menyesuaikan ke manual IIW X-ray		Deskripsi [1)]
5013	–	Alur susut, alur di akar (lihat 515) *(Shrinkage groove, groove in the root)*
502	–	Pemerkuat lasan berlebih (las butt) (*Excessive weld reinforcement (butt weld))*
503	–	Kecembungan berlebih (las fillet) (*Excessive convexity (fillet weld))*
504	–	Pemerkuat akar berlebih *(Excessive root reinforcement)*
507	–	Ketidaklurusan tepi (*Misalignment of edges)*
510	–	*Burn-through*
511	–	Alur tak terisi sempurna *(Incompletely filled groove)*
515	–	Kecekungan akar (lihat 5013) *(Root concavity*)
517	–	Restart yang buruk *(Poor restart)*
[1)] untuk penjelasan dan ilustrasi, lihat ISO 6520.		

Tabel 10.4 Peringkat evaluasi (untuk interpretasi statistik yang lebih komprehensif)

Temuan	Peringkat	Keterangan
Las bebas dari cacat yang dapat terdeteksi	1 = baik	—
Cacat minor seperti pori-pori terisolasi dan inklusi terak kecil yang tidak mengurangi kekuatan atau kekedapan sambungan las	2 = dapat digunakan	—
Cacat yang dapat dihindari seperti barisan atau klaster kecil pori-pori, rangkaian terak yang kecil, cacat akar yang pendek, dan kurang fusi yang minor	3 = dibiarkan	Perbaikan tidak disarankan untuk komponen yang menerima tegangan normal. Cacat akar yang pendek dan kurang fusi yang minor dapat dibiarkan hanya pada lokasi yang tidak kritis.
Cacat yang harus dihindari, misalnya inklusi terak yang besar, akumulasi pori-pori, umumnya semua cacat akar dan kurangnya fusi, dan retak kecil yang terisolasi	4 = harus diperbaiki	Diperlukan perbaikan cacat. Pengecualian hanya untuk komponen tanpa persyaratan khusus pada kekuatan dan kekedapan, tetapi tidak untuk retak.
Cacat mayor yang panjang dan retak	5 = harus diganti	Diperlukan penggantian sebagian lasan atau seluruh sambungan lasan.

H. Perluasan Lingkup Inspeksi

1. Jika tidak yakin bahwa cacat yang akan diperbaiki berhenti di dalam bagian las yang diuji, maka bagian las yang berdekatan juga harus diperiksa. Dalam hal sambungan las otomatis, NDT tambahan harus diperluas ke semua area dengan panjang las yang sama.

(IACS UR W33 9.2)

2. Jika cacat mayor ditemukan pada waktu inspeksi secara acak, maka ruang lingkup inspeksi harus diperluas. Kecuali jika disepakati lain, untuk setiap bagian lasan yang akan diperbaiki dua las tambahan dengan panjang yang sama harus diinspeksi.

Jumlah posisi uji harus ditambah jika jumlah indikasi yang tidak sesuai sangat tinggi atau ditemukan cacat berulang yang tidak dapat diterima.

(IACS UR W33 6.5.2 & 9.3)

3. Dalam hal pengujian ultrasonik, BKI berhak untuk melakukan uji petik secara acak berdasarkan laporan inspeksi yang disusun oleh inspektur perusahaan atau meminta uji petik dilakukan oleh lembaga pengujian independen kedua. Jika ditemukan perbedaan yang besar dari hasil pengujian yang pertama yang dilakukan di perusahaan, maka ruang lingkup uji petik dapat diperluas.

I. Perbaikan, Inspeksi Ulang

1. Perbaikan

1.1 Cacat yang membutuhkan perbaikan berdasarkan evaluasi harus dihilangkan dengan panjang yang cukup secara hati-hati (terutama dalam hal lasan yang berpotongan) dan/atau dilas ulang. Jika sejumlah cacat yang membutuhkan perbaikan terletak berdekatan dalam satu bagian las, maka seluruh bagian las tersebut harus dihilangkan dan dilas ulang.

1.2 Undercut yang membutuhkan perbaikan, transisi yang buruk ke material sekitar atau cacat permukaan lainnya harus, jika mungkin, diperbaiki dengan menggerinda hingga didapat transisi yang mulus ke material sekitar atau, jika terlalu dalam untuk ini, maka harus, dengan persetujuan Surveyor, digerinda habis dan dilakukan las perbaikan.

1.3 Apabila Surveyor mengetahui bahwa suatu lokasi NDT telah diperbaiki tanpa adanya rekaman dari cacat aslinya, maka galangan kapal harus melakukan pemeriksaan tambahan pada area yang berdekatan dengan area yang diperbaiki sesuai kepuasan Surveyor yang hadir. Referensi harus mengacu pada Rules for Classification and Surveys (Pt.1, Vol.I) Annex A.2.

(IACS UR W33 5.9)

2. Inspeksi ulang

2.1 Las yang diperbaiki harus diinspeksi ulang. Jika las telah selesai dibuat ulang, maka pengujian ulang dengan ruang lingkup yang setidaknya yang sama dengan inspeksi awal harus dilakukan secara acak sesuai dengan instruksi Surveyor.

2.2 Inspeksi ulang harus ditunjukkan secara khusus dalam laporan inspeksi dan pada film radiografi, misalnya dengan menggunakan tanda "R" (= *repair (perbaikan)*) di sebelah judul film (lihat D.2.2).

J. Inspeksi Visual

1. Permukaan dan sisi belakang las harus menjalani inspeksi visual yang lengkap, jika perlu dengan bantuan peralatan (pembesar) optik, untuk memeriksa karakteristik eksternal dari las tersebut. Karakteristik berikut harus diperiksa:

- Kesempurnaan
- Akurasi dimensi
- Kesesuaian dengan bentuk las yang ditentukan
- Tidak adanya cacat eksternal yang tidak dapat diterima

2. Keakuratan dimensi harus diperiksa dengan instrumen pengukur yang sesuai dengan dasar pengambilan sampel acak. Saat mengukur ketebalan leher las fillet, alat ukur yang mengukur dengan akurasi yang cukup pada leher yang tidak benar-benar siku harus digunakan jika perlu.

3. Saat memeriksa bentuk las yang benar dan cacat eksternal, perhatian harus diberikan pada hal-hal berikut:

- Penguatan las atau penurunan manik atas
- Sudut tepi las (transisi ke material sekitar)
- Ketidaklurusan tepi
- Undercut
- Pori-pori dan inklusi terak yang terlihat
- Percikan las yang melebur
- Penyalaan busur pada permukaan material induk
- Permukaan akar cekung dan fusi akar tidak sempurna
- Retak
- Panjang sisi tidak sama (dalam hal las fillet)

Berkaitan dengan batas-batas penerimaan, lihat G.2. dan aplikasi khusus dalam Bab 12 hingga 16. Retak yang terlihat wajib diperbaiki.

K. Pemeriksaan Radiografi

1. Sumber radiasi, peralatan

1.1 Pengujian radiografi harus dilakukan sesuai dengan ISO 17636-1:2013 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI yang ada. Jika memungkinkan, peralatan sinar-X harus digunakan sebagai sumber radiasi untuk inspeksi radiografi. Energi radiasi (voltase tabung) harus berada dalam batas energi yang ditentukan dalam ISO 17636. Untuk mengakomodasi perbedaan ketebalan komponen, energi radiasi (voltase tabung) harus dijaga serendah mungkin dalam rentang kerja yang diizinkan untuk memeperoleh gambar dengan kontras yang tinggi.

(IACS UR W33 6.5.1)

1.2 Jika dibenarkan dalam kasus luar biasa (misalnya karena kurangnya aksesibilitas), sumber sinar gamma – lebih diutamakan Ir 192 atau Se 75 – dapat digunakan sebagai sumber radiasi, berdasarkan persetujuan BKI pada setiap kasus; lihat 4.4.

2. Film, skrin penguat

2.1 Film kelas C5 yang sesuai dengan ISO 11699-1 atau G III yang sesuai dengan ISO 5579 biasanya dapat digunakan untuk menginspeksi baja dengan sinar-X dalam pembangunan kapal. Film kelas C3 atau C4 dan GI atau GII, sesuai yang berlaku, harus digunakan untuk inspeksi radiografi paduan aluminium dan menggunakan sinar gamma untuk memeriksa baja. Penggunaan film kelas C3 atau C4 dan GI atau GII, sesuai yang berlaku, diwajibkan dalam pembuatan ketel uap, bejana tekan, dan jalur pipa (pipa kelas I dan II).

Catatan:

Lampiran H memberikan ringkasan klasifikasi film sinar-X paling populer saat ini di pasaran. Ringkasan ini tidak mengklaim lengkap dan produsen film sinar-X lainnya diundang untuk membuat klasifikasi produk mereka oleh lembaga inspeksi independen publik dan membuat dokumen yang sesuai tersedia untuk BKI sehingga mereka dapat melengkapi daftar.

2.2 Skrin timah hitam depan dan belakang tebal 0,02 mm biasanya digunakan ketika meradiografi baja. Selama radiografi, film dan skrin harus dijaga tetap bersentuhan dalam kaset, kemasan, dll. yang sesuai. Radiografi dapat dilakukan pada paduan aluminium sampai ketebalan sekitar 65 mm tanpa menggunakan skrin penguat.

2.3 Penggunaan skrin penguat dari garam dan fluorometal tidak diperbolehkan.

3. Parameter radiografi

3.1 Sebagai aturan umum, parameter radiografi yang ditentukan dalam ISO 17636 untuk kategori uji A (prosedur inspeksi umum) harus diterapkan dalam pembuatan kapal dan parameter untuk kategori uji B (prosedur inspeksi sensitivitas lebih tinggi) harus diterapkan pada pembuatan ketel uap, bejana tekan, dan jalur pipa (pipa kelas I dan II). Dalam kasus khusus BKI dapat menetapkan penggunaan kategori uji B dalam pembangunan kapal. Panjang las minimum yang diinspeksi untuk setiap posisi pengujian harus ditentukan dalam rencana NDT yang disetujui (lihat D.1) dan harus mengikuti persyaratan dalam Bab 12, I.6.3. Untuk inspeksi radiografi menggunakan sinar X dan panjang film 480 mm, jarak antara film dan titik fokus biasanya adalah 700 mm, dan dalam hal apa pun tidak kurang dari panjang film.

3.2 Jika beberapa film digunakan untuk memeriksa sambungan (misalnya untuk radiografi melingkar), ujung-ujung film-film tersebut harus saling menumpang sedemikian rupa sehingga pola lasan penuh dapat dilacak tanpa gangguan.

3.3 Saat memeriksa pipa dengan diameter luar ≤ 90 mm, radiografi elips dapat dibuat. Tergantung pada diameter dan ketebalan dinding pipa, dua atau lebih radiografi elips harus dibuat sehingga seluruh panjang las (seluruh keliling pipa) terlihat di area radiografi yang dapat dievaluasi.

3.4 Untuk pipa berdiameter lebih besar, baik radiografi dinding ganda atau, jika diameter pipa memungkinkan, radiografi sentral atau dinding tunggal harus dibuat. Perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa film ini dapat dievaluasi di kedua ujungnya. Area yang dapat dievaluasi hanyalah bagian las dimana sinar yang membatasi balok tidak menutupi lebih dari 1,1 kali ketebalan las yang diradiografi dengan penyinaran vertikal. Jumlah film radiografi harus ditentukan sesuai dengan itu.

3.5 Untuk menentukan kualitas gambar sesuai standar EN 462-3, setidaknya satu indikator kualitas gambar sesuai EN 462-1, (indikator kawat) harus, untuk setiap film radiografi, diletakkan pada sisi las yang jauh dari film dan menghadap ke sumber radiasi dan harus diradiografi bersama dengan lasan. Jika hal ini tidak mungkin, indikator kualitas gambar dapat, dengan persetujuan BKI dan setelah persiapan radiografi komparatif yang dirancang untuk menentukan indeks perubahan kualitas gambar, ditempatkan pada benda kerja di sisi yang dekat dengan film (yaitu antara film dan las). Gambar film harus ditandai dengan identifikasi yang sesuai ("N") untuk menunjukkan bahwa pengaturan ini digunakan, dan penyebutan yang tepat harus dibuat dalam laporan inspeksi.

3.6 Setiap gambar film harus diidentifikasi dengan jelas dan tidak salah menggunakan angka atau huruf dari timbal yang disinari secara bersamaan dan tergambarkan pada film. Identifikasi ini harus sama dengan yang diberikan dalam rencana inspeksi dan harus memungkinkan setiap cacat ditemukan lokasinya dengan mudah. Penandaan harus ditempatkan di luar area las yang akan dievaluasi (lebar las ditambah setidaknya 10 mm di setiap sisi).

4. Pemrosesan film, densitas, kualitas gambar

4.1 Film harus diproses dalam kamar gelap yang dilengkapi dengan baik sedemikian rupa, untuk menghindari cacat yang dapat mengganggu evaluasi (misalnya kabut, goresan, tanda berbentuk bulan sabit gelap karena lipatan pada film, dll.). Instruksi dan rekomendasi yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat film dan bahan kimia harus diikuti. Proses pencucian yang terlalu cepat dan pengurangan film yang terpapar terlalu lama dengan bahan kimia tidak diperbolehkan.

4.2 Gambar radiografi harus memiliki densitas D minimal 2,0 di seluruh area evaluasi. Nilai batas atas tergantung pada kecerahan dari alat pembaca film yang tersedia untuk evaluasi, tetapi tidak boleh melebihi 2,5 hingga maksimum 3,0. Perbedaan densitas yang lebar dalam satu film radiografi harus dihindari.

4.3 Kualitas gambar harus ditentukan dengan indikator kualitas gambar dari jenis yang telah ditentukan dalam 3.5 dan sesuai dengan EN 462-1. Untuk inspeksi kategori A (lihat 3.1), kualitas gambar B diinginkan untuk baja, dengan kualitas gambar A sebagai persyaratan minimum. Dalam hal paduan aluminium dan kategori uji B, kualitas gambar B harus diperoleh. Kriteria dalam setiap kasus adalah kawat terkecil dari indikator kualitas gambar yang masih terlihat di area yang akan dievaluasi, densitasnya merata.

4.4 Atas permintaan, bengkel atau departemen/badan inspeksi harus menunjukkan melalui spesimen radiografi bahwa parameter radiografi dan kualitas gambar yang disyaratkan dapat diperoleh.

5. Persyaratan alat pembaca film, evaluasi, laporan inspeksi

5.1 Alat pembaca film dengan intensitas pencahayaan sesuai ISO 5580 yang cukup untuk densitas film yang disyaratkan harus digunakan untuk pemeriksaan dan evaluasi film radiografi. Tabir harus dipasang untuk memungkinkan bidang pandang disesuaikan dengan ukuran film untuk, atau mampu, evaluasi. Kecerahan harus dapat diatur.

5.2 Pengamatan dan evaluasi film radiografi harus dilakukan di ruangan yang remang-remang meskipun tidak sepenuhnya gelap. Evaluasi hanya boleh dilakukan setelah diberikan periode yang cukup untuk adaptasi. Area terang dan menyilaukan dalam bidang pengamatan harus difilter. Penggunaan kaca pembesar untuk mendeteksi bagian kecil yang halus mungkin bermanfaat.

Level penerimaan dan level mutu yang disyaratkan untuk uji radiografi diberikan pada Tabel 10.5.

Tabel 10.5 Level penerimaan untuk uji radiografi

Level mutu sesuai dengan ISO 5817 or ISO 10042	Level penerimaan sesuai dengan ISO 10675-1 or ISO 10675-2
B	1
C	2
D	3

(IACS UR W33 7.8)

5.3 Sebagai tambahan terhadap butir yang terdapat dalam D.2.1 informasi berikut harus diberikan dalam laporan inspeksi, bersama dengan penjelasan gambar jika diperlukan:

- Sumber radiasi dan ukuran fokus tabung atau emitter
- Tegangan tabung atau aktivitas pada saat inspeksi
- Pengaturan radiografi sesuai ISO 17636, posisi indikator kawat
- Jenis film, sifat dan ketebalan skrin penguat
- Jumlah film radiografi (tercetak)
- Kategori uji, indeks kualitas gambar dan kelas kualitas gambar
- Simbol yang menunjukkan cacat dan penilaian sesuai dengan G.
- Teknik pemaparan, waktu pemaparan dan jarak sumber-ke-film seperti di bawah ini:

  A) Jarak dari sumber radiasi ke las

  B) Jarak dari sisi las yang dekat dengan sumber ke film radiografi
- Sudut sinar radiasi yang melalui lasan (dari normal)
- Sensitivitas, jenis dan posisi IQI (sisi sumber atau sisi film)

- Densitas
- Ketidaktajaman geometris
- Kriteria kelas penerimaan khusus untuk RT

(IACS UR W33 8.5)

Laporan inspeksi juga harus menunjukkan apakah informasi berkaitan dengan radiografi awal atau inspeksi lanjutan setelah pekerjaan perbaikan dilakukan (lihat D.2.1 dan I.2.2).

5.4 Evaluasi awal harus dilakukan oleh staf pengawas las dan/atau departemen inspeksi bengkel. Kemudian film-film tersebut (radiografi awal dan lanjutan, lihat D.2.1 dan I.2.) harus diserahkan kepada Surveyor BKI untuk dievaluasi bersama dengan laporan inspeksi (lihat G.3.1).

L. Inspeksi Ultrasonik

1. Peralatan dan aksesori uji

1.1 Pengujian ultrasonik harus dilakukan sesuai prosedur berdasarkan ISO 17640:2018 (prosedur pengujian), ISO 23279:2017 (karakterisasi) dan ISO 11666:2018 (tingkat penerimaan) atau standar yang disetujui dan persyaratan khusus BKI. Peralatan uji, probe dan aksesori lainnya (blok kalibrasi dan referensi untuk mengatur sensitivitas, skala referensi, dll.) harus sesuai dengan teknologi terbaru dan standar yang relevan (misalnya ISO 2400, ISO 7963, ISO 17640).

(IACS UR W33 6.6)

1.2 Semua ketinggian pulsa yang mungkin muncul dalam rentang sensitivitas instrumen yang digunakan harus dapat ditentukan dengan bantuan kontrol penguat yang dikalibrasi dalam dB dan penanda skala yang sesuai pada layar. Interval perubahan antar tingkatan tidak boleh lebih dari 2 dB. Instrumen yang tidak dilengkapi dengan kontrol penguat yang terkalibrasi tidak boleh digunakan.

1.3 Kontrol tanpa tingkat harus memungkinkan rentang penyetelan yang tersedia pada instrumen untuk mengikuti satu sama lain, sejauh mungkin tanpa ada celah yang menghalangi. Dalam masing-masing rentang individu waktu lintasan harus dapat disesuaikan secara terus-menerus.

1.4 Berkenaan dengan karakteristik geometris medan gelombang, khususnya sudut datang dan sudut bias, frekuensi dan resolusi pengujian, probe harus terletak dalam toleransi yang ditentukan dalam standar yang disebutkan di atas. Sudut datang dan sudut bias tidak boleh menyimpang lebih dari 2° dari nilai nominal atau dari garis tengah probe. Sudut datang dan indeks probe (probe sudut) harus diverifikasi.

2. Kalibrasi, pengaturan sensitivitas

2.1 Jarak sinyal (waktu lintasan) dapat dikalibrasi dalam jarak proyeksi "PA", jarak proyeksi yang diperpendek "VPA" atau jarak sonik "s" sesuai yang diinginkan atau, jika perlu, posisi kedalaman "b". Kecuali jika disetujui sebaliknya, kalibrasi dalam jarak proyeksi yang diperpendek "VPA" lebih disukai untuk inspeksi pengelasan, atau dalam jarak sonik "s" untuk bagian-bagian yang bentuknya rumit.

2.2 Untuk kalibrasi sesuai dengan 2.1, blok kalibrasi sesuai ISO 2400 atau ISO 7963 harus digunakan ketika menguji baja struktural (lambung). Kalibrasi atau blok referensi yang sesuai harus digunakan untuk material yang memiliki kecepatan suara berbeda (misalnya baja paduan tinggi dan logam non besi). Lubang bor yang digunakan untuk kalibrasi tidak boleh lebih besar dari 2 mm dan harus sejajar dengan permukaan uji. Jika memungkinkan, kalibrasi sebaiknya tidak dilakukan pada bagian tepi.

2.3 Tergantung pada metode definisi tinggi pulsa yang digunakan, pengaturan sensitivitas harus dilakukan menggunakan reflektor kalibrasi dengan bentuk, posisi dan ukuran yang diketahui (misalnya reflektor pipih besar, lubang bor samping) sesuai dengan ketentuan EN 583-2. Kecuali jika disepakati

sebaliknya, metode inspeksi DGS harus digunakan. Dengan metode DGS, pengaturan sensitivitas harus dilakukan sesuai dengan instruksi pabrikan instrumen menggunakan blok kalibrasi sesuai ISO 2400 dan ISO 7963. Lubang datar di bagian bawah dan celah tidak boleh digunakan sebagai reflektor kalibrasi.

2.4 Jika perlu (misalnya untuk cacat yang dekat dengan permukaan), pengaturan sensitivitas harus dikoreksi sesuai dengan EN 583-2. Ketika menguji baja struktural (lambung) tanpa paduan dan paduan rendah dan apabila jarak sonik tidak terlalu jauh (lihat EN 583-2), atenuasi gelombang biasanya dapat diabaikan. Koreksi transfer untuk menentukan perbedaan kopel antara permukaan blok referensi dan benda uji harus, bagaimanapun, dilakukan dalam setiap kasus. Nilai koreksi transfer harus dinyatakan dalam laporan inspeksi.

2.5 Untuk pendeteksian cacat yang lebih efisien, disarankan agar pengujian dilakukan dengan sensitivitas uji (sensitivitas pencarian) dinaikkan sekitar 6 dB dari level registrasi yang dipilih (lihat 5.1). Namun, pengaturan level registrasi umumnya digunakan ketika mengevaluasi indikasi cacat. Semua indikasi pantulan yang akan dicatat harus mencapai setidaknya 20% dari ketinggian layar bahkan pada jarak sonik maksimum (lihat EN 583-2). Dalam hal sambungan las elektrogas, inspeksi biasanya harus dilakukan dengan sensitivitas dinaikkan sebesar 12 dB, dan fakta ini harus secara tegas dinyatakan dalam laporan inspeksi dengan mengacu pada proses pengelasan (misalnya EG + 12 dB).

3. Persiapan permukaan, kopling

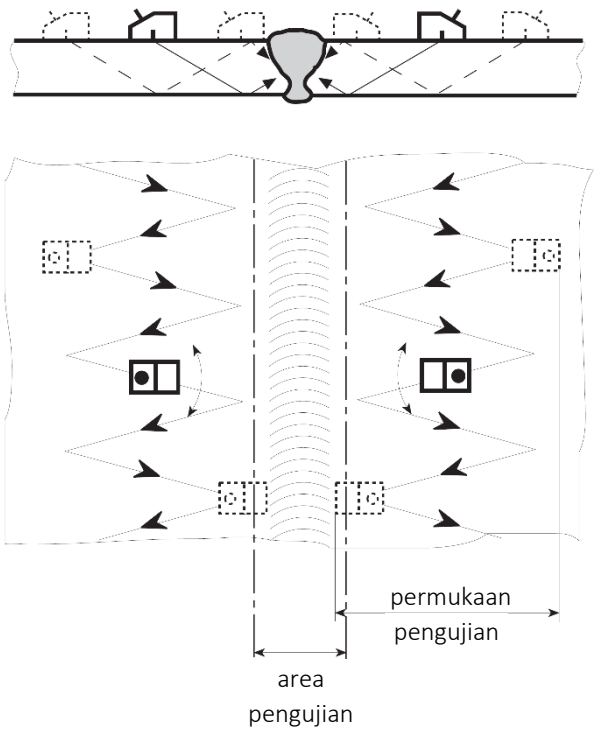
3.1 Pada kedua sisi sambungan las (lihat 4.1) permukaan pengujian harus halus dan bebas dari pengotor yang dapat mengganggu kopling. Karat, kerak, dan percikan las harus dihilangkan sehingga probe menempel dengan pas di permukaan, yang sebaiknya diratakan jika perlu. Cat yang melekat dengan kuat tidak perlu dilepas asalkan tidak mengganggu inspeksi dan kelonggaran kuantitatif dapat diberikan untuk hilangnya sensitivitas yang dihasilkan ketika mengevaluasi ketinggian pantulan.

3.2 Jika probe sudut harus diterapkan pada permukaan las untuk pemeriksaan cacat melintang (lihat 4.3), maka permukaan las juga harus disiapkan sebagai permukaan pengujian dengan cara yang diuraikan di atas. Takik, lekukan, dan sejenisnya yang melintang sumbu sinar yang menghasilkan indikasi palsu dan dapat merusak pengujian harus dihilangkan.

3.3 Kopling pada permukaan pengujian yang disiapkan sesuai dengan 3.1 harus semerata mungkin dan tidak boleh bervariasi lebih dari ± 4 dB. Jika ditemukan variasi yang lebih besar, maka kondisi permukaan harus diperbaiki. Jika variasi yang lebih besar tidak dapat dihindari, maka fakta ini harus dinyatakan dalam laporan inspeksi. Air mengalir, lem selulosa, minyak, gemuk atau gliserin dapat digunakan sebagai media kopling.

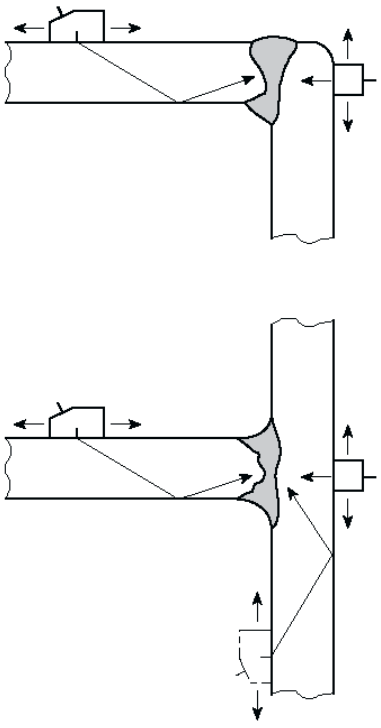
4. Arah pemindaian, sudut datang

4.1 Kecuali jika disetujui atau ditentukan berbeda, pengujian untuk cacat memanjang harus dilakukan dari satu permukaan dan dari kedua sisi las, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.1. Daerah pengujian harus meliputi logam las itu sendiri dan area di kedua sisi sambungan yang kira-kira sama dengan 1/3 dari ketebalan dinding, dengan minimum 10 mm dan maksimum 20 mm. Permukaan pengujian harus mencakup lebar yang setidaknya sama dengan jarak tempuh penuh ditambah dua kali panjang probe.



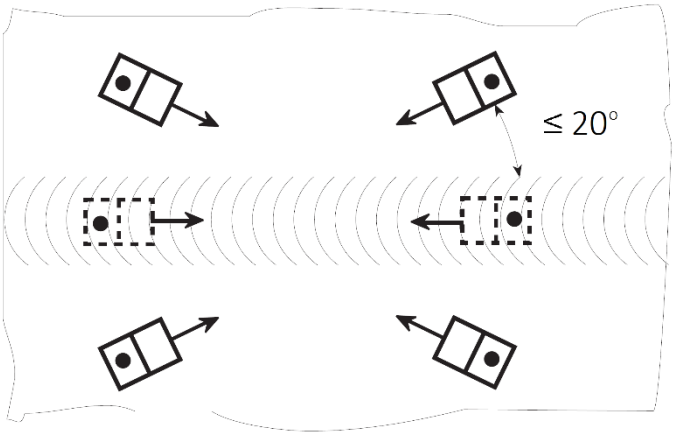
Gambar 10.1 Pengujian untuk cacat memanjang

4.2 Tergantung pada geometri las dan kemungkinan arah cacat, mungkin perlu untuk melakukan pengujian dari kedua permukaan atau (misalnya dalam kasus bevel) hanya dari satu sisi sambungan. Pada sambungan sudut dan sambungan T, pengujian biasanya harus dilakukan baik dari sisi bilah dan dari pelat (flens) menerus menggunakan probe standar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.2. Konfigurasi probe yang berbeda dari 4.1 harus secara khusus dicatat dalam laporan inspeksi. Hal yang sama berlaku secara analog pada permukaan melengkung.



Gambar 10.2 Pengujian cacat memanjang pada sambungan sudut dan T

4.3 Pengujian untuk cacat melintang harus dilakukan dari kedua sisi las dalam dua arah sepanjang sambungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.3 atau - bila persyaratan pengujian lebih ketat - pada permukaan las yang telah diratakan dengan permukaan material induk. BKI dapat mensyaratkan pengujian untuk cacat melintang dilakukan dengan dua probe yang terhubung secara paralel. Jika las dibuat dengan kolam las yang besar (seperti pada las electroslag), maka pengujian untuk cacat yang miring juga harus dilakukan pada sudut sekitar 45° (lihat ISO 17640).



Gambar 10.3 Pengujian cacat melintang

4.4 Pada ketebalan pelat (ketebalan las) kurang dari 30 mm, pengujian dapat dilakukan dengan sudut datang 70°. Pada ketebalan 30 mm dan lebih, harus digunakan dua sudut datang (70° dan 45° atau 60°). Jika permukaannya melengkung, maka sudut datang yang diperlukan harus ditentukan sesuai dengan EN 583-2. Pada ketebalan dinding yang sangat besar (di atas sekitar 100 mm), inspeksi harus dilakukan dengan menggunakan teknik tandem (dua probe serupa dengan kopling mekanis yang tetap) untuk zona kedalaman yang berbeda.

5. Level registrasi, evaluasi indikasi pantulan

5.1 Untuk pengujian yang dilakukan dengan metode DGS, level registrasi (ukuran reflektor referensi) untuk cacat memanjang dan melintang diberikan oleh diameter reflektor berbentuk piringan yang ditentukan dalam Tabel 10.6 yang berkaitan dengan ketebalan dinding (ketebalan las).

Tabel 10.6 Level registrasi

Ketebalan dinding (ketebalan las)	Diameter reflektor berbentuk piringan	
	4 MHz	2 MHz
dari 10 hingga 15 mm	1,0 mm	1,5 mm
lebih dari 15 hingga 20 mm	1,5 mm	2,0 mm
lebih dari 20 hingga 40 mm	2,0 mm	3,0 mm
lebih dari 40 hingga 60 mm	3,0 mm	4,0 mm

Jika ketebalannya lebih besar dari 60 mm, maka level registrasi akan ditentukan berdasarkan kasus per kasus. Untuk pengujian tandem, level registrasi harus ditentukan oleh reflektor berbentuk piringan berdiameter 6 mm. Untuk metode definisi tinggi pantulan yang lain (misalnya metode blok referensi), level registrasi harus ditentukan sesuai dengan EN 583-2.

5.2 Registrasi indikasi pantulan yang bukan berhubungan dengan cacat yang teramati ketika memeriksa sambungan las dan yang ketinggian pantulannya mencapai atau melampaui level registrasi

(ukuran reflektor referensi) yang ditentukan dalam 5.1 diperlukan hanya ketika ditetapkan secara tegas oleh BKI atau jika pengujian ulang berikutnya harus dilakukan. Jika sebaliknya hanya indikasi pantulan yang melebihi nilai batas perbaikan yang ditentukan dalam 5.4 yang harus diregistrasi.

5.3 Salah satu karakteristik yang harus dinyatakan untuk klasifikasi indikasi pantulan adalah berapa dB beda tinggi pantulan maksimum dari level registrasi yang ditentukan dalam 5.1. Dalam hal metode DGS, ukuran reflektor cakram (pengganti) juga dapat dinyatakan. Karakteristik lain yang harus dinyatakan adalah panjang registrasi dan nilai separuh kedalaman sesuai dengan ISO 17640. Lokasi pantulan harus ditentukan oleh koordinat yang menunjukkan "jarak memanjang dan melintang dari titik referensi" dan "posisi kedalaman".

5.4 Kecuali jika dinyatakan sebaliknya dalam bab aplikasi-khusus pada Bab 12 hingga 16, indikasi pantulan yang dihasilkan oleh cacat memanjang yang melebihi nilai batas perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 10.7 (melebihi panjang registrasi dan/atau tinggi pantulan di atas level registrasi yang ditunjukkan pada Tabel 10.6) harus dianggap sebagai cacat las yang harus diperbaiki.

5.5 Indikasi pantulan kontinu yang menunjukkan pada cacat las sistematis (seperti cacat akar akibat penetrasi tak penuh atau deretan pori-pori) memerlukan perbaikan meskipun nilai batas perbaikan tidak tercapai. Indikasi pantulan yang menunjukkan adanya retak memerlukan perbaikan dalam setiap kasus.

5.6 Indikasi pantulan yang dihasilkan oleh cacat melintang dalam setiap kasus harus dianggap sebagai cacat las yang memerlukan perbaikan kecuali jika indikasi pantulan tersebut dapat secara tegas dikaitkan dengan indikasi yang dihasilkan oleh cacat memanjang dan masih di bawah nilai batas perbaikan yang ditetapkan dalam Tabel 10.7.

5.7 Jika evaluasi indikasi pantulan menimbulkan keraguan tentang perlunya perbaikan, maka inspeksi radiografi mungkin harus dilakukan untuk membantu dalam penilaian (lihat B.1.3). Namun, indikasi pantulan yang diperoleh dari sambungan las dengan ketebalan 30 mm atau lebih yang melebihi nilai batas perbaikan selalu memerlukan perbaikan meskipun inspeksi radiografi gagal untuk memperlihatkan adanya cacat atau gagal memperlihatkan cacat dengan jelas.

6. Laporan inspeksi

6.1 Laporan inspeksi lengkap sebagaimana ditentukan dalam ISO 17640 dan berisi informasi yang tercantum di bawah ini harus disiapkan untuk semua inspeksi ultrasonik sesuai dengan rencana inspeksi; lihat D.1. Laporan inspeksi harus memungkinkan inspeksi diulang secara identik. Laporan inspeksi harus ditandatangani oleh orang yang melakukan inspeksi dan pengawas.

6.2 Laporan inspeksi harus berisi informasi umum berikut:

- Identifikasi yang jelas dari komponen, material, sambungan las yang diperiksa bersama dengan dimensi dan lokasinya (gambar yang harus disediakan untuk bentuk las yang rumit dan konfigurasi pengujian) dan proses pengelasan.
- Peraturan lain (misal spesifikasi, standar, atau perjanjian khusus) yang diterapkan untuk inspeksi
- Tempat dan waktu inspeksi, lembaga pengujian dan identifikasi orang yang melakukan pengujian

6.3 Sebagai tambahan terhadap butir yang terdapat dalam D.2.1, laporan inspeksi harus berisi setidaknya detail khusus berikut yang berkaitan dengan inspeksi:

- Pembuat dan jenis peralatan uji
- Pembuat, jenis, frekuensi nominal dan sudut dating dari probe
- Kalibrasi jarak (rentang pengujian)
- Pengaturan sensitivitas (reflektor kalibrasi yang digunakan, sensitivitas instrumen, level registrasi)
- Nilai koreksi (untuk cacat dekat ke permukaan, koreksi transfer)

- Sensitivitas pengujian
- Persiapan permukaan, media kopling
- Permukaan uji, arah pengujian, sudut datang

(IACS UR W33 8.6)

6.4 Hasil pengujian (bila harus dinyatakan dalam laporan inspeksi; lihat 5.2) harus, jika memungkinkan, ditabulasi atau ditampilkan pada gambar dengan detail sebagai berikut:

- Koordinat cacat dengan indikasi titik referensi
- Tinggi maksimum pantulan lebih (+ ... dB) dibandingkan dengan level registrasi yang diberikan (ukuran reflektor referensi) atau, jika mungkin, diameter reflektor cakram (pengganti) yang sesuai
- Karakteristik cacat (panjang registrasi, nilai separuh kedalaman).

Jika indikasi pantulan yang berada dibawah nilai batas perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 10.7 juga diregistrasi, maka setiap cacat yang diidentifikasi harus diberikan penilaian (misalnya dibiarkan atau diperbaiki, a = dapat diterima atau na = tidak dapat diterima).

M. Inspeksi Partikel Magnetik

1. Perlengkapan dan media uji

1.1 Pengujian partikel magnetik harus dilakukan sesuai dengan ISO 17638:2016 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI.

(IACS UR W33 6.4.1)

1.2 Peralatan magnetisasi harus dilengkapi dengan nilai atau alat ukur yang menunjukkan kekuatan arus magnetisasi setiap saat. BKI dapat meminta pengukuran tersebut dilakukan untuk memverifikasi data ini. Bukti kesesuaian media uji harus diberikan ketika diminta.

1.3 Partikel magnetik yang tersuspensi dalam cairan pembawa yang sesuai dan mudah menguap harus digunakan sebagai media uji untuk menampakkan kebocoran aliran karena cacat dalam material. Partikel-partikel magnetik ini dapat berwarna hitam atau berpendar. Jika partikel magnetik hitam digunakan, maka permukaan yang akan diuji harus dilapisi dengan cat putih permanen, diaplikasikan setipis mungkin, untuk memberikan kontras.

1.4 Proporsi partikel magnetik dalam cairan pembawa harus sesuai dengan instruksi pabrik pembuat dan harus diverifikasi (misalnya dengan menggunakan indikator uji atau dengan uji pemisahan menggunakan bejana sentrifugal kaca sesuai ASTM D 96-73, Gambar 6). Media uji kering hanya dapat digunakan untuk pengujian pada suhu tinggi (misalnya pada jalur akar).

Tabel 10.7 Nilai batas perbaikan

Level mutu menurut G.2.1	Ketebalan dinding (ketebalan las) [mm]	Cacat memanjang			Cacat melintang		
		Jumlah cacat per m sambungan las	Panjang registrasi [mm]	Tinggi maks. pantulan lebih yang diizinkan [dB]	Jumlah cacat per m sambungan las	Panjang registrasi [mm]	Tinggi maks. pantulan lebih yang diizinkan [dB]
B	10 s/d 15	10 dan 3 dan 1	10 20 10	6 6 12	3	10	6
	> 15 s/d 20	10 dan 3 dan 1	10 20 19	6 6 12	3	10	6
	> 20 s/d 40	10 dan 3 dan 1	10 25 10	6 6 12	3	10	6
	> 40	10 dan 3 dan 1	10 30 10	6 6 12	3	10	6
C	> 10 s/d 20	10 dan 3 dan 1	15 30 10	6 6 12	3	10	6
	> 20 s/d 40	10 dan 3 dan 1	15 30 10	6 6 12	3	10	6
	> 40	10 dan 3 dan 1	15 50 10	6 6 12	3	10	6
D	> 10 s/d 20	10 dan 3 dan 1	15 50 10	6 6 12	5	10	6
	> 20 s/d 40	10 dan 3 dan 1	15 50 10	6 6 12	5	10	6
	> 40	10 dan 3 dan 1	20 50 10	6 6 12	5	10	6

2. Metode magnetisasi dan kekuatan medan

2.1 Pemilihan metode magnetisasi tergantung pada geometri komponen dan harus disetujui oleh BKI. Jika memungkinkan, magnetisasi harus dilakukan dengan melewatkan arus melalui benda kerja atau, dalam kasus inspeksi lokal yang kecil, dengan magnetisasi yoke menggunakan elektromagnet atau, jika tidak ada kemungkinan lain yang diberikan, magnet permanen.

2.2 Dalam kasus khusus (misalnya bekas bakar harus dihindari dengan cara apapun atau untuk las melingkar), mungkin perlu untuk melakukan magnetisasi dengan konduktor aktif (kabel atau koil). Kombinasi metode magnetisasi yang berbeda untuk mendeteksi cacat dengan orientasi berbeda diperbolehkan.

2.3 Jika arus dilewatkan melalui benda kerja, maka arus bolak-balik, searah, *impuls* atau *surge* dapat digunakan. Magnet AC atau DC dapat digunakan untuk magnetisasi yoke. Jika arus magnetisasi dilewatkan

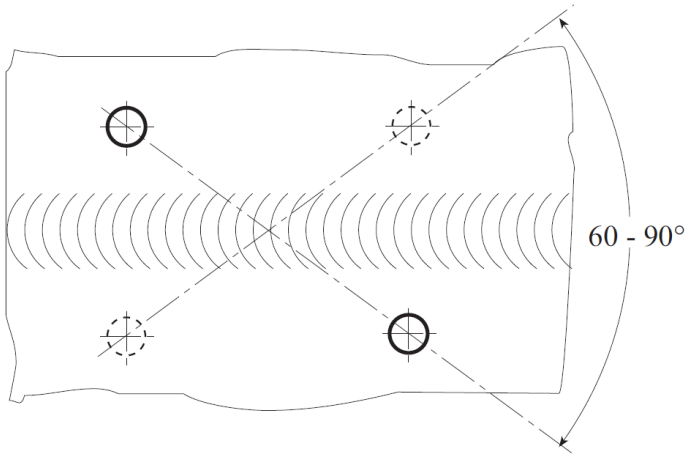
melalui benda kerja, maka elektroda suplai yang dapat melebur harus digunakan untuk mencegah bekas bakar. Jika arus AC digunakan, maka elektroda yang dapat melebur adalah wajib.

2.4 Kekuatan medan magnet (kekuatan medan tangensial efektif) harus setidaknya 20 A/cm (25 Oe) tetapi tidak boleh melebihi 50 A/cm (62,5 Oe). Kecukupan magnetisasi harus diperiksa pada saat pengujian dengan cara yang sesuai (misalnya indikator uji) atau dengan pengukur kekuatan medan tangensial.

3. Persiapan permukaan uji, arah dan durasi magnetisasi

3.1 Permukaan uji harus bebas dari kerak, karat, percikan las dan kotoran lainnya. Takik, lekukan, goresan, tepian, dll. yang dapat menghasilkan indikasi palsu harus dihilangkan sebelum inspeksi. Lapisan cat yang tipis dan kering (misalnya cat dasar hingga ketebalan 20 µm) dapat dibiarkan di tempatnya selama tidak menghalangi pemeriksaan.

3.2 Magnetisasi harus dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.4, dalam dua arah yang berbeda termasuk sudut tidak kurang dari 60° dan tidak lebih dari 90° sehingga memungkinkan cacat dengan berbagai arah dapat ditemukan.



Gambar 10.4 Arah di mana magnetisasi harus dilakukan

3.3 Magnetisasi harus dilanjutkan selama permukaan uji disemprot dengan suspensi partikel magnetik dan selama gerakan suspensi partikel magnetik dapat dideteksi setelah itu, minimal selama 5 detik. Pengujian pada kondisi magnetisasi permanen tidak diizinkan.

4. Evaluasi, laporan inspeksi

4.1 Setiap akumulasi partikel magnetik yang bukan karena indikasi palsu mengindikasikan diskontinuitas atau retak pada material yang harus diregistrasi dalam laporan inspeksi dan diperbaiki. Dalam kasus retak kecil (misalnya retak kawah akhir) dapat diperbaiki dengan penggerindaan. Retak yang lebih besar harus dibongkar dan diperbaiki dengan las; lihat I.1.2.

Level penerimaan dan level mutu yang disyaratkan untuk uji partikel magnetik diberikan dalam Tabel 10.8

Table 10.8. Level penerimaan untuk uji partikel magnetik

Level mutu sesuai dengan ISO 5817:2014 atau ISO 10042:2018	Level penerimaan sesuai dengan ISO 23278:2015
B	2X
C	2X
D	3X

(IACS UR W33 7.7)

4.2 Sebagai tambahan terhadap butir yang terdapat dalam D.2.1, laporan inspeksi yang berkaitan dengan inspeksi partikel magnetik harus mencakup detail berikut:

- Detail komponen dan las yang diinspeksi
- Detail magnetisasi, dengan arus jika sesuai
- Konfigurasi uji (arah magnetisasi, jarak antara elektroda atau kutub)
- Media uji
- Kondisi tampilan
- Demagnetisasi, jika disyaratkan
- Hasil uji
- Tempat dan waktu inspeksi, lembaga pengujian dan identifikasi orang yang melakukan pengujian.

(IACS UR W33 8.4)

N. Inspeksi Penetran Cair

1. Media uji

Penetran berwarna atau berpendar harus digunakan sebagai media penetran. Penghilang dan pengembang penetran harus kompatibel dengan penetran yang digunakan. Bukti kesesuaian sistem inspeksi (penetran, penghilang penetran, developer) harus diserahkan kepada BKI berdasarkan permintaan.

2. Persiapan permukaan uji, pelaksanaan inspeksi

2.1 Pengujian penetran cair harus dilakukan sesuai dengan ISO 3452-1:2013 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI.

(IACS UR W33 6.3.1)

2.2 Untuk memungkinkan penetran memasuki cacat yang ada, permukaan uji harus benar-benar bebas dari kerak, karat, gemuk, minyak, cat atau endapan-elektro sebelum penetran diaplikasikan. Selama pengerjaan, perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa cacat tidak tertutup secara mekanis oleh pembersihan awal.

2.3 Permukaan uji harus kering. Temperatur benda kerja harus berada antara 5°C hingga 50°C, di luar kisaran temperatur ini, penetran khusus temperatur rendah/tinggi dan blok komparator referensi harus digunakan.

(IACS UR W33 6.3.4)

2.4 Pengaplikasian penetran dapat menggunakan metode apa saja. Perhatian harus diberikan untuk memastikan bahwa permukaan uji benar-benar basah sepanjang waktu penetrasi. Waktu penetrasi harus dipilih sesuai dengan instruksi pabrik pembuat, tetapi tidak boleh kurang dari 15 menit untuk temperatur benda kerja 15°C keatas atau kurang dari 30 menit bila temperatur dibawah 15°C. Penetran tidak boleh mengering selama periode penetrasi.

2.5 Setelah penetrasi, kelebihan penetran harus benar-benar dihilangkan dari permukaan uji sedemikian rupa sehingga meninggalkan penetran yang tersangkut di setiap cacat yang ada. Dianjurkan terlebih dahulu untuk menyeka kelebihan penetran dengan kain dan menghilangkan sisa-sisanya dengan cepat menggunakan penghilang penetran. Permukaan uji kemudian harus dikeringkan secepat mungkin (maks. 50 °C).

2.6 Developer harus diaplikasikan secara merata dan setipis mungkin segera setelah penghilangan kelebihan penetran dan pengeringan. Permukaan uji sebaiknya ditutupi. Waktu pengembangan kira-kira

harus sama dengan waktu yang diberikan untuk penetrasi. Inspeksi visual untuk cacat harus dimulai saat developer diaplikasikan, tetapi inspeksi akhir hanya dapat dilakukan setelah berakhirnya waktu pengembangan. M.4.1 berlaku secara analog untuk evaluasi.

3. Evaluasi, laporan inspeksi

3.1 Jika evaluasi yang tegas terhadap indikasi tidak dimungkinkan, maka seluruh prosedur inspeksi, dimulai dengan pembersihan awal, harus diulang. Bila perlu, kualitas permukaan juga harus diperbaiki. Inspeksi ulang harus dilakukan dengan sistem pengujian yang sama seperti pada inspeksi pertama. Persyaratan yang ditentukan dalam standar ISO 3452-1:2013 juga dapat diberlakukan.

Level penerimaan dan level mutu yang disyaratkan untuk uji penetran cair diberikan dalam Tabel 10.9

Table 10.9 Level penerimaan untuk uji partikel magnetik

Level mutu sesuai dengan ISO 5817:2014 atau ISO 10042:2018	Level penerimaan sesuai dengan ISO 23277:2015
B	2X
C	2X
D	3X

(IACS UR W33 7.6)

3.2 Sebagai tambahan terhadap butir yang terdapat dalam D.2.1, laporan inspeksi terkait dengan inspeksi media penetran harus mencakup detail berikut:

- Detail komponen dan las yang diinspeksi
- Media uji (tipe, merek)
- Deskripsi prosedur pengujian (temperatur benda kerja, waktu kerja penetran, waktu pengembangan, dll.)
- Hasil pengujian
- Tempat dan waktu inspeksi, lembaga pengujian dan identifikasi orang yang melakukan pengujian.

Laporan inspeksi harus sesuai dengan formulir yang disediakan dalam ISO 3452-1:2013 Annex C.

O. Uji Tak Rusak Maju (ANDT)

Paragraf pada sub bab ini berdasarkan IACS UR W 34.

1. Umum

Sub-bab ini memberikan persyaratan minimum mengenai metode dan level mutu yang harus diadopsi untuk uji las tak rusak maju pada waktu pembangunan kapal baru. Metode maju yang hendak digunakan sesuai sub bab ini ada di 2.

2. Penerapan

2.1 Material

Sub bab ini diterapkan pada material sebagai berikut:

- Material dan pengelasan untuk kapal tangki gas sesuai dengan Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol.IX) Sec.6.
- Baja struktural lambung kekuatan normal dan lebih tinggi sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec. 4.

- Baja kekuatan tinggi untuk struktur yang dilas sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.4
- Pelat baja yang sangat tebal di kapal peti kemas sesuai dengan Rules for Container Ships (Pt.1, Vol. XVIII) Sec. 27.
- Paduan aluminium untuk konstruksi lambung sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.10.
- Baja YP47 dan Baja Tahan Retak Rapuh sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec.4.L.

2.2 Proses pengelasan

Sub bab ini berlaku untuk proses pengelasan yang ditetapkan dalam Tabel 10.10 dan juga *Flash Welding* (24).

2.3 Sambungan las

2.3.1 Sub bab ini berlaku untuk las butt dengan penetrasi penuh. Variasi desain sambungan, misalnya sambungan T, sudut dan silang (dengan atau tanpa penetrasi penuh) dapat diuji menggunakan *Phased Array Ultrasonic Testing* (PAUT). Batasan-batasan desain sambungan yang berkaitan dengan pengujian harus dikenali, didokumentasikan, dan disetujui dengan BKI sebelum diterapkan.

2.4 Waktu ANDT

Untuk waktu ANDT lihat E.

2.5 Metode uji

2.5.1 Metode untuk mendeteksi cacat adalah *Phased Array Ultrasonic Testing* (PAUT) (hanya otomatis/semi-otomatis), *Time of Flight Diffraction* (TOFD), *Digital Radiography* (RT-D).

2.5.2 Metode yang dapat diterapkan untuk pengujian berbagai jenis sambungan las diberikan dalam Tabel 10.10.

Tabel 10.10 Metode yang dapat diterapkan untuk pengujian material

Material & Sambungan Las	Ketebalan Material Induk	Metode yang dapat diterapkan
Las butt feritik dengan penetrasi penuh	t < 6 mm	RT-D
	6 mm ≤ t ≤ 40 mm	PAUT, TOFD, RT-D
	t > 40 mm	PAUT, TOFD, RT-D*
Sambungan T dan sambungan sudut feritik dengan penetrasi penuh	t ≥ 6 mm	PAUT, RT-D*
Sambungan silang feritik dengan penetrasi penuh	t ≥ 6 mm	PAUT*
Las butt baja tahan karat austenitik dengan penetrasi penuh[1)]	t < 6 mm	RT-D
	6 mm ≤ t ≤ 40 mm	RT-D, PAUT*
	t > 40 mm	PAUT*, RT-D*
Sambungan T, sambungan sudut baja tahan karat austenitik dengan penetrasi penuh[1)]	t ≥ 6 mm	PAUT*, RT-D*
Sambungan T dan sambungan sudut aluminium dengan penetrasi penuh	t ≥ 6 mm	PAUT*, RT-D*
Sambungan silang aluminium dengan penetrasi penuh	t ≥ 6 mm	PAUT*
Las butt aluminium dengan penetrasi penuh	t < 6mm	RT-D
	6 mm ≤ t ≤ 40 mm	RT-D, TOFD, PAUT
	t > 40 mm	TOFD, PAUT, RT-D*

* Hanya berlaku dengan pembatasan, memerlukan kualifikasi khusus berdasarkan persetujuan BKI.

1) Pengujian ultrasonik material anisotropik menggunakan metode maju memerlukan prosedur dan teknik khusus. Selain itu, penggunaan teknik dan peralatan pelengkap mungkin juga diperlukan, misalnya menggunakan gelombang kompresi sudut, dan/atau probe gelombang mulur untuk mendeteksi cacat yang dekat dengan permukaan.

3. Teknik dan prosedur kualifikasi

3.1 Umum

Galangan kapal harus mengirimkan ke BKI dokumen-dokumen berikut untuk diperiksa:

- Dokumentasi teknis dari ANDT.
- Metodologi dan prosedur pengoperasian dari ANDT sesuai F.1.
- Hasil simulasi perangkat lunak, bila berlaku.

3.2 Simulasi perangkat lunak

Simulasi perangkat lunak dapat disyaratkan oleh BKI, bila berlaku untuk teknik PAUT atau TOFD. Simulasi dapat mencakup keadaan pengujian awal, rencana pemindaian, cakupan volume, gambar hasil cacat buatan, dll. Dalam beberapa keadaan, pemodelan/pensimulasian cacat buatan mungkin diperlukan atau dibutuhkan oleh proyek.

3.3 Prosedur uji kualifikasi

Prosedur kualifikasi untuk sistem ANDT harus mencakup langkah-langkah berikut:

- Peninjauan data kinerja yang tersedia untuk sistem inspeksi (kemampuan pendeteksian dan akurasi ukuran cacat).
- Identifikasi dan evaluasi parameter penting dan variabilitasnya.
- Perencanaan dan pelaksanaan program uji yang andal dan dapat diulang[1] yang termasuk demonstrasi di lokasi.
- Dokumentasi hasil dari program uji yang andal dan dapat diulang.

Catatan [1]

Data dari program uji yang andal dan dapat diulang harus dianalisis berkaitan dengan laporan uji komparatif blok kualifikasi dan demonstrasi di tempat. Blok kualifikasi harus sesuai dengan ASME V Article 14 MANDATORY APPENDIX II UT PERFORMANCE DEMONSTRATION CRITERIA atau disetujui oleh BKI, dan setidaknya blok kualifikasi tingkat menengah harus digunakan. Blok kualifikasi tingkat tinggi harus digunakan ketika mengukur distribusi kesalahan dan POD yang akurat perlu dievaluasi. Proses demonstrasi di lapangan harus disaksikan oleh Surveyor BKI.

3.4 Persetujuan prosedur

Prosedur pengujian harus dievaluasi berdasarkan hasil kualifikasi, jika hasilnya memenuhi maka prosedur dapat dipertimbangkan disetujui.

3.5 Peninjauan di lokasi

3.5.1 NDT tambahan harus dilakukan pada bagian las yang disetujui untuk diperiksa silang dengan metode lain. Sebagai alternatif, teknik referensi terdokumentasi lainnya dapat diterapkan untuk membandingkan dengan hasil ANDT.

3.5.2 Analisis data harus dilakukan sesuai dengan 3.3. Probabilitas Deteksi (PoD) dan akurasi ukuran harus ditetapkan jika dapat diterapkan.

3.5.3 Apabila hasil peninjauan inspeksi tidak sesuai dengan prosedur yang telah disetujui, inspeksi harus segera dihentikan. Kualifikasi tinjauan prosedur dan demonstrasi tambahan harus dilakukan untuk memperhitungkan setiap ketidaksesuaian.

3.5.4 Ketika ditemukan ketidaksesuaian yang signifikan, BKI berhak menolak hasil pengujian tersebut.

4. Kondisi permukaan

4.1 Area yang diperiksa harus sesuai dengan F.2.

4.2 Apabila ada persyaratan untuk melaksanakan PAUT atau TOFD melalui cat, kesesuaian dan sensitivitas pengujian harus dikonfirmasi melalui metode koreksi transfer yang sesuai yang ditentukan dalam prosedur. Dalam semua kasus, jika kehilangan transfer melebihi 12 dB, alasannya harus dipertimbangkan dan persiapan lebih lanjut dari permukaan pemindaian harus dilakukan, jika berlaku. Jika pengujian dilakukan melalui cat, maka prosedur harus dikualifikasi pada permukaan yang dicat.

4.3 Persyaratan untuk uji penerimaan permukaan akhir harus memastikan pendeteksian cacat yang akurat dan andal. Apabila permukaan uji tidak beraturan atau memiliki fitur lain yang mungkin mengganggu interpretasi dari hasil NDT, maka lasan harus digerinda atau dihaluskan.

5. Rencana umum pengujian: pemilihan metode NDT

5.1 Cakupan pengujian harus direncanakan oleh galangan kapal sesuai dengan desain kapal dan jenis kapal atau peralatan serta proses pengelasan yang digunakan. Perhatian khusus harus diberikan pada area dengan tegangan tinggi. Cakupan pengujian harus sesuai dengan persyaratan yang berlaku untuk las yang diperiksa.

6. Persyaratan uji

6.1 Umum

6.1.1 Metode yang dipertimbangkan dalam aplikasi sub bab ini ditetapkan dalam 2.5.1.

6.1.2 Teknik PAUT setidaknya harus sesuai dengan 6.2. Tergantung pada kompleksitas bagian yang diuji dan akses ke permukaan, mungkin ada persyaratan untuk pemindaian tambahan dan/atau teknik NDT pelengkap untuk memastikan bahwa seluruh bagian yang diuji telah tercakup.

PAUT las harus mencakup pemindaian linier dari permukaan fusi, bersama dengan pemindaian lain seperti yang ditentukan dalam teknik pengujian khusus. Lihat persyaratan pemindaian linier di 6.2.2.4.

6.1.3 Teknik TOFD setidaknya harus sesuai dengan 6.3. Tergantung pada kompleksitas bagian yang diuji dan akses ke permukaan, mungkin ada persyaratan untuk pemindaian tambahan dan/atau teknik NDT pelengkap untuk memastikan bahwa seluruh bagian yang diuji telah tercakup.

6.1.4 Teknik RT-D setidaknya harus sesuai dengan 6.4. Untuk tujuan dari sub bab ini, RT-D terdiri dari dua metode RT utama; RT-S dan RT-CR. Metode lain dapat digunakan (misalnya sistem radioskopi), namun, harus sesuai dengan sub bab ini sesuai yang berlaku, dan setiap persyaratan khusus harus menunjukkan kesetaraan dengan persyaratan ini.

.1 Dalam semua metode RT-D, selain persyaratan khusus, metode kendali mutu detektor keluaran harus dijelaskan dalam prosedur.

.2 Prosedur harus menentukan tingkat pembesaran, peralatan pasca-pemrosesan, keamanan dan penyimpanan gambar/data, untuk evaluasi dan pelaporan akhir.

6.2 Uji ultrasonik phased array

PAUT harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang berdasarkan pada ISO 13588:2019, ISO 18563-1:2015, ISO 18563-2:2017, ISO 18563-3:2015 dan ISO 19285:2017 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI.

6.3 Informasi yang diperlukan sebelum pengujian

Prosedur harus tertulis dan mencakup informasi berikut setidaknya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.11. Ketika variabel esensial dalam Tabel 10.11 berubah dari nilai, atau rentang nilai, yang ditetapkan maka prosedur tertulis harus mensyaratkan kualifikasi ulang. Ketika variabel nonesensial berubah dari nilai, atau rentang nilai, yang ditetapkan maka kualifikasi ulang prosedur tertulis tidak diperlukan. Semua perubahan variabel esensial atau nonesensial dari nilai, atau rentang nilai, yang ditetapkan oleh prosedur tertulis mengharuskan perubahan dari, atau adendum pada, prosedur tertulis.

Table 10.11 Persyaratan prosedur PAUT

Persyaratan	Variabel esensial	Variabel nonesensial
Jenis material atau konfigurasi las yang diperiksa, mencakup dimensi ketebalan dan bentuk produk material (cor, tempa, pipa, pelat, dll.)	X	-
Permukaan dari mana pemeriksaan harus dilakukan	X	-
Teknik (sinar lurus, sinar pantul, kontak, dan/atau perendaman)	X	-
Sudut dan mode perambatan gelombang dalam material	X	-
Jenis unit pencari, frekuensi, ukuran dan jumlah elemen, dimensi pitch dan gap, dan bentuk	X	-
Rentang fokus (bidang identifikasi, kedalaman, atau arah gelombang)	X	-
Ukuran bukaan virtual (yaitu, jumlah elemen, tinggi efektif[1], dan lebar elemen)	X	-
Hukum fokus untuk E-scan dan S-scan (yaitu, rentang nomor elemen yang digunakan, rentang sudut yang digunakan, perubahan peningkatan elemen atau sudut)	X	-
Unit pencarian khusus, pasak, sepatu, atau sadel, saat digunakan	X	-
Instrumen ultrasonik	X	-
Kalibrasi [blok dan teknik kalibrasi]	X	-
Arah dan luas pemindaian	X	-
Pemindaian (manual vs. otomatis)	X	-
Metode untuk pengukuran indikasi dan pembedaan geometris dari indikasi cacat	X	-
Akuisisi data yang ditingkatkan dengan komputer, saat digunakan	X	-
Pemindaian tumpang tindih (hanya pengurangan)	X	-
Persyaratan kinerja personel, bila diperlukan	X	-
Level pengujian, level penerimaan dan/atau level perekaman	X	-
Persyaratan kualifikasi personel	-	X
Kondisi permukaan (permukaan pemeriksaan, blok kalibrasi)	-	X
Couplan (nama merek atau jenis)	-	X
Teknik pembersihan pasca-pemeriksaan	-	X
Alarm otomatis dan/atau peralatan perekaman, bila berlaku	-	X
Rekaman, termasuk data kalibrasi minimum yang akan direkam (misalnya, pengaturan instrumen)	-	X
Masalah lingkungan dan keselamatan	-	X

Catatan:

[1] Tinggi efektif adalah jarak dari tepi luar elemen pertama hingga terakhir yang digunakan dalam hukum fokus.

6.2.2 Pengujian

.1 Level pengujian

Level pengujian yang ditentukan dalam prosedur pengujian harus sesuai dengan standar yang diakui yang diterima oleh BKI. Empat level pengujian ditentukan dalam ISO 13588:2019, masing-masing terkait dengan probabilitas pendeteksian cacat yang berbeda.

.2 Pemeriksaan las

Pemeriksaan las harus sesuai dengan ISO 13588:2019 dan persyaratan khusus tambahan dari sub bab ini.

.3 Volume yang akan diperiksa

Tujuan pengujian harus ditentukan oleh prosedur pengujian. Berdasarkan ini, volume yang akan diperiksa harus ditentukan.

Rencana pemindaian harus disediakan. Rencana pemindaian harus menunjukkan area cakupan gelombang, ketebalan las dan geometri las.

Jika evaluasi indikasi didasarkan pada amplitudo saja, maka pemindaian 'E' (atau pemindaian linier) harus digunakan untuk memindai permukaan fusi las, sehingga berkas gelombang tegak lurus dengan permukaan fusi ± 5°. Persyaratan ini dapat diabaikan jika pemindaian 'S' (atau sektoral) dapat ditunjukkan untuk memverifikasi bahwa cacat pada permukaan fusi dapat dideteksi dan diukur, menggunakan prosedur yang disebutkan (catatan, demonstrasi ini harus menggunakan blok referensi yang berisi reflektor yang sesuai di lokasi zona fusi).

.4 Blok referensi

Tergantung pada level pengujian, blok referensi harus digunakan untuk menentukan kecukupan pengujian (misalnya area cakupan, pengaturan sensitivitas). Desain dan pembuatan blok referensi harus sesuai dengan ISO 13588:2019 atau standar setara yang diakui dan persyaratan khusus BKI.

.5 Penilaian indikasi

Indikasi yang terdeteksi saat menerapkan prosedur pengujian harus dievaluasi baik berdasarkan panjang dan tinggi atau berdasarkan panjang dan amplitudo maksimum. Penilaian indikasi harus sesuai dengan ISO 19285:2017 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI. Teknik pengukuran termasuk level referensi, *Time Corrected Gain* (TCG), *Distance Gain Size* (DGS) dan penurunan 6 dB. Metode penurunan 6 dB hanya digunakan untuk mengukur indikasi yang lebih besar dari lebar balok.

6.3 Time of flight diffraction

TOFD harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang berdasarkan pada ISO 10863:2011, dan ISO 15626: 2018 atau standar yang diakui dan persyaratan khusus BKI.

6.3.1 Informasi yang diperlukan sebelum pengujian

Prosedur harus tertulis dan mencakup informasi berikut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.12. Ketika variabel esensial dalam Tabel 10.12 berubah dari nilai, atau rentang nilai, yang ditentukan maka prosedur tertulis harus mensyaratkan kualifikasi ulang. Ketika variabel nonesensial berubah dari nilai, atau rentang nilai, yang ditentukan maka kualifikasi ulang prosedur tertulis tidak diperlukan. Semua perubahan variabel esensial atau nonesensial dari nilai, atau rentang nilai, yang ditentukan oleh prosedur tertulis mengharuskan perubahan dari, atau adendum pada, prosedur tertulis

Tabel 10.12 Persyaratan prosedur TOFD

Persyaratan	Variabel esensial	Variabel nonesensial
Konfigurasi las yang akan diperiksa, termasuk dimensi ketebalan dan bentuk produk material (coran, tempa, pipa, pelat, dll.)	X	–
Permukaan dari mana pemeriksaan harus dilakukan	X	–
Sudut perambatan gelombang dalam material	X	–
Jenis unit pencarian, frekuensi, dan ukuran/bentuk elemen	X	–
Unit pencarian khusus, pasak, sepatu, atau sadel, saat digunakan	X	–
Instrumen ultrasonik dan perangkat lunak	X	–
Kalibrasi [blok kalibrasi dan teknik]	X	–
Arah dan luas pemindaian	X	–
Pemindaian (manual vs. otomatis)	X	–
Metode untuk indikasi ukuran dan membedakan geometris dari indikasi cacat	X	–
Akuisisi data yang ditingkatkan komputer, saat digunakan	X	–
Pemindaian tumpang tindih (hanya pengurangan)	X	–
Persyaratan kinerja personel, bila diperlukan	X	–
Tingkat pengujian, tingkat penerimaan dan/atau tingkat perekaman	X	–
Persyaratan kualifikasi personel	X	–
Kondisi permukaan (permukaan pemeriksaan, blok kalibrasi)	–	X
Couplant (nama merek atau jenis)	–	X
Teknik pembersihan pasca-pemeriksaan	–	X
Alarm otomatis dan/atau peralatan perekaman, bila berlaku	–	X
Rekaman, termasuk data kalibrasi minimum yang akan direkam (misalnya, pengaturan instrumen)	–	X
Masalah lingkungan dan keselamatan	–	X

6.3.2 Pengujian

6.3.2.1 Level pengujian

Level pengujian yang ditentukan dalam prosedur pengujian harus sesuai dengan standar yang diakui yang diterima oleh BKI. Empat level pengujian ditentukan dalam ISO 10863:2011, masing-masing terkait dengan probabilitas pendeteksian cacat yang berbeda.

6.3.2.2 Volume yang akan diperiksa

Tujuan pengujian harus ditentukan oleh prosedur pengujian. Berdasarkan ini, volume yang akan diperiksa harus ditentukan.

Rencana pemindaian harus disediakan. Rencana pemindaian harus menunjukkan lokasi probe, area cakupan gelombang, ketebalan las dan geometri las.

6.3.2.3 Karena karakter dari metode TOFD, ada kemungkinan gambar pemindaian dapat menampakkan zona volume las yang tidak akan tercakup TOFD sepenuhnya (umumnya dikenal sebagai zona tak terdeteksi (*dead zone*), baik pada gelombang lateral, dinding belakang, atau keduanya). Jika gambar pemindaian menampakkan bahwa zona tak terdeteksi ini tidak diperiksa secara memadai, maka pemindaian TOFD lebih

lanjut dan/atau metode NDT pelengkap harus diterapkan untuk memastikan inspeksi yang mencakup seluruh area.

6.4 Radiografi digital

Radiografi digital harus dilakukan sesuai prosedur yang berdasar pada ISO 17636-2:2013 dan standar yang dirujuk di dalamnya, atau standar yang diakui dan persyaratan khusus tambahan dari BKI.

Setiap perbedaan pada penerapan standar (misalnya penempatan IQI) harus disepakati dengan BKI. Prosedur harus tertulis dan mencakup informasi berikut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.13.

Tabel 10.13 Persyaratan prosedur radiografi digital

Persyaratan
Jenis material atau konfigurasi las yang diperiksa, mencakup ukuran ketebalan dan bentuk produk material (coran, tempa, pipa, pelat, dll)
Deskripsi Sistem Digitalisasi:
Pabrik pembuat dan nomor model system digitaliisasi
Ukuran fisik dari area monitor gambar yang dapat digunakan
Kapasitas ukuran film dari perangkat pemindaian
Ukuran spot dari sistem pemindaian film
Ukuran piksel tampilan gambar seperti yang ditentukan oleh batas resolusi vertikal/horisontal monitor
Pencahayaan tampilan video
media penyimpanan data
Teknik Digitalisasi:
Ukuran spot digitizer (dalam mikron) yang akan digunakan
Teknik kompresi data yang jarang hilang, jika digunakan
Metode verifikasi pengambilan gambar
Operasi pemrosesan gambar
Jangka waktu untuk verifikasi sistem
Resolusi spasial yang digunakan:
Sensitivitas kontras (rentang densitas yang diperoleh)
Rentang dinamis yang digunakan
Linearitas spasial dari sistem
Jenis material dan rentang ketebalan
Jenis sumber atau voltage sinar-X maksimum yang digunakan
Jenis detektor
Kalibrasi detektor
Jarak minimum sumber ke obyek
Jarak antara obyek uji dan detektor
Ukuran sumber
Rencana pemindaian objek uji (jika ada)
Alat pengukuran kualitas gambar
Indikator mutu gambar (IQI)
Indikator mutu gambar kawat

Tabel 10.13 Persyaratan prosedur radiografi digital *(lanjutan)*

Persyaratan
Indikator mutu gambar dupleks
Indikator identifikasi gambar
Level pengujian, level penerimaan dan/atau level perekaman
Persyaratan kualifikasi personel
Kondisi permukaan
Rekaman, termasuk data kalibrasi minimum yang akan direkam
Masalah lingkungan dan keselamatan

6.4.1 Level pengujian

Mengenai pemilihan level pengujian sesuai ISO 17636-2:2013 mengacu pada 7.4.

7. Level penerimaan

7.1 Umum

7.1.1 Sub-bab ini merinci level penerimaan yang diikuti untuk penilaian hasil NDT. Metode termasuk tetapi tidak terbatas pada: Pengujian ultrasonik phased array (PAUT), *Time of flight diffraction* (TOFD), Radiografi digital (RT-D).

7.1.2 Mungkin perlu untuk menggabungkan metode pengujian untuk memfasilitasi penilaian indikasi terhadap kriteria penerimaan.

7.1.3 Kriteria penerimaan harus sesuai dengan 2.1

7.2 Pengujian ultrasonic phased array

Hubungan antara level penerimaan, level pengujian dan level mutu diberikan pada Tabel 10.14.

Level mutu dan level penerimaan untuk PAUT las harus sesuai dengan ISO 19285:2017 atau standar yang diakui yang disetujui oleh BKI.

Tabel 10.14 Level penerimaan untuk PAUT

Level mutu mengacu pada ISO 5817:2014	Level uji mengacu pada ISO 13588:2019	Level penerimaan mengacu pada ISO 19285:2017
C, D	A	3
B	B	2
dengan persetujuan	C	1
Aplikasi khusus	D	dengan persetujuan

7.3 *Time of flight diffraction*

Hubungan antara level penerimaan, level pengujian dan level mutu diberikan pada Tabel 10.15.

Level mutu dan level penerimaan untuk TOFD las harus sesuai dengan ISO 15626:2018 atau standar yang diakui yang disetujui oleh BKI.

Tabel 10.15 Level penerimaan untuk TOFD

Level mutu mengacu pada ISO 5817:2014	Level uji mengacu pada ISO 10863:2011	Level penerimaan mengacu pada ISO 15626:2018
B (Ketat)	C	1
C (Menengah)	minimal B	2
D (Sedang)	Minimal A	3

7.4 Radiografi digital

Hubungan antara level penerimaan, level pengujian dan level kualitas diberikan pada Tabel 10.16.

Level mutu dan level penerimaan untuk radiografi digital las harus sesuai dengan ISO 10675 atau standar yang disepakati dengan BKI.

Tabel 10.16 Level penerimaan untuk radiography

Level mutu sesuai dengan ISO 5817:2014 atau ISO 10042:2018	Teknik/level(kelas) pengujian sesuai dengan ISO 17636-2:2013	Level penerimaan sesuai dengan ISO 10675-1:2016 & ISO 10675-2:2017
B (Ketat)	B (kelas)	1
C (Menengah)	B* (kelas)	2
D (Sedang)	A (kelas)	3
* Untuk pengujian las melingkar, jumlah minimum eksposur dapat sesuai dengan persyaratan ISO 17636-2:2013, class A		

8. Laporan

8.1 Laporan uji harus mencakup sekurang-kurangnya informasi sebagai berikut:

1) referensi standar pemenuhan;
2) informasi yang berkaitan dengan objek yang diuji:
   - identifikasi objek yang diuji,
   - dimensi termasuk ketebalan dinding,
   - jenis material dan bentuk produk,
   - konfigurasi geometris,
   - lokasi sambungan las yang diperiksa,
   - referensi proses pengelasan dan perlakuan panas
   - kondisi dan temperatur permukaan,
   - tahap pembuatan;
3) informasi yang berkaitan dengan peralatan (lihat Tabel 10.17)
4) informasi yang berkaitan dengan teknologi pengujian (lihat Tabel 10.18)
5) informasi yang berkaitan dengan hasil pengujian (lihat Tabel 10.19)

Tabel 10.17 Informasi terkait dengan peralatan

Metode	Informasi
Semua	Pabrik pembuat dan jenis instrument, termasuk dengan nomor identifikasi jika diperlukan
PAUT	1) pabrik pembuat, jenis, frekuensi probe phased array termasuk nomor dan ukuran elemen, material dan sudut pasak dengan nomor identifikasi jika diperlukan, 2) detail blok referensi dengan nomor identifikasi jika diperlukan, 3) jenis couplan yang digunakan.
TOFD	1) pabrik pembuat, jenis, frekuensi, ukuran elemen dan sudut gelombang dari probe dengan nomor identifikasi jika diperlukan, 2) detail blok referensi dengan nomor identifikasi jika diperlukan, 3) jenis couplan yang digunakan.
RT-D	1) sistem penandaan yang digunakan, 2) sumber radiasi, jenis dan ukuran titik fokus dan identifikasi peralatan yang digunakan, 3) detektor, skrin dan filter serta detektor resolusi spasial dasar.

Tabel 10.18 Informasi terkait dengan teknologi pengujian

Metode	Informasi
Semua	1) level pengujian dan referensi untuk prosedur uji tertulis, 2) tujuan dan cakupan pengujian, 3) detail data dan sistem koordinat, 4) metode dan nilai yang digunakan untuk pengaturan jangkauan dan sensitivitas, 5) rincian pemrosesan sinyal dan pengaturan peningkatan pemindaian, 6) keterbatasan akses dan penyimpangan dari standar, jika ada
PAUT	1) kenaikan (E-scan) atau kenaikan sudut (S-scan), 2) pitch elemen dan ukuran celah, 3) fokus (kalibrasi harus sama dengan pemindaian), 4) ukuran bukaan virtual, yaitu jumlah elemen dan lebar elemen, 5) nomor elemen yang digunakan untuk hukum fokus, 6) dokumentasi tentang rentang sudut baji yang diizinkan dari pabrik pembuat, 7) dokumentasi kalibrasi, TCG dan kompensasi penguatan sudut, 8) rencana pemindaian.
TOFD	1) detail pengaturan TOFD, 2) rincian scan offset, jika diperlukan.
RT-D	1) rencana posisi detektor, 2) tegangan tabung yang digunakan dan tipe dan aktivitas arus atau sumber, 3) waktu pemaparan dan jarak sumber-ke-detektor, 4) jenis dan posisi indikator mutu gambar, 5) SNRN yang tercapai dan disyaratkan untuk RT-S atau nilai abu-abu yang tercapai dan disyaratkan dan/atau SNRN untuk RT-CR, 6) untuk RT-S: tipe dan parameter seperti penguatan, kerangka waktu, nomor kerangka, ukuran piksel, prosedur kalibrasi, 7) untuk RT-CR: tipe pemindai dan parameter seperti ukuran piksel, kecepatan pemindaian, penguatan, intensitas laser, ukuran titik laser, 8) parameter pemrosesan gambar yang digunakan, misalnya filter digital.

Tabel 10.19 Informasi terkait hasil uji

Metode	Informasi
Semua	1) kriteria penerimaan yang diterapkan, 2) data tabulasi yang merekam klasifikasi, lokasi dan ukuran indikasi yang relevan dan hasil evaluasi, 3) hasil pemeriksaan termasuk data perangkat lunak yang digunakan, 4) tanggal pengujian, 5) referensi untuk file data mentah, 6) tanggal pemindaian atau paparan dan laporan pengujian, 7) nama, tanda tangan dan sertifikasi personel.
PAUT	1) gambar phased array setidaknya dari lokasi dimana indikasi yang relevan telah terdeteksi pada salinan cetak, semua gambar atau data tersedia dalam format lunak, 2) titik referensi dan rincian sistem koordinat.
TOFD	Gambar TOFD dari setidaknya lokasi dimana indikasi TOFD yang relevan telah terdeteksi.

8.2 Hasil NDT harus direkam dan dievaluasi oleh galangan pembangun kapal secara terus menerus. Rekaman ini harus tersedia untuk Surveyor.

8.3 Galangan pembangun kapal bertanggung jawab untuk menelaah, menginterpretasi, mengevaluasi dan menyetujui hasil NDT. Laporan yang menyatakan pemenuhan atau sebaliknya terhadap kriteria yang ditetapkan dalam prosedur inspeksi harus diterbitkan.

8.4 Selain dari persyaratan pelaporan umum di atas, semua metode NDT yang ditentukan memiliki persyaratan dan detail khusus yang harus dicantumkan dalam laporan. Merujuk pada standar metode yang berlaku untuk persyaratan khusus.

8.5 Galangan pembangun kapal harus menyimpan rekaman inspeksi selama periode yang dianggap sesuai oleh BKI.

9. Indikasi yang tidak dapat diterima dan perbaikan

Semua indikasi (diskontinuitas) yang melebihi kriteria penerimaan yang berlaku harus diklasifikasikan sebagai cacat, dan harus dihilangkan dan diperbaiki sesuai persyaratan dalam Bab terkait.

Bab 11 Pengujian Mekanik dan Teknologi

A. Ruang Lingkup 11-1
B. Persiapan Spesimen dan Pengujian 11-1
C. Pengujian Tarik 11-1
D. Pengujian Lengkung 11-4
E. Pengujian Impak Batang Bertakik (ISO 9016) 11-8
F. Pengujian Kekerasan Lasan (ISO 9015) 11-9
G. Inspeksi Metalografi 11-10
H. Laporan Inspeksi 11-11

A. Ruang Lingkup

1. Peraturan ini berhubungan dengan metode dan bentuk spesimen uji normal yang akan digunakan dalam pengujian mekanik dan teknologi lasan, misalnya benda uji untuk uji prosedur pengelasan dan uji juru las, serta inspeksi metalografi yang diperlukan untuk tujuan ini.

2. Metode dan bentuk specimen uji khusus (misalnya untuk menguji keterampilan manual juru las atau pengujian bahan habis pengelasan, material bantu dan cat dasar mampu ditimpa las) ditentukan dalam bab-bab yang relevan.

3. Metode uji dan bentuk spesimen yang ditunjukkan dalam standar yang disebutkan dalam paragraf berikut harus digunakan apabila memungkinkan. Metode dan bentuk spesimen yang sesuai dengan standar lainnya dapat digunakan dengan persetujuan Surveyor, dengan syarat hasil yang sama dapat dicapai.

B. Persiapan Spesimen dan Pengujian

1. Semua pengujian harus dilakukan oleh personil yang terlatih menggunakan mesin pengujian yang terkalibrasi. Mesin pengujian harus dijaga dalam keadaan baik oleh pemiliknya dan harus dikalibrasi secara berkala oleh otoritas pemeriksa independen.

2. Sebelum benda uji dipotong, spesimen harus ditandai oleh Surveyor. Spesimen tersebut kemudian harus dipotong, apabila memungkinkan dengan proses mekanis, dan dihaluskan dengan mesin sampai dimensi yang disyaratkan. Apabila spesimen benda uji dipotong dengan proses termal, maka spesimen harus cukup lebar untuk memastikan bahwa zona terpengaruh panas dapat benar-benar dihilangkan.

3. Semua pengujian mekanik dan teknologi harus dilakukan dengan dihadiri oleh Surveyor, kecuali jika ditentukan atau disetujui lain. Foto spesimen metalografi harus diserahkan ke Surveyor untuk evaluasi.

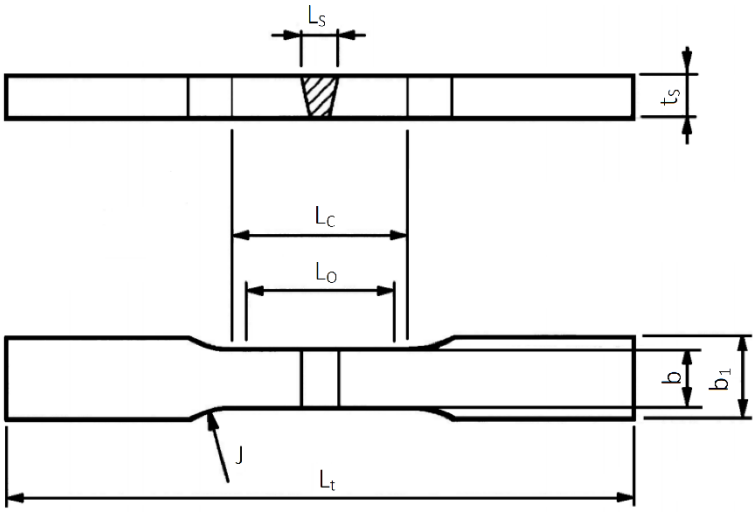
C. Pengujian Tarik

1. Pengujian tarik pada spesimen tarik pipih (ISO 4136)

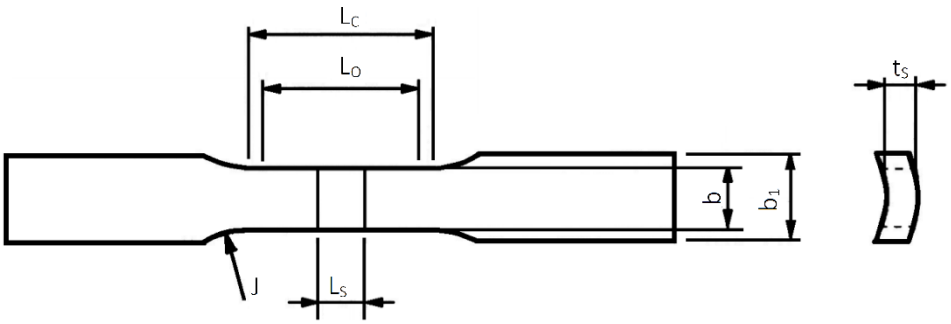
1.1 Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik, posisi, jenis patahan dan, apabila sesuai, pemanjangan spesimen yang terletak tegak lurus terhadap las. Spesimen tarik pipih yang ditunjukkan pada Gambar 11.1 harus digunakan apabila memungkinkan.

1.2 Ketebalan specimen t_s harus sama dengan ketebalan logam induk dekat sambungan las. Jika tebal logam induk lebih besar dari 30 mm beberapa spesimen uji yang dipisahkan dengan jarak yang teratur sepanjang penampang logam induk dapat diambil untuk mencakup seluruh ketebalan sambungan, lihat Gambar 11.2.

1.3 Untuk paduan aluminium panjang paralel spesimen tarik (L_c) tidak dapat kurang dari L_s + 100 mm.



a) Spesimen uji untuk pelat

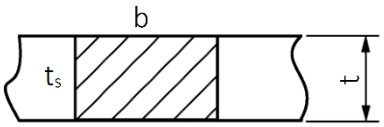


b) Spesimen uji untuk pipa

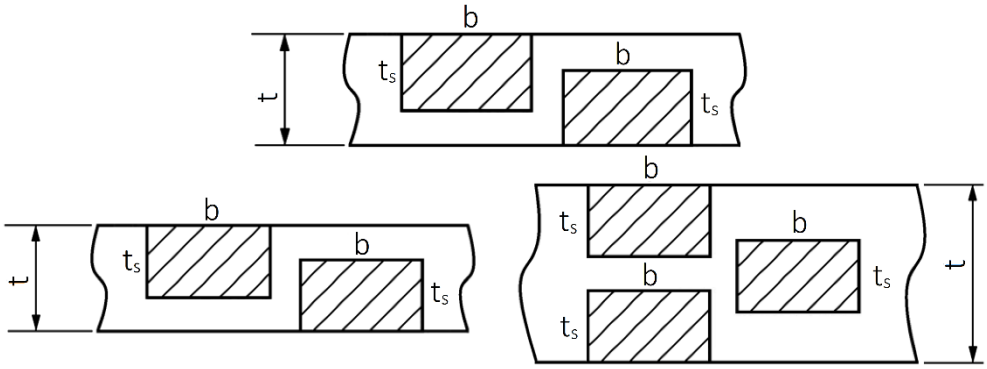
Denominasi		Simbol	Dimensi (mm)
Panjang total spesimen		L_t	menyesuaikan dengan mesin uji tertentu
Lebar bahu		b_1	b + 12
Lebar panjang paralel	Pelat	b	12 untuk $t_s \le 2$
			25 untuk $t_s > 2$
	Pipa	b	6 untuk D ≤ 50
			12 untuk 50 < D ≤ 168,3
			25 untuk D > 168,3
Panjang paralel		L_c	≥ L_s + 60
Radius di bahu		r	≥ 25

Catatan:
L_s = Lebar maksimum las setelah pemesinan
t_s = Ketebalan spesimen uji

Gambar 11.1 Spesimen tarik pipih (sambungan las)



a) Pengujian penampang penuh

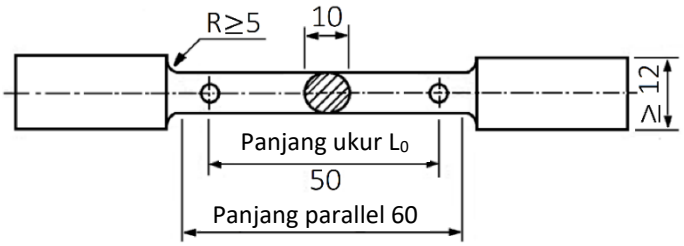


b) Pengujian spesimen banyak

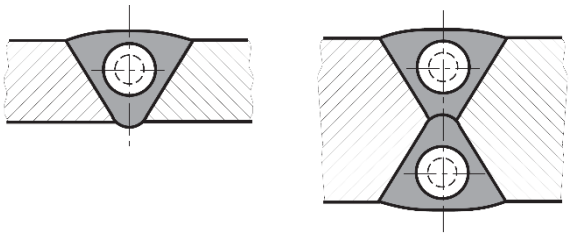
Gambar 11.2 Contoh lokasi spesimen uji pada sambungan

2. Pengujian tarik pada spesimen tarik bulat (ISO 6892-1)

2.1 Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik, kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2%, pengurangan luas dan pemanjangan logam las. Jika diperlukan dalam kasus baja temperatur tinggi, tegangan uji 0,2% pada temperatur tinggi juga harus ditentukan. Jika memungkinkan, pengujian harus dilakukan pada jenis spesimen tarik bulat berdiameter 10 mm yang digambarkan dalam Gambar 11.3, yang harus dipotong dari logam las dengan sumbu longitudinalnya searah sambungan las, lihat Gambar 11.4.



Gambar 11.3 Spesimen tarik bulat (logam las)

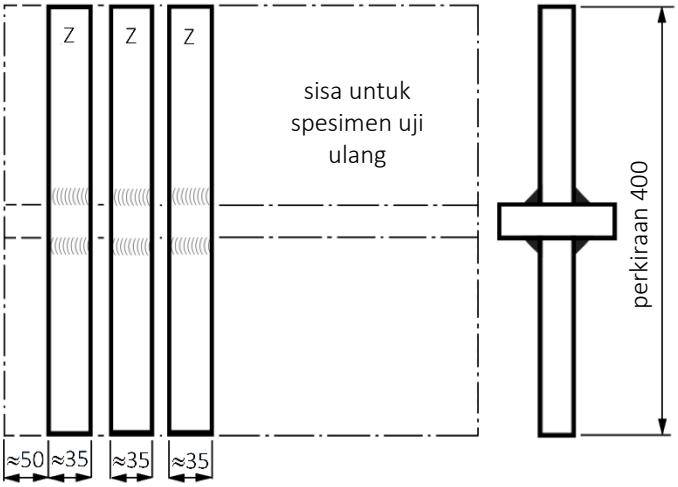


Gambar 11.4 Lokasi spesimen di logam las

2.2 Jika, dalam kasus luar biasa, ukuran las tidak memungkinkan untuk spesimen tarik berdiameter 10 mm disiapkan, maka spesimen dengan diameter yang lebih kecil dapat digunakan, asalkan panjang ukurnya 5 kali dan panjang paralel minimal 6 kali diameter spesimen.

3. Pengujian tarik pada spesimen tarik silang

3.1 Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kekuatan tarik geser Z_S dari logam las. Tiga spesimen dengan dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 11.5 harus diuji di setiap pengujian.



Gambar 11.5 Spesimen tarik silang

3.2 Kekuatan tarik geser Z_S harus ditentukan dengan rumus berikut (lihat Gambar 11.6):

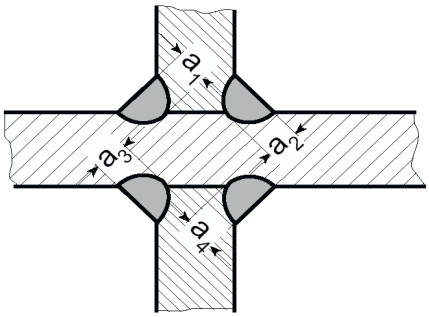
$a_1 + a_2$ = penampang patah $S_{1/2}$

$a_3 + a_4$ = penampang patah $S_{3/4}$

Kekuatan tarik geser Z_S:

$$Z_S = \frac{\text{Beban putus F}}{S_B \times \text{lebar spesimen}} \quad \left[\frac{N}{mm^2}\right]$$

S_B = $S_{1/2}$ atau $S_{3/4}$ tergantung pada lokasi patah

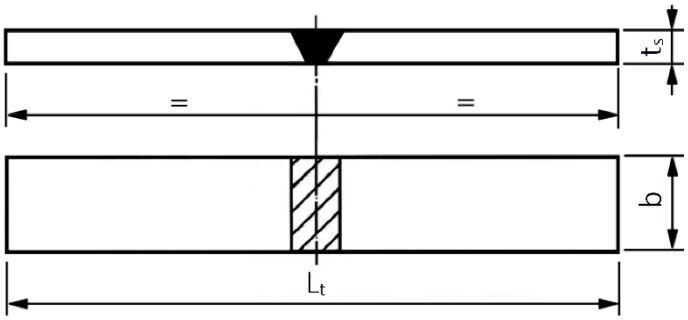


Gambar 11.6 Spesimen tarik silang, penampang sambungan las

D. Pengujian Lengkung

1. Uji lengkung melintang (ISO 5173)

1.1 Pengujian ini dilakukan untuk menentukan keuletan sambungan las sepanjang sambungan. Untuk tujuan ini spesimen ditekuk diatas sebuah mandrel atau diameter tertentu dan sudut yang dicapai dan, jika ditentukan, pemanjangan lengkung pada sisi spesimen yang menerima tegangan diukur. Spesimen sesuai Gambar 11.7 harus disiapkan untuk pengujian.

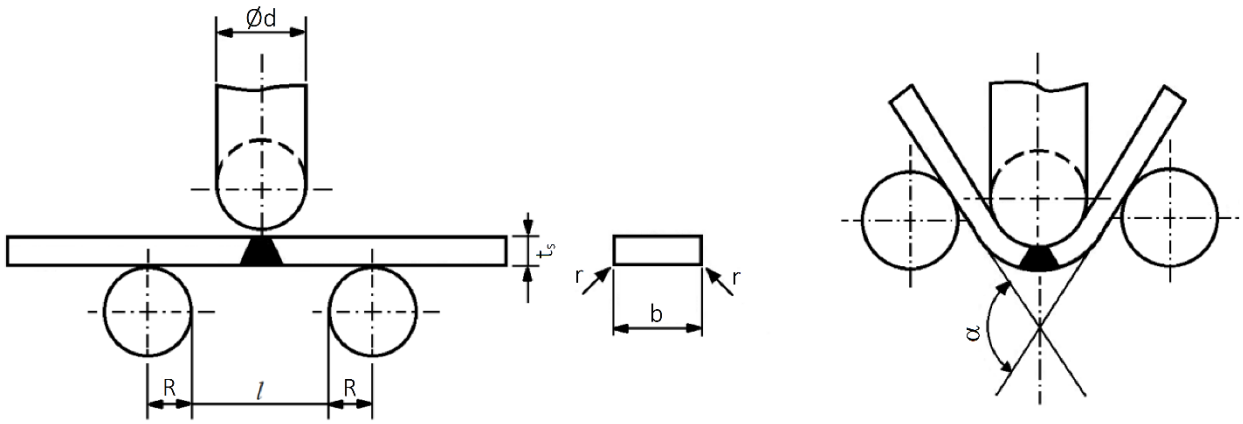


Denominasi			Simbol	Dimensi (mm)
Panjang total spesimen			L_t	≥ l + 2R
Diameter rol			R	≥ 20
Lebar spesimen	Pelat	Baja	b	≥ 1,5 t_s (min. 20)
		Al		≥ 2 t_s (min. 20)
	Pipa		b	t + 0,1D untu D ≤ 50
				t + 0,05D untuk D > 50
Jarak antara rol			l	min. d + 2t_s max. d + 3t_s
Diameter mandrel			d	sesuai dengan persyaratan
t_s = ketebalan spesimen uji t = ketebalan dinding pipa				

Gambar 11.7 Spesimen uji lengkung melintang

1.2 Ketebalan spesimen harus sama dengan ketebalan material induk yang berdekatan dengan sambungan las. Jika ketebalan ini lebih besar dari 30 mm beberapa spesimen uji dapat diambil agar mencakup ketebalan penuh sambungan, lihat Gambar 11.2. Pada sisi spesimen yang menerima tegangan selama pengujian, tepi-tepinya dapat dibundarkan ke radius r yang ditentukan.

1.3 Tergantung pada spesifikasi uji, spesimen harus dipasang di perangkat pengujian sedemikian rupa sehingga baik sisi atas ataupun bawah las menerima tegangan selama pengujian. Instalasi pengujian harus diatur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.8.



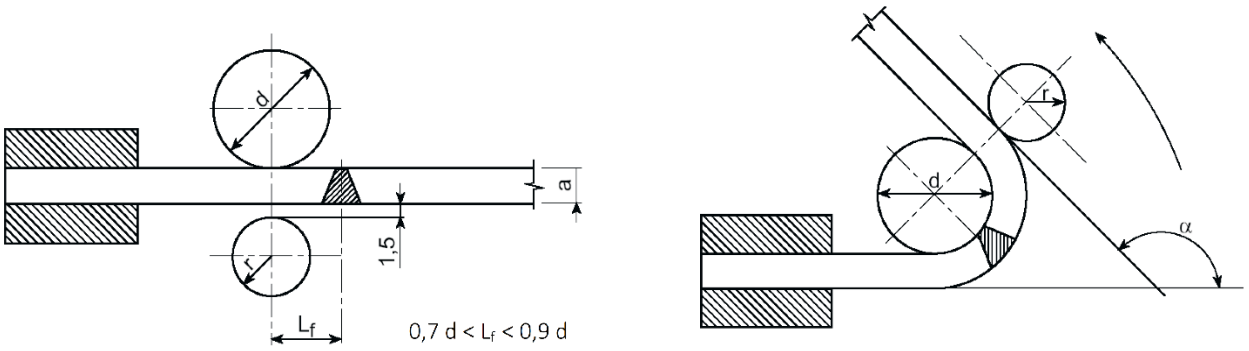
$$d + 2t_s < l \leq d + 3t_s$$

Gambar 11.8 Instalasi pengujian untuk lengkung muka atau akar melintang

1.4 Jika pemanjangan lengkung harus ditentukan, maka sebelum pengujian zona deformasi pada sisi spesimen yang menerima tegangan harus dilengkapi dengan tanda ukur yang terpisah 5 mm dan tanda ini harus digunakan untuk mengukur pemanjangan ketika sudut lengkung yang ditentukan telah tercapai.

Panjang ukur L_0 adalah lebar las + ketebalan dinding.

1.5 Jika perilaku pemanjangan material induk dan logam las berbeda jauh, misalnya dalam kasus benda uji uji aluminium, instalasi uji yang ditunjukkan pada Gambar 11.9 dapat digunakan untuk mencegah retak awal pada spesimen.



Gambar 11.9 Instalasi uji khusus

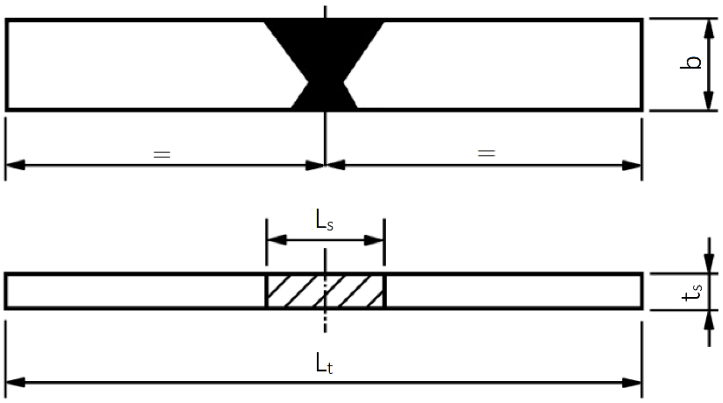
2. Uji lengkung sisi (ISO 5173)

2.1 Pengujian ini dilakukan untuk menentukan keuletan sambungan las pada bidang penampang. Untuk tujuan ini spesimen ditekuk diatas sebuah mandrel dengan diameter tertentu dan sudut lengkung yang dicapai diukur. Spesimen sesuai Gambar 11.10 harus disiapkan untuk pengujian ini.

2.2 Ketika ketebalan sambungan melebihi 40 mm, maka diperbolehkan untuk mengambil beberapa spesimen dari sambungan las, daripada hanya satu, dengan syarat lebar, b, masing-masing spesimen uji dalam kisaran dari 20 mm sampai 40 mm. Dalam kasus ini lokasi spesimen uji pada ketebalan sambungan las harus diidentifikasi.

2.3 Spesimen harus dipasang di perangkat pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 11.8 sedemikian rupa sehingga beban pengujian bekerja pada arah sumbu memanjang asli dari las. Pada sisi yang menerima tegangan selama pengujian, tepi memanjang spesimen dapat dibundarkan ke radius r yang ditentukan.

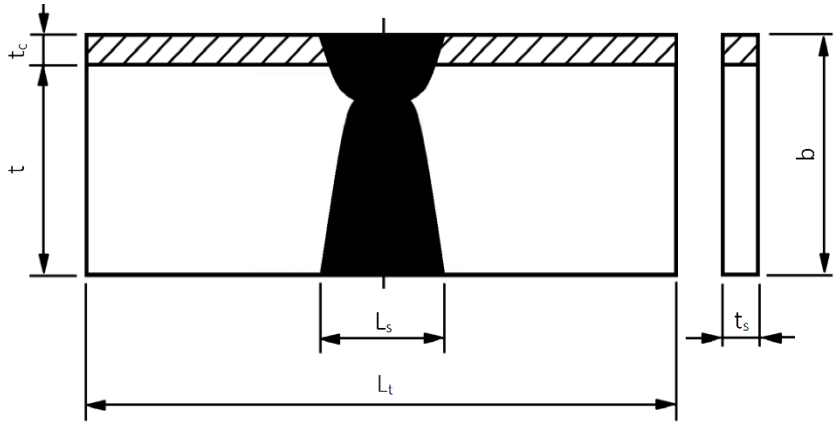
2.4 Jika pelat berlapis yang dilas akan dilakukan uji lengkung sisi, bentuk spesimen yang ditunjukkan pada Gambar 11.11 harus digunakan. Dimensinya sesuai dengan yang tercantum dalam tabel pada Gambar 11.10.



Denominasi	Ukuran (mm)
Ketebalan spesimen, t_s	10 ± 0,5 [2]
Lebar spesimen, b	tebal produk
Radius r, sisi yang menerima tegangan	≤ 1 (≤ 3) [1]
Panjang spesimen, L_t	≥ l + 2R
Diameter mandrel, R	≥ 20

[1] Nilai radius di dalam kurung berlaku untuk spesimen dimana penguatan tidak dihilangkan.
[2] Rasio antara lebar dan ketebalan spesimen b/a harus lebih besar dan sama dengan 1,5.

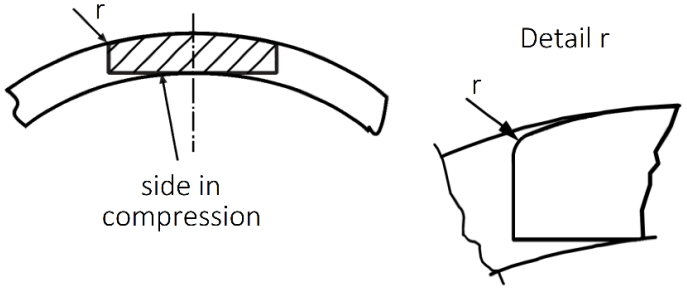
Gambar 11.10 Spesimen uji lengkung sisi



Gambar 11.11 Bentuk spesimen uji lengkung sisi pelat berlapis

3. Spesimen uji lengkung dari sambungan pipa

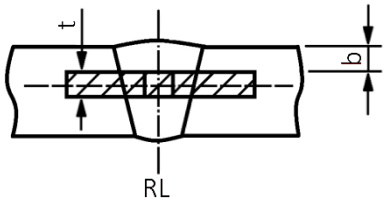
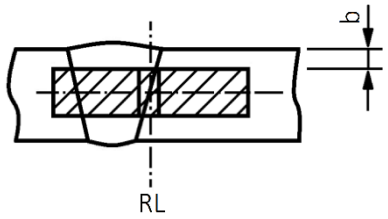
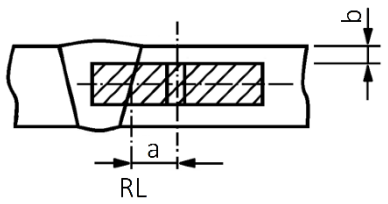
Jika spesimen uji lengkung harus diambil dari lasan melingkar pipa, maka sisi mukanya harus sejajar. Jika perlu, sisi spesimen yang tertekan harus dilakukan pemesinan sesuai dengan Gambar 11.12.



Gambar 11.12 Penampang spesimen uji lengkung yang diambil dari pipa

E. Pengujian Impak Batang Bertakik (ISO 9016)

1. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan energi impak dalam Joule (J). Spesimen takik-V ISO harus digunakan; lokasi spesimen pada benda uji harus sedemikian rupa sehingga sumbu memanjang spesimen tegak lurus terhadap arah las sementara sumbu takik tegak lurus terhadap permukaan produk (lihat Gambar 11.13). Selain itu, penentuan porsi kristal dari permukaan patah dan/atau ekspansi lateral dari spesimen dapat disetujui.

Lokasi	Simbol	Gambaran
Pusat lasan	VWT 0/b	
Garis fusi	VHT 0/b	
Zona terpengaruh panas	VHT a/b	

Gambar 11.13 Lokasi spesimen untuk pengujian impak batang bertakik

2. Tergantung pada spesifikasi uji, takik harus ditempatkan baik di pusat logam las, di garis fusi atau di zona terpengaruh panas dari logam induk pada jarak tertentu dari garis fusi (lihat Gambar 11.13).

3. Pengujian harus dilakukan pada temperatur uji yang ditentukan. Apabila ketebalan produk < 10 mm, spesimen yang berukuran 7,5 x 10 mm, 5 x 10 mm harus digunakan apabila memungkinkan. Untuk spesimen ini energi impak yang disyaratkan E(J) dalam kaitannya dengan spesimen uji standar 10 x 10 mm harus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.1.

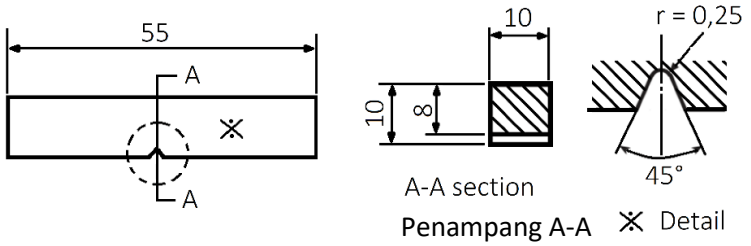
Tabel 11.1 Spesimen uji impak dengan penampang direduksi

Penampang spesimen [mm]	Nilai rata-rata energi impak yang disyaratkan E
Spesimen standar 10 x 10	E
Spesimen dengan penampang yang direduksi 10 x 7,5 10 x 5,0	 5/6 E 2/3 E

4. Apabila spesimen hanya diambil dari satu sisi las V-ganda, spesimen harus diambil dari sisi las yang terakhir dilas.

5. Spesimen harus dilakukan pemesinan sampai ke dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 11.13 dan pemenuhan terhadap toleransi yang ditentukan harus diverifikasi.

6. Jika dalam kasus luar biasa yang dapat dibenarkan secara teknis spesimen dengan bentuk atau lokasi yang berbeda dari yang dijelaskan dalam 1. sampai 5. harus digunakan, maka persyaratan uji harus disetujui secara khusus dengan BKI.



Dimensi	Ukuran nominal	Toleransi
Panjang	55 mm	± 0,60 mm
Lebar	10 mm	± 0,11 mm
Tinggi	10 mm	± 0,06 mm
Sudut takik	45°	± 2°
Tinggi dari bawah takik	8 mm	± 0,06 mm
Radius takik	0,25 mm	± 0,025 mm
Jarak antara pusat takik dan ujung spesimen	27,5 mm	± 0,42 mm
Sudut antara bidang simetri takik dan sumbu memanjang spesimen	90°	± 2°
Sudut antara permukaan memanjang spesimen yang berdekatan	90°	± 2°

Gambar 11.14 Spesimen takik-V ISO

F. Pengujian Kekerasan Lasan (ISO 9015)

1. Kekerasan sambungan las harus diukur dengan penguji kekerasan Vickers menggunakan beban 49 atau 98 N (HV 5 atau HV 10) pada spesimen yang telah dipoles dan dietsa yang permukaan ujinya tegak lurus terhadap sumbu las. Pilihan beban uji tergantung pada grade material yang bersangkutan.

2. Biasanya, pengujian harus dalam bentuk deretan pengukuran kekerasan, satu deret untuk las fillet dan sekurangnya dua deret untuk las butt, salah satunya pada akar dan lainnya di area jalur penutup. Jika hal ini tidak cukup untuk penilaian yang memadai dari kekerasan sambungan las, maka pengujian dengan tambahan deretan pengukuran harus dilakukan, misalnya di daerah jalur akar dan penutup dalam kasus las butt. Susunan deretan pengukuran kekerasan harus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.15.

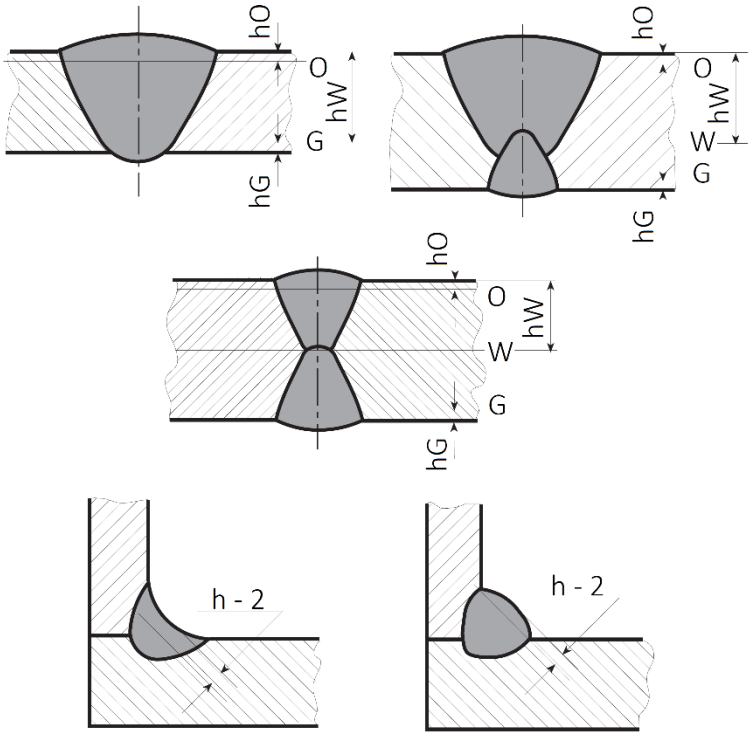
3. Jejak yang dihasilkan oleh penguji kekerasan harus cukup dekat untuk memberikan angka yang akurat dari kurva kekerasan (lihat Gambar 11.16). Kurva harus diplot sebagai grafik apabila memungkinkan.

4. Jika metode uji lain harus digunakan dalam kasus luar biasa, persyaratan harus dikonversikan sesuai dengan standar yang diakui, misalnya DIN 50150.

hO = jarak dari permukaan

hG = jarak dari sisi bawah

hW = jarak deretan pengukuran kekerasan untuk daerah akar dari permukaan



Gambar 11.15 Pengujian Kekerasan dengan deretan pengukuran kekerasan

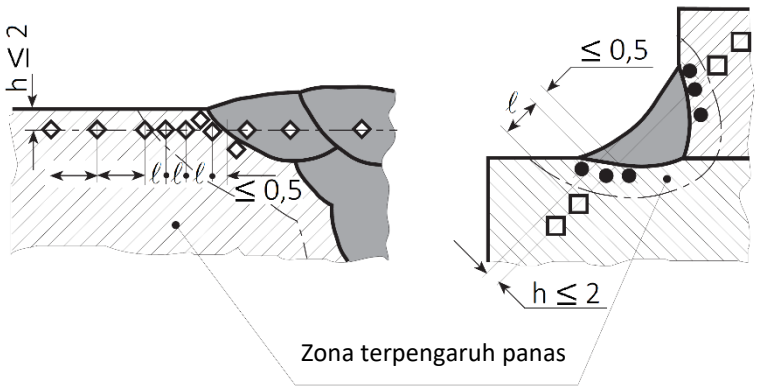
G. Inspeksi Metalografi

1. Struktur makro dan struktur mikro harus dievaluasi melalui bagian yang dipoles. Kecuali jika disetujui lain, permukaan bagian yang dipoles harus tegak lurus dengan sumbu las (lihat juga Gambar 11.15).

2. Spesimen metalografi harus berukuran cukup dan digerinda serta dietsa sedemikian rupa untuk menampakkan jenis dan struktur dari kristalisasi logam las dan zona terpengaruh panas serta tekstur logam induk dan, dalam kasus foto mikro, batas butir di daerah yang diperiksa.

3. Bagian yang dipoles harus difoto dan foto-foto tersebut dilampirkan pada laporan inspeksi. Foto makro biasanya harus berskala 1: 1 sampai 1: 3; jika area penampang las kecil, maka foto dapat diperbesar.

Untuk penilaian struktur mikro, setidaknya 3 foto harus dibuat dari bagian karakter las; foto-foto ini umumnya terdiri atas logam las, garis fusi dan zona terpengaruh panas. Perbesaran paling sedikit harus 100:1.



Jarak yang direkomendasikan ℓ antara jejak uji kekerasan di zona terpengaruh panas

Simbol kekerasan Vickers	Jarak antara jejak uji kekerasan ℓ [mm]
HV 5	0,7
HV 10	1

Gambar 11.16 Lokasi jejak uji kekerasan di zona terpengaruh panas

H. Laporan Inspeksi

1. Bengkel harus menyiapkan laporan pengujian, yang harus berisi semua detail yang diperlukan untuk menilai metode tersebut. Laporan ini terutama meliputi:

- Jenis inspeksi atau pengujian (misalnya uji prosedur pengelasan)
- Dimensi dan jumlah benda uji
- Material induk
- Persiapan las
- Proses dan posisi pengelasan
- Bahan habis pengelasan dan dimensinya, material bantu las
- Sumber arus pengelasan
- Kuat arus dan tegangan pengelasan
- Perlakuan panas pasca las
- Metode pengujian dan bentuk spesimen
- Hasil pengujian

2. Laporan harus diserahkan kepada Surveyor setidaknya dalam dua rangkap untuk peninjauannya. Surveyor harus mengkonfirmasi pelaksanaan inspeksi yang tepat dan kebenaran dari hasil dengan membubuhkan stempel dan tanda tangannya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 12 Pengelasan Struktur Lambung

A. Umum 12–1
B. Persetujuan Galangan Kapal dan Bengkel Las, Personil Las 12–2
C. Pemeriksaan Mutu, Tanggung Jawab 12–2
F. Prosedur Pengelasan, Uji Kualifikasi Prosedur 12–6
G. Desain, Penentuan Ukuran 12–32
H. Pengerjaan Las 12–49
I. Inspeksi Sambungan Las 12–58

A. Umum

1. Ruang lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk semua pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada lambung kapal, termasuk bangunan atas dan rumah geladak, struktur internal dan eksternalnya, dan komponen perlengkapan yang membentuk bagian dari struktur kapal, misalnya penutup palka, tiang kapal, tiang pancang atau substruktur derek yang dilas ke lambung kapal. Lihat juga Bab 1, A.1 dan A.2.

1.2 Peraturan ini juga diterapkan dengan cara yang sama untuk tangki muat yang bukan merupakan bagian integral dari lambung kapal dan bukan merupakan bejana tekan sesuai Bab 14 (misalnya tangki prismatik tipe A, sesuai dengan Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX).

1.3 Pekerjaan pengelasan (seperti kualifikasi juru las yang relevan, manik pendek, pemanasan awal, pemilihan bahan habis pengelasan, dll.) untuk baja penahan retak rapuh harus sesuai dengan persyaratan yang relevan untuk setiap grade baja, tidak termasuk sufiks “BCA1” atau “BCA2” yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Tabel 4.28.

2. Peraturan dan regulasi terkait lainnya

Desain dan ukuran sambungan las juga diatur dalam Rules for Hull (Pt 1, Vol. II), Sec. 19 "Welded joints" dan Sec. 20 "Fatigue Strength" dan pelaksanaan pekerjaan pengelasan juga harus sesuai dengan ketentuan pada Rules for Hull (Pt 1, Vol. II), Sec. 1, N. Untuk standar terkait lainnya, lihat Bab 1, B.

3. Pelaksanaan pengelasan

Sambungan las struktur lambung harus disiapkan, dibuat dan diperiksa sedemikian rupa sehingga karakteristik mutunya setara dengan karakteristik mutu material induk yang akan disambungkan. Ini berarti bahwa pengelasan tidak boleh menyimpang dari bentuk dan kondisi internal yang ditetapkan melebihi batas yang diizinkan oleh grade mutu las yang ditetapkan sesuai Tabel 12.9 atau oleh kategori evaluasi yang digunakan sebagai dasar untuk klasifikasi kategori takik untuk pembuktian kekuatan lelah (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20). Hal ini juga berlaku dengan cara yang sama untuk karakteristik mutu lainnya; lihat juga C.

B. Persetujuan Galangan Kapal dan Bengkel Las, Personil Las

1. Pekerjaan dan sub pekerjaan

1.1 Dalam paragraf berikut, istilah "bengkel las" mengacu pada galangan kapal atau bengkel fabrikasi las yang dapat dianggap sebagai suatu unit independen sehubungan dengan situasi fisik dan organisasinya.

1.2 Dengan demikian cabang dan subkontraktor umumnya dianggap sebagai bengkel las "independen" yang harus memenuhi persyaratan yang ditentukan di bawah ini. Secara khusus, setiap bengkel las harus memiliki seorang pengawas pengelasan yang merupakan pegawai tetap bengkel las (lihat Bab 2).

1.3 Perusahaan luar yang bekerja di bengkel las dapat diberikan persetujuan sebagai bengkel las independen. Terkait hal tersebut dan tentang pekerja kontrak, lihat juga C.3 dan Bab 1, F.

2. Persyaratan, ruang lingkup persetujuan

2.1 Semua galangan kapal dan bengkel las yang akan melakukan pekerjaan pengelasan yang dicakup oleh Peraturan ini harus memenuhi persyaratan terkait bengkel las dan personelnya yang dijelaskan dalam Bab 2 dan harus disetujui oleh BKI untuk pekerjaan ini. Permohonan persetujuan harus diajukan oleh galangan kapal dan bengkel las sebelum pekerjaan pengelasan dimulai dengan melampirkan informasi dan dokumentasi yang ditentukan dalam Bab 2, A.3.

2.2 Personel pengelasan (juru las, operator dan staf pengawas) dan, jika ada, inspektur serta pengawas uji harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Bab 2, B.2, B.3, dan B.4 dan harus diakui oleh BKI. Untuk uji kualifikasi juru las, lihat Bab 3.

2.3 Ruang lingkup persetujuan ditentukan oleh kemampuan bengkel las dan oleh rentang aplikasi yang diinginkan (material, proses pengelasan, posisi pengelasan, dll.). Rentang aplikasi yang diinginkan harus disebutkan dalam permohonan persetujuan; lihat formulir "Uraian Bengkel Las" yang terlampir pada Lampiran B. Untuk masa berlaku persetujuan, lihat BaB 2, A.4 dan A.5.

C. Pemeriksaan Mutu, Tanggung Jawab

1. Galangan kapal dan bengkel las harus memastikan bahwa pekerjaan telah dilakukan secara kompeten dan memuaskan (Bab 1, F) melalui pemeriksaan mutu internal secara rutin selama proses fabrikasi dan pada saat penyelesaian pekerjaan pengelasan. Untuk tugas dan tanggung jawab pengawas pengelasan, lihat juga ISO 14731.

2. Galangan kapal dan bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini, dokumen fabrikasi yang telah disetujui, semua persyaratan yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan, praktik pembuatan kapal yang baik, dan praktik pengelasan terkini. Pemeriksaan dan pengecekan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini. Tingkat perbaikan harus dicatat oleh galangan dan tindakan perbaikan yang diperlukan harus diidentifikasi dalam sistem QA pembangun.

3. Berkenaan dengan pemeriksaan mutu dan tanggung jawab dari pekerjaan yang disubkontrakkan ke cabang independen atau pemasok atau kepada perusahaan luar yang disetujui atau tidak disetujui yang bekerja di bengkel las (subkontraktor), lihat Bab 1, F. Pekerjaan yang disubkontrakkan atau penggunaan pekerja kontrak harus diberitahukan ke BKI.

4. Ruang lingkup dari pemeriksaan mutu yang disyaratkan tergantung pada proyek konstruksi yang dimaksud. Penting untuk memastikan bahwa material yang digunakan, bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan dan bahwa persiapan pengelasan, perakitan, pelaksanaan las cantum dan

las akhir serta akurasi dimensi dan kelengkapan dari sambungan las memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 2. Untuk pengujian tak merusak sambungan las, lihat I.

5. Setelah pemeriksaan dan, jika perlu, perbaikan oleh bengkel las, komponen harus diajukan kepada Surveyor BKI untuk pengecekan pada tahap fabrikasi yang sesuai. Untuk tujuan tersebut komponen harus mudah diakses dan biasanya tidak dilapisi. Jika pemeriksaan sebelumnya tidak memenuhi syarat, Surveyor dapat menolak komponen tersebut dan meminta untuk diajukan kembali setelah lulus pemeriksaan bengkel dan setiap pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilakukan.

6. Jika mutu atau urutan kerja yang baik dari suatu komponen tidak dapat dijamin atau diragukan karena informasi yang tidak memadai atau tidak ada dalam dokumen fabrikasi (misalnya gambar kerja), BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai. Penerapan dengan cara yang sama untuk komponen pelengkap atau tambahan (misalnya penguatan), bahkan jika komponen-komponen ini tidak ditentukan ketika gambar diperiksa atau tidak dapat ditentukan karena gambar yang kurang terperinci dalam "gambar kelas" (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 1, G.).

7. BKI tidak bertanggung jawab untuk menjamin bahwa semua komponen dan sambungan las yang telah diperiksa oleh Surveyornya sejauh yang ditentukan (umumnya secara acak) telah dibuat sesuai dengan kondisi dan memenuhi persyaratan dalam segala hal. Komponen atau sambungan las yang kemudian menjadi rusak dapat ditolak atau perbaikannya dapat diminta meskipun pengujian penerimaan telah dilakukan.

D. Material, Mampu Las

1. Struktur yang dilas hanya dapat dibuat menggunakan material induk yang kemampuan lasnya terbukti. Material tersebut harus memenuhi Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Material yang setara lainnya (misalnya baja struktural yang sesuai dengan EN 10025) hanya dapat digunakan setelah BKI memberikan persetujuannya dalam setiap kasus.

2. Semua persyaratan yang berkaitan dengan pekerjaan dan pengelasan yang ditentukan dalam sertifikat persetujuan dan rekomendasi dari produsen material harus dipenuhi. Pemilihan material untuk lambung kapal, lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 2.

3. Kemampuan las dari baja struktural lambung kekuatan normal dengan grade mutu A, B, D dan E yang telah diuji oleh BKI dianggap terbukti. Ketika mengelas baja-baja tersebut tidak diperlukan tindakan diluar ketentuan Peraturan ini.

4. Kemampuan las dari baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi untuk grade mutu A 32 sampai F 40 yang telah disetujui dan diuji oleh BKI sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V), telah diperiksa dan dapat langsung digunakan jika pekerjaan dilakukan sesuai dengan praktik pembuatan kapal yang normal.

5. Baja struktural kekuatan tinggi (diquench dan ditemper) berbutir halus, baja tangguh pada suhu di bawah nol, baja struktural tahan karat dan baja struktural (paduan) lainnya harus disetujui secara khusus oleh BKI. Kemampuan las dari baja tersebut harus diverifikasi bersama dengan proses pengelasan dan bahan habis pengelasan.

6. Baja cor dan tempa harus memenuhi Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) dan harus telah diuji oleh BKI. Kandungan karbon dari komponen yang terbuat dari baja/cor-coran karbon dan karbon-mangan untuk struktur yang dilas tidak boleh melebihi 0,23% C pada analisis ladel (analisis produk: maks. 0,25% C).

7. Paduan logam ringan harus telah diuji oleh BKI sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Kemampuan lasnya harus diverifikasi bersama dengan proses pengelasan dan bahan habis pengelasan. Untuk paduan-paduan yang disebutkan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) secara umum dapat langsung digunakan.

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

1. Semua bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan (misalnya alektroda tertutup, kombinasi kawat-gas, kombinasi kawat-flux, dll.) harus telah disetujui oleh BKI sesuai dengan Bab 5. Grade mutu yang diperlukan tergantung pada material induk yang akan dilas dan ditunjukkan pada tabel terkait di Bab 5, kecuali untuk baja struktural lambung dan baja struktural lainnya yang setara, baja tempa dan baja cor.

2. Korelasi antara grade mutu yang disyaratkan dari bahan habis pengelasan dan material bantu untuk pengelasan baja struktural lambung dengan masing-masing grade mutu baja struktural lambung ditunjukkan pada Tabel 12.1. Korelasi dengan baja struktural lainnya yang setara, baja tempa dan baja cor harus dilakukan dengan cara yang sama.

3. Untuk pengelasan baja struktural lambung dengan grade mutu yang berbeda, bahan habis pengelasan dan material bantu harus dikorelasikan ke baja dengan grade mutu dan simbol tambahannya sebagai berikut:

a) Baja struktural lambung kekuatan normal dengan grade mutu berbeda:

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk yang manapun adalah baja struktural lambung dengan mutu lebih tinggi (lebih tangguh), misalnya A dengan D: grade mutu 2 ....

b) Baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dengan kekuatan yang sama tetapi dengan grade mutu yang berbeda:

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk yang manapun adalah baja struktural lambung dengan mutu lebih tinggi (lebih tangguh), misalnya A 36 dengan E 36: grade mutu 3 Y ....

c) Baja struktural lambung kekuatan normal dengan kekuatan lebih tinggi dengan grade mutu yang setara:

Bahan habis pengelasan dan material bantu untuk baja struktural lambung kekuatan normal dengan grade mutu yang dimaksud, misalnya D dengan D 36: grade mutu 2 .... (tanpa simbol tambahan Y).

d) Baja struktural lambung kekuatan normal dengan kekuatan lebih tinggi dengan grade mutu yang tidak setara:

Bahan habis pengelasan dan material bantu dengan grade mutu untuk baja struktural lambung dengan mutu lebih tinggi (lebih tangguh) tetapi kekuatannya sesuai dengan kekuatan baja normal, misalnya A dengan D 36: grade mutu 2 .... (tanpa simbol tambahan Y).

Tabel 12.1 Korelasi antara bahan habis pengelasan dan material bantu dengan grade mutu baja struktural lambung

Grade mutu bahan habis pengelasan dan material bantu (lihat juga 3.)	Grade mutu baja struktural lambung											
	A	B	D	E	A 32/36	D 32/36	E 32/36	F 32/36	A 40	D 40	E 40	F 40
1, 1S, 1T, 1M, 1TM, 1V	x											
1YS, 1YT, 1YM, 1YTM, 1YV	x	1)		x 2), 3)								
2, 2S, 2T, 2M, 2TM, 2V	x	x	x									
2Y, 2YS, 2YT, 2YM, 2YTM, 2YV	x	x	x		x 3)	x 3)						

Tabel 12.1 Korelasi antara bahan habis pengelasan dan material bantu dengan grade mutu baja struktural lambung *(lanjutan)*

Grade mutu bahan habis pengelasan dan material bantu (lihat juga 3.)	Grade mutu baja struktural lambung											
	A	B	D	E	A 32/36	D 32/36	E 32/36	F 32/36	A 40	D 40	E 40	F 40
2Y40, 2Y40S, 2Y40T, 2Y40M, 2Y40TM, 2Y40V	1)	1)	1)		x 3)	x 3)			x 3)	x 3)		
3, 3S, 3T, 3M, 3TM,3V	x	x	x	x								
3Y, 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3YV	x	x	x	x	x 3)	x 3)	x 3)					
3Y40, 3Y40S, 3Y40T, 3Y40M, 3Y40TM, 3Y40V	1)	1)	1)	1)	x 3)	x 3)	x 3)		x 3)	x 3)	x 3)	
4Y, 4YS, 4YT, 4YM, 4YTM, 4YV	x	x	x	x	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)				
4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4Y40V	1)	1)	1)	1)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)
5 Y40, 5 Y40S, 5Y40T, 5Y40M, 5Y40TM, 5Y40V	1)	1)	1)	1)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)	x 3)

1) Jika memungkinkan tidak digunakan, sebaliknya hanya dengan persetujuan BKI; lihat Bab 5, A.4.1 dan A.4.2 diterapkan dengan cara yang sama.

2) Untuk A 32/36, bahan habis pengelasan dan materil bantu dengan grade mutu 1Y .... seharusnya jika memungkinkan hanya digunakan saat mengelas pelat yang lebih tipis (maks. 25 mm).

3) Untuk pelat dengan tebal lebih dari 50 sampai dengan 70 mm, bahan habis pengelasan dan material dengan grade mutu satu tingkat lebih tinggi harus digunakan dan untuk tebal lebih dari 70 sampai dengan 100 mm grade mutu dua tingkat yang lebih tinggi harus digunakan dalam setiap kasus sesuai dengan persyaratan material induk yang lebih tinggi, lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V).

Catatan:

Untuk baja F 32, F 36 dan A 40 sampai dengan F 40 dengan tebal di atas 50 mm, tidak ada persyaratan yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V)*, tetapi harus mendapat persetujuan khusus.*

4. Untuk pengelasan komponen kaku, berdinding sangat tebal (sekitar 30 mm ke atas) dan pengelasan baja tempa dan baja cor, bahan habis pengelasan dan material bantu dengan hidrogen yang terkontrol yaitu grade mutu 3 H15 harus digunakan (untuk baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi, grade mutu 3Y H10).

5. Penggunaan bahan habis pengelasan dan material bantu dengan hidrogen yang terkontrol direkomendasikan untuk pengelasan baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi satu sama lain (dan ke baja kekuatan lebih rendah) jika karbon ekivalen baja ini lebih dari 0,41%. Lihat juga H.5.

6. Bahan habis pengelasan dan material bantu dengan hidrogen yang terkontrol juga harus digunakan untuk komponen yang mengalami beban penuh segera setelah pengelasan (misal kupingan angkat atau sebagai hasil dari uji tekanan) atau jika ada kelonggaran harus diberikan untuk tegangan sisa yang tinggi karena kekakuan struktur dan, jika mungkin, struktur yang memiliki kekuatan luluh atau kekuatan yang tinggi.

7. Bahan habis pengelasan dan material bantu dengan hidrogen yang terkontrol harus selalu digunakan untuk pengelasan baja struktural kekuatan tinggi (diquenched dan ditemper) berbutir halus dan

baja tangguh pada suhu di bawah nol, lihat Bab 5, F.4. Untuk baja dengan kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2% hingga 500 N/mm^2, bahan habis pengelasan dan material bantu dengan simbol tambahan maksimum H10 harus digunakan sedangkan untuk baja dengan kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2% lebih dari 500 N/mm^2 harus menggunakan simbol tambahan maksimum H5.

8. Untuk pengelasan baja tahan karat austenitik satu sama lain dan ke baja struktural lambung, bahan habis pengelasan dan material bantu harus dipilih sesuai dengan Tabel 5.21 sampai 5.23 pada Bab 5 dan rekomendasi pabrikan, dengan mempertimbangkan persyaratan ketahanan korosi dan kekuatan serta metalurgi pengelasan (termasuk ketahanan terhadap retak panas), dan dijelaskan dalam bagan pengelasan, yang harus diserahkan untuk persetujuan.

9. Untuk pengelasan paduan aluminium, bahan habis pengelasan dan material bantu harus dipilih sesuai dengan jenis dan kondisi material (lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V)) sesuai dengan Tabel 5.29 pada Bab 5, dengan mempertimbangkan sifat mekanik sambungan las yang disyaratkan (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, C.2.8) dan harus ditunjukkan dalam dokumen produksi yang harus diserahkan untuk persetujuan.

10. Bahan habis pengelasan dan material bantu yang ditetapkan dalam persetujuan bengkel pengelasan atau prosedur (lihat F.) hanya dapat diganti dengan bahan habis pengelasan yang setara yang disetujui oleh BKI dengan grade mutu yang sesuai jika hal ini dinyatakan secara eksplisit dalam dokumen persetujuan terkait. Jika tidak maka harus mendapatkan persetujuan dari BKI.

11. Bahan habis pengelasan dan material bantu hanya dapat digunakan dalam posisi pengelasan yang disetujui. Rekomendasi dan petunjuk pabrikan untuk pengelasan (misalnya tipe arus dan polaritas) harus diikuti.

12. Bahan habis pengelasan dan material bantu (terutama hidrogen yang terkontrol, elektroda tertutup-dasar dan fluks pengelasan-dasar) harus dikeringkan kembali sebelum digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik (diamati waktu pengeringan maksimum!) dan disimpan di tempat kering (dalam wadah berpemanas atau sejenisnya) di tempat kerja.

F. Prosedur Pengelasan, Uji Kualifikasi Prosedur

1. Umum

1.1 Berikut ini merupakan persyaratan uji kualifikasi prosedur pengelasan untuk konstruksi lambung. Uji kualifikasi prosedur untuk penggunaan lain seperti sistem perpipaan, bejana tekan dan ketel uap, struktur mesin dan juga untuk sektor industri, misal konstruksi lepas pantai atau konstruksi baja, tidak termasuk dalam Bab ini. Setelah persetujuan BKI, persyaratan berikut dapat diterapkan dengan cara yang sesuai.

1.2 Uji kualifikasi prosedur terkait konstruksi lambung khusus misalnya untuk tangki gas cair diatur dalam Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX) Sec. 6.

1.3 Prosedur pengelasan yang diperbolehkan untuk diterapkan hanyalah yang kualifikasinya telah dibuktikan dengan uji kualifikasi dan dengan persyaratan berikut.

1.4 Persyaratan berikut ini berlaku untuk proses pengelasan yang biasa digunakan dalam pembuatan kapal seperti las busur logam manual, las busur logam gas, las busur inti fluks, las busur logam gas mulia, las busur rendam, las busur wolfram gas mulia dan las listrik gas.

1.5 Program uji kualifikasi prosedur terkait proses las khusus dan prosedurnya masing-masing seperti las laser, las tiang, las gesek, las robotik harus disetujui oleh BKI.

1.6 BKI dapat meminta uji prosedur pengelasan tambahan untuk bentuk komponen tertentu (sulit) atau kombinasi material, kondisi lingkungan (misalnya pengelasan bawah air), bentuk las tertentu, varian atau kombinasi proses, dan juga bahan habis pengelasan dan material bantu tertentu. Ini secara analog berlaku untuk proses penyambungan lainnya atau teknik penyelesaian akhir (permukaan) seperti pemotongan termal atau pelurusan dengan api.

1.7 Informasi dalam paragraf berikut dan sebelumnya, terutama informasi mengenai benda uji, bentuk spesimen, tes dan persyaratan, berlaku untuk material normal, proses las dan bentuk las yang digunakan dalam pembuatan kapal saat ini, yang sifatnya telah terbukti dibawah kondisi operasi dan telah diverifikasi dengan hasil pengujian. Jika terdapat keraguan, BKI dapat meminta benda uji tambahan dan / atau benda uji lainnya, bentuk spesimen dan uji kualifikasi yang menunjukkan bahwa sifat-sifat aplikasi sudah mencukupi.

1.8 Dalam kasus proses las yang karakteristiknya menghasilkan bentuk las selain bentuk yang diverifikasi melalui hasil pengujian (misalnya bentuk las dengan efek takik yang cukup besar), pengaruh bentuk las pada perilaku kekuatan lelah dari sambungan las tersebut dapat diperiksa selain melakukan pengujian yang telah ditentukan. Hal yang sama berlaku secara analog pada karakteristik sambungan las lainnya, misalnya ketahanan terhadap korosi.

1.9 BKI dapat menyetujui prosedur pengelasan tertentu seperti pengelasan vertikal ke arah bawah, las tambahan pada tongkat kemudi atau pengelasan bawah air (lihat H.13.3), tetapi aplikasi penggunaannya tergantung pada persetujuan dari setiap kasus, misalnya setelah pemeriksaan kondisi beban. Untuk proses pengelasan atau aplikasi dengan karakter di atas, BKI juga dapat menetapkan batasan dalam pengoperasian kapal (misalnya di area operasi).

1.10 Secara umum pengujian prosedur pengelasan harus mencerminkan kondisi fabrikasi terkait peralatan pengelasan, fabrikasi di dalam atau di luar ruangan, persiapan lasan, pemanasan awal dan perlakuan panas pasca-las. Merupakan tanggung jawab pabrikan untuk menetapkan dan mendokumentasikan apakah suatu prosedur sesuai untuk aplikasi tertentu.

1.11 Untuk persetujuan prosedur pengelasan, uji kualifikasi prosedur pengelasan harus dilakukan dengan hasil yang memuaskan. Spesifikasi prosedur pengelasan harus mengacu pada hasil pengujian yang dicapai pada waktu uji kualifikasi prosedur pengelasan.

1.12 Persetujuan prosedur pengelasan umumnya tidak dapat dipindahtangankan. Pengecualian hanya dimungkinkan setelah persetujuan oleh BKI dan ini hanya untuk bengkel yang berada dibawah manajemen teknis dan mutu yang sama. Namun demikian BKI dapat meminta bukti apakah proses pengelasan akan diterapkan dengan benar dan sifat mekaniknya memadai melalui uji tak rusak dan/atau uji produksi dengan spesimen uji mekanik-teknologi.

1.13 Pengujian prosedur pengelasan yang dilakukan sesuai dengan aturan lain di bawah pengawasan lembaga pengujian independen lainnya dapat diterima sesuai permintaan dan setelah diperiksa oleh BKI. Untuk tujuan ini, laporan pengujian yang menunjukkan hasil, spesifikasi prosedur pengelasan dan sertifikat persetujuan dari lembaga pengujian lainnya harus diserahkan ke BKI.

2. Rencana pengujian dan spesifikasi prosedur pengelasan

2.1 Spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) dan spesifikasi prosedur pengelasan (WPS)

Galangan atau pabrikan harus menyiapkan spesifikasi prosedur pengelasan yang dimaksudkan untuk pengujian kualifikasi prosedur pengelasan. Spesifikasi prosedur pengelasan ini juga disebut spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS). Dalam pWPS, semua variabel pengelasan dan prosedur yang relevan harus ditentukan. Jika dianggap perlu, pWPS dapat disesuaikan dan dilengkapi pada waktu pengujian prosedur pengelasan.

2.2 Ruang lingkup pengujian prosedur pengelasan harus ditetapkan dalam permohonan dan diajukan untuk persetujuan sebelum pengujian. Sebelum memulai pengujian prosedur, pWPS serta salinan sertifikat material induk harus diserahkan bersama dengan permohonan ke BKI. Permohonan untuk persetujuan dan untuk pelaksanaan pengujian prosedur berdasarkan WPS harus diserahkan ke Kantor Pusat BKI, bersamaan dengan pemberitahuan ke Surveyor cabang, dengan memberikan rincian sebagai berikut:

- Rentang aplikasi (komponen, material, tebal pelat / dinding, diameter pipa)
- Proses pengelasan
- Posisi pengelasan
- Peralatan pengelasan, parameter pengelasan
- Bentuk las, bangunan las
- Bahan habis pengelasan dan material bantu
- Persiapan sambungan
- Operasi pembentukan dingin atau panas sebelum pengelasan
- Cat dasar mampu timpa las
- Jig pengelasan, perlindungan cuaca
- Pemanasan awal dan masukan panas selama pengelasan
- Perlakuan panas pasca las, perlakuan pasca lainnya
- Juru Las
- Tanggal pengujian
- Lokasi pengujian

Jika memungkinkan, proposal rencana pengujian termasuk sketsa dan dimensi benda uji serta pengujian dan spesimen uji yang direncanakan harus disertakan dalam permohonan. Jika detail dan data yang diperlukan di atas didasarkan pada standar bengkel atau spesifikasi (pengelasan) lainnya, dokumen-dokumen tersebut harus juga dilampirkan pada permohonan.

2.3 Jika benda uji, yang dilas di bawah pengawasan BKI sesuai dengan pWPS, menunjukkan hasil yang tidak memadai, galangan kapal atau pabrikan harus menyesuaikan dan memodifikasi pWPS dengan mempertimbangkan perbaikan. pWPS revisi baru harus disiapkan dan benda uji harus dilas lagi di bawah pengawasan BKI dan sesuai dengan pWPS yang baru.

2.4 Spesifikasi prosedur pengelasan akhir (WPS) adalah dasar bagi pabrikan untuk melakukan pengelasan produksi . Jika hasil pengujian benda uji yang dilas sesuai dengan pWPS memenuhi persyaratan, BKI dapat menyetujui spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) dalam lingkup persetujuan prosedur pengelasan untuk masing-masing galangan kapal atau bengkel las.

3. Kualifikasi prosedur pengelasan

3.1 Umum

3.1.1 Persiapan dan pengelasan benda uji harus dilakukan sesuai dengan spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) dan sesuai kondisi umum pengelasan produksi yang diwakilinya.

3.1.2 Pengelasan benda uji dan pengujian spesimen uji harus disaksikan oleh Surveyor BKI.

3.1.3 Jika las cantum dan/atau titik mulai dan berhenti merupakan kondisi produksi dari lasan maka las cantum dan/atau titik mulai dan berhenti tersebut harus dimasukkan dalam sambungan dan harus dimasukkan dalam benda uji.

3.1.4 Jika pengelasan butt dan fillet digunakan selama produksi, benda uji las butt dan fillet yang relevan harus dibuat. Hanya dalam kasus penggunaan dan pengelasan di atas cat dasar, benda uji las fillet harus dikualifikasi secara terpisah dari las butt.

3.2 Material induk, bahan habis pengelasan dan material bantu

3.2.1 Material induk yang digunakan untuk prosedur pengelasan harus diidentifikasi melalui marka dan sertifikat material.

3.2.2 Dalam hal pengujian prosedur pengelasan untuk pengelasan dengan masukan panas yang tinggi, kemampuan las dari material induk harus dibuktikan oleh pabrikan baja kepada BKI terkait masukan panas maksimum yang dapat diterapkan.

3.2.3 Bahan habis pengelasan dan material bantu jika memungkinkan harus telah diuji dan disetujui oleh BKI; namun, bahan habis pengelasan dan material bantu dapat diuji dan disetujui bersamaan dengan prosedur pengelasan. Persetujuan jenis ini umumnya dibatasi untuk bengkel pengguna dan berlaku maksimal satu tahun, kecuali pengujian ulang dilakukan seperti yang disyaratkan untuk bahan habis pengelasan.

3.2.4 Bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan dalam pengujian prosedur pengelasan hanya dapat diganti dalam pekerjaan fabrikasi berikutnya oleh bahan habis pengelasan dan material bantu lain dari jenis yang sama yang telah mendapat persetujuan BKI jika hal ini secara tegas dinyatakan dalam sertifikat persetujuan prosedur pengelasan.

4. Pengujian kualifikasi prosedur pengelasan untuk baja struktural lambung kekuatan normal dan lebih tinggi, baja tempa dan baja cor dengan kekuatan luluh yang ditetapkan minimum $R_{eH} \leq 400$ N/mm^2 dan baja YP47

4.1 Persyaratan berikut ini berlaku untuk baja struktural lambung kekuatan normal dan lebih tinggi, baja tempa, baja cor dan baja YP47 sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Baja dan material sejenis lainnya hanya dapat digunakan dengan persetujuan BKI sebelumnya.

Ketentuan berikut juga berlaku untuk baja tahan retak getas (BCA) yang ditentukan dalam Rules for materials (Pt.1, Vol.V), Table 4.28 dengan masukan panas tidak lebih dari 50 kJ/cm.

4.2 Las butt

Ketentuan berikut mengacu pada las butt pada pelat. Untuk las butt pada perpipaan, agar merujuk ke Bab 15.

4.2.1 Perakitan dan dimensi benda uji

.1 Benda uji harus cukup besar untuk memastikan distribusi panas yang wajar. Dimensi benda uji harus disesuaikan dengan prosedur pengelasan dan jumlah spesimen uji. Berikut persyaratan minimum dimensi benda uji:

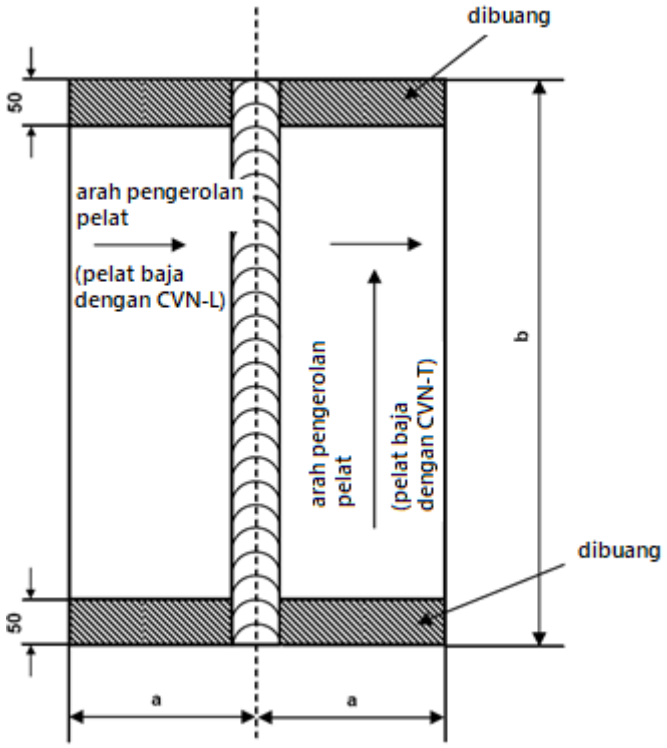
- pengelasan manual atau semi-otomatis:
  - lebar = 2a, a = 3 x t, min. 150 mm
  - panjang b = 6 x t, min. 350 mm
- pengelasan otomatis:
  - lebar = 2a, a = 4 x t, min. 200 mm
  - panjang b = 1000 mm

Benda uji ditunjukkan pada Gambar 12.1.

.2 Jika, untuk menetapkan karakteristik mekanis dan teknologi dari sambungan las, khususnya dalam proses pengelasan yang sepenuhnya mekanis dan/atau otomatis, panjang benda uji dipilih yang lebih kecil daripada panjang las yang akan dibuat pada waktu fabrikasi nanti, maka las fabrikasi pertama harus dimasukkan sebagai bagian dari pengujian prosedur pengelasan dan, sebagai persyaratan minimum, harus melalui inspeksi visual dan uji tak rusak untuk memastikan prosedur pengelasan bebas masalah dan untuk mendeteksi segala cacat dalam lasan.

Untuk pelat baja struktural lambung yang diuji impak dalam arah longitudinal (CVN-L), benda uji las butt tegak lurus terhadap arah pengerolan kedua pelat.

Untuk pelat baja kekuatan tinggi yang diquench dan ditemper yang diuji impak dalam arah melintang (CVN-T), benda uji las butt sejajar dengan arah pengerolan kedua pelat.



Gambar 12.1 Benda uji untuk Baja

4.2.2 Ruang lingkup pengujian dan spesimen uji

Benda uji las butt harus diperiksa dengan uji tak rusak dan uji rusak sesuai dengan persyaratan dan Gambar 12.2 berikut:

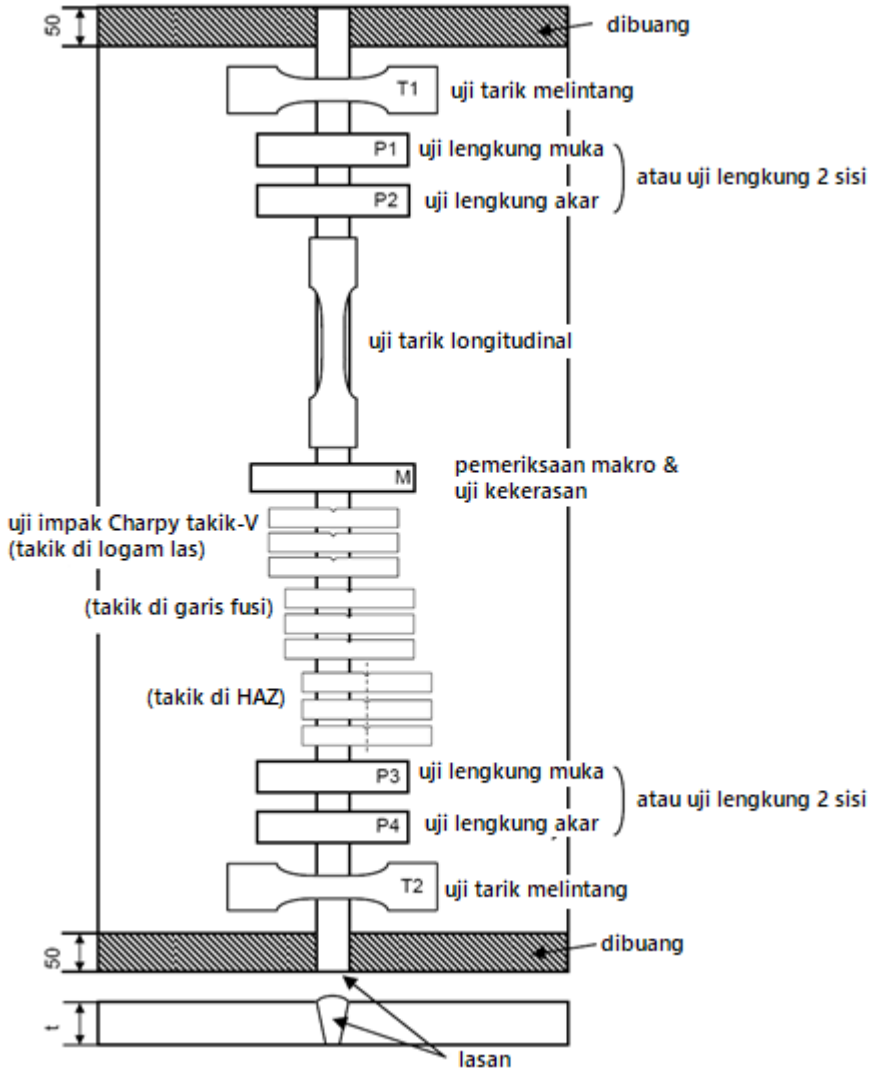
– Pengujian visual	100%
– Deteksi retak permukaan	100% (pengujian penetran pewarna atau pengujian partikel magnetik)
– Pengujian radiografi atau ultrasonik	100%
– Uji tarik melintang	dua spesimen (lihat 4.2.2.2)
– Uji tarik longitudinal	satu spesimen (lihat 4.2.2.3)
– Uji lengkung melintang	empat spesimen (lihat 4.2.2.4)
– Uji impak Charpy takik-V	wajib (lihat 4.2.2.5)
– Pemeriksaan makro	satu spesimen (lihat 4.2.2.6)
– Uji kekerasan	wajib (lihat 4.2.2.7)

.1 Pengujian tak rusak

Benda uji harus diperiksa dengan pengujian visual dan tak rusak sebelum pemotongan spesimen uji. Dalam hal perlakuan panas pasca-las diperlukan atau ditentukan, pengujian tak rusak harus dilakukan setelah perlakuan panas. BKI dapat meminta jeda waktu khusus diberikan diantara penyelesaian pekerjaan pengelasan dan pelaksanaan uji retak, kecuali perlakuan panas telah dilakukan. Cacat las yang dideteksi oleh pengujian visual atau pengujian tak rusak harus dinilai sesuai dengan ISO 5817 tingkat mutu "B" (kecuali untuk logam las berlebih dan penetrasi berlebih yang menerapkan tingkat mutu "C").

.2 Uji tarik melintang

Pengujian harus dilakukan sesuai dengan ISO 4136. Dalam hal pelat dengan ketebalan yang besar, pengujian harus dilakukan dengan menggunakan spesimen uji yang lebih banyak agar seluruh penampang tercakup. Jika sebelum pengujian tidak dinyatakan sebaliknya, maka kekuatan tarik yang dicatat untuk masing-masing spesimen tidak boleh kurang dari persyaratan minimum material induk. Persyaratan minimum uji tarik prosedur pengelasan untuk baja struktural lambung ditunjukkan pada Tabel 12.2. Ketika las butt dibuat antara pelat dengan grade berbeda, kekuatan tarik yang harus diperoleh pada benda uji harus sesuai dengan persyaratan yang terkait dengan grade baja yang memiliki kekuatan lebih rendah.



Gambar 12.2 Uji pengambilan sampel

.3 Uji tarik longitudinal

Pengujian harus dilakukan sesuai dengan Bab 11, C.2. Uji tarik longitudinal dari logam las yang diendapkan yang diambil memanjang dari lasan disyaratkan untuk kasus-kasus dimana bahan habis pengelasan atau material bantu tidak disetujui BKI atau adanya pengaruh yang lebih besar pada logam las karena karakter prosedur. Kekuatan tarik, kekuatan luluh dan pemanjangan spesimen tidak boleh kurang dari persyaratan minimum kekuatan tarik, kekuatan luluh dan pemanjangan dari grade mutu/kekuatan bahan habis pengelasan. Tabel 12.2 menunjukkan persyaratan minimum kekuatan tarik, kekuatan luluh dan pemanjangan logam las.

Jika dalam pembuatan las uji digunakan lebih dari satu proses pengelasan atau jenis bahan habis pengelasan, maka spesimen uji harus diambil dari area lasan di mana masing-masing proses pengelasan dan bahan habis pengelasan digunakan dengan pengecualian untuk membuat lajur las pertama atau lapisan akar las.

Tabel 12.2 Persyaratan lasan baja struktural lambung dalam lingkup pengujian prosedur pengelasan

Grade	Kekuatan luluh (logam las) [N/mm²] (min.)	Kuat tarik [N/mm²] (min.)	Pemanjangan (logam las $L_o = 5\ d_o$) [%] (min.)	Energi impak [1), 3), 4)] (J)			sudut lengkung (D = 4t)	panjang ukur Pemanjangan lengkung 2 Ls [2)] [%]
				Temp. [°C]	Manual dan semi-mekanis		Mekanis penuh	
					PA, PC, PE	PF, PG		
A[5)]	305	400	22	+ 20	47	34	34	180°	22
B[5)], D				± 0				
E				- 20				
A32	335	440	22	+ 20	47	34	34	180°	22
D32				± 0				
E32				- 20				
F32				- 40				
A36	375	490	22	+ 20	47	34	34	180°	22
D36				± 0				
E36				- 20				
F36				- 40				
A40	400	510	22	+ 20	47	39	39	180°	22
D40				± 0				
E40				- 20				
F40				- 40				
E47[6)]	460	570	19	- 20	64	64	64	180°	19

1) Spesimen takik Charpy V, nilai rata-rata dari tiga spesimen.
2) Panjang ukur (L_0) = lebar las (L_S) + setengah tebal pelat di setiap sisi yang berdekatan dengan lasan; lihat EN 910 / ISO 5173
3) Untuk tebal pelat > 50 mm, persyaratan energi impak harus disetujui oleh BKI sebelum pengujian.
4) Persyaratan impak berlaku untuk benda uji dengan lasan tegak lurus terhadap arah pengerolan pelat.
5) Untuk grade A / B, nilai minimum energi impak adalah 27 J di garis fusi (FL) dan di zona terpengaruh panas (HAZ).
6) Untuk grade E47, diameter mandrel (D) = 5 t.

.4 Uji lengkung

Uji lengkung melintang harus dilakukan sesuai dengan ISO 5173. Dua dari empat spesimen uji harus dibengkokkan dengan jalur muka mengalami tekanan dan dua lainnya harus dibengkokkan dengan jalur akar mengalami tekanan. Untuk ketebalan spesimen ≥ 12 mm, empat spesimen uji lengkung sisi dapat diuji sebagai alternatif. Untuk sambungan butt pada pelat baja heterogen, spesimen uji lengkung memanjang muka dan akar dapat digunakan sebagai pengganti spesimen uji lengkung melintang.

Pengujian lengkung harus dilakukan menggunakan mandrel dengan diameter sama dengan 4 kali ketebalan spesimen. Persyaratan sudut lengkung 180° dalam kondisi pengujian yang ditentukan dalam ISO 5173 dianggap telah tercapai ketika spesimen telah terdorong diantara rol penopang ke jarak minimum yang ditunjukkan dalam standar ini. Pemanjangan lengkung yang disyaratkan harus dicapai sebelum retak pertama muncul. Pori kecil yang terbuka atau sejenisnya hingga panjang maksimum 3 mm dapat ditoleransi. Permukaan patah dari spesimen uji yang pecah harus dievaluasi.

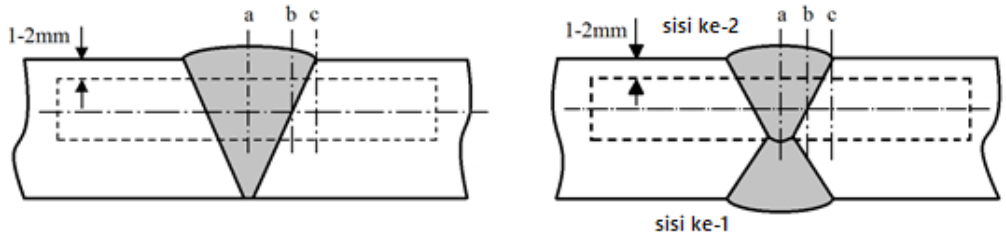
.5 Uji Impak

Posisi spesimen, suhu pengujian dan persyaratan uji impak batang bertakik harus sesuai dengan persyaratan berikut. Dimensi spesimen dan pengujian harus mengikuti ISO 9016. Spesimen Charpy V dengan takik tegak lurus terhadap permukaan pelat, sesuai dengan ISO 9016, yang melintang terhadap lasan disyaratkan. Spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari sisi terakhir yang dilas dengan jarak 1-2 mm di bawah permukaan material induk, dalam hal ketebalan pelat yang lebih besar, spesimen harus diambil dari kedua sisi. Dalam hal pelat dengan ketebalan sangat besar atau prosedur pengelasan cenderung memusatkan segregasi, spesimen impak batang bertakik tambahan harus diambil dari tengah ketebalan pelat. Gambar 12.3 dan Gambar 12.4 menunjukkan posisi specimen yang tergantung pada masukan panas, ketebalan pelat dan persiapan lasan. Tabel 12.2 menyajikan persyaratan impak.

Untuk uji impak berlaku nilai rata-rata dari tiga spesimen uji impak (untuk setiap lokasi takik, logam las, garis fusi, HAZ).

Jika las butt dibuat antara grade / jenis baja yang berbeda, spesimen uji harus diambil dari sisi sambungan baja dengan ketangguhan yang lebih rendah. Suhu dan hasil energi yang diserap harus sesuai dengan persyaratan untuk baja dengan ketangguhan lebih rendah.

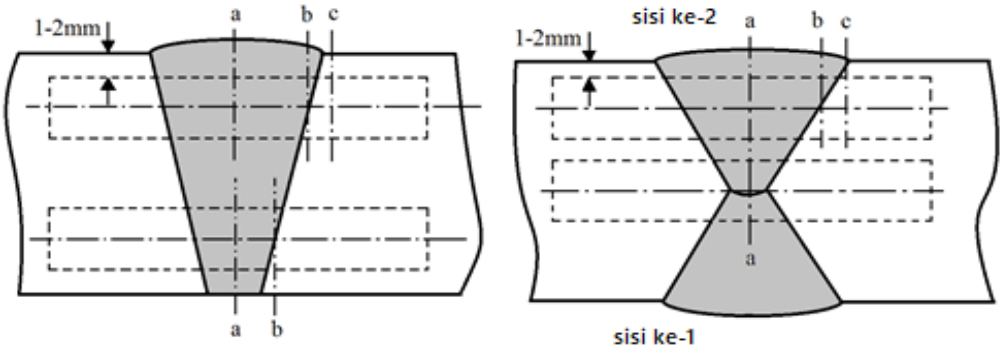
a) $t \leq 50$ mm [(1)]



Catatan:

(1) Untuk pengelasan satu sisi dengan ketebalan lebih dari 20 mm lokasi takik "a" harus ditambahkan di sisi akar.

b) $t > 50$ mm



Lokasi takik:

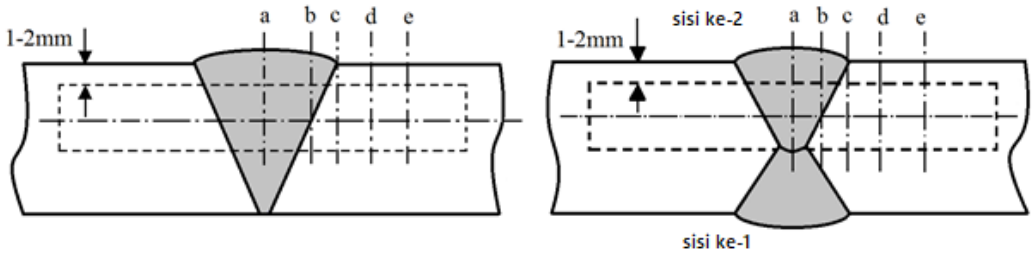
a: pusat las "WM"

b: pada garis fusi "FL"

c: dalam HAZ, 2 mm dari garis fusi

Gambar 12.3 Lokasi takik -V untuk las butt dengan masukan panas normal (masukan panas ≤ 50 kJ/cm)

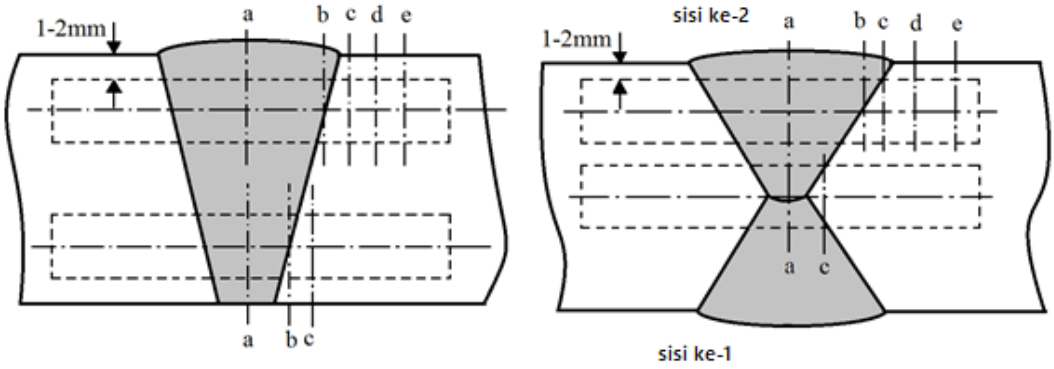
a) t ≤ 50 mm [1]



Catatan:

[1] Untuk pengelasan satu sisi dengan ketebalan lebih dari 20 mm lokasi takik "a", "b" dan "c" harus ditambahkan pada sisi akar.

b) t > 50 mm



Lokasi takik:

a: pusat las "WM"

b: pada garis fusi "FL"

c: dalam HAZ, 2 mm dari garis fusi

d: dalam HAZ, 5 mm dari garis fusi

e: dalam HAZ, 10 mm dari garis fusi jika masukan panas > 200 kJ/cm

Gambar 12.4 Lokasi takik - V untuk las butt dengan masukan panas tinggi (masukan panas > 50 kJ/cm)

Jika ketebalan pelat kurang dari 10 mm, spesimen uji impak batang bertakik dengan lebar yang sesuai dengan ketebalan pelat, dan jika mungkin 7,5 mm atau 5 mm, dapat digunakan. Dalam kasus seperti itu nilai energi impak yang ditentukan dalam Tabel 12.2 harus dikurangi sesuai dengan Tabel 12.3.

Uji impak batang bertakik umumnya ditiadakan untuk pelat dengan tebal kurang dari 5 mm. Namun, uji ketahanan yang lain terhadap patah getas dapat ditentukan.

Tabel 12.3 Persyaratan nilai energi impak untuk spesimen dengan lebar yang diperkecil

Potongan melintang spesimen [mm x mm]	Nilai impak minimum yang dipersyaratkan
10 × 7,5	5/6
10 × 5,0	2/3

.6 Pemeriksaan makro

Pemeriksaan struktur makro harus dilakukan pada minimal satu bagian yang telah dipoles. Permukaan bagian yang dipoles harus diambil tegak lurus terhadap sumbu las.

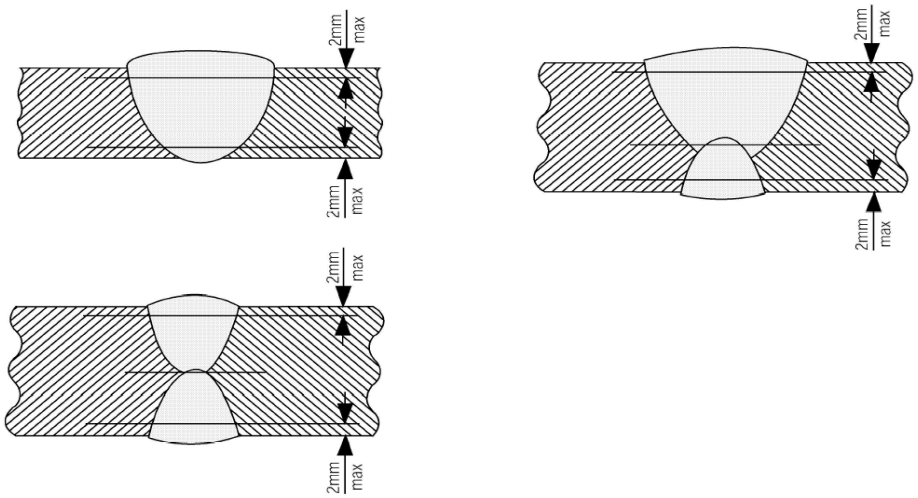
Spesimen makro harus berukuran sedemikian rupa dan diperlakukan dengan menggerinda dan mengetsa sedemikian rupa untuk menampakkan sifat dan struktur kristalisasi logam las dan zona terpengaruh panas serta tekstur dari logam induk, dan tidak ada cacat seperti retak, kurangnya fusi, dll. Untuk pemeriksaan makro, minimal 10 mm di luar zona terpengaruh panas dari material induk harus dipertimbangkan.

Bagian yang dipoles harus difoto dan foto ditambahkan ke laporan inspeksi. Foto makro biasanya harus dengan skala 1:1 hingga 1:3; jika luas penampang lasan kecil, skala dapat diperbesar.

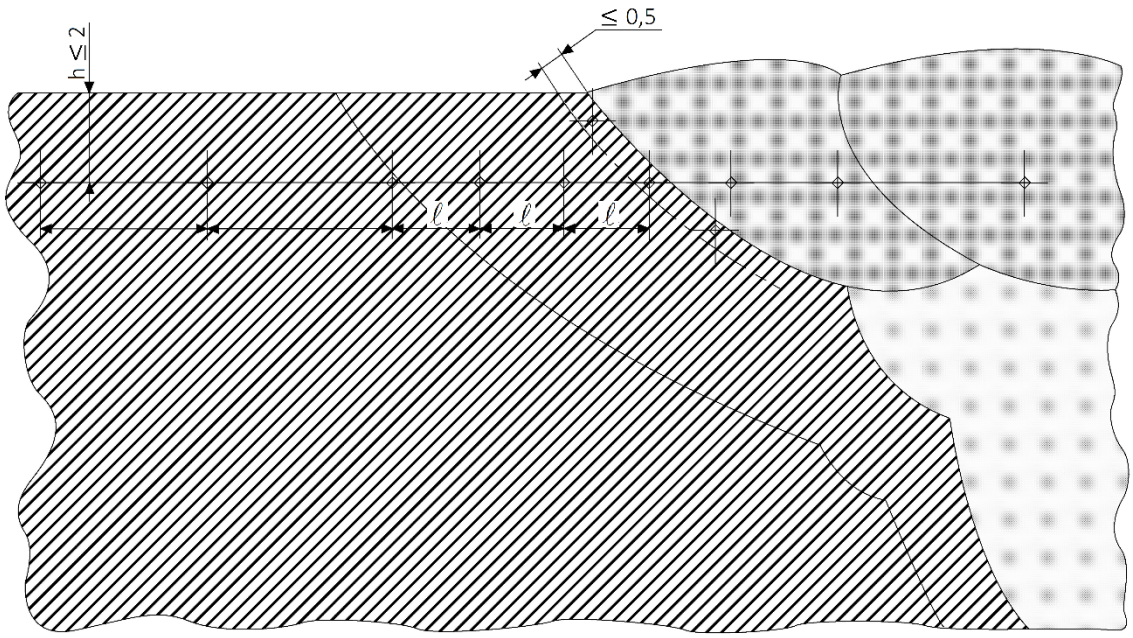
Spesimen harus dinilai sesuai dengan ISO 5817, tingkat mutu "B", kecuali untuk logam las berlebih dan penetrasi yang berlebih berlaku tingkat mutu "C".

.7 Uji kekerasan

Uji kekerasan disyaratkan untuk baja dengan kekuatan luluh minimum $R_{eH} \geq 355$ N/mm^2 dan secara umum untuk baja cor dan tempa. Metode Vickers dengan kekuatan uji 98 N (HV10) biasanya harus digunakan. Kekerasan harus diverifikasi pada spesimen yang telah digerinda dan dietsa, dengan permukaan uji tegak lurus terhadap sumbu las. Metode pengujian lain harus disetujui oleh BKI sebelum pengujian. Diperlukan dua baris uji sesuai dengan Gambar 12.5. Setidaknya tiga lekukan individu dalam logam las, zona terpengaruh panas (kedua sisi lasan) dan logam induk (kedua sisi lasan) diperlukan sesuai dengan Gambar 12.6. Untuk baja grade YP47, titik pengukuran harus mencakup posisi ditengah ketebalan. Jarak antara lekukan adalah 1 mm untuk Vickers HV10.



Gambar 12.5 Contoh uji kekerasan dengan baris lekukan pada las butt



Gambar 12.6 Contoh lekukan kekerasan pada las butt

Contoh lainnya mengenai lekukan kekerasan terdapat dalam ISO 9015-1/ ISO 6507-1.

Hasil dari uji kekerasan tidak boleh melebihi 350 HV10 untuk baja berkekuatan lebih tinggi, baja cor dan baja tempa dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan $R_{eH} \leq 400$ N/mm^2 dan baja YP47. Hasil dari uji kekerasan tidak boleh melebihi 380 HV10 untuk baja tahan retak getas (brittle crack arrest /BCA).

.8 Uji-uji tambahan

Uji CTOD dapat disyaratkan untuk baja grade YP47. Pengujian harus dilakukan sesuai dengan ISO 15653 menggunakan spesimen lengkung 3 titik (SENB), atau standar lain yang diakui sebagaimana disepakati dengan BKI. Spesimen B x 2B dan B x B dapat digunakan, namun spesimen B × 2B direkomendasikan.

Untuk setiap benda uji, satu set spesimen CTOD disyaratkan untuk masing-masing lokasi takik berikut:

- Butiran kasar HAZ
- logam las.

Pengujian CTOD harus dilakukan pada –10°C atau suhu desain, mana yang lebih rendah. Nilai CTOD tunggal minimum 0,18 mm dan nilai CTOD rata-rata minimum 0,20 mm untuk posisi takik di GCHAZ dan logam las harus dipenuhi. CTOD rata-rata dihitung sebagai rata-rata dari tiga hasil uji CTOD yang valid.

4.3 Las fillet

Persyaratan berikut berlaku untuk las filet pada pelat dan profil. Untuk las fillet pada jalur pipa, lihat Bab 15. Dalam hal prosedur pengelasan fillet harus digunakan untuk pelat dan profil yang dilapisi dengan cat dasar mampu timpa las, maka harus digunakan pelat berlapis yang sama pada saat uji prosedur las fillet. Jenis cat dasar dan tebal film-kering harus dicantumkan dalam laporan.

Benda uji las fillet [sambungan T dan / atau sambungan T ganda (silang)] harus dilas dengan celah akar tidak lebih dari 0,5 mm. Tergantung pada praktik selanjutnya, las cantum juga harus dimasukkan dalam pengujian (dan ditimpa las jika memungkinkan). Tebal leher las fillet harus sesuai dengan tebal yang digunakan dalam fabrikasi berikutnya, tetapi tidak boleh lebih besar dari 0,5 kali tebal pelat.

4.3.1 Benda uji dan dimensi

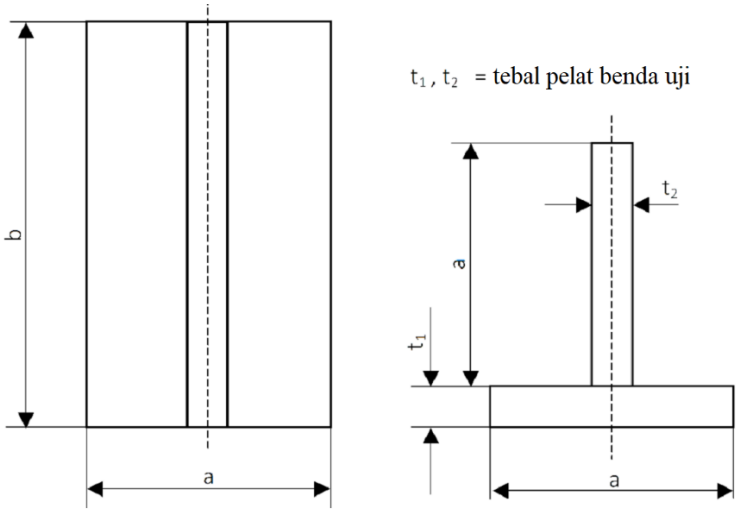
Tergantung pada posisi pengelasan yang akan dikualifikasi, benda uji sambungan T dan / atau sambungan T ganda (silang) selalu disyaratkan untuk pelat yang dilapisi cat dasar dan juga untuk pelat tanpa cat dasar. Dalam hal posisi pengelasan lainnya (PA, PB, PD, PF) benda uji sambungan T sudah cukup tetapi hanya untuk pelat yang dilapisi dengan cat dasar. Evaluasi las fillet pada pelat tanpa lapisan cat dasar pada posisi pengelasan (PA, PB, PD, PF) dapat dilakukan dalam ruang lingkup pengujian prosedur las butt setelah persetujuan BKI.

.1 Benda uji sambungan T

Benda uji harus cukup besar untuk memastikan distribusi panas yang wajar. Dimensi benda uji harus disesuaikan dengan prosedur pengelasan dan jumlah spesimen uji. Persyaratan dimensi minimum benda uji adalah sebagai berikut:

- pengelasan manual dan semi-otomatis:
  lebar a = 3 × t, min. 150 mm
  panjang b = 6 × t, min. 350 mm
- pengelasan otomatis:
  lebar a = 3 × t, min. 150 mm
  panjang b = 1000 mm

Benda uji ditunjukkan pada Gambar 12.7.



Gambar 12.7 Benda uji untuk las filet pada posisi pengelasan PA, PB, PD, PF

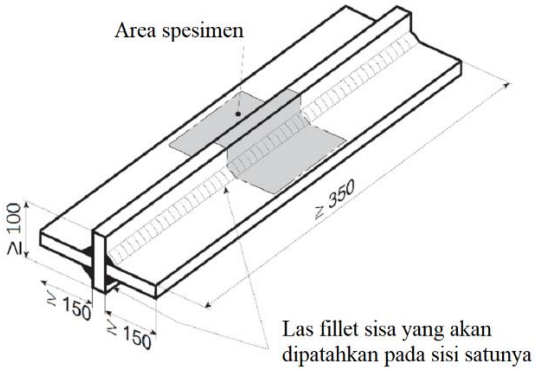
.2

Jika, untuk menentukan karakteristik mekanis dan teknologi dari sambungan las, khususnya dalam proses pengelasan yang sepenuhnya mekanis dan/atau otomatis, panjang benda uji yang dipilih jauh lebih kecil daripada panjang pengelasan yang akan dilakukan pada fabrikasi selanjutnya, maka las fabrikasi pertama harus dimasukkan sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan dan, sebagai persyaratan minimum, harus dilakukan inspeksi visual atau uji produksi harus diatur untuk memastikan prosedur pengelasan yang bebas masalah dan untuk mendeteksi kemungkinan cacat dalam lasan.

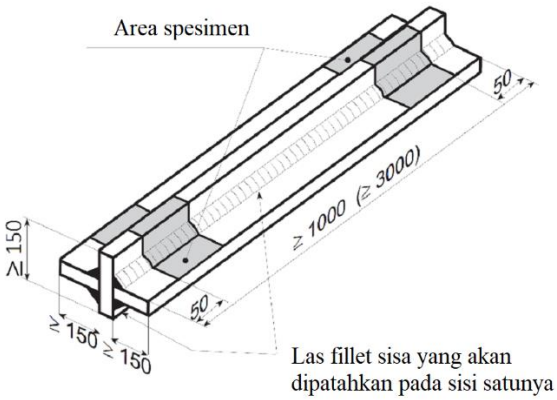
.3 Benda uji sambungan T ganda (silang)

Benda uji harus cukup besar untuk memastikan distribusi panas yang wajar. Dimensi benda uji harus disesuaikan dengan prosedur pengelasan dan jumlah spesimen uji. Dimensi minimum benda uji ditunjukkan

pada Gambar 12.8 untuk prosedur pengelasan manual dan semi-otomatis dan pada Gambar 12.9 untuk prosedur pengelasan otomatis.



Gambar 12.8 Benda uji sambungan T ganda (silang) untuk prosedur pengelasan manual dan semi-otomatis (posisi pengelasan PG)



Gbr. 12.9 Benda uji sambungan T ganda (silang) untuk prosedur pengelasan otomatis

4.3.2 Pengelasan benda uji

Untuk pengelasan fillet manual dan semi-otomatis satu lajur, titik berhenti/mulai harus dimasukkan dalam panjang uji dan posisinya harus ditandai dengan jelas untuk pemeriksaan selanjutnya. Jika las cantum dimaksudkan untuk ditimpa dalam produksi berikutnya, maka las cantum harus dipertimbangkan dalam benda uji juga. Benda uji sambungan T harus dilas pada satu sisi saja. Hanya satu posisi pengelasan yang harus digunakan per benda uji.

4.3.3 Pemeriksaan dan pengujian

Benda uji harus diperiksa dengan metode tak merusak dan merusak sesuai dengan persyaratan berikut:

.1 Pemeriksaan dan pengujian benda uji sambungan T

- Pengujian visual 100%
- Deteksi retak permukaan 100% (pengujian penetran pewarna atau pengujian partikel magnetik)
- pemeriksaan makro 2 spesimen (lihat 4.3.3.4)
- uji kekerasan disyaratkan (lihat 4.3.3.5)
- uji patah disyaratkan (lihat 4.3.3.5)

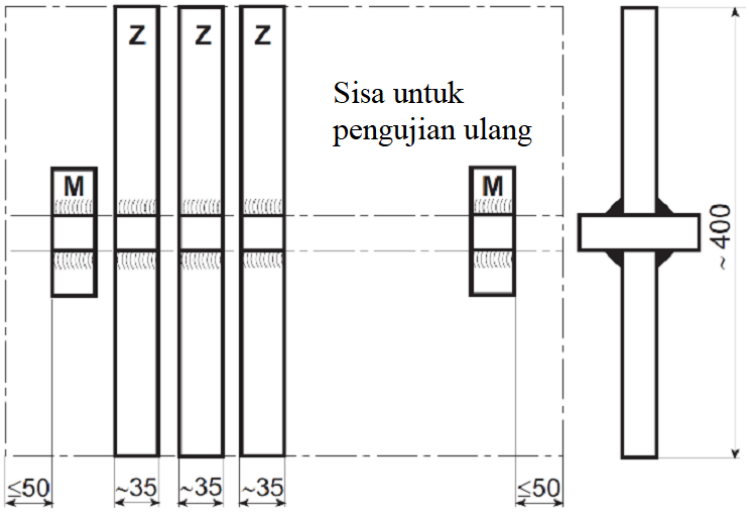
.2 Pemeriksaan dan pengujian benda uji sambungan T ganda (silang)

- Pengujian visual 100%
- Deteksi retak permukaan 100% (pengujian penetran pewarna atau pengujian partikel magnetik)

Seperti ditunjukkan pada Gambar 12.8 dan 12.9, satu set atau lebih spesimen uji harus diambil dari benda uji las fillet (silang) sesuai dengan Gambar 12.10.

Satu set spesimen uji las fillet (silang) harus mencakup spesimen berikut. Bentuk dan dimensi spesimen harus sesuai dengan Bab 11. Satu set spesimen uji harus mencakup spesimen berikut:

- uji tarik silang 3 spesimen (Z) (lihat 4.3.3.7)
- Foto macro 2 spesimen (M) (lihat 4.3.3.4)
- uji kekerasan disyaratkan (lihat 4.3.3.5)
- Uji patah disyaratkan, dari bagian benda uji yang tersisa di sisi satunya (lihat 4.3.3.6)



Gambar 12.10 Set spesimen uji sambungan T ganda (silang)

.3 Pengujian tak rusak

Benda uji harus diperiksa dengan pengujian visual dan tak rusak sebelum pemotongan spesimen uji. Dalam hal setiap perlakuan panas pasca-lasan diperlukan atau ditentukan, pengujian tak rusak harus dilakukan setelah perlakuan panas. BKI dapat meminta jeda waktu khusus diberikan diantara penyelesaian pekerjaan pengelasan dan pelaksanaan uji retak, kecuali perlakuan panas telah dilakukan. Cacat las yang dideteksi oleh pengujian visual atau pengujian tak rusak harus dinilai sesuai dengan ISO 5817 tingkat mutu "B" (kecuali untuk kecembungan berlebih dan tebal leher las berlebih yang menerapkan tingkat mutu "C").

.4 Pemeriksaan makro

Pemeriksaan struktur makro harus dilakukan pada minimal dua bagian yang telah dipoles. Untuk las fillet manual dan semi-otomatis satu lajur, satu bagian makro diperlukan di area berhenti/mulai. Permukaan bagian yang dipoles harus diambil tegak lurus terhadap sumbu las.

Spesimen makro harus berukuran sedemikian rupa dan diperlakukan dengan menggerinda dan mengetsa sedemikian rupa untuk menampakkan sifat dan struktur kristalisasi logam las dan zona terpengaruh panas serta tekstur dari logam induk, dan tidak ada cacat seperti retak, kurangnya fusi, dll. Untuk pemeriksaan makro, minimal 10 mm di luar zona terpengaruh panas dari material induk harus dipertimbangkan.

Bagian yang dipoles harus difoto dan foto ditambahkan ke laporan inspeksi. Foto makro biasanya harus dengan skala 1:1 hingga 1:3; jika luas penampang lasan kecil, skala dapat diperbesar.

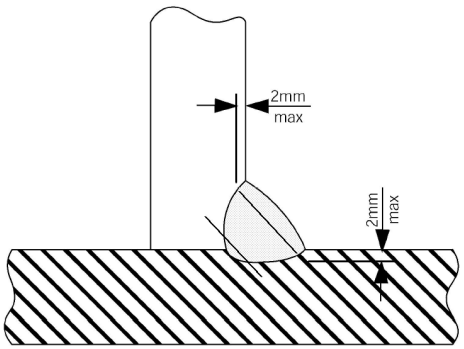
Spesimen harus dinilai sesuai dengan ISO 5817, tingkat mutu "B", kecuali untuk cembung berlebih dan tebal leher las berlebih berlaku tingkat mutu "C".

.5 Uji kekerasan

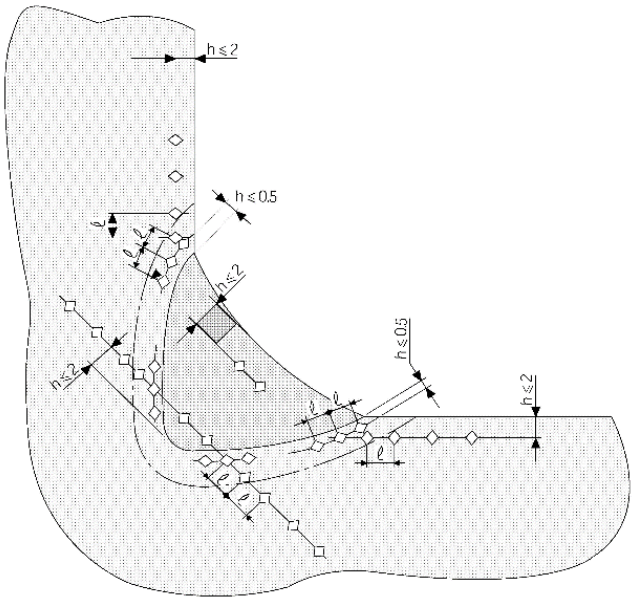
Uji kekerasan disyaratkan untuk baja dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan $R_{eH} \geq 355$ N / mm^2 dan secara umum untuk baja cor dan tempa. Metode Vickers dengan kekuatan uji 98N (HV10) biasanya harus digunakan. Kekerasan harus diverifikasi pada spesimen yang telah digerinda dan dietsa, dengan permukaan uji tegak lurus terhadap sumbu las. Metode pengujian lain harus disetujui oleh BKI sebelum pengujian. Diperlukan dua baris uji sesuai dengan Gambar 12.11. Setidaknya tiga lekukan individu dalam logam las, zona terpengaruh panas (kedua sisi lasan) dan logam induk (kedua sisi lasan) diperlukan sesuai dengan Gambar 12.12 Jarak antara lekukan adalah 1 mm untuk Vickers HV10.

Contoh lainnya untuk uji kekerasan dengan lekukan terdapat dalam ISO 9015-1 / ISO 6507-1.

Hasil dari uji kekerasan tidak boleh melebihi 350 HV10 untuk baja berkekuatan lebih tinggi, baja cor dan baja tempa dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan $R_{eH} \leq 400$ N / mm^2.



Gambar 12.11 Contoh uji kekerasan dengan baris lekukan pada las filet



Gambar 12.12 Contoh lekukan kekerasan pada las fillet

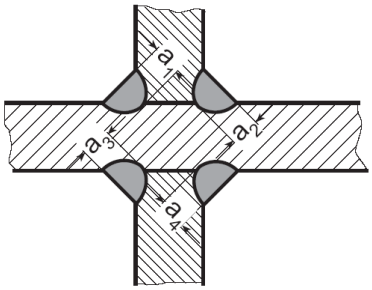
.6 Uji patah

Uji patah harus dilakukan sesuai dengan ISO 9017. Evaluasi difokuskan pada retakan, porositas dan pori-pori, inklusi, kurangnya fusi dan penetrasi tidak lengkap (penetrasi titik akar teoretis), dan dinilai sesuai dengan ISO 5817, tingkat mutu "B".

.7 Uji tarik silang

Spesimen uji tarik silang harus dievaluasi untuk menentukan kekuatan tarik-geser logam las sesuai dengan Gambar 12.13. Sebelum melakukan uji tarik silang, ketebalan leher las fillet dan lebar spesimen harus diukur. Lebar spesimen harus sekitar 35 mm.

Diukur pada spesimen uji tarik silang, kekuatan tarik minimum (tarik-geser) dari bagian lasan (bagian patah sesuai dengan Gambar 12.13) harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 12.4.



$a_1 + a_2 =$ bagian patah $S_{1/2}$

$a_3 + a_4 =$ bagian patah $S_{3/4}$

$$\text{Kekuatan tarik-geser} = \frac{\textbf{Beban putus}}{\textbf{S}_{\textbf{B}}\ \textbf{x lebar spesimen}} \quad [\text{N/mm}^2]$$

SB = $S_{1/2}$ atau $S_{3/4}$ tergantung dari posisi patah

Gambar 12.13 Spesimen uji tarik silang (penampang las)

Tabel 12.4 Persyaratan yang berlaku untuk spesimen tarik silang

Grade	Kekuatan tarik-geser [N/mm²]
A – E	350
A 32 – F 36	430
A 40 – F 40	450

4.4 Pengujian ulang

Jika spesimen uji gagal memenuhi salah satu persyaratan untuk pengujian visual atau tak rusak, maka satu benda uji tambahan harus dilas dan dilakukan pemeriksaan yang sama. Jika benda uji tambahan ini tidak memenuhi persyaratan yang relevan, pWPS harus dianggap tidak mampu memenuhi persyaratan tanpa dimodifikasi.

Jika ada spesimen uji gagal memenuhi persyaratan yang relevan untuk pengujian merusak karena ketidaksempurnaan las saja, maka dua spesimen uji tambahan harus disiapkan untuk setiap satu spesimen yang gagal. Spesimen ini dapat diambil dari spesimen uji yang sama jika ada material yang cukup tersedia atau dari spesimen uji baru, dan harus menjalani pengujian yang sama. Jika satu dari spesimen uji tambahan ini tidak memenuhi persyaratan yang relevan, pWPS harus dianggap tidak mampu memenuhi persyaratan tanpa dimodifikasi.

Jika spesimen uji tarik gagal memenuhi persyaratan, dua uji tarik tambahan dapat dilakukan. Jika kedua spesimen tambahan memenuhi persyaratan, maka uji tarik telah dipenuhi. Jika satu atau kedua spesimen tambahan tidak memenuhi persyaratan, maka uji tarik dan uji prosedur telah gagal.

Jika ada satu nilai kekerasan di atas nilai maksimum yang diizinkan, uji kekerasan tambahan harus dilakukan (pada sisi balik dari spesimen atau setelah menggerinda permukaan yang telah diuji). Tidak boleh ada nilai kekerasan tambahan yang melebihi nilai kekerasan maksimum yang disyaratkan.

Jika nilai rata-rata dari tiga spesimen impak Charpy V-takik awal gagal memenuhi persyaratan yang ditentukan atau nilai lebih dari satu spesimen di bawah nilai rata-rata yang syaratkan, atau ketika nilai salah satu spesimen di bawah 70% dari nilai rata-rata yang ditentukan, maka tiga spesimen tambahan dari benda uji yang sama harus diuji dan hasilnya ditambahkan ke hasil sebelumnya untuk memperoleh nilai rata-rata baru. Namun demikian dari enam nilai individu hanya dua yang boleh di bawah nilai rata-rata yang disyaratkan, yang mana hanya satu nilai individu boleh kurang dari 70% dari nilai rata-rata yang disyaratkan. Jika tidak, maka uji impak dan uji prosedur telah gagal.

Jika benda uji yang tersisa tidak cukup untuk digunakan sebagai spesimen uji tambahan, maka satu lagi benda uji harus dilas menggunakan prosedur yang sama untuk digunakan sebagai spesimen tambahan.

4.5 Rekaman uji

Kondisi pengelasan untuk benda uji dan hasil pengujian harus dicatat dalam rekaman uji prosedur pengelasan dan diserahkan ke BKI. Form catatan uji prosedur pengelasan dapat diambil dari Peraturan ini (lihat Lampiran 4) atau dari standar yang relevan. Item yang relevan yang tercantum untuk WPS dari persyaratan ini harus disertakan.

Rekaman uji prosedur pengelasan harus ditandatangani oleh Surveyor yang menyaksikan pengujian dan diserahkan kepada BKI bersama dengan spesifikasi prosedur pengelasan untuk persetujuan akhir prosedur pengelasan.

5. Uji kualifikasi prosedur pengelasan untuk baja kekuatan tinggi (diquench dan ditemper) berbutir halus dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan R_{eH}> 400 N/mm^2

Kecuali tidak ada pernyataan lebih lanjut untuk uji prosedur yang dibuat dalam bagian berikut ini, maka persyaratan yang diberikan pada bagian sebelumnya berlaku. Untuk uji prosedur pengelasan pada baja kekuatan tinggi yang digunakan untuk struktur lambung, diperlukan persetujuan BKI untuk kasus per kasus. Persyaratan akan ditentukan secara terpisah.

5.1 Persyaratan berikut ini berlaku untuk baja kekuatan tinggi (diquench dan ditemper) berbutir halus untuk struktur yang dilas sesuai Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Baja kekuatan tinggi yang setara, cocok untuk pengelasan, hanya dapat digunakan dengan persetujuan BKI.

5.2 Untuk baja kekuatan tinggi dan diquench dan ditemper dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan R_{eH} > 400 N/mm^2, uji tak rusak harus dilakukan setidaknya 48 jam setelah pengelasan, kecuali jika perlakuan panas telah dilakukan.

5.3 Spesimen uji tarik bentuk bulat harus disiapkan dalam setiap kasus di mana sifat mekanis logam las lebih rendah dari pada material induk.

5.4 Uji lengkung harus dilakukan, tergantung dari kekuatan luluh minimum yang ditentukan, untuk kisaran 420 N/mm^2 hingga 500 N/mm^2 menggunakan mandrel dengan diameter 5 × ketebalan spesimen, dan untuk kisaran di atas 500 N/mm^2 hingga 690 N/mm^2 menggunakan mandrel dengan diameter 6 × ketebalan spesimen. Sudut lengkung yang disyaratkan adalah 180°.

5.5 Untuk baja kekuatan tinggi, diquench dan ditemper, di mana energi impak telah ditunjukkan dalam arah melintang (CVN-T), kampuh las harus diatur sejajar dengan arah pengerolan kedua pelat. Persyaratan untuk energi impak dan suhu uji sama dengan untuk material induk.

5.6 Hasil uji kekerasan untuk baja kekuatan tinggi dan diquench dan ditemper dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan $R_{eH} > 400$ N/mm^2 dan $R_{eH} \leq 690$ N/mm^2 tidak boleh melebihi 420 HV10.

5.7 Untuk las filet pada baja kekuatan tinggi dan diquench dan ditemper dengan kekuatan luluh minimum yang ditentukan $R_{eH} > 460$ N/mm^2 uji prosedur las fillet secara terpisah diperlukan dengan menggunakan spesimen uji sambungan T-ganda (silang). Jika patah terjadi pada material induk, setidaknya kekuatan tarik minimum material induk harus dicapai. Jika patah terjadi pada penampang melintang sambungan las, kekuatan tarik-geser harus ditentukan, dengan memperhitungkan penampang melintang aktual dari sambungan las. Jika perlu, kedalaman leleh yang melebihi titik akar teoritis harus diperhitungkan. Kekuatan tarik-geser rata-rata yang ditentukan pada penampang melintang sambungan las sekurang-kurangnya harus 80% dari kekuatan tarik material induk yang digunakan.

5.8 Untuk rentang aplikasi, lihat 9.

6. Baja tahan karat austenitik (berlapis) dan baja austenitik-feritik (dupleks)

Jika tidak ada pernyataan lebih lanjut mengenai uji prosedur las pada bagian berikut ini, 4 atau masing-masing standar seri ISO 15614 dapat diterapkan.

6.1 Untuk uji prosedur pengelasan baja tahan karat austenitik untuk tangki gas alam cair, lihat Rules for Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX).

6.2 Sifat minimum yang ditentukan dalam Bab 5, untuk pengujian bahan habis pengelasan dan material bantu, harus dipenuhi untuk spesimen las butt. Dalam hal sambungan antara baja yang berbeda jenis, nilai kekuatan material induk yang memiliki kekuatan lebih rendah, harus digunakan.

6.3 Kecuali jika disetujui sebaliknya dalam kasus individu, pada baja austenit-feritik (dupleks) untuk uji lengkung dapat menggunakan diameter mandrel 3 kali ketebalan spesimen dan uji impak batang bertakik dilakukan pada suhu uji minus 30 °C. Untuk material baja tahan karat austenitik biasanya tidak perlu dilakukan uji impak batang bertakik kecuali kualifikasi prosedur pengelasan diperlukan untuk aplikasi suhu rendah. Uji kekerasan untuk material tahan karat austenitik biasanya tidak dilakukan juga. Untuk material tersebut, uji penetran pewarna harus dilakukan.

6.4 Tergantung pada bidang aplikasi atau jika diperlukan untuk material induk, tambahan uji perlindungan korosi harus dilakukan dalam lingkup tes prosedur pengelasan, misal pengujian ketahanan terhadap korosi intergranular.

6.5 Untuk spesimen uji baja austenitik-feritik (dupleks), diperlukan penentuan kandungan ferit, yang tidak boleh kurang dari 30% baik dalam material pengelasan maupun di zona yang terkena panas.

7. Paduan aluminium

7.1 Las butt

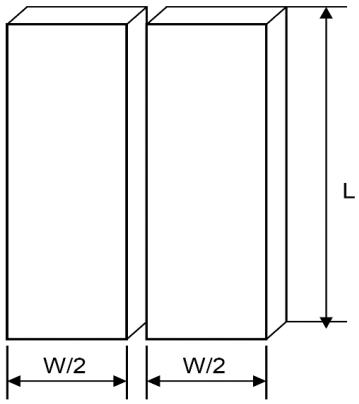
7.1.1 Perakitan dan dimensi benda uji

Benda uji harus berukuran cukup untuk memastikan distribusi panas yang wajar selama pengelasan dan untuk menyediakan spesimen uji yang disyaratkan, setelah kedua ujungnya dibuang, lihat Gambar 12.14. Persiapan tepi dan penyetelan harus sesuai dengan pWPS. Jika las cantum akan digabungkan ke dalam sambungan produksi, maka las cantum tersebut harus diikutkan dalam benda uji.

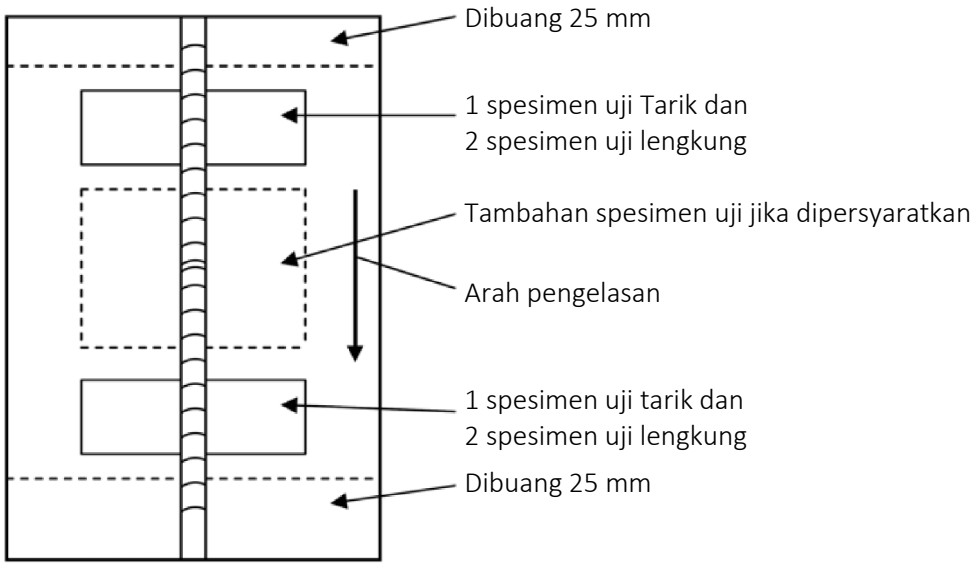
Benda uji harus memiliki ukuran minimum berikut:

- pengelasan manual dan semi-otomatis:
  panjang L = 350 mm
  lebar W = 300 mm
- pengelasan otomatis
  panjang L = 1000 mm
  lebar W = 400 mm

Pembersihan bagian yang akan dilas harus dilakukan sesuai dengan prosedur pengelasan. Pengelasan harus dilakukan sesuai dengan pWPS dan dalam kondisi umum pengelasan produksi yang diwakilinya. Lokasi spesimen uji ditunjukkan pada Gambar 12.15.



Gambar 12.14 Benda uji untuk paduan aluminium



Gambar 12.15 Lokasi spesimen uji untuk sambungan butt pada pelat

7.1.2 Cakupan pengujian dan spesimen uji

Benda uji las butt harus diperiksa dengan pengujian tak rusak dan rusak sesuai dengan persyaratan berikut:

- Pengujian visual 100%

–	Deteksi retak permukaan	100% (pengujian penetran pewarna atau pengujian partikel magnetik)
–	Pengujian radiografi atau ultrasonik	100%
–	Uji tarik melintang	dua spesimen
–	Uji lengkung melintang	dua spesimen akar dan dua specimen muka
–	Pemeriksaan makro	satu spesimen

.1 Pengujian tak rusak

Benda uji harus diperiksa dengan pengujian visual dan tak rusak sebelum dilakukan pemotongan spesimen uji. Dalam hal setiap perlakuan panas pasca-lasan disyaratkan atau ditentukan, pengujian tak rusak harus dilakukan setelah perlakuan panas. BKI dapat meminta jeda waktu khusus diberikan diantara penyelesaian pekerjaan pengelasan dan pelaksanaan uji retak, kecuali perlakuan panas telah dilakukan. Cacat las yang dideteksi oleh pengujian visual atau pengujian tak rusak harus dinilai sesuai dengan ISO 10042 tingkat mutu B kecuali untuk logam las berlebih dan penetrasi berlebih yang berlaku tingkat mutu C.

.2 Uji tarik melintang

Pengujian harus dilakukan sesuai dengan ISO 4136. Nilai kekuatan tarik yang ditentukan berlaku untuk spesimen uji dengan mempertahankan penguat lasan. Dalam hal ketebalan pelat yang besar, pengujian harus dilakukan dengan menggunakan spesimen uji yang lebih banyak agar seluruh penampang tercakup. Dalam hal apapun kekuatan tarik spesimen tidak boleh kurang dari nilai minimum yang disyaratkan untuk material induk dalam kondisi "lunak". Untuk pengujian prosedur pengelasan dan pengujian pada spesimen produksi paduan aluminium, nilai yang disyaratkan dalam Tabel 12.5 harus digunakan sebagai nilai standar untuk spesimen las butt.

Tabel 12.5 Persyaratan yang berlaku untuk paduan aluminium

Material induk		Sambungan las[1)]			
No. Paduan	Penamaan material	Tegangan uji 0,2 %[2)] [N/mm²]	Kekuatan tarik [N/mm²]	Sudut lengkung[3)] [derajat]	Pemanjangan lengkung [%]
5754	AlMg3	80	190	180	18
5086	AlMg4	100	240		
5083	AlMg4,5Mn0,7	125	275		
5383	AlMg4,5Mn0,7mod.	145	290		
5456	AlMg5	130	290		
5059	AlMg5,5Mn0,8ZnZr	160	330		
6005A	AlSiMg(A)	115	170		10
6061	AlMgSilCu	115	170		
6082	AlSilMgMn	125	185		

1) Menggunakan bahan habis pengelasan dengan grade mutu sesuai dengan material induk sesuai Bab 5, J.
2) Sejauh yang ditetapkan (pada sampel tambahan yang disetujui).
3) Mandrel lengkung-i yang dipilih tergantung pada grup dan kondisi material sesuai EN ISO 15614-2.

.3 Uji lengkung

Uji lengkung melintang harus dilakukan sesuai dengan ISO 5173. Dua dari empat spesimen uji harus dibengkokkan dengan jalur muka mengalami tekanan dan dua lainnya harus dibengkokkan dengan jalur

akar mengalami tekanan. Untuk ketebalan spesimen ≥ 12 mm, empat spesimen uji lengkung sisi dapat diuji sebagai alternatif. Untuk sambungan butt heterogen atau berbeda, specimen uji lengkung memanjang muka dan akar dapat digunakan sebagai pengganti spesimen uji lengkung melintang.

Spesimen uji lengkung harus dilengkung pada mandrel dengan diameter maksimum seperti yang diberikan dalam rumus di bawah ini. Sudut lengkung harus 180° pada kondisi pengujian sesuai ISO 5173.

$$d = \frac{(100 \cdot t_s)}{A} - t_s$$

Dimana:

d = diameter mandrel maksimum

t_s = ketebalan spesimen uji lengkung (termasuk lengkung sisi)

A = pemanjangan tarik minimum yang disyaratkan oleh grade paduan, kondisi temper dan ketebalan (untuk kombinasi antara paduan yang berbeda, nilai individu terendah harus digunakan).

Setelah pengujian, spesimen uji tidak boleh menampakkan cacat terbuka ke arah manapun yang lebih besar dari 3 mm. Cacat yang muncul di sudut spesimen dapat diabaikan, kecuali ada bukti bahwa cacat tersebut hasil dari kurangnya fusi.

.4 Pemeriksaan makro

Spesimen uji harus disiapkan dan dietsa pada satu sisi untuk menampakkan dengan jelas garis fusi, HAZ dan susunan lajur serta logam dasar yang tidak terpengaruh. Pemeriksaan harus menampakkan profil lasan umum, fusi menyeluruh antara lapisan lasan yang berdekatan dengan logam dasar serta tidak adanya cacat seperti retak dan kurangnya fusi. Tingkat penerimaan yang ditentukan dalam 7.1.2.1 berlaku.

7.2 Las fillet

7.2.1 Benda uji, dimensi dan pengelasan

.1 Benda uji sambungan T

Ukuran minimum benda uji adalah sebagai berikut:

- pengelasan manual dan semi-otomatis:
  - panjang L = 350 mm
  - lebar W = 150 mm,
- pengelasan otomatis:
  - panjang L = 1000 mm
  - lebar W = 150 mm.

Kedua pelat harus diposisikan dan dilas cantum pada tepi sehingga membentuk rakitan T tanpa celah. Pengelasan pada satu atau kedua sisi dan penyetelan harus seperti yang dirinci dalam pWPS. Secara umum untuk pengelasan manual dan semi-otomatis, posisi berhenti / mulai kembali harus dimasukkan dalam panjang uji dan harus ditandai dengan jelas untuk pemeriksaan selanjutnya. Pembersihan bagian yang akan dilas harus dilakukan sesuai dengan prosedur pengelasan.

.2 Benda uji sambungan T ganda (silang)

Benda uji dan dimensi seperti ditunjukkan pada Gambar 12.8 dan 12.9.

7.2.2 Pemeriksaan dan pengujian

Pemeriksaan tak rusak dan uji rusak harus dilakukan sesuai dengan persyaratan berikut:

.1 Pemeriksaan dan pengujian benda uji sambungan T

- Pengujian visual 100%
- Deteksi retak permukaan 100% (pengujian penetran pewarna atau pengujian partikel magnetik)
- Pemeriksaan makro 2 spesimen (salah satu specimen makro harus diambil pada posisi berhenti/mulai kembali (lihat 7.2.1))
- Pengujian patah disyaratkan

.2 Pemeriksaan dan pengujian benda uji sambungan T ganda (silang)

Pemeriksaan dan pengujian benda uji sambungan T ganda (silang) harus dilakukan sesuai dengan 4.3.3.2. Uji kekerasan dapat ditiadakan.

7.2.3 Pengujian silang

Sebagai tambahan pemeriksaan dan pengujian yang disyaratkan untuk benda uji sambungan T (lihat 7.2.2.1), satu set atau lebih benda uji harus diambil dari benda uji silang sesuai dengan Gambar 12.10. Spesimen uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.13.

Jika pecah terjadi pada material induk, setidaknya kekuatan tarik minimum material induk dalam kondisi "lunak" harus dicapai. Jika pecah terjadi pada penampang sambungan las, kekuatan tarik-geser harus ditentukan, dengan mempertimbangkan penampang melintang sambungan las yang sebenarnya. Jika perlu, kedalaman leleh yang melebihi titik akar teoritis harus dipertimbangkan. Kekuatan tarik- geser rata-rata yang ditentukan dalam penampang sambungan las harus sekurang-kurangnya 60% dari kekuatan tarik material induk yang digunakan. Margin yang diperlukan (jika nilai ini tidak tercapai) harus dipertimbangkan untuk menentukan ukuran sambungan fillet.

7.2.4 Pemeriksaan makro dan uji patah

Uji patah serta pemeriksaan makro harus, secara umum, memenuhi tingkat penerimaan yang ditentukan dalam 7.1.2.1. Ukuran kaki las, leher las dan penetrasi pada umumnya harus dilaporkan.

8. Material atau proses pengelasan lainnya

Persyaratan yang berlaku untuk material atau metode pengujian lainnya akan ditentukan berdasarkan kasus per kasus dengan cara yang sama dengan material yang dicakup sebelumnya, berdasarkan komposisi kimianya, sifat mekanik dan karakteristik lain dari material induk dan dengan memperhatikan kondisi operasi yang diantisipasi, seperti temperatur servis (desain) terendah yang diantisipasi.

9. Lingkup aplikasi

9.1 Umum

Semua kondisi validitas yang dinyatakan di bawah ini harus dipenuhi secara independen satu sama lain.

9.2 Perubahan di luar rentang yang ditentukan dan disetujui oleh BKI memerlukan uji prosedur pengelasan baru.

9.3 Cat dasar mungkin memiliki pengaruh pada mutu las fillet. Karena itu cat dasar tersebut harus diperhitungkan dalam pengujian. Kualifikasi prosedur pengelasan dengan cat dasar akan mengkualifikasi prosedur pengelasan tanpa cat dasar, tetapi tidak sebaliknya.

9.4 Logam induk

9.4.1 Baja struktural lambung kekuatan normal dan kekuatan lebih tinggi

Tingkat kekuatan (--, ... 32, ... 36, ... 40) dan grade ketangguhan (A/A ..., B, D/D ..., E/E ..., F ...) dari spesimen menentukan ruang lingkup aplikasi.

a) Untuk setiap tingkat kekuatan, prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk grade ketangguhan yang sama dan lebih rendah dari spesimen yang diuji.

b) Untuk setiap grade ketangguhan, prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk tingkat kekuatan yang sama dan dua tingkat lebih rendah dari spesimen yang diuji.

c) Untuk menerapkan hal di atas a) dan b) pada proses dengan masukan panas tinggi di atas 50 kJ/cm, misalnya teknik dua lajur dengan las busur rendam atau las busur logam berpelindung gas, las terak listrik dan gas listrik, prosedur pengelasan berlaku untuk grade ketangguhan yang sama dengan spesimen yang diuji dan satu tingkat kekuatan di bawahnya.

Jika baja yang digunakan untuk konstruksi dipasok dengan kondisi pengiriman yang berbeda dengan yang diuji, BKI mungkin memerlukan uji tambahan. Uji prosedur pengelasan baja yang digulung secara termo-mekanis (TM) tidak mencakup baja yang dinormalisasi, namun sebaliknya.

9.4.2 Baja YP47

Prosedure pengelasan dianggap berlaku untuk baja las grade A40, D40 dan E40. Persetujuan tersebut hanya mengkualifikasi baja yang digulung secara termo-mekanis (TM).

9.4.3 Baja kekuatan tinggi (diquench dan ditemper) dengan $R_{eH} > 400$ N/mm^2

a) Untuk setiap tingkat kekuatan, prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk grade ketangguhan yang sama dan lebih rendah dari spesimen yang diuji.

b) Untuk setiap grade ketangguhan, prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk tingkat kekuatan yang sama dan satu tingkat lebih rendah dari spesimen yang diuji.

c) Persetujuan baja yang diquench dan ditemper tidak mengkualifikasi baja yang digulung secara termo-mekanis (TM) dan sebaliknya.

9.4.4 Baja tempa lambung mampu las C dan C-Mn

a) Prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk tingkat kekuatan yang sama dan lebih rendah dari spesimen yang diuji.

b) Persetujuan baja tempa lambung yang diquench dan ditemper tidak mengkualifikasi kondisi pengiriman lainnya dan sebaliknya. Hal ini harus diuji dan dikualifikasi secara terpisah.

9.4.5 Baja cor lambung mampu las C dan C-Mn

a) Prosedur pengelasan dianggap berlaku untuk tingkat kekuatan yang sama dan lebih rendah dari spesimen yang diuji.

b) Persetujuan baja cor lambung yang diquench dan ditemper tidak mengkualifikasi kondisi pengiriman lainnya dan sebaliknya. Hal ini harus diuji dan dikualifikasi secara terpisah.

9.4.6 Paduan aluminium

Paduan aluminium dikelompokkan menjadi tiga kelompok:

Kelompok A: paduan aluminium-magnesium dengan kandungan Mg ≤ 3,5% (paduan 5754)

Kelompok B: paduan aluminium-magnesium dengan 4% ≤ Mg ≤ 5,6% (paduan 5059, 5083,5086, 5383 dan 5456)

Kelompok C: paduan aluminium-magnesium-silikon (paduan 6005A, 6061 dan 6082)

Untuk setiap kelompok, kualifikasi yang dibuat pada salah satu paduan mengkualifikasi paduan lainnya dari kelompok yang sama dengan kekuatan tarik setelah pengelasan sama atau lebih rendah.

Kualifikasi yang dibuat pada paduan kelompok B mengkualifikasi paduan dalam kelompok A.

9.5 Ketebalan

9.5.1 Kualifikasi WPS yang dilakukan pada benda uji dengan ketebalan t berlaku untuk rentang ketebalan yang diberikan pada Tabel 12.6 untuk baja dan Tabel 12.7 untuk aluminium.

9.5.2 Sebagai tambahan persyaratan pada Tabel 12.6 dan Tabel 12.7, rentang persetujuan ketebalan leher las "a" untuk las filet adalah sebagai berikut:

a) Baja
- satu lajur: 0,75 × a sampai 1,5 × a
- multi lajur: seperti pada las butt dengan multi-lajur (misalnya a = t)

b) Paduan aluminium
- a < 10 mm: 0,75 × a sampai 1,5 × a
- a ≥ 10 mm: ≥ 7,5

9.5.3 Untuk pengelasan vertical ke bawah, ketebalan benda uji "t" selalu diambil sebagai batas atas rentang aplikasi.

9.5.4 Untuk las butt dengan ketebalan pelat yang tidak sama, ketebalan yang lebih tipis digunakan sebagai acuan.

9.5.5 Tanpa mengesampingkan hal di atas, persetujuan ketebalan maksimum logam induk untuk teknik apapun harus dibatasi pada ketebalan benda uji jika tiga nilai kekerasan di zona terpengaruh panas mempunyai nilai dalam kisaran 25 HV dari maksimum yang diizinkan, seperti dinyatakan dalam 4.2.2.7, 4.3.3.5 dan 5.6.

9.6 Posisi pengelasan

Persetujuan untuk pengujian yang dilakukan pada posisi tertentu hanya berlaku untuk posisi tersebut, kecuali untuk paduan aluminium dimana persetujuan untuk pengujian di satu posisi mengkualifikasi pengelasan di semua posisi. Untuk mengkualifikasi berbagai posisi, benda uji harus dilas pada posisi masukan panas tertinggi (umumnya posisi vertikal-ke atas (PF)) dan posisi masukan panas terendah (umumnya horizontal-vertikal (PC)). Posisi pengelasan vertikal-ke bawah (PG), secara umum, harus diuji secara terpisah.

Tabel 12.6 Rentang persetujuan ketebalan untuk baja

Ketebalan benda uji t [1] [mm]	Rentang persetujuan [4]	
	Las butt dengan satu lajur atau satu lajur dari kedua sisi	Las butt dengan multi-lajur dan las fillet [2]
3 < t ≤ 12	0,7 x t sampai 1,1 x t	3 sampai 2 x t
12 < t ≤ 100	0,7 x t sampai 1,1 x t [3]	0,5 x t sampai 2 x t (max. 150 mm)

[1] Untuk prosedur multi-proses, ketebalan dari setiap proses yang dicatat harus digunakan sebagai dasar untuk rentang persetujuan untuk masing-masing proses pengelasan.

[2] Untuk las filet, rentang persetujuan harus diterapkan pada kedua logam induk (tebal pelat bilah dan flens).

[3] Untuk proses masukan panas tinggi lebih dari 50 kJ/cm, batas atas rentang persetujuan adalah 1,0 · t.

[4] Las butt T pada umumnya dikualifikasi oleh las butt. Sebagai tambahna, BKI dapat mensyaratkan uji prosedur pengelasan seperti las sambungan T, misalnya untuk bentuk las tertentu.

Tabel 12.7 Rentang persetujuan ketebalan untuk paduan aluminium

Ketebalan benda uji, t (mm)	Rentang persetujuan
t ≤ 3	0,5 sampai 2 t
3 < t ≤ 20	3 sampai 2 t
t > 20	≥ 0,8 t

9.7 Proses pengelasan

9.7.1 Persetujuan pengelasan hanya berlaku untuk proses pengelasan yang digunakan dalam pengujian prosedur pengelasan. Perubahan dari multi-lajur ke lajur tunggal tidak diizinkan.

9.7.2 Untuk prosedur multi-proses, persetujuan prosedur pengelasan dilakukan dengan uji prosedur pengelasan terpisah untuk setiap proses pengelasan. Dimungkinkan juga untuk membuat uji prosedur pengelasan sebagai uji prosedur multi-proses. Persetujuan uji semacam itu hanya berlaku untuk urutan proses yang dilakukan pada waktu pengujian prosedur multi-proses.

9.7.3 Secara umum, prosedur pengelasan sepenuhnya mekanis dan otomatis (robot) harus dikualifikasi secara terpisah dari prosedur pengelasan semi-otomatis.

9.8 Bahan habis pengelasan

Bahan habis pengelasan dan material bantu dapat diganti dengan yang setara (dan kekuatan lebih tinggi untuk paduan aluminium), cocok, dengan grade mutu yang sesuai dan dengan persetujuan BKI, jika hal ini dinyatakan dalam persetujuan prosedur pengelasan secara eksplisit.

Kualifikasi yang diberikan untuk gas pelindung dan gas pendukung dibatasi untuk gas/campuran gas yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan, lihat ISO 14175 atau standar yang diakui lainnya untuk penandaan gas.

9.9 Jenis arus

Perubahan jenis arus (AC, DC, pulsa) dan polaritas membutuhkan kualifikasi prosedur pengelasan baru. Untuk proses 111 (SMAW) arus bolak-balik juga mengkualifikasi arus searah (kedua polaritas) saat pengujian impak tidak disyaratkan.

9.10 Masukan panas

9.10.1 Batas atas masukan panas yang disetujui adalah 25% lebih besar dari yang digunakan dalam pengelasan benda uji atau 55 kJ/cm, diambil nilai yang lebih kecil, kecuali untuk proses dengan masukan panas tinggi di atas 50 kJ/cm batas atasnya adalah 10% lebih besar dari yang digunakan dalam pengelasan benda uji.

9.10.2 Batas bawah masukan panas yang disetujui adalah 25% lebih rendah daripada yang digunakan saat mengelas benda uji.

9.11 Temperatur pemanasan awal dan antar jalur

9.11.1 Temperatur minimum pemanasan awal tidak boleh kurang dari yang digunakan pada awal pengelasan benda uji. Jika perlu, untuk rentang ketebalan yang lebih tinggi, spesifikasi temperatur pemanasan awal dapat dinaikkan. Untuk keperluan dan jumlah pemanasan awal, lihat Bab 9.

9.11.2 Temperatur maksimum antar jalur tidak boleh lebih tinggi dari yang digunakan saat mengelas benda uji. Nilai standar untuk temperatur maksimum antar jalur sesuai Bab 9 harus diperhatikan.

9.12 Perlakuan panas pasca las

Perlakuan panas yang digunakan dalam uji kualifikasi harus dipertahankan pada waktu proses produksi. Waktu penahanan dapat disesuaikan sebagai fungsi ketebalan. Catatan lebih lanjut untuk perlakuan panas pasca las, lihat Bab 9.

9.13 Jenis sambungan

9.13.1 Rentang persetujuan tergantung pada jenis sambungan las benda uji, ditunjukkan pada Tabel 12.8.

Tabel 12.8 Rentang persetujuan untuk jenis sambungan las

Jenis sambungan las benda uji				Rentang persetujuan	
				Baja	Paduan Al
Las butt	satu sisi	dengan penahan	A	A, C, D	
		tanpa penahan	B	A, B, C, D	
	kedua sisi	dengan *gouging*	C	C	
		tanpa *gouging*	D	C, D	A, C, D

9.13.2 Uji kualifikasi yang dilakukan pada las butt, jika tidak ada cat dasar yang ditimpa las, juga akan mengkualifikasi las fillet dengan rentang ketebalan yang ditentukan untuk pengelasan fillet sesuai 9.5.2. Uji kualifikasi tambahan, misalnya untuk sambungan T, dapat disyaratkan oleh BKI, misalnya jika persiapan tepi (celah akar, sudut sambungan) telah diubah dan kurangnya fusi, penetrasi yang tidak memadai atau pengaruh negatif pada sifat-sifat mekanik-teknologi tidak dapat dikecualikan.

G. Desain, Penentuan Ukuran

Catatan awal:

Isi pada Sub Bab ini sebagian besar sama dengan ketentuan pada Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19 "Welded Joints". Dikarenakan penerbitan berbagai aturan tidak dalam waktu yang bersamaan, maka beberapa perbedaan sementara dapat timbul dan dalam keadaan demikian, maka yang akan berlaku adalah aturan yang paling baru.

1. Umum

1.1 Prinsip-prinsip desain umum yang diuraikan dalam Bab 7 harus dipatuhi.

1.2 Sambungan las harus didesain untuk memastikan bahwa tipe dan kualitas pengelasan yang diusulkan (misal fusi akar lengkap dalam kasus pengelasan butt bevel tunggal dan ganda) dapat dicapai dengan memuaskan dalam kondisi fabrikasi yang diberikan. Jika hal ini tidak dipenuhi, maka ketentuan harus dibuat agar lasan dapat lebih mudah untuk dieksekusi dan kapasitas dukung beban (mungkin lebih rendah) dari las-lasan ini harus diizinkan dalam penentuan dimensi desain.

1.3 Sambungan las yang mengalami tegangan yang sangat besar, yang karena itu biasanya dilakukan inspeksi wajib, harus dirancang sedemikian rupa sehingga teknik inspeksi yang paling tepat untuk mendeteksi cacat (pemeriksaan radiografi, ultrasonik atau retak permukaan) dapat diterapkan tanpa keterbatasan sehingga pengujian yang memberikan hasil yang andal dapat dilakukan.

2. Karakteristik terkait material, korosi

2.1 Karakteristik yang terkait dengan material, misal kekuatan produk canai (yang lebih rendah) pada arah tebal (lihat 7.) atau pelunakan dari paduan aluminium yang dikeraskan saat dilas, harus diizinkan ketika mendesain dan menenttukan ukuran komponen dan sambungan las.

2.2 Pelat berlapis dimana efisiensi ikatan antara material penyangga dan material yang ditumpangkan terbukti, umumnya dapat diperlakukan sebagai pelat utuh (sampai dengan ketebalan pelat medium dengan sebagian besar las filet).

2.3 Untuk struktur komposit yang terbuat dari material yang berbeda yang menerima tegangan termal (misal baja struktur lambung dan baja tahan karat dalam hal sistem pemanas tangki), kelonggaran harus dibuat untuk perbedaan konduktivitas termal dan khususnya laju ekspansi termal dari baja yang berbeda.

2.4 Jika pasangan material yang berbeda terpapar air laut atau elektrolit lainnya, misal sambungan las antara baja bukan paduan dan baja tahan karat di lapisan tahan aus nosel kemudi dan pada las tambahan pada tongkat kemudi, perhatian harus diberikan pada kecenderungan yang meningkat terhadap korosi, terutama pada lasan, karena perbedaan dalam potensial elektrokimia.

2.5 Jika sambungan las pada jenis ini tidak dapat dihindari, maka harus sedapat mungkin ditempatkan pada titik-titik di mana terdapat bahaya korosi yang lebih kecil (misalnya sisi luar tangki) atau perlindungan korosi khusus harus disediakan (misalnya pelapisan atau perlindungan katodik).

3. Aliran tegangan, transisi

3.1 Semua sambungan las pada bagian penumpu utama harus dirancang guna memberikan profil tegangan yang sehalus mungkin tanpa takik internal atau eksternal yang besar, tanpa diskontinuitas pada kekakuan dan tanpa penghalang untuk ekspansi (lihat juga Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.3, H).

3.2 Hal ini berlaku sama pada pengelasan komponen subordinat ke bagian penumpu utama yang pelat bebas atau tepi flens harus, sedapat mungkin, bebas dari efek takik yang disebabkan oleh sambungan las. Mengenai pengelasan yang tidak dapat diizinkan pada tepi atas pelat lajur atas, lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.6, C.3.3. Hal ini berlaku sama untuk pengelasan pada tepi atas ambang sisi palka menerus.

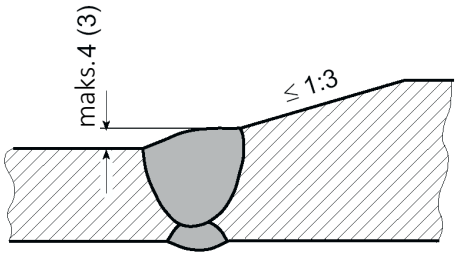
3.3 Sambungan butt pada struktur eksternal yang panjang atau menerus, seperti lunas bilga, pisang-pisang, ambang slop, rail derek, lajur rail penutup palka, bilah kompresi, dll. yang melekat pada bagian konstruksi utama harus dilas pada keseluruhan penampangnya. Ujung-ujungnya harus dirancang sama dengan ujung pada pelat ganda (lihat 6.4) dengan transisi "halus" ke dalam komponen di bawahnya.

3.4 Jika memungkinkan, sambungan las (khususnya sambungan ditempat) pada penumpu dan profil tidak boleh diletakkan pada daerah dengan tegangan lengkung yang tinggi. Sambungan pada titik tekuk flens harus dihindari. Las penetrasi penuh yang menyatukan tiga pelat dengan las fillet tambahan yang diaplikasikan dari sisi belakang dengan cara yang sama sesuai Gambar 12.27 pada penegar tekuk umumnya dapat diterima.

3.5 Transisi antara komponen yang berbeda ukuran harus halus dan berjenjang. Jika tinggi bilah penumpu atau profil berbeda, maka flens atau bulb harus ditiruskan dan pelat bilah dipotong dan diperpanjang atau ditekan bersama-sama untuk menyamakan tinggi profil sehingga flens atau bulb, sebagaimana berlaku, dapat dilas bersama-sama secara memuaskan. Panjang daerah transisi setidaknya harus sama dengan dua kali perbedaan tinggi.

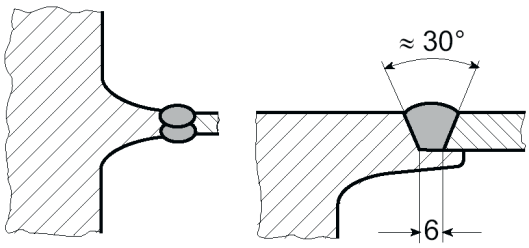
3.6 Jika ketebalan pelat berubah pada sambungan yang arahnya tegak lurus terhadap arah tegangan utama, perbedaan ketebalan lebih besar dari 4 mm (lebih besar dari 3 mm di mana ketebalan pelat yang lebih tipis kurang dari 10 mm) harus diakomodasi dengan meniruskan tepi pelat yang lebih tebal dengan cara seperti ditunjukkan pada Gambar 12.16 pada rasio setidaknya 1: 3 atau kurang, sesuai dengan kategori

takik (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.20, Table 20.3). Perbedaan ketebalan sampai dengan nilai yang disebutkan di atas dapat diakomodir dalam lasan.



Gambar 12.16 Pengakomodasian perbedaan tebal

3.7 Untuk pengelasan pada pelat atau elemen lain yang berdinding relatif tipis, baja tuang dan baja tempa harus ditiruskan secara tepat atau dilengkapi dengan flens las yang dicor atau ditempa menyatu sesuai dengan Gambar 12.17. Jika tidak, BKI dapat menyetujui bagian transisi yang lebih tebal yang dilas di seluruh penampangnya ke baja tuang atau baja tempa dengan cara yang sama dengan penyangga poros (lihat Gambar 12.35 dan 12.36) atau ke flens kopling kemudi horizontal (lihat Gambar 12.37).



Gambar 12.17 Flens las pada baja tuang dan baja tempa

3.8 Untuk sambungan penyangga poros ke hub dan pelat kulit, lihat 13. dan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.13, D.1; untuk sambungan flens kopling horizontal ke badan kemudi, lihat 14. Untuk leher tongkat kemudi yang disyaratkan dipertebal dengan las tambalan dan untuk sambungan flens kopling, lihat 9. dan 14. dan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.14, D.2.4. Sambungan antara tongkat kemudi dan flens kopling harus dilas pada seluruh penampangnya.

4. Kumpulan las setempat, jarak minimum, pengelasan soket

4.1 Kumpulan las setempat dan jarak antar las yang berdekatan harus dihindari. Jika perhatian harus diberikan pada tegangan sisa las yang lebih tinggi karena pelat atau lasan yang lebih tebal dan kekakuan yang sesuai dari komponen, maka persiapan harus mengantisipsi bahwa las butt yang berdekatan harus dipisahkan dari yang lain dengan jarak setidaknya 50 mm + 4 x tebal pelat. Las fillet harus dipisahkan dari yang lainnya dan dari las butt dengan jarak setidaknya 30 mm + 2 x tebal pelat. Dalam hal ini, jarak diukur dari tepi las fillet ke tepi las fillet atau tepi las fillet ke pusat las butt. Lebar pelat pengganti (sisipan), bagaimanapun, harus setidaknya 300 mm atau sepuluh kali ketebalan pelat, mana yang lebih besar. Ukuran lain harus disetujui oleh BKI dalam setiap kasus sebagai bagian dari pemeriksaan gambar.

Catatan:

Dalam kasus-kasus khusus, misalnya dimana pelat dibengkokkan diseluruh panjangnya (misalnya pelat alas dalam di bagian lambung depan atau sekat lateral longitudinal di bagian lambung depan dan belakang, terutama pada kisaran ketebalan pelat rendah (hingga sekitar 20 mm) dapat disarankan, untuk meningkatkan kekakuan tekuk - atau jika ketebalan leher las tidak terlalu besar (hingga sekitar 5 mm) - untuk mengurangi jarak yang disyaratkan di atas atau posisi rata penegar tekuk atau pelat las yang menyebabkan tekukan.

Meskipun las fillet tambahan pada sambungan butt menghasilkan kumpulan las tambahan dan tegangan sisa las, ini relatif kecil dibandingkan dengan tegangan sisa las yang terjadi pada ketebalan pelat yang lebih besar dan jumlah jalur yang lebih banyak dan karenanya dapat diterima sebagai cara untuk meningkatkan sifat kekuatan desain. Untuk toleransi yang diizinkan, lihat H.3.

4.2 Pelat penguat, flens las, saluran pembuangan, dudukan dan komponen sejenis yang dilas soket ke pelat harus berukuran minimum sebagai berikut:

$$D_{min.} = 170 + 3\,(t - 10) \geq 170 \text{ mm}$$

dimana

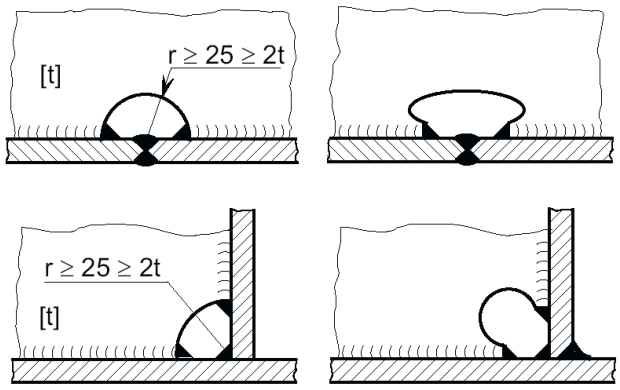
D = Diameter atau panjang sisi lasan soket sudut [mm]

t = tebal pelat [mm]

Dengan lasan soket sudut, jari-jari sudut harus setidaknya 50 mm atau "sambungan memanjang" harus diperpanjang melampaui "sambungan melintang". Lasan soket harus dilas ke pelat sekitarnya pada seluruh penampang. Untuk persyaratan yang berkaitan dengan peningkatan tegangan karena kemungkinan perbedaan ketebalan, lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20, B.1.3.

5. Lubang pengelasan

5.1 Lubang pengelasan untuk pengerjaan (kemudian) las butt atau las fillet setelah pemasangan konstruksi melintang harus dibulatkan (jari-jari minimum 25 mm atau dua kali tebal pelat, mana yang lebih besar) dan (terutama jika pembebanannya sebagian besar dinamis) harus dibentuk untuk memberikan transisi yang halus pada permukaan yang bersebelahan dan pengelasan bebas takik yang memadai harus dilakukan di sekitar permukaan ujung seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.18.



Gambar 12.18 Lubang pengelasan

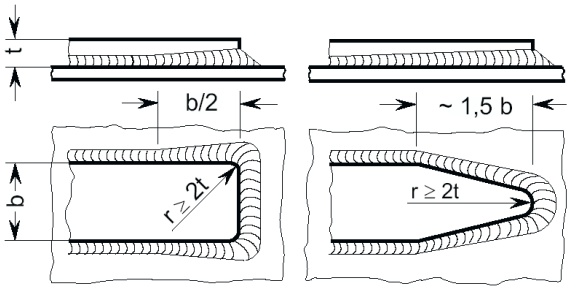
5.2 Jika pengelasan selesai sebelum pemasangan konstruksi melintang, maka lubang pengelasan tidak diperlukan. Setiap pemerkuat las yang ada harus diratakan sebelum pemasangan konstruksi melintang, atau konstruksi ini diberi lubang yang sesuai.

6. Penguatan setempat, pelat rangkap

6.1 Jika pelat (termasuk pelat penumpu dan dinding pipa) mengalami peningkatan tegangan setempat, penggunaan pelat yang lebih tebal jika memungkinkan lebih diutamakan dari pada pelat rangkap. Bis bantalan, bos, dll harus selalu dalam bentuk bagian yang lebih tebal yang dilaskan ke pelat (lihat 4.2).

6.2 Jika pelat rangkap tidak dapat dihindari, maka tebal pelat rangkap tidak boleh lebih dari dua kali tebal pelat yang dirangkap. Pelat rangkap yang lebarnya lebih besar dari kira-kira 30 kali tebalnya harus dilas sumbat ke pelat dibawahnya sesuai dengan 10.5 dengan interval tidak lebih dari 30 kali tebal pelat rangkap.

6.3 Sepanjang tepi (memanjang) nya, pelat rangkap harus dilas fillet secara menerus dengan tebal leher las "a" 0,3 x tebal pelat rangkap. Pada ujung pelat rangkap, tebal leher las "a" pada ujung depan harus sama dengan 0,5 x tebal pelat rangkap t, tetapi tidak boleh lebih dari tebal pelat yang dirangkap (lihat Gambar 12.19).



Gambar 12.19 Lasan pada ujung pelat rangkap

6.4 Lasan yang menyambungkan permukaan ujung pelat rangkap ke pelat yang dirangkap harus membentuk transisi yang mulus dengan sudut 45° atau kurang.

Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan, (lihat Sec. 20 dari Rules for Hull (Pt.1, Vol. II)) maka ujung pelat rangkap harus didesain sehingga sesuai dengan kategori detail yang dipilih.

6.5 Pelat rangkap tidak dibolehkan dalam tangki yang memuat cairan, gas atau bahan kimia yang mudah terbakar.

7. Bagian konstruksi yang saling melintang, tegangan pada arah tebal

7.1 Jika, dalam hal bagian-bagian konstruksi saling melintang satu sama lain, pelat atau produk canai lainnya mendapat tegangan pada arah tebal oleh tegangan sisa akibat pengelasan dan/atau dengan beban yang bekerja, maka langkah-langkah yang sesuai harus diambil dalam tahap desain dan fabrikasi struktur tersebut untuk mencegah robek lamelar (retak berlapis) karena sifat anisotropi produk canai.

7.2 Langkah-langkah tersebut termasuk penggunaan bentuk las yang sesuai dengan volume las minimum dan urutan pengelasan yang sesuai yang dirancang untuk mengurangi penyusutan pada arah melintang. Langkah-langkah lain adalah mendistribusikan tegangan ke area yang lebih luas dari permukaan pelat dengan menggunakan lasan tambahan atau "penyambungan beberapa lapisan" dari bagian konstruksi yang mendapat tegangan pada arah tebal, seperti yang dicontohkan pada sambungan senta geladak / lajur pelat atas yang ditunjukkan pada Gambar 12.28.

7.3 Jika terdapat tegangan yang sangat besar pada arah tebal (karena, misalnya, akibat pengaruh agregat dari tegangan penyusutan las bevel tunggal atau ganda yang besar ditambah beban kerja yang tinggi), maka pelat dengan sifat kekuatan pada arah tebal yang dijamin harus digunakan (tingkat kemurnian yang lebih tinggi dan pengurangan minimum yang dijamin pada area ≥ 20% dari spesimen uji tarik yang diambil dalam arah tebal[1]).

7.4 Baja batang datar berlapis yang diposisikan melintang terhadap arah gaya (misal untuk digunakan sebagai penopang untuk las sumbat atau untuk mengakomodasi celah udara berlebih) tidak diizinkan jika komponen berpotongan.

[1] Lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4, I.

8. Pengelasan profil yang dibentuk dengan pengerjaan dingin, jari-jari lengkung

8.1 Pada baja struktural dengan kecenderungan mengalami penuaan regangan, pengelasan pada profil yang dibentuk dengan pengerjaan dingin dengan pemanjangan permanen[2)] lebih dari 5% dan area yang berdekatan dengan 5 x tebal pelat sedapat mungkin harus dihindari. Jika ragu, BKI dapat meminta bukti (misalnya uji impak batang bertakik) bahwa pembentukan dengan pengerjaan dingin dan pengelasan berikutnya tidak menyebabkan pengurangan karakteristik ketangguhan yang tidak dapat diterima.

8.2 Pengelasan profil yang dibentuk dengan pengerjaan dingin dan area yang berdekatan dari baja struktural lambung dan baja struktural yang sebanding (misalnya kelompok kualitas S .....J .... atau S .... K..... sesuai dengan EN 10025) dapat dilakukan, asalkan jari-jari lengkung minimum tidak kurang dari yang ditentukan dalam Tabel 12.9.

Tabel 12.9 Jari-jari lengkung minimum untuk pengelasan profil yang dibentuk dengan pengerjaan dingin

Tebal pelat t	Jari-jari lengkung minimum bagian dalam r
4 mm atau kurang	1 x t
8 mm atau kurang	1,5 x t
12 mm atau kurang	2 x t
24 mm atau kurang	3 x t
lebih dari 24 mm	5 x t

Catatan:

Kapasitas lengkung material mungkin memerlukan jari-jari lengkung yang lebih besar.

8.3 Untuk baja lain dan, jika berlaku, material lain, jari-jari lengkung minimum yang diperlukan, jika diragukan, ditetapkan melalui pengujian. Bukti ketangguhan yang memadai pasca pengelasan dapat ditentukan untuk baja dengan kekuatan luluh minimum lebih dari 355 N/mm^2 dan pelat dengan tebal 30 mm dan lebih yang telah mengalami pembentukan dingin yang menghasilkan pemanjangan permanen 2% atau lebih.

9. Las tambalan pada tongkat dan pena kemudi

9.1 Las tambalan tahan aus dan/atau tahan korosi pada permukaan bantalan tongkat kemudi, pena, dll. harus diaplikasikan pada kerah yang dipertebal melebihi sekurang-kurangnya 20 mm diameter poros yang berdekatan.

9.2 Jika kerah yang dipertebal tidak mungkin karena alasan desain, maka las tambalan dapat diterapkan pada poros rata asalkan pembubutan-relief sesuai dengan 9.3 dimungkinkan (dengan menyisakan diameter yang cukup).

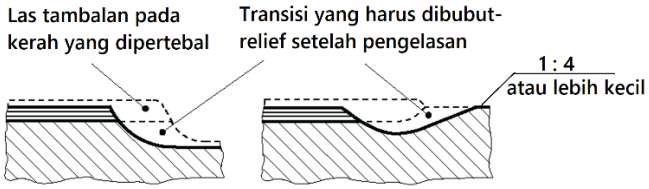
9.3 Setelah pengelasan, daerah transisi antara bagian poros yang dilas dan yang tidak dilas harus dibubut-relief dengan jari-jari yang besar, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.20, untuk menghilangkan material induk di dekat kampuh cekung yang strukturnya telah berubah karena pekerjaan pengelasan dan untuk memberikan pemisahan fisik antara takik geometris dan "metalurgi".

---

[2] Pemanjangan ε pada zona tegangan tarik bagian luar:

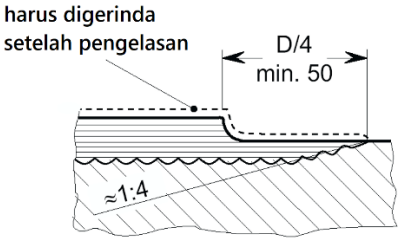
$$\varepsilon = \frac{100}{1 + 2\ r/t}\ \%\ \%$$

r = jari-jari lengkung bagian dalam [mm]
t = tebal pelat [mm]



Gambar 12.20 Penerapan las tambalan pada tongkat dan pena kemudi

9.4 Jika, selama perbaikan, las tambalan sangat perlu diaplikasikan pada poros rata tanpa pembubutan-relief dengan izin khusus dari BKI, lasan ini harus dibuat dengan cara yang sama dengan 9.3 (pada jarak yang cukup di luar daerah tegangan lengkung maksimum) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.21 sedemikian rupa sehingga setidaknya dua jalur logam las tetap berada di bagian poros yang rata setelah pemesinan. Transisi antara las tambalan dan poros harus digerinda secara bersih dan bebas dari takik.



Gambar 12.21 Perbaikan dengan las tambalan

9.5 Las tambalan hanya dapat dilakukan dengan menggunakan proses yang sepenuhnya mekanis yang disetujui oleh BKI (misal pengelasan busur rendam, 12) dengan arah melingkar pada fixture yang berputar.

10. Bentuk dan ukuran las

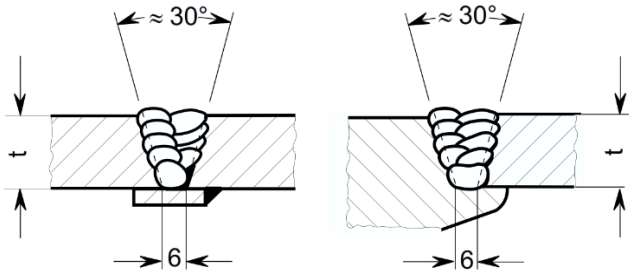
10.1 Sambungan butt

10.1.1 Tergantung pada ketebalan pelat, proses pengelasan dan posisi pengelasan, sambungan butt harus berbentuk persegi, V atau V ganda (sambungan butt V ganda) sesuai dengan standar (misalnya ISO 2553, EN 29629, ISO 9692-2, ISO 9692 atau ISO 9692-4). Bentuk lasan harus diilustrasikan dalam gambar atau dalam dokumen produksi lainnya, bersama dengan simbol-simbol standar.

10.1.2 Jika bentuk las yang diajukan selain yang ditentukan dalam standar, maka bentuk las tersebut harus secara khusus dijelaskan dalam gambar. Bentuk las untuk proses pengelasan khusus (misalnya busur rendam, pengelasan satu sisi, pengelasan elektrogas atau elektroslag) harus telah diuji dan disetujui dalam bentuk uji prosedur pengelasan.

10.1.3 Pada prinsipnya, sisi belakang dari sambungan butt harus dibuat alur dan dilas dengan setidaknya satu lajur penahan (jalur penutup). Pengecualian dari aturan ini, seperti dalam kasus las busur rendam atau proses pengelasan yang disebutkan dalam 10.1.1, memerlukan pengujian dan persetujuan dalam bentuk uji prosedur pengelasan.

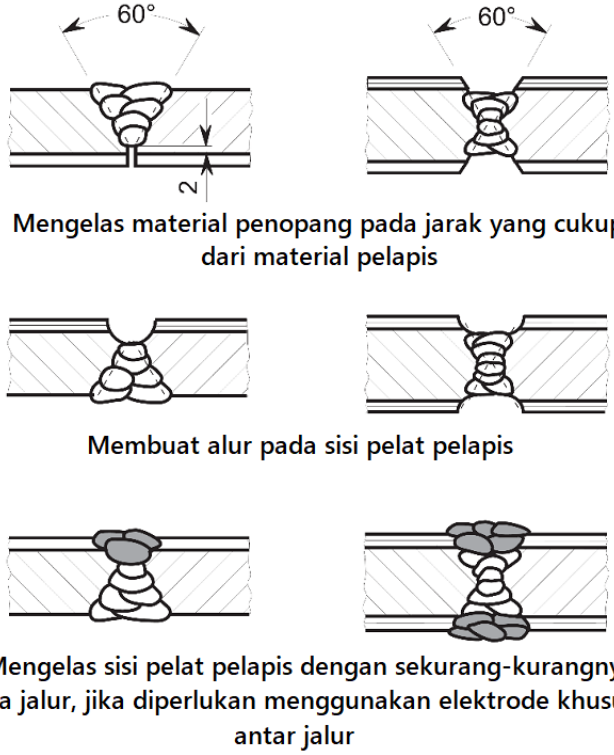
10.1.4 Jika kondisi yang disebutkan di atas tidak dapat dipenuhi (misalnya jika las hanya dapat diakses dari satu sisi saja), maka sambungan harus dikerjakan sebagai las dengan ketirusan yang lebih kecil dengan akar terbuka dan penopang (penahan) permanen kolam las yang dilekatkan atau dilakukan pemesinan atau dicor menyatu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.22.



Gambar 12.22 Las satu sisi dengan penopang (penahan) permanen kolam las

10.1.5 Tebal las efektif dianggap sama dengan tebal pelat atau, jika pelat berbeda, tebal pelat yang lebih tipis. Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3), maka kategori detail tergantung pada pengerjaan (geometri dan mutu) las.

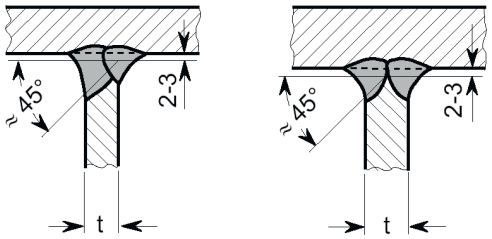
10.1.6 Bentuk las yang diilustrasikan pada Gambar 12.23 harus digunakan untuk pelat berlapis. Bentuk-bentuk las ini harus digunakan degan cara yang sama untuk sambungan sudut dan untuk menyambung pelat berlapis ke baja struktural lambung (tanpa paduan dan paduan rendah).



Gambar 12.23 Bentuk las untuk pengelasan pelat berlapis

10.2 Sambungan sudut, T dan T-ganda (silang)

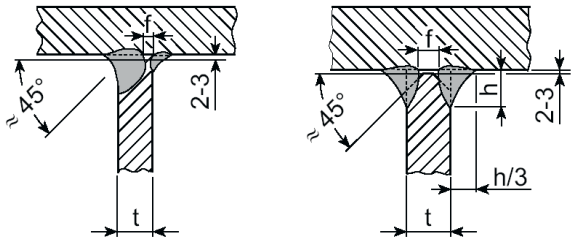
10.2.1 Sambungan sudut, T dan T-ganda (silang) dengan penetrasi akar penuh yang menghubungkan pelat tegak harus dibuat sebagai las bevel tunggal atau ganda dengan muka akar minimum dan celah udara yang cukup, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.24, dan dengan membuat alur pada akar dan lapisan las penutup dari sisi yang berlawanan.



Gambar 12.24 Las bevel tunggal dan ganda dengan penetrasi akar penuh

Tebal las efektif dianggap sama dengan tebal pelat tegak. Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3), maka kategori detail tergantung pada pengerjaan (geometri dan mutu) las. Las ini harus diklasifikasikan menurut tipe D1 sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20, Table 20.3.

10.2.2 Sambungan sudut, T dan T-ganda (silang) dengan penetrasi akar tak penuh yang ditentukan "f", seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.25 harus dikerjakan sebagai las bevel tunggal atau ganda, seperti dijelaskan pada 10.2.1, dengan membuat lapisan las penutup dari sisi belakang tanpa membuat alur pada akar.

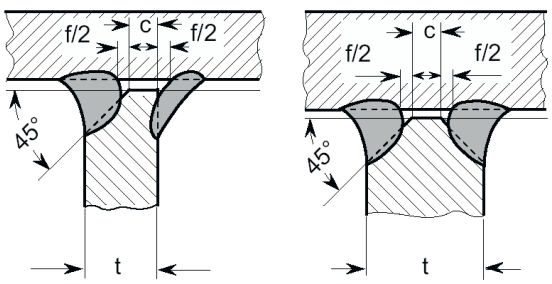


Gambar 12.25 Las bevel tunggal dan ganda dengan penetrasi akar tak penuh yang ditentukan

Tebal las efektif dianggap sama dengan tebal pelat tegak t (- f), diasumsikan penetrasi akar tak penuh f = 0,2 t, maks. 3 mm, dikompensasikan dengan las fillet tambahan dengan ukuran setidaknya sama yang diterapkan pada setiap sisi. Sebagai dimensi praktis, panjang kaki z = h/3 pada akar las dapat ditentukan dimana h adalah kedalaman lasan seperti yang ditunjukkan pada gambar. Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3), maka las ini dapat dimasukkan dalam kategori detail no. D1 sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20, Table 20.3.

10.2.3 Sambungan sudut, T dan T-ganda (silang) dengan muka akar tidak dilas "c" dan penetrasi akar tak penuh "f" yang juga diizinkan harus dikerjakan sesuai dengan Gambar 12.26.

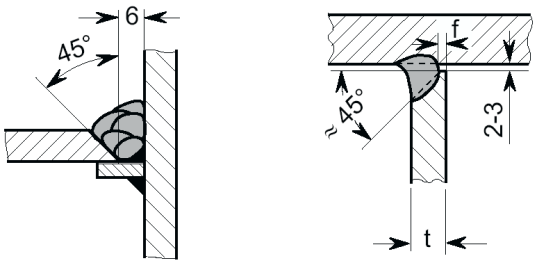
Tebal las efektif dianggap sama dengan tebal pelat tegak t - (c + f), dimana f ditetapkan 0,2 t dengan maksimum 3 mm. Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3), dan tergantung pada rasio tebal pelat dengan tebal las, maka las ini harus diklasifikasikan menurut jenis D2 atau D3 sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20, Table 20.3.



Gambar 12.26 Las bevel tunggal dan ganda dengan muka akar tidak dilas dan penetrasi akar tak penuh yang ditentukan

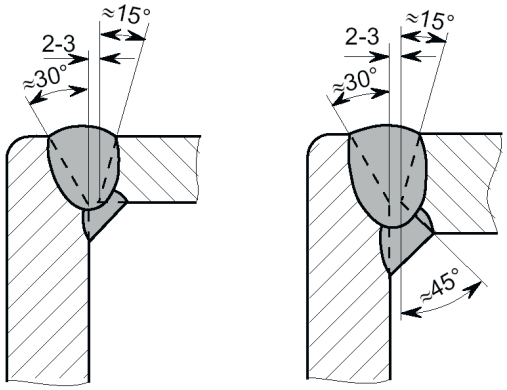
10.2.4 Sambungan sudut, T dan T-ganda (silang) yang hanya dapat diakses dari satu sisi saja dapat dibuat sesuai dengan Gambar 12.27 dengan cara yang sama seperti sambungan butt pada 10.1.4 menggunakan penopang (penahan) kolam las atau sebagai las satu sisi bevel tunggal yang diletakkan dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam 10.2.2.

Tebal las efektif harus ditentukan dengan cara yang sama dengan 10.1.5 atau 10.2.2, yang mana yang sesuai. Jika memungkinkan, sambungan ini tidak boleh digunakan jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3).



Gambar 12.27 Sambungan T yang dilas satu sisi

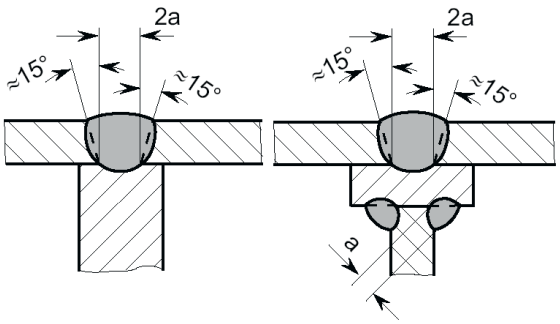
10.2.5 Jika sambungan sudut berbentuk rata, yaitu dengan tidak satu pun pelat yang menonjol, bentuk las harus seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.28 dengan meniruskan pelat berdekatan yang tegak lurus untuk menghindari bahaya robek lamelar (patah bertingkat, lihat 7.). Prosedur yang sama harus diikuti dalam hal sambungan T (menyatukan tiga pelat) dimana pelat tegak lurus yang diilustrasikan harus disoket (antara dua pelat horisontal).



Gambar 12.28 Sambungan sudut yang dipasang rata

10.2.6 Jika, dalam kasus sambungan T (menyatukan tiga pelat), arah tegangan utama terletak pada bidang pelat mendatar (misalnya pelat) yang ditunjukkan pada Gambar 12.29 dan sambungan pelat (bilah) tegak lurus merupakan prioritas yang kedua, lasan yang menyatukan tiga pelat dapat dibuat sesuai dengan Gambar 12.29 (dengan pengecualian las yang menerima sebagain besar beban dinamis).

Tebal efektif las yang menyatukan pelat horisontal harus ditentukan dengan cara yang sama dengan 10.1.5. Dimensi "a" yang disyaratkan ditentukan oleh sambungan yang menyatukan pelat (bilah) vertikal dan, jika perlu, harus ditentukan sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, Table 19.3 atau dengan perhitungan seperti untuk las filet.



Gambar 12.29 Pengelasan bersama tiga pelat

10.3 Sambungan las fillet

10.3.1 Las fillet biasanya harus dilakukan pada kedua sisi, dan pengecualian terhadap aturan ini (seperti dalam kasus penumpu kotak tertutup dan tegangan geser sebagian besar sejajar dengan las) harus mendapat persetujuan dalam setiap kasus individu. Tebal leher las "a" (tinggi dari segitiga sama kaki) harus ditentukan sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, Table 19.3 atau dengan perhitungan sesuai dengan 15. Panjang kaki "z "dari las filet tidak boleh kurang dari 1,4 x tebal leher "a". Untuk las fillet pada pelat rangkap, lihat 6.3 untuk pengelasan senta geladak ke pelat lajur sisi atas, lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 7, A.2.1, dan untuk sambungan pelat braket, lihat Bab 19, C.2.7.

10.3.2 Tebal relatif leher las fillet yang ditentukan dalam Tabel 19.3 yang disebutkan di atas berhubungan dengan baja struktural lambung kekuatan normal dan kekuatan lebih tinggi dan baja struktural yang setara. Tebal relatif leher las fillet tersebut dapat juga diterapkan pada baja struktural kekuatan tinggi dan logam non-besi asalkan kekuatan tarik geser dari logam las yang digunakan setidaknya sama dengan kekuatan tarik material induk. Jika tidak terpenuhi, maka ukuran "a" harus diperbesar dan perbesaran yang diperlukan harus ditentukan pada saat uji prosedur pengelasan. Sebagai alternatif, pembuktian melalui perhitungan dengan mempertimbangkan sifat-sifat logam las dapat diajukan.

Catatan:

Dalam hal paduan aluminium kekuatan lebih tinggi (misalnya AlMg 4,5 Mn), perbesaran seperti itu mungkin diperlukan untuk sambungan silang yang menerima tegangan tarik, pengalaman menunjukkan bahwa dalam uji prosedur las kuat tarik-geser dari las fillet (dibuat dengan logam pengisi yang sepadan) sering gagal untuk mencapai kuat tarik material induk. Lihat F.7.3.

10.3.3 Tebal leher las fillet harus tidak melebihi 0,7 kali tebal pelat yang lebih tipis dari bagian yang akan dilas (misalnya tebal pelat bilah). Tebal las minimum ditentukan dengan rumus:

$$a_{min} = \sqrt{\frac{t_1 + t_2}{3}} \quad \text{[mm], tetapi tidak kurang dari 3 mm}$$

dimana

t_1 = tebal pelat yang lebih tipis (misalnya pelat bilah) [mm]

t_2 = tebal pelat yang lebih tebal (misalnya pelat hadap) [mm]

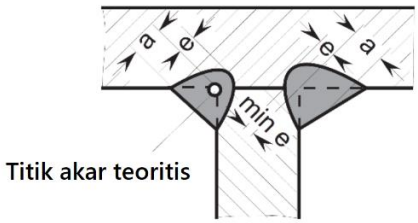
Lihat Bab 7, E.2.

10.3.4 Diinginkan agar penampang las fillet memiliki permukaan yang rata dengan transisi yang halus ke material induk. Jika bukti kekuatan lelah disyaratkan (lihat 15.3), pemesinan las (digerinda untuk menghilangkan takik) mungkin diperlukan tergantung pada kategori detail. Lasan harus menembus setidaknya dekat dengan titik akar teoritis (lihat Gambar 12.30).

10.3.5 Jika proses las mekanis digunakan yang menjamin penembusan lebih dalam melebihi titik akar teoritis dan jika penembusan tersebut dipertahankan secara merata dan dapat diandalkan dalam kondisi produksi, persetujuan dapat diberikan untuk penembusan yang lebih dalam tersebut untuk digunakan dalam menentukan tebal leher las. Ukuran efektif:

$$a_{deep} = a + \frac{2 \text{ min } e}{3} \text{ [mm]}$$

harus dipastikan sesuai dengan Gambar 12.30 dan dengan menerapkan istilah "min e", yang harus ditetapkan untuk setiap proses las melalui uji prosedur las. Tebal leher tidak boleh kurang dari tebal leher minimum yang terkait dengan titik akar teoritis.



Gambar 12.30 Las fillet dengan penembusan yang diperbesar

Catatan

Dalam kasus proses pengelasan dimana terdapat penembusan yang dalam dan sempit, seperti yang terjadi misalnya pada las laser tanpa bahan habis pengelasan dimana secara signifikan tidak ada las fillet yang dihasilkan tetapi seluruh sambungan las hampir bergeser "ke dalam", persyaratan di atas untuk tebal las fillet minimum tertentu mungkin sulit atau tidak mungkin dipenuhi. Dalam kasus seperti itu, tingkat pengaruh bentuk las (jika ada) pada karakteristik sambungan las (misalnya ketahanan terhadap retak, kekuatan) harus dinilai dan / atau diverifikasi dengan uji prosedur pengelasan, dengan mempertimbangkan semua persyaratan kekuatan lelah yang mungkin ditentukan. Detail hal tersebut harus disetujui oleh BKI berdasarkan kasus per kasus.

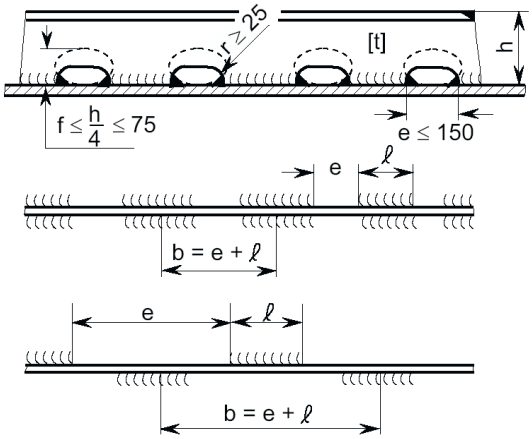
10.3.6 Ketika mengelas di atas cat dasar yang khususnya dapat menyebabkan porositas, perbesaran ukuran "a" sampai dengan 1 mm dapat ditetapkan tergantung pada proses las yang digunakan. Hal ini terutama berlaku jika digunakan tebal leher las fillet minimum. Ukuran perbesaran akan ditetapkan berdasarkan kasus per kasus dengan mempertimbangkan sifat dan besarnya pembebanan berdasarkan hasil dari pemeriksaan cat dasar sesuai Bab 6 atau hasil dari uji prosedur las atau uji produksi, sebagaimana berlaku. Hal ini berlaku sama untuk proses las dimana ketentuan harus dibuat untuk penembusan akar yang tidak mencukupi.

10.3.7 Las fillet yang diperkuat yang menerus pada kedua sisi harus digunakan di area yang mengalami beban dinamis yang sangat tinggi (misalnya untuk menyambung penumpu memanjang dan melintang dari pondasi mesin ke pelat hadap dekat dengan baut pondasi, Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 8, C.3.2.5 dan Sec. 19, Table 19.3) kecuali las bevel tunggal atau ganda ditetapkan di lokasi ini. Pada daerah-daerah ini tebal leher las filet "a" harus sama dengan 0,7 kali tebal pelat yang lebih tipis dari bagian yang dilas.

10.3.8 Las filet terputus-putus dapat ditempatkan berlawanan satu dengan yang lain (las terputus-putus rantai, mungkin dengan skalop) atau dapat tidak berhadapan (las zig-zag), sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Table 19.3 (lihat Gambar 12.31). Penggunaan berbagai bentuk dan dimensi skalop dapat disetujui untuk bagian yang sangat kecil.

Dalam tangki air dan tangki muat, di daerah dasar tangki bahan bakar dan ruangan-ruangan di mana air kondensasi atau percikan air mungkin berkumpul, dan dalam komponen yang berongga (misalnya daun kemudi) yang rentan terhadap korosi, hanya las filet menerus atau las terputus-putus dengan skalop yang harus digunakan. Penerapan dengan cara yang sama untuk area, komponen atau kompartemen yang terekspos pada kondisi cuaca ekstrim atau muatan yang korosif.

Skalop tidak boleh digunakan di area di mana pelat menerima tegangan yang tinggi (misalnya di bagian alas pada bagian depan kapal) dan las menerus lebih diutamakan bila sebagian besar beban bersifat dinamis.



Gambar 12.31 Las skalop, las rantai dan las zig-zag

10.3.9 Tebal leher las filet terputus-putus a_u harus ditentukan sesuai dengan rasio pitch b/ℓ yang dipilih dengan menerapkan rumus berikut:

$$a_u = a \times \frac{b}{\ell} \times 1{,}1 \quad [mm]$$

dimana

a = tebal leher las fillet yang diperlukan untuk las menerus sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II), Table 19.3, atau ditentukan dengan perhitungan [mm]

b = pitch = e + ℓ [mm]

e = interval antar las [mm]

ℓ = panjang las filet [mm]

Rasio pitch b/ℓ tidak boleh lebih besar dari 5. Panjang maksimum yang tidak dilas (b - ℓ dengan skalop dan las rantai atau b/2 - ℓ dengan las zig-zag) tidak boleh melebihi 25 kali tebal pelat yang lebih tipis dari bagian yang akan dilas. Namun, panjang skalop tidak boleh melebihi 150 mm.

10.4 Sambungan tumpang

10.4.1 Sambungan tumpang yang melintang terhadap arah beban utama sedapat mungkin harus dihindari dan tidak boleh digunakan untuk komponen yang menerima beban berat. Las tumpang dapat disetujui untuk komponen yang menerima beban rendah (namun tidak termasuk, tangki untuk bahan kimia, cairan atau gas yang mudah terbakar) asalkan sedapat mungkin, las tumpang tersebut sejajar dengan arah tegangan utama.

10.4.2 Lebar tumpangan harus 1,5 t + 15 mm (t = tebal pelat yang lebih tipis). Kecuali jika nilai lain ditentukan dengan perhitungan, tebal leher las fillet "a" harus sama dengan 0,4 kali tebal pelat yang lebih tipis, dengan persyaratan tebal leher las tidak boleh kurang dari tebal leher minimum yang ditentukan dalam 10.3.3. Las filet harus menerus di kedua sisi dan harus bertemu di ujungnya.

10.5 Las sumbat

10.5.1 Dalam hal las sumbat, sumbatnya harus, jika memungkinkan, berbentuk lubang memanjang yang terletak pada arah tegangan utama. Jarak antara lubang dan panjang lubang dapat ditentukan dengan cara

yang sama dengan pitch "b" dan panjang las fillet "ℓ" pada las terputus-putus yang ditentukan dalam 10.3. Tebal leher las fillet "a_u" dapat ditentukan sesuai dengan 10.3.9.

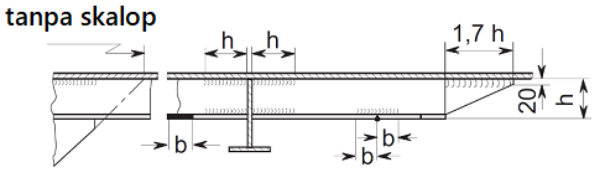
10.5.2 Lebar lubang harus sama dengan setidaknya dua kali tebal pelat dan tidak boleh kurang dari 15 mm. Ujung lubang harus berbentuk setengah lingkaran.

10.5.3 Tebal pelat atau profil yang terletak di bawahnya setidaknya harus sama dengan tebal pelat dilubangi dan harus diperlebar pada kedua sisi sampai jarak 1,5 x tebal pelat dengan maksimum 20 mm. Jika memungkinkan, hanya las fillet yang diperlukan saja yang dibuat, sedangkan ruang kosong lainnya diisi dengan pengisi yang sesuai.

10.5.4 Pengelasan sambungan lug tidak diijinkan.

11. Las pada ujung penumpu dan penegar

11.1 Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.32, pelat bilah pada ujung penumpu dan penegar yang dilas terputus-putus harus dilas secara menerus ke pelat atau pelat hadap, sebagaimana berlaku, sepanjang jarak setidaknya sama dengan tinggi "h" dari penumpu atau penegar dengan maksimum 300 mm. Mengenai penguatan las pada bagian ujung, biasanya memanjang sampai 0,15 dari bentangan, lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, Table 19.3.



Gambar 12.32 Las pada ujung penumpu dan ujung penegar

11.2 Daerah pelat braket harus dilas secara menerus sepanjang jarak setidaknya sama dengan panjang pelat braket. Skalop hanya boleh diletakkan di luar garis yang diimajinasikan sebagai perpanjangan tepi bebas pelat braket.

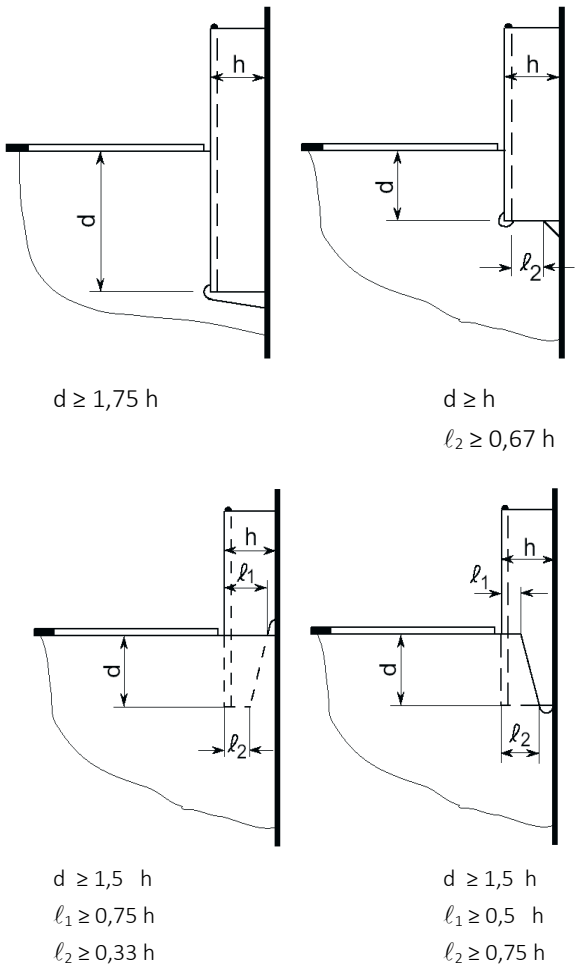
11.3 Jika memungkinkan, ujung bebas penegar harus berhenti pada pelat melintang atau bilah profil atau bilah penumpu untuk menghindari konsentrasi tegangan pada pelat. Jika tidak terpenuhi, maka ujung-ujung penegar harus ditirus dan harus dilas secara menerus sesuai dengan Gambar 12.32 sepanjang jarak setidaknya 1,7 h, dengan maksimum 300 mm. Dimensi yang berbeda dapat disepakati untuk profil yang sangat kecil.

11.4 Jika sambungan butt terdapat pada pelat hadap, maka pelat hadap harus dilas secara menerus ke pelat bilah pada kedua sisi sambungan sepanjang “b” setidaknya sama dengan lebar pelat hadap.

11.5 Dalam kasus penumpu terletak melintang satu sama lain, misal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.32, dan profil memotong , las menerus juga harus dibuat, dengan cara yang sama dengan 11.1, pada penumpu yang digambarkan sebagai profil pada gambar tersebut pada kedua sisi di mana penumpu berpotongan.

12. Sambungan antara ujung profil dan pelat

12.1 Sambungan las yang menyatukan ujung profil dan pelat (misalnya di ujung bawah gading) dapat dibuat pada bidang yang sama atau ditumpangkan. Jika tidak ada perhitungan desain yang dilakukan atau disyaratkan untuk sambungan las, maka sambungan dapat dibuat dengan cara yang sama dengan yang ditunjukkan pada Gambar 12.33.

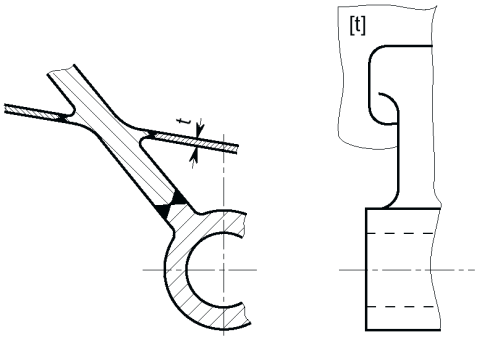


Gambar 12.33 Sambungan yang menyatukan ujung profil dan pelat

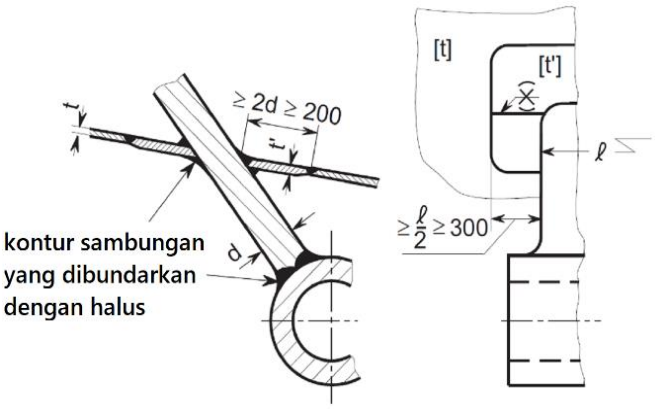
12.2 Jika sambungan terletak pada bidang pelat, maka sambungan sebaiknya berbentuk las butt bevel-tunggal dengan fillet. Jika sambungan antara pelat dan ujung profil berhimpitan, las filet harus menerus pada kedua sisi dan harus bertemu pada ujungnya. Ukuran "a" yang diperlukan harus dihitung sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, C.2.6. Tebal leher las fillet tidak boleh kurang dari tebal minimum yang ditetapkan dalam 10.3.3.

13. Sambungan las penyangga baling-baling

13.1 Kecuali dicor menjadi satu atau dilengkapi dengan flensa las yang dicor menjadi satu sama dengan yang ditentukan dalam 3.7 (lihat Gambar 12.34), penyangga bos dan penyangga harus disambungkan satu dengan yang lainnya dan ke pelat kulit dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 12.35.



Gambar 12.34 Penyangga baling-baling dengan flensa las yang dicor menjadi satu



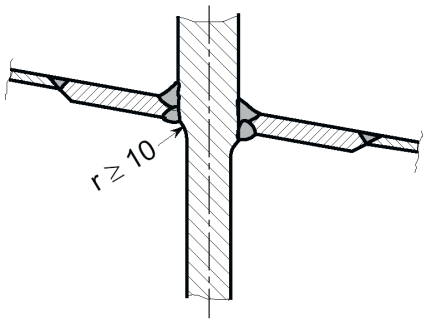
t = tebal plating sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec.6, F. [mm]

t' = $\frac{d}{3}+5$ [mm] untuk d < 50 mm

t' = $3\sqrt{d}$ [mm] untuk d ≥ 50 mm

Gambar 12.35 Penyangga baling-baling tanpa flensa las yang dicor menjadi satu

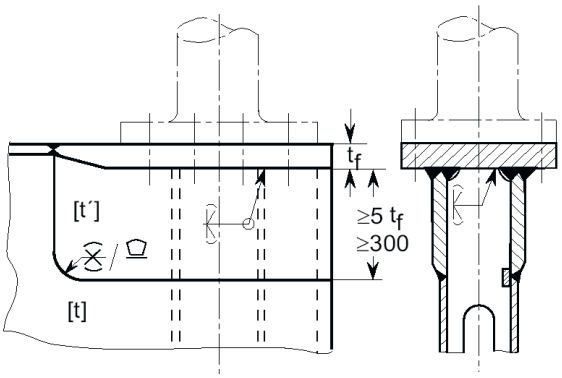
13.2 Dalam hal penyangga baling-baling berpenopang tunggal, pengelasan tidak boleh dilakukan pada lengan di posisi pembatas atau dekat dengan posisi tersebut. Komponen tersebut harus dilengkapi dengan flensa las yang ditempa atau dicor menjadi satu. Sebagai alternatif, desain sesuai Gambar 12.36 dapat digunakan, dengan persetujuan BKI dalam setiap kasus individu. Jika demikian, penting untuk menjaga area lekukan bebas dari las atau takik lainnya.



Gambar12.36 Penyangga baling-baling berpenopang tunggal

14. Flensa kopling kemudi

14.1 Kecuali digunakan flensa baja tempa atau cor dengan flensa las yang ditempa atau dicor menjadi satu sesuai dengan 3.7, flensa kopling kemudi horisontal harus disambungkan ke badan kemudi dengan pelat dengan ketebalan bertingkat dan las bevel tunggal atau ganda penetrasi penuh sebagaimana ditentukan dalam 10.2.1 (lihat Gambar 12.37). Lihat juga Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 14, D.1.4 dan 2.4.



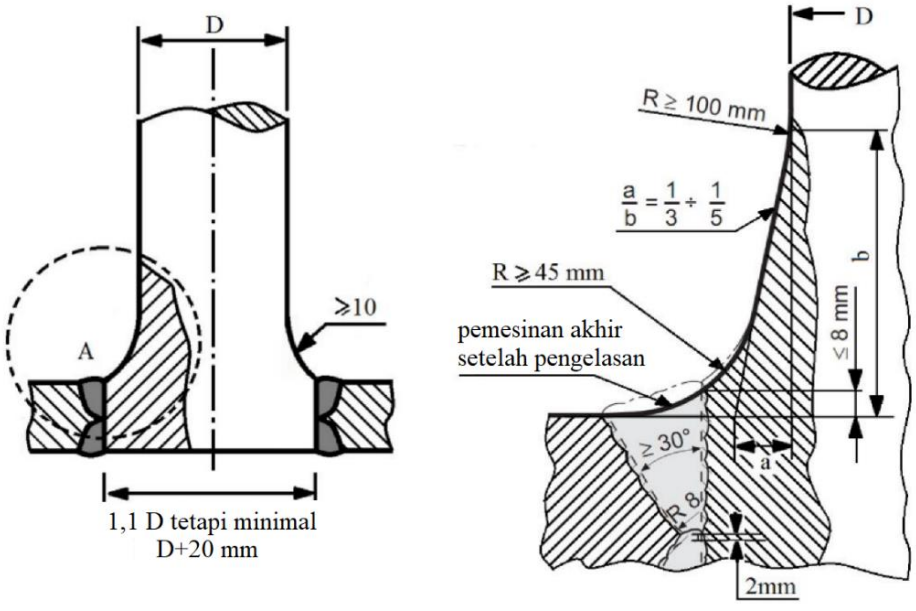
t = tebal pelat sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 14, E.3.1 [mm]
t_f = tebal flensa aktual
t' = $\frac{t_f}{3} + 5$ [mm] untuk $t_f < 50$ mm
t' = $3\sqrt{t_f}$ [mm] untuk $t_f \geq 50$ mm

Gambar 12.37 Flensa kopling kemudi horisontal

14.2 Kelonggaran harus diberikan untuk kekuatan flensa kopling yang berkurang pada arah tebal (lihat 2.1 dan 7.). Jika terdapat keraguan, maka kekuatan sambungan las harus dibuktikan melalui perhitungan.

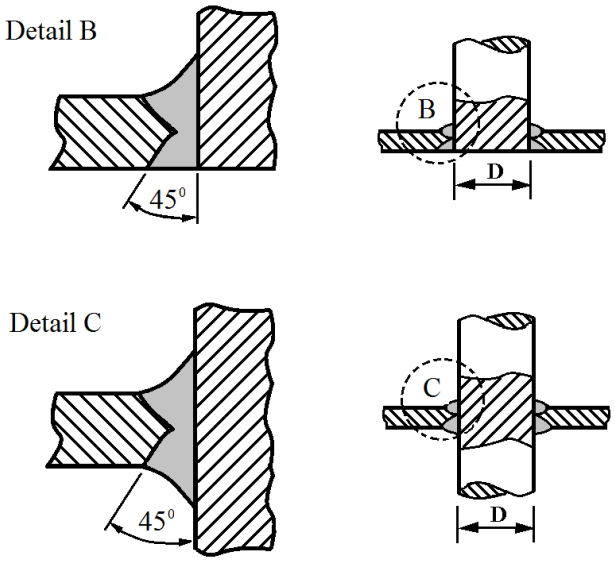
14.3 Penggunaan kopling horizontal untuk kemudi gantung diizinkan hanya jika ketebalan yang disyaratkan untuk flensa kopling kurang dari 50 mm. Jika tidak demikian halnya, maka kopling tirus harus digunakan. Kopling tirus merupakan satu-satunya jenis yang diizinkan untuk kemudi gantung berkinerja tinggi. Lihat juga Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 14, D.1.4 dan 2.4.

14.4 Sambungan las antara tongkat kemudi (umumnya dengan kerah yang menebal, lihat 3.8) dan flensa harus dibuat sesuai dengan Gambar 12.38 sedemikian rupa sehingga area lekukan pada transisi ke kerah yang menebal tetap benar-benar bebas dari las. Bila perlu, area transisi harus digerinda untuk menghilangkan takik. Untuk tebal flensa yang lebih besar, disarankan untuk membuat persiapan las U tunggal daripada las butt bevel ganda.



Gambar 12.38 Sambungan las antara tongkat kemudi dan flensa kopling

Untuk tongkat kemudi dengan diameter kecil, sambungan las sesuai dengan Gambar 12.39 dapat digunakan.



Gambar12.39 Sambungan las antara tongkat kemudi dan flensa kopling untuk diameter tongkat kecil

15. Perhitungan desain diterapkan pada sambungan las

15.1 Setiap perhitungan yang berkaitan dengan sambungan las yang ditetapkan dalam Peraturan atau ditentukan sebagai alternatif dari ketentuan yang mengatur dimensi harus dilakukan sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, C. Perhitungan sesuai dengan aturan, standar atau kode lain (misalnya EN 13001-3-1, EN 1993 Part 1-1 s / d 1-10) harus mendapatkan persetujuan BKI sebelumnya.

15.2 Bukti perhitungan ukuran yang memadai dengan beban sebagian besar bersifat statis (analisis tegangan umum) diperlukan apabila tebal las butt, sambungan T atau sambungan T-ganda (silang) tidak dapat dianggap sama dengan tebal pelat (lihat 10.1.5, 10.2.1 hingga 10.2.4, 10.2.6 dan di butir lain) atau tebal leher las fillet tidak sesuai dengan tabel (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 19, Table 19.3).

15.3 Untuk sambungan las yang menerima beban sebagian besar bersifat dinamis, pembebanan yang diizinkan harus ditentukan dengan mengacu pada jumlah perubahan beban, kondisi pembebanan global, tegangan rata-rata dan kategori takik (bukti kekuatan lelah). Kategori takik adalah fungsi dari konfigurasi geometri sambungan las. Kategori takik juga berhubunganan dengan bukti tidak adanya (tingkat pemenuhan) takik internal dan eksternal yang serius (cacat pengelasan). Lihat katalog kategori takik di Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 20.

H. Pengerjaan Las

1. Umum

1.1 Aturan umum yang ditentukan dan instruksi yang diberikan dalam Bab 8 untuk pengerjaan las harus dipenuhi.

1.2 Untuk persetujuan, inspeksi dan pengujian yang diperlukan dari bengkel las, juru las, prosedur las, bahan habis pengelasan dan material bantu, cat dasar mampu timpa las, dll., lihat bab yang relevan dan juga A. hingga F. pada bab ini.

2. Juru las dan pengawas

2.1 Pekerjaan pengelasan pada komponen yang diatur oleh Peraturan ini hanya dapat dilakukan oleh juru las berkualifikasi yang telah disetujui oleh BKI dan memiliki sertifikat kualifikasi yang valid. Juru las dan operator (lihat 2.3 dan 2.4) harus cukup berpengalaman dalam pembangunan kapal.

2.2 Juru las untuk pengelasan manual dan semi mekanis dari baja struktural lambung kekuatan normal harus memiliki kualifikasi untuk proses pengelasan terkait dan posisi pengelasan pada las butt maupun las fillet sesuai dengan Bab 3. Juru las untuk pengelasan vertikal ke bawah juga harus memiliki kualifikasi untuk posisi ini.

2.3 Juru las yang bekerja dengan baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi, baja struktural khusus, baja tahan karat atau paduan aluminium harus memiliki kualifikasi untuk mengelas material tersebut dengan cara yang sama sesuai ketentuan Bab 3.

2.4 Operator untuk peralatan pengelasan sepenuhnya mekanis dan otomatis harus telah menerima instruksi dan pelatihan untuk penggunaan peralatan tersebut dan harus memiliki kualifikasi sesuai dengan ketentuan Bab 3, A.1.3. BKI dapat meminta agar kualifikasi operator diverifikasi melalui uji prosedur pengelasan (lihat Bab 4) atau dengan cara uji produksi pada waktu fabrikasi.

2.5 Setiap bengkel yang melakukan pekerjaan pengelasan harus memiliki pengawas las yang merupakan karyawan bengkel, bukti kualifikasi teknisnya harus dilengkapi (lihat Bab 2). BKI harus diinformasikan secara otomatis jika ada perubahan pada pengawas las.

2.6 Pengawas las harus mengawasi persiapan dan pekerjaan pengelasan secara bertanggung jawab (lihat C.). Apabila berbeda dari kondisi, persyaratan, dll. sebelumnya dan berikut ini, pengawas las harus mengambil langkah-langkah untuk memastikan bahwa kualitas sambungan las konsisten dan memadai setelah berkonsultasi dengan BKI.

3. Persiapan dan perakitan las

3.1 Cat dasar mampu timpa las

3.1.1 Hanya cat dasar mampu timpa las yang dapat digunakan yang mana BKI telah mengeluarkan konfirmasi penerimaan berdasarkan uji porositas. Lihat juga Bab 6 dan daftar bahan habis pengelasan dan material bantu yang disetujui oleh BKI.

3.1.2 Melalui pemeriksaan yang sesuai yang dilakukan selama proses produksi (misalnya pengukuran ketebalan cat, uji produksi), bengkel yang menggunakan cat dasar harus memastikan bahwa kondisi penggunaan yang menjadi dasar konfirmasi penerimaan dipatuhi dan bahwa, dalam pengelasan fillet, tidak ada pembentukan pori yang berlebihan yang mempengaruhi penggunaan. Lihat juga Bab 6 (catatan).

3.2 Bentuk las, bukaan akar (celah udara)

3.2.1 Ketika menyiapkan dan merakit komponen, perhatian harus diberikan untuk memastikan kesesuaian bentuk las dan lubang akar (celah udara) yang ditentukan dalam dokumen produksi. Khususnya pada las bevel tunggal dan ganda, perhatian harus diberikan pada bukaan akar yang memadai untuk mencapai penetrasi akar yang cukup (lihat G.10.2.1 dan 10.2.2).

3.2.2 Bukaan akar tidak boleh melebihi dua kali celah yang ditentukan. Jika ukuran celah yang diizinkan oleh aturan ini dilampaui secara lokal pada area terbatas, celah tersebut dapat dikurangi dengan menambal dinding samping dengan las, berdasarkan persetujuan Surveyor terlebih dahulu. Pada las fillet, ukuran "a" harus dinaikkan, atau las bevel tunggal atau ganda harus digunakan jika celah udara besar. Lihat juga catatan pada 3.3.2.

3.2.3 Dengan persetujuan Surveyor, celah udara besar dapat ditutup dengan menggunakan lempengan pelat dengan lebar setidaknya sepuluh kali tebal pelat atau 300 mm, yang mana yang lebih besar (lihat G.4).

3.3 Kesegarisan komponen, ketidaksegarisan tepi

3.3.1 Komponen yang akan disatukan oleh sambungan butt harus disegariskan seakurat mungkin. Profil dll. yang dilas ke pelat harus dibiarkan tidak terikat pada ujungnya untuk tujuan ini. Perhatian khusus harus diberikan pada kesegarisan balok utama dll. (berbatas) yang terputus oleh struktur melintang. Jika perlu, kesegarisan seperti itu harus difasilitasi oleh lubang periksa yang dibor pada bagian melintang yang kemudian ditutup las.

3.3.2 Ketidaksegarisan tepi yang diizinkan tergantung pada keutamaan dan pembebanan dari komponen terkait (kualitas lasan, lihat I.6.1). Pada sambungan yang menerima beban besar (grade mutu las 1) yang posisinya melintang terhadap arah utama beban, ketidaksegarisan tepi las butt tidak boleh melebihi 10% dari tebal pelat atau profil, maksimum 3 mm.

Catatan:

Panduan yang dapat digunakan untuk toleransi fabrikasi yang diizinkan diberikan dalam standar ISO 5817 (Lampiran F) yang berkaitan dengan baja dan EN 30042 / ISO 10042 (Lampiran G) yang berkaitan dengan aluminium dan juga dalam IACS "Shipbuilding and Repair Quality Standards". Dalam hal standar, kategori penilaian atau kriteria evaluatif individu yang harus diterapkan pada komponen atau sambungan las harus ditentukan dengan mengacu pada pembebanannya (lihat Tabel 12.9).

BKI menyetujui "Standar Pabrik Pembuat" dengan syarat dalam hal tertentu, misalnya jika berkaitan dengan komponen utama yang menerima tekanan tinggi atau jika ada akumulasi penyimpangan dari dimensi nominal, dapat juga mengambil keputusan yang berbeda dari Standar dan dapat meminta perbaikan untuk dilakukan. Jika BKI tidak mengajukan keberatan, maka ketentuan "Standar Pabrik Pembuat" dapat dianggap sebagai batas atas maksimum yang diizinkan untuk penyimpangan dari dimensi yang ditentukan.

3.4 Las cantum, perlengkapan bantu

3.4.1 Las cantum sebaiknya digunakan sesedikit mungkin dan sebaiknya dibuat oleh operator yang terlatih. Jika kualitasnya tidak memenuhi persyaratan yang berlaku untuk sambungan las berikutnya, maka las cantum harus dihilangkan dengan hati-hati sebelum dibuat las permanen. Las cantum yang retak tidak boleh langsung dilas dalam kondisi apa pun.

3.4.2 Pelat penjepit, pengikat sementara, pin pelurus, dll. harus terbuat dari baja (struktural lambung) dengan kemampuan las yang baik dan tidak boleh digunakan lebih dari yang diperlukan. Jika komponen telah dilas secara permanen, maka perlengkapan bantu yang dipasang harus dilepas dengan hati-hati untuk mencegah kerusakan pada permukaan komponen.

3.4.3 Pelat penjepit, pengikat sementara, pin pelurus, dll. tidak boleh dilas ke komponen yang menerima tekanan sangat tinggi (misalnya sudut lubang palka), juga tidak boleh dilas ke tepi pelat flensa atau, terutama, ke pelat lajur sisi atas dan ambang sisi lubang palka menerus. Hal yang sama berlaku untuk pengelasan kupingan angkat dan perlengkapan bantu lainnya.

3.4.4 Khususnya dengan proses pengelasan mekanis, dan ketika kawah las di ujung dan cacat pada awal dan akhir las harus dihindari, maka pelat tambahan di awal dan akhir sambungan dengan penampang yang cukup harus ditempelkan pada komponen dan dilepas dengan bersih pada saat pengelasan selesai.

4. Perlindungan cuaca, pengelasan pada temperatur rendah

4.1 Area di mana pekerjaan pengelasan dilakukan, khususnya di luar ruangan, harus dilindungi dari angin, uap air dan hujan. Jika dilakukan pengelasan busur berpelindung gas, perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan perlindungan yang memadai terhadap angin. Saat bekerja di tempat terbuka

dalam kondisi cuaca yang tidak menguntungkan, disarankan untuk selalu mengeringkan tepi las dengan pemanasan.

4.2 Pada temperatur rendah (di bawah 5°C), tindakan yang sesuai harus diambil untuk memastikan kualitas las yang memuaskan. Langkah-langkah tersebut meliputi pelindung komponen, pemanasan pendahuluan yang luas dan pemanasan awal, terutama ketika pengelasan dengan masukan panas yang relatif rendah, misalnya saat membuat las fillet tipis atau pengelasan komponen berdinding tebal. Jika memungkinkan, pekerjaan pengelasan harus ditunda jika temperatur turun di bawah –10°C.

5. Pemanasan awal

5.1 Kebutuhan dan temperatur pemanasan awal yang diperlukan untuk pengelasan (lihat Bab 9, D) ditentukan oleh serangkaian faktor. Faktor-faktor tersebut mempunyai pengaruh yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Bab 9, D.2.5 (Tabel 9.4), yaitu menaikkan atau menurunkan temperatur pemanasan awal yang diperlukan. Untuk informasi tentang pengukuran temperatur pemanasan awal dan temperatur antar jalur yang harus dipertahankan, lihat juga, Bab 9, D.

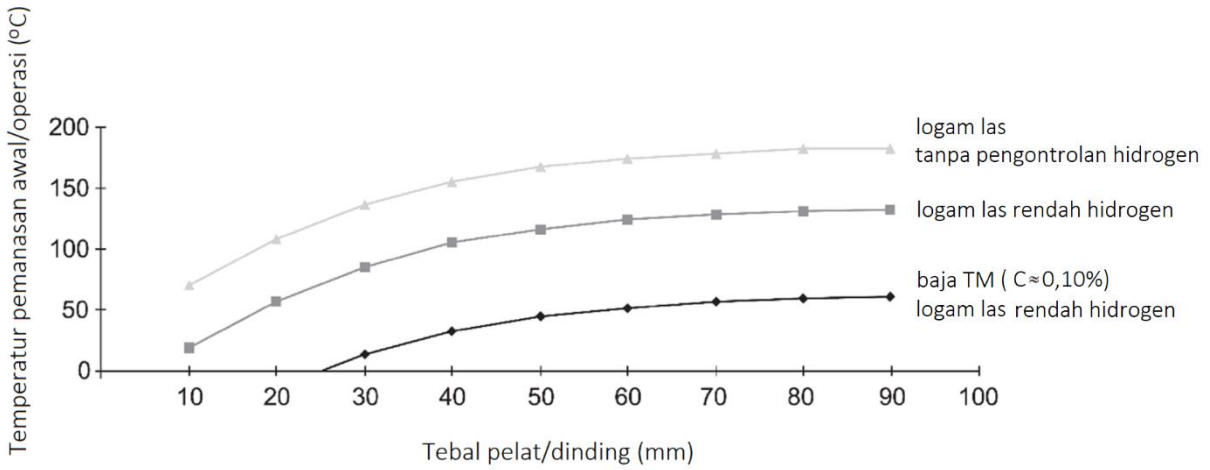
5.2 Terlepas dari langkah-langkah yang ditentukan pada 4.1 dan 4.2, baja struktural lambung kekuatan normal biasanya tidak memerlukan pemanasan awal. Namun, untuk penampang yang besar (misalnya baja cor atau tempa) dan jika terdapat kondisi yang menyulitkan terkait dengan desain atau praktik pengelasan (misalnya distorsi komponen yang besar), maka disarankan untuk melakukan pemanasan awal yang seragam pada area di sekitar sambungan yang dilas. Lihat 4.1 dan 4.2.

5.3 Baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dan baja YP47 pada umumnya harus diberi pemanasan awal jika temperatur benda kerja kurang dari 5°C (untuk baja YP47, pemanasan awal harus 50°C atau lebih), dalam hal nilai P_{cm} baja kurang dari atau sama dengan 0,19, temperatur 0°C atau di bawahnya dapat digunakan dengan persetujuan BKI. Jika lebih tinggi dari ini, pemanasan awal harus dilakukan diatas ambang ketebalan dinding tertentu, dengan memperhatikan faktor-faktor lain yang dijelaskan dalam Bab 9, D.2.5 (Tabel 9.4). Untuk karbon ekivalen rata-rata dan masukan panas rata-rata (energi yang diberikan per satuan panjang lasan), ambang ketebalan dinding "t" dan temperatur pemanasan awal "T" yang ditunjukkan pada Gambar 12.40 dapat digunakan sebagai panduan awal. Namun, nilai-nilai ini ditentukan oleh faktor-faktor yang berpengaruh seperti ditunjukkan pada Tabel 9.4 di atas dan harus disesuaikan dengan kondisi yang berlaku. Jika perlu, kebutuhan dan temperatur pemanasan awal harus ditentukan sesuai dengan Bab 9, D. atau melalui pengujian (misalnya pada saat uji prosedur pengelasan).

(IACS UR W31 5.1.3)

5.4 Panjang manik las cantum dan las bantu sekurang-kurangnya harus 50 mm dan memerlukan pemanasan awal setiap kali pemanasan awal harus dilakukan pada las lainnya. Pengecualian diberikan untuk las cantum dan las bantu yang zona terpengaruh panasnya andal dan sepenuhnya meleleh kembali selama pengelasan berikutnya, misalnya las cantum untuk las busur rendam. Dalam kasus baja YP47 dimana P_{cm} kurang dari atau sama dengan 0,19, panjang manik 25 mm dapat digunakan dengan persetujuan BKI.

5.5 Pemanasan awal harus diterapkan secara seragam di seluruh ketebalan pelat atau komponen dan sampai jarak 4 kali tebal pelat, tetapi tidak lebih dari 100 mm, pada kedua sisi lasan. Panas berlebih secara lokal harus dihindari. Pemanasan awal dengan pembakar gas harus dilakukan dengan nyala api yang lembut, tidak berjelaga. Temperatur pemanasan awal harus dijaga konstan selama pekerjaan pengelasan.



Gambar 12.40 Ambang tebal dinding dan 12–53emperature pemanasan awal untuk baja struktur lambung kekuatan lebih tinggi (nilai panduan)

6. Posisi pengelasan, pengelasan vertikal ke bawah

6.1 Pengelasan harus dilakukan pada posisi pengelasan yang optimal, dan pengelasan posisional (misalnya posisi PE atau PD (diatas kepala)) harus dibatasi seminimal mungkin.

6.2 Untuk operasi pengelasan yang serupa dan berulang, disarankan untuk menggunakan alat bantu (berputar) yang memungkinkan semua lasan dibuat sejauh memungkinkan dalam posisi "mudah", seperti posisi datar (PA) atau vertikal horisontal (PB).

6.3 Bahkan setelah uji prosedur pengelasan yang memuaskan dan persetujuan proses (lihat F.1), pengelasan fillet vertikal ke bawah tidak boleh digunakan:

- untuk menggabungkan struktur pendukung utama menerus yang terputus oleh struktur melintang (misalnya struktur memanjang penumpu bagian atas dan bagian bawah); hal yang sama berlaku di mana beban melintang mendominasi,
- untuk sambungan las yang terutama menerima beban dinamis (misalnya di area pelat dudukan mesin, penyangga poros dan kemudi),
- pada komponen derek dan alat angkat lainnya termasuk substrukturnya (misalnya pilar-pilar derek),
- pada perpotongan penumpu utama dan di area penopang atau sumbat penutup lubang palka

Catatan:

Pengelasan vertikal ke bawah dapat digunakan untuk menggabungkan komponen sekunder (misalnya penegar) ke struktur pendukung utama, untuk las fillet pelat wrang ke penumpu alas memanjang menerus, untuk pengelasan fillet sekat melintang ke pelat kulit, dan untuk antar-geladak, partisi interior, dll. yang tidak mempengaruhi kekuatan lokal atau memanjang kapal. Jika ragu, cakupan pengelasan vertikal ke bawah harus disetujui oleh BKI.

6.4 BKI dapat mengizinkan pengecualian untuk ketentuan 6.3 dan menambah cakupan pengelasan vertikal ke bawah jika bengkel las membuat langkah-langkah khusus untuk memastikan standar pengerjaan yang memuaskan (khususnya perakitan komponen yang akurat tanpa celah udara yang signifikan, penetrasi akar yang memadai dan pencegahan cacat kurang fusi) meskipun dalam kondisi fabrikasi normal. Langkah-langkah tersebut meliputi:

- pemilihan proses pengelasan yang sesuai dan bahan habis pengelasan dan material bantu yang tepat yang menjamin penetrasi yang sangat baik (lihat F.1.1, Catatan),
- pelatihan khusus dan pemilihan juru las yang cermat untuk pengelasan vertikal ke bawah (lihat juga 2.2),

- pengawasan yang teliti terhadap persiapan pengelasan, parameter pengelasan dan pekerjaan pengelasan (misalnya kontrol elektroda) pada saat pengelasan sedang berlangsung,
- uji produksi secara acak (specimen uji patah las fillet) selama proses fabrikasi.

BKI dapat meminta bukti bahwa tindakan khusus semacam ini telah dilakukan. Selain itu, BKI dapat meminta pengawasan atau inspeksi yang lebih luas terhadap las vertikal ke bawah.

7. Urutan pengelasan

7.1 Perakitan dan urutan pengelasan harus dipilih untuk memungkinkan penyusutan berlangsung sebebas mungkin dan untuk meminimalkan tegangan penyusutan pada komponen. Sambungan butt pada daerah pelat harus selalu dilas penuh, setidaknya pada satu sisi, sebelum pengikatan penumpu, penegar, dll.

7.2 Jika pelat individual akan dilas kemudian pada daerah pelat (seperti dalam kasus lubang ereksi di geladak atau pelat kulit), sambungan memanjang harus dibiarkan tidak dilas, atau harus dibuka, sampai jarak sekitar 300 mm di luar sambungan melintang. Sambungan melintang harus dilas terlebih dahulu, diikuti oleh sambungan memanjang.

7.3 Pengelasan tambalan (lihat G.4.2) dapat dilakukan dengan cara yang sama, kecuali jika tambalan sudut dengan sudut bulat atau tambalan bundar digunakan.

7.4 Dalam kasus khusus (misalnya ketika pengelasan komponen yang sangat kaku) dan untuk operasi pengelasan yang serupa dan berulang (misalnya untuk pengelasan tiang ke kapal), disarankan untuk menetapkan prosedur perakitan atau urutan pengelasan dalam rencana urutan pengelasan.

7.5 Jika sambungan las dan sambungan paku keling bertemu (hal yang sama juga berlaku secara analog dengan metode perakitan mekanis lainnya), maka las harus selalu diselesaikan terlebih dahulu, kemudian dilakukan sambungan paku keling.

8. Pelaksanaan pekerjaan

8.1 Area komponen yang akan dilas harus bersih dan kering. Kerak, karat, terak pemotongan, gemuk, cat dan kotoran harus dihilangkan dengan hati-hati sebelum pengelasan (terkait cat dasar mampu timpa las, lihat 3.1).

8.2 Komponen tidak boleh mengalami gerakan atau getaran yang berarti selama pengelasan. Bagian yang akan dirakit saat melayang atau tergantung di derek harus dijepit sebelum pemasangan sambungan sedemikian rupa sehingga tidak mungkin ada gerakan lebih lanjut dari bagian tersebut. Komponen yang belum sepenuhnya dilas dan akan dipindahkan atau diputar harus memiliki sambungan las dengan kekuatan yang memadai.

8.3 Las cantum yang retak tidak boleh ditimpa las, tetapi harus dibongkar. Untuk las banyak-jalur, terak dari lajur sebelumnya harus dihilangkan sepenuhnya sebelum jalur berikutnya. Pori-pori, inklusi terak yang terlihat, dan cacat las lainnya serta retak tidak boleh ditimpa las, tetapi harus dibongkar dan diperbaiki.

8.4 Bengkel las harus memastikan bahwa parameter las yang ditentukan dipatuhi dan bahwa pekerjaan las dilakukan secara cakap oleh personel yang kompeten (lihat 2.5 dan 2.6).

8.5 Las harus memiliki penetrasi yang cukup dan harus menampilkan permukaan yang bersih dan teratur dengan transisi "halus" ke material induk. Penguatan las berlebih dan undercut (lihat catatan 3.3.2) bersama dengan takik yang mempengaruhi tepi pelat dan lubang pengelasan harus dihindari.

8.6 Sambungan las butt harus menampilkan fusi penuh pada seluruh penampang, kecuali penyimpangan dari hal ini diizinkan dalam kasus tertentu. Untuk tujuan ini, bagian akar las biasanya harus diberi alur dan ditutup. Setelah uji prosedur las yang memuaskan yang dikonfirmasi oleh BKI, las satu sisi,

misalnya menggunakan penahan keramik, dapat dianggap setara dengan las butt yang dilakukan dari kedua sisi. Sambungan lain yang dilas hanya pada satu sisi, misalnya menggunakan penahan permanen, harus disetujui oleh BKI saat pemeriksaan gambar terkait. Untuk evaluasi sambungan las tersebut, lihat G.10.3.

8.7 Las bevel tunggal dan ganda harus dibuat sesuai dengan spesifikasi desain baik dengan akar sebagai sambungan las penetrasi penuh maupun dengan penetrasi akar tidak penuh yang diizinkan atau yang ditentukan, muka akar yang tidak dilas tunduk pada faktor reduksi yang sesuai (lihat G.10.2). Jenis las harus ditentukan dalam gambar dalam setiap kasus dan harus mendapat persetujuan BKI ketika gambar diperiksa.

8.8 Untuk las filet, perhatian khusus harus diberikan pada penetrasi yang baik. Penetrasi harus mencapai setidaknya ke sekitar titik akar teoritis (lihat G.10.3.4 sampai 10.3.6). Penampang las fillet yang ideal adalah las berpermukaan rata dengan sisi sama panjang dengan transisi halus (bebas takik) ke material induk. Pada ujung pelat bilah, pada lubang pengelasan dan pada celah pengelasan, las filet harus bertemu untuk membentuk sambungan yang menerus di sekitar muka akar.

8.9 Kesalahan pengerjaan atau cacat yang mayor pada material hanya dapat diperbaiki dengan persetujuan Surveyor. Cacat permukaan minor harus dihilangkan dengan penggerindaan dangkal. Cacat yang menembus lebih dalam ke dalam material (misalnya retak, atau robekan akibat pelepasan las pada alat bantu ereksi) harus dihilangkan, digerinda dengan bersih dan diperbaiki dengan las dengan masukan panas yang cukup.

9. Pengelasan baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dan baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi (diquench dan ditemper)

Keterangan pendahuluan:

Ketentuan berikut berlaku dengan cara yang sama untuk pengelasan baja paduan rendah yang tangguh pada temperatu di bawah nol yang digunakan untuk bagian konstruksi bangunan kapal, misalnya untuk penyangga tangki muat pada kapal tangki gas. Tangki-tangki gas tersebut mengacu pada "Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX)". Lihat juga Bab 14 "Pengelasan Bejana Tekan".

9.1 Instruksi dan rekomendasi pabrik baja dan segala kondisi yang timbul dari uji prosedur pengelasan harus dilaksanakan ketika pengelasan baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi dan baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi (diquench dan ditemper).

9.2 Proses pengelasan, bahan habis pengelasan, bentuk penumpukan las dan praktik termal (pemanasan awal, masukan panas dan temperatur antar jalur) dll. harus disesuaikan dengan material induk yang dilas dan harus dijaga dalam batas yang sesuai selama pengelasan. Parameter ini harus sesuai dengan parameter yang digunakan pada saat uji prosedur pengelasan. Setiap penyimpangan yang cukup besar memerlukan persetujuan BKI dan biasanya bergantung pada uji tambahan. Jika memungkinkan, harus digunakan pengelasan banyak jalur (khususnya untuk baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi (diquench dan ditemper)), jalur terakhir didepositkan sebagai lajur “manik temper” berjarak sekitar 2 mm dari material induk.

9.3 Ketika pengelasan baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi, mungkin diperlukan untuk memverifikasi tidak hanya pemanasan awal tetapi juga masukan panas selama pengelasan[3)] dan temperatur antar jalur. Pemeriksaan ini harus selalu dilakukan dan dicatat ketika pengelasan baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi yang diquench dan ditemper. Nilai masukan panas harus sesuai dengan

[3] Penentuan masukan panas (energi yang diberikan per satuan panjang lasan) “E”

$$E = \frac{U\ [volts] \cdot I\ [amps] \cdot waktu\ pengelasan[\min] \cdot 6}{panjang\ \ las \cdot 100}\ \left[\frac{kJ}{mm}\right]$$

energi per satuan panjang las yang ditetapkan pada saat uji prosedur las dan dituliskan dalam bagan pengelasan.

9.4 Perhatian khusus harus diberikan pada baja kekuatan tinggi yang umumnya lebih sensitif terhadap sifat pengerasan dan peningkatan sensitivitas takik, dan terutama pada baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi. Penyalaan busur yang tidak perlu pada permukaan pelat, tepi terbuka yang bergerigi, dll. harus dihindari dengan cara apa pun. Jika diperlukan, cacat semacam itu harus dibersihkan dan diinspeksi terhadap retakan yang baru terjadi. Hal yang sama berlaku secara analog pada las bantu.

9.5 Perlakukan panas tambahan yang melibatkan masukan panas tinggi (misalnya gouging dengan api dan pelurusan dengan nyala api) tidak boleh merusak sifat material dan, jika perlu, harus dihindari sepenuhnya. Dalam kasus yang meragukan, bukti pelaksanaan perlakuan panas yang memuaskan dapat diminta.

Catatan:

Standard pelurusan dengan nyala api yang dilakukan pada baja struktural lambung kekuatan lebih tinggi hingga dan termasuk E 36 secara umum dapat dianggap dapat diterima asalkan temperatur pelurusan tidak melebihi 700 ℃ dan panas berlebih yang terjadi secara local atau pemanasan keseluruhan area pada periode waktu yang terlalu lama (misalnya menggunakan blok pemanas) dan pendinginan mendadak (misalnya dengan air) dihindari. Hal yang sama berlaku secara analog untuk pelurusan dengan nyala api pada baja yang dirol secara termo-mekanis (TM). Sebelum pelurusan dengan nyala api pada baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi, diperlukan persetujuan khusus dengan pabrikan baja.

10. Pengelasan baja tahan karat dan baja berlapis

10.1 Selama keseluruhan periode konstruksi, tindakan yang sesuai harus diambil dalam pengangkutan, penyimpanan, dan fabrikasi untuk menjaga permukaan baja tahan karat bebas dari kotoran dan inklusi logam luar (karena abrasi dari komponen lain atau penopang ereksi bantu).

10.2 Proses pengelasan dan bahan habis pengelasan harus dipilih dengan memperhatikan aspek kekuatan dan korosi, dengan mempertimbangkan rekomendasi pembuat baja dan bahan habis pengelasan. Bahan habis pengelasan tanpa paduan tidak boleh digunakan untuk mengelas baja tahan karat.

10.3 Tepian harus disiapkan secara mekanis dengan pemotongan atau perataan. Jika teknik pemotongan termal seperti pemotongan plasma harus dilakukan, tepiannya harus dibersihkan dengan pemesinan.

10.4 Pelat berlapis harus selalu dilas cantum pada sisi "hitam" dari material penahan. Pelat penyokong harus digunakan dengan hemat dan harus terbuat dari material yang akan dilas.

10.5 Pada sisi pelapis dan di sambungan sudut pelat berlapis (seperti dalam kasus lubang pengering), setidaknya dua lapisan logam las tahan karat harus didepositkan di atas material penahan (lihat G.10.1.6). Jika perlu, bahan habis pengelasan yang berbeda harus digunakan untuk lajur antara dan akhir tergantung pada material induk.

10.6 Percikan las yang melebur harus dihindari karena alasan korosi. Peleburan tersebut dapat dicegah dengan menggunakan media yang sesuai (misalnya perasan jeruk nipis) ke permukaan pelat di kedua sisi lasan. Jika perlu, percikan las harus dihilangkan dan areanya digerinda dengan halus.

10.7 Untuk mendapatkan sambungan tahan korosi, perlakuan pasca-las (pengasaman atau pasivasi) harus dilakukan sesuai dengan instruksi yang dikeluarkan oleh pabrikan baja atau pabrikan dari bahan habis pengelasan.

11. Pengelasan baja cor dan baja tempa

11.1 Pada baja cor dan baja tempa dengan penampang yg besar, kondisi pengelasan atau struktural yang sulit, struktur yang terdistorsi dengan besar dan temperatur benda kerja yang rendah, area yang cukup di sekitar sambungan las harus diberikan pemanasan awal secara merata di seluruh penampang.

11.2 Operasi pengelasan pada baja cor dan baja tempa harus dilakukan secara terus menerus dan tanpa gangguan, jika mungkin dalam satu siklus pemanasan. Pendinginan harus dilakukan secara bertahap dan tindakan yang tepat harus diambil untuk mencegah pendinginan yang terlalu cepat (penutupan, perlindungan terhadap angin).

11.3 Las perbaikan (las produksi) pada baja cor dan baja tempa hanya dapat dilakukan dengan persetujuan Surveyor. Jika pekerjaan yang bersangkutan relatif luas, maka gambar dan deskripsi perbaikan harus dikirimkan ke Kantor Pusat BKI untuk disetujui, bersama dengan detail proses las, bahan habis pengelasan dan material bantu, perlakuan panas dan komposisi material induk.

11.4 BKI dapat menetapkan perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan atau, dalam kasus khusus, perlakuan panas normalisasi pada komponen setelah pengelasan (misalnya untuk tongkat kemudi). Keterangan pendahuluan pada Bab 5, B berlaku secara analog untuk bukti yang diperlukan dari sifat-sifat sambungan las dalam kondisi diberi perlakuan panas.

11.5 Las yang menyatukan baja struktural lambung atau baja tempa atau baja cor yang setara di satu sisi dengan baja tahan karat austenitik di sisi yang lain tidak boleh diberi perlakuan panas. Hal yang sama berlaku secara analog untuk las tambalan yang dibuat dengan bahan habis pengelasan tahan karat austenitik (misalnya pada tongkat kemudi, pena kemudi, dll.). Setiap perlakuan panas pasca pengelasan yang disyaratkan untuk las tambalan yang dibuat dengan bahan habis pengelasan lainnya (misalnya dapat diberi perlakuan panas) harus ditentukan berdasarkan kasus per kasus.

12. Pengelasan paduan aluminium

12.1 Persyaratan sebelumnya terkait pengelasan baja berlaku secara analog untuk pengelasan paduan aluminium diluar persyaratan yang ditentukan dalam paragraf berikut. Perhatian khusus harus diberikan pada kebersihan, penurunan menyeluruh dan penghindaran terhadap pengotor logam asing. Untuk penggunaan berbagai jenis sambungan transisi las baja-aluminium (terutama sensitivitas termo dari lapisan batas antara baja dan aluminium), lihat petunjuk kerja BKI.

12.2 Biasanya, kampuh las harus segera dibersihkan secara menyeluruh (misalnya dengan pelarut dan/atau sikat) sebelum pengelasan. Peralatan dan perlengkapan tidak boleh digunakan untuk pengerjaan pada material lain dan tidak boleh meninggalkan residu logam asing. Kampuh las, bahan habis pengelasan dan material bantu harus kering sebelum pengelasan dimulai.

12.3 Sambungan las pada komponen struktural paduan aluminium yang digunakan dalam pembangunan kapal harus, jika memungkinkan, dibuat dengan pengelasan gas inert (pengelasan MIG, atau, boleh juga, pengelasan TIG untuk komponen kecil) yang dilakukan dalam bilik las yang terlindung dari cuaca. Kolam las harus dilindungi dengan aman oleh gas inert dengan pasokan yang memadai. Angin dan hembusan udara harus dihindari. Perhatian harus diberikan untuk mencapai kecepatan pengelasan yang optimal dan untuk meminimalkan efek panas pada material induk (pelunakan).

12.4 Untuk menghindari retak ujung kawah, terutama saat membuat sambungan las filet terputus-putus, disarankan (kecuali jika digunakan peralatan las dengan perangkat pengisian kawah) untuk menarik manik las sebelum menarik elektroda atau setang sehingga kawah akhir bergerak kembali dari ujung sambungan ke titik pada lasan dan untuk mengisi kawah.

12.5 Pemanasan awal yang luas pada permukaan hingga 100 – 200 °C disarankan saat mengelas pelat dan profil paduan aluminium yang tebal. Lasan harus dikerjakan dalam urutan yang sesuai, lancar dan cepat dan, jika mungkin, tanpa jeda.

12.6 Operasi pelurusan dingin harus dilakukan hanya dengan penekanan, bukan dengan memukul. Pelurusan panas hanya dapat dilakukan pada paduan yang sesuai untuk tujuan tersebut sesuai dengan instruksi produsen aluminium. Pemanasan dan pelurusan harus dilakukan dengan cepat. Temperatur harus dipantau dengan hati-hati untuk mencegah peleburan material.

13. Pengelasan bawah air

13.1 Dalam kondisi tertentu, BKI dapat menyetujui pengelasan (biasanya las fillet) komponen yang terbuat dari baja struktural lambung kekuatan normal yang tercelup air di sisi belakangnya. Temperatur air atau komponen tidak boleh kurang dari 5°C. Titik pengelasan harus kering dan bersih. Setidaknya harus dibuat dua jalur, jalur terakhir akan dilas sebagai "manik temper" di atas jalur pertama yang telah diendapkan pada komponen "dingin" sehingga berfungsi sebagai "perlakuan panas pasca las". Las yang dikerjakan dengan cara ini harus dilakukan uji retak.

13.2 Sebagai prinsip umum untuk pengelasan bawah air, hanya proses pengelasan dan / atau bahan habis pengelasan yang menjamin kandungan hidrogen rendah dalam logam las yang harus digunakan. Pengelasan harus dilakukan di lingkungan yang kering (ruang bertekanan hingga 1 bar atau ruang bertekanan tinggi). Hal di atas berlaku secara analog untuk temperatur komponen, titik pengelasan dan uji retak. Untuk uji prosedur las yang disyaratkan, lihat F.

13.3 Pengelasan busur bawah air di mana busur terbakar di dalam air atau di dalam bejana gas kecil dan dimana kelonggaran harus dibuat untuk sejumlah besar hidrogen yang masuk ke dalam logam las hanya dapat digunakan dengan izin secara eksplisit dari BKI dalam setiap kasus individu (bahkan jika persetujuan prosedur las telah diberikan) dan kemudian hanya untuk perbaikan sementara (misalnya las segel) untuk komponen yang menerima beban yang relatif rendah. Las yang dikerjakan dengan cara ini harus diganti dengan las normal pada kesempatan yang tersedia berikutnya dan sampai penggantian semacam itu dilakukan, BKI dapat menetapkan batasan dalam pengoperasian kapal (misalnya pada area operasi).

I. Inspeksi Sambungan Las

1. Umum

1.1 Selain ketentuan-ketentuan berikut, pemeriksaan sambungan las dalam pembangunan kapal diatur oleh ketentuan pada Bab 10 tentang persiapan dan pelaksanaan uji las tak rusak.

1.2 Sebagaimana ditentukan dalam Bab 10, D, bagan inspeksi harus dikirimkan ke BKI untuk persetujuan sebelum pengujian dimulai. BKI berhak untuk mengubah bagan tersebut meskipun telah disetujui, dan khususnya untuk memperluas cakupan pengujian dan/atau mengubah posisi pengujian individu jika diperlukan oleh operasi fabrikasi dan/atau hasil pengujian.

2. Inspeksi bengkel las, pemeriksaan visual

2.1 Inspeksi bengkel las harus dilakukan dengan teliti oleh personel terlatih (misalnya pengawas las, lihat C. dan H.2) untuk memastikan pengerjaan las yang kompeten dan memuaskan (penampilan dan ketepatan dimensi) dan keutuhan las.

2.2 Setelah operasi pengelasan selesai dan akan dilakukan inspeksi bengkel las, maka pekerjaan tersebut harus disampaikan kepada Surveyor untuk diperiksa pada tahap fabrikasi yang sesuai. Untuk tujuan ini, las harus mudah diakses dan biasanya tidak dilapisi. Jika memungkinkan, hasil uji tak rusak harus disampaikan pada saat itu.

2.3 Jika inspeksi sebelumnya tidak memadai, Surveyor dapat menolak komponen dan meminta komponen dihadirkan kembali setelah inspeksi bengkel yang memuaskan dan setiap pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilakukan.

3. Uji tak rusak

3.1 Kualitas lasan yang diperlukan sebagaimana ditentukan dalam Tabel 12.9 harus dibuktikan melalui uji tak rusak, dengan ruang lingkup setidaknya sesuai dengan yang ditentukan dalam 6. Jika pengujian ini memperlihatkan cacat pada tingkatan tertentu, maka ruang lingkup pengujian harus diperbesar. Kecuali jika disetujui sebaliknya, pengujian harus dilakukan pada dua bagian lasan selanjutnya pada las yang sama untuk setiap bagian lasan yang diuji dan membutuhkan perbaikan. Jika tidak yakin bahwa cacat terbatas pada bagian lasan yang sedang diuji, sebagai tambahan bagian las yang berdekatan harus diuji.

3.2 BKI dapat menetapkan pengujian lebih lanjut, terutama jika ada keraguan terhadap pengerjaan las yang kompeten dan memuaskan. Untuk keperluan pengawasan dan, bila perlu, pemberian instruksi kepada juru las, direkomendasikan inspeksi radiografi juga sebaiknya dilakukan secara rutin pada komponen yang tidak dikenakan pengujian berkala.

3.3 Metode inspeksi yang diterapkan pada setiap sampel harus dipilih dengan mempertimbangkan kondisi pengujian (bentuk dan dimensi las, sifat dan lokasi kemungkinan cacat, aksesibilitas) sehingga setiap cacat dapat dideteksi dengan andal. Metode inspeksi membutuhkan persetujuan BKI. BKI dapat menetapkan dua atau lebih teknik inspeksi digunakan secara bersamaan.

3.4 Berdasarkan pada ketentuan Bab 10, perlengkapan dan peralatan pengujian yang digunakan harus sesuai dengan praktik teknis modern dan standar yang relevan. Pengujian harus dilakukan oleh penguji yang berkualifikasi dan berpengalaman. Untuk detail bukti yang ditentukan tentang kualifikasi penguji ultrasonik lihat Bab 10, C.1.

4. Spesimen produksi

4.1 Spesimen produksi, yaitu benda uji yang dilas secara simultan pada interval yang ditentukan selama fabrikasi, dapat diminta apabila material induk, proses pengelasan dan / atau kondisi pembebanan memerlukan bukti yang harus disediakan bahwa sifat mekanis atau sifat lainnya dari sambungan las yang dibuat berdasarkan kondisi fabrikasi memadai.

4.2 Spesimen produksi harus dilas dan diuji dengan cara yang sama dengan yang ditentukan dalam Bab 4 dan di F., sebagaimana berlaku, sehubungan dengan uji prosedur pengelasan. Ruang lingkup pengujian dan persyaratan yang harus dipenuhi harus ditentukan berdasarkan kasus per kasus. Untuk spesimen produksi terkait dengan cat dasar, lihat Bab 6, C.

5. Uji kebocoran

5.1 Jika disyaratkan, uji kebocoran pada sambungan las biasanya dilakukan sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II), (misalnya Section 8, B.9.; Section 12, H.; Section 24, A.15., atau Rules for Floating Docks (Pt.3, Vol.II)) sebelum pengaplikasian cat atau semen.

5.2 Dalam kasus khusus, dan dengan persetujuan BKI, uji hidrostatik yang ditetapkan untuk uji kebocoran dapat diganti dengan metode lain (misalnya pengujian dengan udara bertekanan atau vakum, metode deteksi gas). BKI dapat meminta metode tersebut sebagai alternatif atau sebagai tambahan dari yang ditetapkan.

6. Grade mutu las, ruang lingkup pengujian, metode pengujian, persyaratan

6.1 Menurut sifat dan besarnya beban yang diberikan dan perannya dalam memastikan kekuatan keseluruhan struktur, sambungan las harus diklasifikasikan dengan mengacu pada faktor-faktor yang mempengaruhi, materialnya, desain dan lingkungan operasional (misalnya temperatur operasi) kedalam salah satu dari tiga grade mutu las yang ditunjukkan pada Tabel 12.9 dan harus diidentifikasi dalam bagan inspeksi.

6.2 Sambungan las individu harus diklasifikasikan ke dalam grade mutu menurut posisinya dalam komponen terkait, yaitu posisinya dalam kaitannya dengan arah tegangan utama, seperti diilustrasikan oleh contoh-contoh yang ditulis dalam Tabel 12.9. Komponen dan sambungan las yang tidak disebutkan dalam Tabel atau dalam 6.5 harus diklasifikasikan dengan cara yang sama.

6.3 Ruang lingkup uji tak rusak yang diterapkan pada sambungan las dengan grade mutu 1 (inspeksi radiografi dan ultrasonik) harus ditentukan dengan rumus berikut sesuai dengan jenis dan konstruksi kapal. Untuk kapal tongkang dan pontoon dengan area pelayaran terbatas, posisi pengujian dihitung dengan rumus pada Rules for Domestic Ships (Pt.8, Vol.I) Sec.5. Jumlah posisi pengujian "A" ditentukan merujuk pada film radiografi dengan panjang (film) 480 mm. Jika, sesuai dengan 6.10 atau 6.11, uji ultrasonik yang dilakukan sebagai pengganti inspeksi radiografi, maka las sepanjang 1 meter harus diuji dalam setiap kasus sebagai pengganti panjang film 480 mm.

$$A = 0{,}8 \cdot A_L \cdot c_p \cdot (A_B \cdot c_B + A_H \cdot c_H)$$

dimana

$A_L = \dfrac{L}{16 \cdot a_0}$

L = panjang kapal [m]

$a_0 = \dfrac{L}{500} + 0{,}48 \leq 1{,}0$ [mm]

c_p = 1,5 dengan konstruksi gading melintang

c_p = 2,0 dengan konstruksi gading campuran melintang dan memanjang (di area penumpu bagian atas dan bawah)

c_p = 2,3 dengan konstruksi gading memanjang

$A_B = \dfrac{B}{2{,}5}$

B = lebar kapal [m]

c_B = 1,0 untuk kapal tangki lambung tunggal dan penampang melintang gading utama yang setara

c_B = 1,3 untuk kapal kargo dan kapal curah

c_B = 1,5 untuk kapal peti kemas dan kapal tangki (kimia) lambung ganda

$A_H = \dfrac{H}{2{,}5}$

H = tinggi kapal [m]

c_H = 0,5 untuk kapal kargo

c_H = 1,3 untuk kapal tangki, kapal peti kemas dan kapal curah

c_H = 1,5 untuk kapal tangki lambung ganda dengan sekat memanjang tambahan

6.4 Jumlah posisi pengujian "A" yang ditentukan sesuai dengan 6.3 harus didistribusikan sedemikian rupa sehingga kira-kira dua pertiga dari jumlah "A" diposisikan pada sambungan las dengan grade mutu 1 yang dijelaskan dalam Tabel 12.10 dan kira-kira sepertiga diposisikan pada sambungan dengan grade mutu 2. Pertimbangan yang tepat harus diberikan pada masing-masing komponen yang ditentukan dalam 6.5. Tergantung pada kondisi pembebanan, jumlah distribusi inspeksi yang berbeda (distribusi yang berbeda dari jumlah total posisi uji) untuk berbagai grade mutu las mungkin diperlukan atau mungkin diminta oleh BKI.

6.5 Sambungan las pada komponen khusus yang tercantum di bawah ini harus diklasifikasikan dan diuji sebagai berikut:

- Sambungan pelat lajur sisi geladak / pelat lajur sisi atas didalam 0,5L tengah kapal: grade mutu las 1, inspeksi ultrasonik 100% jika pengelasan penetrasi penuh disyaratkan sesuai G.10.2.1
- Sambungan pelat lajur sisi geladak / pelat lajur sisi atas diluar 0,5L tengah kapal: grade mutu las 2, inspeksi ultrasonik 10% jika pengelasan penetrasi penuh disyaratkan sesuai G.10.2.1.
- Sambungan antara pelat kopling kemudi horisontal dan badan kemudi (lihat Gambar 12.39): grade mutu las 1, inspeksi ultrasonik 100% dan inspeksi retak permukaan 100%.
- Sambungan antara tongkat kemudi dan pelat kopling horisontal (lihat Gambar 12.40): grade mutu las 1, inspeksi ultrasonik 100% dan inspeksi retak permukaan 100%.
- Sambungan T bevel tunggal dan ganda dengan penetrasi penuh (lihat Gambar 12.24): grade mutu las 1 atau 2 tergantung pada posisi las, masing-masing inspeksi ultrasonic 100% atau 10%.
- Titik start ulang untuk las electroslag atau electrogas: grade mutu las 1 atau 2 tergantung pada posisi las, inspeksi radiografi atau ultrasonik 100%, yang terakhir dengan sensitivitas uji meningkat sebesar 12 dB (lihat juga Bab 10, L.2.5).
- Las yang disyaratkan bukti kekuatan lelah: grade mutu las dan inspeksi tergantung pada kategori detail (lihat katalog kategori takik, Aturan untuk Hull, Volume II, Bab 20, A.3 dan Tabel 20.3).

6.6 Dalam kasus kapal tidak disyaratkan menyerahkan perhitungan kekuatan (memanjang) (umumnya kapal kurang dari 65 m; lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Sec. 5), jumlah (posisi pengujian) “A” dapat dikurangi hingga 70% dari jumlah yang ditentukan dalam 6.3 dan 6.4. Pengurangan harus disetujui oleh BKI dalam setiap kasus dan harus secara khusus ditunjukkan dalam bagan inspeksi.

6.7 Jika kondisi fabrikasi tetap tidak berubah, yaitu di mana sebagian besar juru las yang sama digunakan dalam pengelasan komponen yang sama atau serupa (misalnya dalam pembangunan kapal berulang) melalui proses pengelasan, bahan habis pengelasan dan material bantu yang sama, atau jika las dibuat dengan menggunakan mesin pengelasan otomatis, maka Kantor Pusat BKI dapat menyetujui pengurangan ruang lingkup inspeksi yang ditentukan dalam 6.3 dan 6.4. Hal ini tergantung pada bukti yang diberikan dengan hasil baik yang merata dan pekerjaan perbaikan yang relatif rendah, sebagaimana dibuktikan oleh hasil semua inspeksi awal yang dilakukan pada sambungan las sebelum perbaikan apa pun.

6.8 Jika inspeksi radiografi dilakukan secara acak, maka harus dilakukan terutama di persimpangan sambungan memanjang dan sambungan melintang, pada pertemuan sambungan dan pada sambungan yang sulit atau perlu dilas pada posisi tetap. Sambungan pada penumpu dan penegar harus diklasifikasikan sama dengan yang ada pada pelat dan harus dimasukkan dalam inspeksi.

6.9 Uji ultrasonik dapat dilakukan sebagai pengganti dari beberapa radiografi (harus ditentukan dalam setiap kasus) yang ditentukan dalam 6.3 dan 6.4. Untuk ketebalan dinding dan pelat 30 mm atau lebih, uji ultrasonik harus diutamakan daripada uji radiografi sebagai metode inspeksi.

6.10 Dalam kasus khusus, uji ultrasonik dapat ditetapkan sebagai pengganti, atau tambahan, untuk uji radiografi, misalnya apabila cacat tertentu, karena sifat dan lokasinya atau konfigurasi lasan, tidak dapat dideteksi atau dinilai secara andal oleh radiografi.

6.11 Inspeksi retak permukaan umumnya harus dilakukan setelah pengelasan penampang yang besar, terutama pada baja cor dan baja tempa serta dalam kasus las yang dikerjakan dibawah tegangan atau pada temperatur rendah, las bevel tunggal atau ganda bervolume besar (tebal pelat sekitar 30 mm dan lebih) dan las fillet tebal, misalnya pada tiang buritan, setelah pengelasan tiang dan las pada stool sekat.

6.12 Untuk pemeriksaan komponen tertentu dan sambungan lasnya, lihat 6.5. BKI dapat, sebagai tambahan, meminta pengujian lebih lanjut sehubungan dengan persetujuan gambar.

6.13 Sambungan las dan komponen yang tidak tercakup oleh ketentuan sebelumnya harus dilakukan uji tak rusak yang ruang lingkupnya harus ditentukan dalam setiap kasus. Jika komponen tertentu (misalnya tiang-tiang alat angkut muatan, tangki gas cair dan lambung tekanan kapal bawah air) diatur oleh aturan atau kode praktik khusus, ketentuan yang terkandung di dalamnya harus diterapkan.

Tabel 12.10 Grade mutu las, ruang lingkup inspeksi, persyaratan

Grade mutu las	1	2	3
Pembebanan, peran	Sambungan las yang mengalami tegangan statis atau dinamis yang besar dan/atau berperan penting dalam kekuatan keseluruhan struktur.	Sambungan las yang mengalami tegangan medium dan / atau yang kegagalannya menyebabkan hilangnya fungsi komponen individu tanpa membahayakan struktur secara keseluruhan.	Sambungan las yang mengalami tegangan minor dan / atau yang kegagalannya tidak menyebabkan hilangnya fungsi komponen penting.
Komponen, posisi sambungan las (untuk detail individu terkait komponen tertentu dan sambungan las, lihat 6.5)	Sambungan melintang di area pelat flensa atas dan bawah[1)] di dalam 0,5 L tengah kapal[2)], misalnya di bagian luar alas termasuk pelat bilga, penumpu memanjang, gading memanjang, geladak kekuatan termasuk pelat sisi lajur atas. Penumpu dan balok memanjang, sekat memanjang termasuk penegar memanjang, ambang sisi lubang palka termasuk penegar memanjang. Sambungan pada pelat kulit dan geladak kekuatan di sekitar peralatan dan perlengkapan (melintasi pelat), misalnya tumit kemudi, tiang-tiang termasuk las yang menyatukan dengan item pertama. Sambungan pada pelat hadap dan pelat bilah penumpu utama, misalnya pada penutup lubang palka, penumpu palka dan kantilever dan pada tiang kantilever. Sambungan pada sekat tangki dan struktur alas kapal curah termasuk stool sekat. Sambungan di atau pada komponen yang mengalami beban dinamis, misalnya penyangga poros, tumit kemudi, kopling kemudi, (menghubungkannya ke badan kemudi) dan penumpu utama dudukan mesin.	Sekat memanjang [3)] di area pelat flensa lambung atas dan bawah, sambungan melintang di area di luar 0,5L tengah kapal [2)], dan sambungan di bagian lain pelat kulit dan di bagian alas ganda. Sambungan pada sekat melintang kedap air kapal kargo dan pada gading besar. Sambungan L pada penutup lubang palka, sekat depan dan belakang bangunan atas dan rumah geladak, dan sambungan pada penumpu melintang.	Sambungan pada komponen subordinat seperti geladak, partisi dan penegarnya yang tidak termasuk dalam struktur kekuatan utama, geladak bangunan atas dan rumah geladak, sambungan pada kubu-kubu, dll.

Tabel 12.10 Grade mutu las, ruang lingkup inspeksi, persyaratan *(lanjutan)*

Grade mutu las	1	2	3
Ruang lingkup dan metode inspeksi	Inspeksi visual dan pemeriksaan dimensi acak. Uji tak rusak sesuai 6. (pemeriksaan acak dengan intensitas inspeksi yang lebih banyak). Uji kebocoran dan uji lainnya, jika disyaratkan.	Inspeksi visual, pemeriksaan dimensi acak jika ada keraguan. Uji tak rusak sesuai 6. (pemeriksaan acak dengan intensitas inspeksi yang lebih sedikit). Uji kebocoran dan uji lainnya, jika disyaratkan.	Inspeksi visual. Jika ada keraguan, uji tak rusak sesuai 6. Uji kebocoran dan uji lainnya, jika disyaratkan.
Persyaratan, mutu las[4)]	Sambungan las harus bebas dari retak, kurangnya fusi dan cacat pada akar las, rangkaian terak, klaster pori yang besar dan inklusi terak, undercut yang menonjol, dll sesuai dengan tingkat mutu B sesuai ISO 5817 berkaitan dengan baja (Lampiran F) dan ISO 10042 berkaitan dengan aluminium (Lampiran G), sebagaimana berlaku [5)].	Sambungan las harus bebas dari retak, kurangnya fusi mayor dan cacat pada akar las, rangkaian terak yang panjang, inklusi terak yang besar, pori-pori tidak terputus klaster pori yang besar, undercut mayor, dll sesuai dengan tingkat mutu C sesuai ISO 5817 berkaitan dengan baja (Lampiran F) dan ISO 10042 berkaitan dengan aluminium (Lampiran G), sebagaimana berlaku [5)].	Sambungan las harus bebas dari retak, cacat mayor pada akar las dan inklusi terak, pori-pori tidak terputus, undercut yang besar, dll sesuai dengan tingkat mutu D sesuai ISO 5817 berkaitan dengan baja (Lampiran F) dan ISO 10042 berkaitan dengan aluminium (Lampiran G), sebagaimana berlaku [5)].

1) Sesuai dengan Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Bab.3, B., ini adalah area yang memanjang setidaknya 0,1H dan 0,1H' masing-masing di atas dan di bawahnya. Inspeksi harus, bagaimanapun, selalu mencakup seluruh area pelat sisi lajur atas dan pelat bilga bersama-sama dengan struktur memanjang menerus (misalnya ambang sisi lubang palka dan rel derek) di atas geladak kekuatan. Jika sebagian menggunakan baja kekuatan lebih tinggi, inspeksi harus mencakup seluruh area baja ini dalam hal tinggi, dan dalam hal kapal peti kemas dan kapal sejenis inspeksi harus mencakup seluruh area box girder bagian atas.

2) Pada kapal dengan bukaan geladak besar, yaitu kapal dengan palka besar (seperti kapal peti kemas), sambungan melintang pada flensa penumpu lambung bagian atas di depan dan di belakang 0,5L (umumnya seluruh area palka) juga harus ditetapkan untuk grade mutu las 1 jika perlu (misalnya karena tegangan puntir yang dikenakan).

3) Pada persimpangan las, sambungan memanjang dengan panjang 300 mm yang berdampingan harus diklasifikasikan secara identik dengan sambungan melintang yang terkait.

4) Lihat juga catatan pada H.3.3.2. Persyaratan yang setara yang terkandung dalam standard lain, dll, juga dapat digunakan untuk tujuan penilaian, dengan persetujuan BKI.
Jika komponen atau sambungan las telah didimensikan menurut kriteria kekuatan lelah berdasarkan kategori detail tertentu ΔσR (lihat Rules for Hull (Pt.1, Vol. II) Bab 20, Tabel 20.3), grade mutu juga harus memenuhi persyaratan kategori detail ini.

5) Terkait persyaratan uji ultrasonic, lihat Bab 10, L.5 (Tabel 10.4).

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 13 Pengelasan Ketel Uap

A. Umum 13-1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 13-1
C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab 13-2
D. Material, Kemampuan Las 13-3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 13-3
F. Uji Prosedur Pengelasan 13-3
G. Teknik Pengelasan 13-7
H. Perlakuan Panas Pasca-Las 13-8
I. Inspeksi Komponen Las 13-10

Catatan awal:

Berdasarkan persetujuan BKI, standard praktis seperti ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section 1 dapat diadopsi untuk pembuatan dan pengujian ketel uap yang dibuat dengan pengelasan (peraturan berikut berlaku secara analog). Lihat juga Bab 1, B.1.4.A.

A. Umum

1. Ruang lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk pembuatan dan pengujian ketel uap, *superheater*, pemanas awal air umpan dan komponen bertekanan sejenis dari instalasi ketel uap yang dibuat dengan pengelasan.

2. Peraturan terkait lainnya

2.1 Ketentuan pada Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol. III) Sec. 7.I juga harus dipenuhi dalam perancangan dan penentuan dimensi dari komponen ketel uap.

3. Penilaian lasan

3.1 Lasan memanjang yang menerima tegangan tarik secara umum dapat diperiksa dengan faktor las hingga V = 0,8, asalkan las tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Bab 1 dan 2 serta paragraf berikut.

3.2 Penilaian dengan faktor yang lebih tinggi hingga V = 1,0 dapat diterapkan jika uji produksi dan uji tak rusak sesuai dengan I.11. telah berhasil dilakukan pada komponen yang telah jadi.

B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan

1. Semua bengkel las yang bermaksud untuk melakukan pekerjaan pengelasan dalam lingkup Peraturan ini harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk bengkel dan personel pengelasan yang diatur dalam Bab 2 dan harus telah disetujui oleh BKI. Permohonan persetujuan harus diajukan oleh bengkel las dalam waktu yang tepat sebelum memulai pekerjaan pengelasan, dengan melampirkan informasi dan dokumentasi yang ditentukan dalam Bab 2, A.3.

2. Personel pengelasan (juru las dan pengawas las) dan, jika ada, inspektur dan pengawas inspeksi harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Bab 2, B.2., B.3. dan B.4. serta telah diakui oleh BKI. Untuk uji kualifikasi juru las, lihat Bab 3.

C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab

1. Pabrik pembuat harus mengirimkan kepada BKI, untuk inspeksi, gambar dan dokumen terkait lainnya yang berisi setidaknya informasi berikut:

- Material dan bahan habis pengelasan yang akan digunakan,
- Proses pengelasan dan lokasi serta bentuk las,
- Jenis perlakuan panas, jika disyaratkan,
- Tekanan kerja yang dapat diterima,
- Temperatur desain,
- Temperatur operasi,
- Tekanan uji
- Faktor las "V" yang digunakan sebagai dasar perhitungan
- Jenis dan ruang lingkup uji tak rusak,
- Jenis dan ruang lingkup uji produksi

2. Jika mutu atau urutan kerja yang baik dari komponen tidak dapat dijamin atau diragukan akibat informasi yang tidak memadai atau tidak ada pada dokumen fabrikasi (misalnya gambar produksi), maka BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai.

3. Bengkel las harus memastikan melalui inspeksi mutu internal secara regular selama fabrikasi dan pada penyelesaian pekerjaan pengelasan bahwa pekerjaan tersebut telah dilakukan secara kompeten dan memuaskan (lihat Bab 1, F.). Untuk tugas dan tanggung jawab pengawas las, lihat juga ISO 14731.

4. Bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini, dokumen fabrikasi yang disetujui, segala ketentuan yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan dan praktik pengelasan terkini. Inspeksi dan pemeriksaan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini.

5. Berkenaan dengan inspeksi mutu dan tanggung jawab pada pekerjaan subkontrak yang diberikan kepada cabang independen atau pemasok atau kepada perusahaan luar yang disetujui atau tidak disetujui yang bekerja di bengkel las (subkontraktor), lihat Bab 1, F. Pekerjaan yang disubkontrakkan atau penggunaan pekerja tidak tetap harus diberitahukan kepada BKI.

6. Ruang lingkup inspeksi mutu yang disyaratkan tergantung pada proyek konstruksi yang bersangkutan. Namun, penting untuk memastikan bahwa material, bahan habis pengelasan dan material bantu yang dimaksudkan telah digunakan dan bahwa persiapan las, perakitan, pengerjaan las cantum dan las akhir serta ketepatan dimensi dan kesempurnaan sambungan las memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 3. Untuk uji tak rusak sambungan las dan uji produksi yang harus dilakukan, lihat I.

7. Setelah inspeksi internal dan, jika perlu, perbaikan oleh bengkel las, komponen harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI pada tahapan fabrikasi yang sesuai untuk diperiksa. Untuk tujuan ini komponen harus mudah diakses dan biasanya tidak dicat. Jika inspeksi sebelumnya tidak memadai, maka Surveyor dapat menolak komponen dan meminta komponen ditunjukkan kembali setelah inspeksi bengkel yang memuaskan dan semua pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilakukan.

8. BKI tidak bertanggung jawab untuk menjamin bahwa semua komponen dan sambungan las yang diperiksa sejauh yang ditentukan (umumnya secara acak) oleh Surveyornya telah dibuat sesuai dengan ketentuan dan memenuhi semua persyaratan. Komponen atau sambungan las yang kemudian berubah menjadi cacat dapat ditolak atau perbaikannya dapat diminta meskipun uji penerimaan telah dilakukan sebelumnya.

D. Material, Kemampuan Las

1. Material yang dipilih harus sesuai untuk tujuan yang dimaksudkan, dengan memberikan toleransi untuk tegangan mekanis dan termal. Karakteristik material yang akan diproses lebih lanjut harus sedemikian sehingga material tersebut mampu menahan beban operasi.

2. Struktur yang dilas hanya dapat dibuat dengan menggunakan material induk yang telah terbukti kemampuan lasnya. Material yang dimaksud harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam bab-bab yang relevan pada Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4 hingga 9. Material lain yang setara hanya dapat digunakan setelah BKI memberikan persetujuannya dalam setiap kasus individu.

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

1. Bahan habis pengelasan harus mampu membuat sambungan las yang sesuai dengan material induk, temperatur operasi dan kondisi layanan. Kesesuaian bahan habis pengelasan juga harus telah diverifikasi berdasarkan kondisi yang berlaku dalam pemrosesan selanjutnya.

2. Semua bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan (misalnya elektroda berbungkus, kombinasi kawat-gas, kombinasi kawat-fluks, dll.) harus telah disetujui oleh BKI sesuai dengan Bab 5. Namun, bahan habis pengelasan dan material bantu juga dapat disetujui jika diuji pada waktu yang sama dengan prosedur pengelasan dan terbatas untuk bengkel pengguna (lihat Bab 4, B.3.2 dan Bab 5, A.1.4).

3. Untuk penyambungan antara material yang berbeda, bahan habis pengelasan harus sedapat mungkin diarahkan pada material dengan paduan yang lebih rendah atau material dengan kekuatan yang lebih rendah.

4. Bahan habis pengelasan dan material bantu yang telah ditetapkan dalam dokumen persetujuan prosedur dengan nama pembuat atau mereknya (lihat F.3.5) hanya boleh diganti dengan bahan habis pengelasan yang setara yang telah disetujui oleh BKI dengan grade mutu yang sesuai jika hal ini dinyatakan secara eksplisit dalam dokumen persetujuan terkait. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka persetujuan dari BKI harus diperoleh.

5. Bahan habis pengelasan dan material bantu hanya boleh digunakan pada posisi pengelasan yang telah disetujui. Rekomendasi dan instruksi pabrik pembuat mengenai pengelasan (misalnya jenis arus dan polaritas) harus diikuti.

6. Bahan habis pengelasan dan material bantu (terutama hidrogen yang terkontrol, elektroda berbungkus tipe *basic* dan fluks pengelasan tipe *basic*) harus dikeringkan kembali sebelum digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat (perhatikan waktu pengeringan maksimum) dan disimpan di tempat kering (dalam wadah yang dipanaskan atau sejenisnya) di tempat kerja.

F. Uji Prosedur Pengelasan

Catatan awal:

Berbeda dengan Peraturan pada edisi sebelumnya, uji prosedur harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614. Paragraf ini pada dasarnya mencakup persyaratan yang berlaku untuk pengelasan ketel uap di luar yang telah diatur dalam ISO 15614-1.

1. Umum

Prosedur pengelasan yang harus digunakan hanya prosedur yang penanganan operasionalnya memuaskan dan sifat mutu yang memadai telah diverifikasi sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan berdasarkan kondisi produksi di bengkel pengguna. Persyaratan umum yang diatur dalam Bab 4 harus diperhatikan. Prosedur pengelasan harus telah disetujui oleh BKI untuk bengkel las yang dimaksud.

2. Pengelasan benda uji, spesifikasi prosedur pengelasan (WPS)

2.1 Spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) milik "pabrik pembuat" yang menetapkan semua parameter utama harus dibuat oleh bengkel las untuk pengelasan benda uji sesuai dengan ISO 15609, sesuai yang berlaku (lihat Lampiran D).

2.2 Ahli BKI harus memilih salah satu juru las yang namanya akan disuplai oleh pabrik pembuat untuk mengelas benda uji.

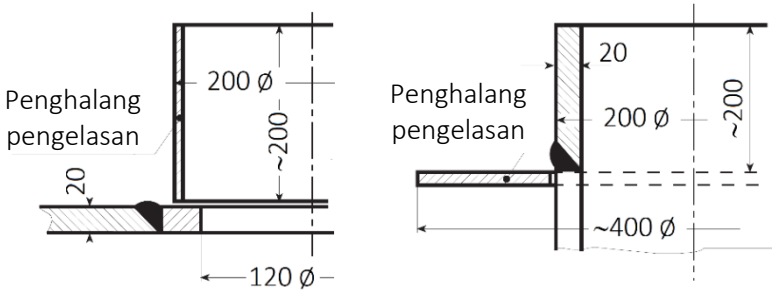
2.3 Benda uji harus dibuat dari material yang sifatnya telah terbukti sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4 hingga 9. Kekuatan material paling sedikit harus 40 N/mm^2 lebih tinggi dari kekuatan tarik minimum grup material. Perlakuan awal dan perlakuan akhir sambungan las dengan pemanasan awal, perlakuan panas dan sejenisnya hanya diizinkan jika ditentukan untuk material tersebut pada waktu fabrikasi yang sebenarnya.

2.4 Jenis las dan posisi pengelasan yang digunakan dalam proses fabrikasi harus dikualifikasi dalam uji prosedur pengelasan.

2.5 Bentuk dan dimensi benda uji ditentukan dalam ISO 15614-1 atau, jika memungkinkan, ditentukan dalam 2.6.

2.6 Untuk pengelasan soket, *nipple*, dll., hal berikut harus dilakukan:

- 2 las soket sesuai dengan standar praktek bengkel atau
- 2 benda uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.1a) dan 13.1b).



13.1a) 13.1b)

Gambar 13.1 Benda uji untuk pengelasan soket dan *nipple*, tipe disisipkan (kiri) dan tipe tembus (kanan)

3. Prinsip pengujian, batasan ruang lingkup

Kualifikasi prosedur pengelasan harus dipastikan sesuai dengan ISO 15607 melalui uji kualifikasi prosedur pengelasan, untuk baja sesuai dengan ISO 15614-1.

Pengujian ini berlaku dalam batas-batas yang dijelaskan dalam 3.1 hingga 3.7. Ruang lingkup uji prosedur pengelasan ditentukan oleh BKI secara tertulis. Setiap pengecualian memerlukan pelaksanaan uji tambahan, yang ruang lingkupnya harus ditetapkan oleh BKI. Uji produksi dapat diakui sebagai uji tambahan.

3.1 Kelompok material

Diluar ketentuan sistem pengelompokan ISO 15608, ketentuan berikut ini harus diperhatikan:

a) Untuk material yang harus memenuhi persyaratan korosi tertentu (misalnya ketahanan terhadap retak kaustik) uji prosedur pengelasan harus diarahkan pada persyaratan tersebut.

b) Kualifikasi prosedur pengelasan yang dilakukan pada baja *killed* kelompok 1 tidak berlaku untuk baja *unkilled* kecuali jika dilas menggunakan elektroda berbungkus tipe *basic* atau kombinasi kawat-fluks dengan fluks tipe *basic*.

c) Material 15NiCuMoNb5 dan 17MnMoV6-4 harus diklasifikasikan sebagai material kelompok 2.

Persetujuan juga diberikan untuk kombinasi material berikut selain kombinasi material yang ditentukan dalam ISO 15614-1 Tabel 3 tetapi di bawah persyaratan berikut (lihat Tabel 13.1).

Menyimpang dari ISO 15614-1 Tabel 3, uji prosedur pengelasan untuk kombinasi kelompok 8 yang dilas ke kelompok 2 tidak termasuk kombinasi kelompok 8 yang dilas ke kelompok 3.

Tergantung pada komposisi material dan/atau jenis perlakuan pasca-las yang disyaratkan, BKI juga dapat membatasi ruang lingkup untuk material induk yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

3.2 Proses pengelasan

Pengakuan hanya berlaku untuk proses pengelasan yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

3.3 Pengelasan gas

Pada pengelasan gas pengujian yang dilakukan pada ketebalan dinding tertentu berlaku untuk rentang ketebalan dinding 0,75 t hingga 1,25 t.

3.4 Parameter pengelasan

Uji prosedur pengelasan yang dilakukan pada las multi-jalur tidak berlaku untuk las jalur tunggal.

3.5 Bahan habis pengelasan dan material bantu

Persyaratan ISO 15614-1, paragraf 8.4.5. tidak berlaku jika logam pengisi yang digunakan adalah jenis yang sama dan telah disetujui oleh BKI untuk berada di bawah lingkup kualifikasi prosedur pengelasan (lihat E.4.)

3.6 Perlakuan panas

Uji prosedur pengelasan berlaku untuk kondisi perlakukan panas yang ada pada saat pengujian. Perlakuan panas benda uji harus dilakukan sehingga kondisi perlakuan panas yang setara dengan perlakuan panas pada komponen tercapai.

Tabel 13.1 Rentang persetujuan untuk sambungan logam yang berbeda

Kualifikasi prosedur pengelasan yang tersedia untuk sambungan kombinasi kelompok baja	Sesuai untuk sambungan kombinasi berikut
5 (10CrMo9-10) dilas dengan 4	4 dilas dengan 5 (13CrMo4-5) 4 dilas dengan 1 4 dilas dengan 2 (R_{eH} < 430 N/mm^2)
5	5 dilas dengan 1 5 dilas dengan 2
6 dilas dengan 4	6 dilas dengan 5 6 dilas dengan 2 6 dilas dengan 1

3.7 Kasus khusus

Untuk kasus-kasus khusus, misalnya las proyeksi, pengelasan baja berlapis, las tiang dan perbaikan yang sulit untuk dilakukan pada fabrikasi baja yang rentan terhadap retak karena pengerasan zona terpengaruh panas, uji prosedur pengelasan diperlukan yang harus diarahkan pada kasus-kasus khusus tersebut. Pengujian yang disyaratkan dan ruang lingkupnya ditentukan oleh BKI dalam setiap kasus individu.

4. Pengujian, ruang lingkup pengujian

Pengujian terdiri dari uji tak rusak maupun uji rusak dan harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614-1, paragraf 7.

Menyimpang dari ISO 15614-1, paragraf 7.1 dan Tabel 1, spesimen berikut juga harus diambil dari benda uji:

a) Satu spesimen uji tarik yang seluruhnya logam las dengan diameter 10 mm dan L_0 = 50 mm juga harus diambil jika ketebalan material benda uji lebih dari 20 mm dimana efek dari logam las yang disebabkan oleh sambungan las mungkin signifikan.

   Hal ini berlaku untuk baja dalam kelompok material 4 dan 6 dan juga untuk baja yang ditentukan dalam 3.1.c).

b) Spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari pusat logam las untuk setiap posisi pengelasan dalam kasus:
   - pelat: semua material dengan ketebalan nominal dinding > 5 mm
   - pipa
   - 14MoV6-3 dan X20CrMoV12-1 dengan ketebalan dinding nominal > 10 mm,
   - 16Mo3 dengan ketebalan dinding nominal > 20 mm,
   - semua grade baja lainnya yang sesuai EN 10216-2 dan EN 10217-2 dengan ketebalan dinding nominal > 30 mm,
   - grade baja lainnya diatas ketebalan dinding nominal sebagaimana ditetapkan dalam standar atau dalam dokumen persetujuan BKI untuk material induk.

c) Spesimen mikrografik untuk baja paduan[1)]. Struktur mikrografik harus dijelaskan dan diverifikasi dengan menggunakan foto.

d) Analisis logam las untuk baja paduan[1)].

5. Persyaratan uji

Cacat dalam benda uji harus berada dalam batas-batas yang ditetapkan untuk tingkat mutu B sesuai dengan ISO 5817, pengecualian berupa: pemerkuat las berlebih (las butt dan fillet), pemerkuat akar berlebih dan ketebalan las fillet berlebih yang masuk ke tingkat mutu C.

Untuk pengujian mekanis dan pengujian teknologi, berlaku Tabel 13.2.

6. Penyimpanan spesimen

Spesimen yang diuji dan bagian yang tersisa dari benda uji harus disimpan sampai laporan uji prosedur pengelasan telah selesai (lihat juga Bab 4, C.3.).

[1)] Untuk klasifikasi baja (tanpa paduan dan paduan), lihat EN 10020.

7. Masa berlaku, perpanjangan uji prosedur pengelasan

Masa berlaku uji prosedur pengelasan umumnya 1 tahun asalkan prasyarat persetujuan tidak berubah secara signifikan. Masa berlaku ini dapat diperpanjang dengan uji produksi berkala (lihat I.11).

Sebagai tambahan terhadap uji produksi dan pengujian yang dilakukan pada komponen yang dilas (lihat I.) uji tak rusak juga dapat diakui oleh BKI untuk memperpanjang masa berlaku, dengan prasyarat tertentu.

Uji prosedur pengelasan harus diulang jika ada jeda pada fabrikasi ketel uap atau komponen ketel uap yang berlangsung lebih dari satu tahun.

G. Teknik Pengelasan

1. Lasan harus menunjukkan penetrasi penuh pada seluruh penampangnya dan tidak boleh memiliki cacat retak atau kurang fusi. Apabila mungkin, akar harus dibuat alur dan ditutup.

2. Ketika mengelas pelat yang ketebalannya berbeda lebih dari 20% atau lebih dari 3 mm, pelat yang lebih tebal harus ditiruskan hingga tebal pelat yang lebih tipis dengan sudut maksimum 30°.

3. Dalam kasus dinding terdiri dari beberapa cincin, sambungan memanjang harus dibuat zig-zag.

4. Las fillet pada sambungan tumpang hanya diizinkan dalam kasus-kasus tertentu dan hanya boleh dibuat sebagai las melingkar dari kedua sisi dengan ketebalan dinding sampai dengan 15 mm.

5. Las sudut dan sambungan las serupa yang menerima tegangan tekuk yang cukup besar pada kondisi fabrikasi atau operasi yang merugikan diperbolehkan hanya jika BKI tidak keberatan dengan metode pengerjaannya.

Tabel 13.2 Persyaratan yang berlaku untuk pengujian mekanis dan teknologi

Jenis pengujian	Persyaratan		
Uji tarik melintang las	Seperti yang ditentukan untuk material induk atau pada uji kesesuaian produk bahan habis pengelasan		
Uji tarik panas pada spesimen yang diambil dari logam las	Seperti yang ditentukan untuk material induk atau pada uji kesesuaian produk bahan habis pengelasan		
Uji impak batang bertakik[1] pada spesimen yang diambil dari pusat las	Seperti yang ditentukan untuk material induk pada arah melintang Untuk sambungan las pada baja austenitik, ≥ 40 J dengan spesimen takik-V ISO Pengujian harus dilakukan pada temperatur kamar		
Uji lengkung teknologi	**Sudut lengkung**	**Kategori kekuatan[2]**	**Diameter mandrel**
	180° [3]	Baja feritik dengan kekuatan tarik minimum < 430 N/mm^2	2 x a
		Kekuatan tarik minimum ≥ 430 N/mm^2 sampai 460 N/mm^2	2,5 x a
	180° [3]	Baja austenitik temperatur tinggi Baja feritik dengan kekuatan tarik minimum ≥ 460 N/mm^2	3 x a
	Jika sudut lengkung 180° tidak tercapai, kondisi berikut ini berlaku:		
	≥ 90°	Pemanjangan (L_0 = lebar las + ketebalan, simetris terhadap las) ≥ pemanjangan minimum A_5 dari material induk.	

Tabel 13.2 Persyaratan yang berlaku untuk pengujian mekanis dan teknologi *(lanjutan)*

Jenis pengujian	Persyaratan	
Uji lengkung teknologi	< 90°	Pemanjangan lebar las > 30% [4] dan tampilan fraktur tanpa cacat
Pemeriksaan metalografi	Spesimen makrografik sambungan las harus memperlihatkan penumpukan las yang memuaskan dan penetrasi las penuh. Penampang mikrografik harus diperiksa terhadap keretakan. Retak tidak dapat diterima. Dalam hal sambungan las pada baja austenitik, retak panas dapat diterima asalkan jumlahnya sedikit dan tersebar luas.	
Pengujian kekerasan	Kekerasan dalam zona terpengaruh panas tidak boleh melebihi 350 HV 10. Kekerasan tertinggi yang lebih dari nilai tersebut pada zona transisi sempit tidak perlu dipermasalahkan jika hasil uji teknologi memenuhi persyaratan	

[1] Untuk spesimen yang lebarnya kurang dari ukuran standar 10 mm, persyaratan energi impak diturunkan secara proporsional terhadap penampang spesimennya.

[2] Kekuatan tarik berlaku pada daerah dengan ketebalan paling kecil.

[3] Persyaratan 180° dianggap telah terpenuhi jika uji lengkung dilakukan menurut ISO 5173 dan tekanan telah diaplikasikan oleh penekan tanpa muncul keretakan.

[4] Nilai yang berbeda dapat disetujui untuk baja yang tidak dilas dengan logam pengisi yang cocok.

6. Rongga dan lubang pengelasan pada atau tepat disebelah lasan, terutama lasan memanjang, sedapat mungkin harus dihindari.

7. Pengelasan komponen di daerah yang mengalami pembentukan dingin dimana serat luarnya telah diregangkan lebih dari 5% ($D_m < 20 \cdot s$ untuk cincin kulit silindris) hanya diperbolehkan jika efek dari pembentukan dingin telah dihilangkan dengan menggunakan perlakuan panas yang tepat.

Hal ini umumnya harus dicapai dengan perlakuan panas normalisasi atau pendinginan cepat dan temper. Persyaratan ini dapat diabaikan jika dapat menunjukkan bukti bahwa sifat material tidak mengalami penurunan yang begitu signifikan sehubungan dengan penggunaan yang dimaksudkan.

8. Setiap lasan pada komponen ketel harus diberi tanda sedemikian rupa sehingga lokasinya tetap dapat dikenali dan juru las yang bersangkutan dapat diidentifikasi setiap saat. Kedua hal ini dapat dibuktikan baik dengan memberi stempel pada lasan dengan penandaan las yang dimaksud ataupun dengan membuat catatan dalam gambar, bagan pengelasan atau rekaman lainnya.

H. Perlakuan Panas Pasca-Las

1. Komponen yang dilas harus diberi perlakuan panas setelah pengelasan sesuai dengan ketentuan dari standar yang relevan atau dokumen yang telah disetujui BKI.

1.1 Perlakuan panas pasca-las umumnya terdiri dari perlakuan panas pembebas tegangan.

1.2 Komponen yang dibuat dari baja yang telah mengalami perlakuan panas normalisasi harus dikenai perlakuan panas normalisasi jika:

- karakteristik sambungan las yang disyaratkan hanya dapat dicapai dengan perlakuan panas normalisasi atau
- komponen telah mengalami pembentukan panas setelah pengelasan, kecuali jika pembentukan panas dilakukan dalam rentang temperatur yang setara dengan perlakuan panas normalisasi.

1.3 Komponen yang dibuat dari baja yang diquench dan ditemper harus dikenai quench dan temper jika:

- karakteristik sambungan las yang disyaratkan hanya dapat dicapai dengan quench dan temper atau
- komponen telah mengalami pembentukan panas setelah pengelasan.

Jika, dalam kasus baja pengerasan-udara dan temper, pembentukan panas komponen dilakukan seluruhnya di bawah kondisi yang berlaku untuk perlakuan panas normalisasi, maka cukup dilakukan temper saja.

1.4 Untuk sambungan las tersebut, pemanasan awal dan perlakuan dengan quench dan temper atau dengan temper saja lazimnya harus dilakukan sesuai dengan petunjuk dari pabrik pembuat material atau bahan habis pengelasan. Perlakuan panas dengan cara khusus harus ditentukan jika, misalnya, material atau logam las dikeraskan sampai tingkat yang tidak dapat diterima pada waktu pengelasan.

Untuk baja paduan tinggi dengan struktur feritik atau austenitik, kebutuhan dan metode perlakuan panas harus ditentukan secara individual.

2. Perlakuan panas pasca-las dapat ditiadakan jika kondisi berikut terpenuhi:

2.1 Sebelum pengelasan, material harus dalam kondisi perlakuan panas yang ditentukan dalam standar yang relevan atau dalam dokumen yang telah disetujui BKI. Kondisi ini juga dianggap terpenuhi jika kondisi perlakuan panas yang diperlukan hanya dapat dicapai pada waktu fabrikasi berikutnya.

2.2 Ketebalan dinding nominal pada sambungan tidak boleh melebihi 30 mm.

2.3 Pada komposisi kimia (analisis lebur) dari material induk dan logam las, kandungan berikut tidak boleh dilewati:

- C 0,22 %, Si 0,50 %, Mn 1,40 %,
  Cr 0,30 %, Cu 0,30 %, Mo 0,50 %,
  Ni 0,30 %, V 0,20 %;

Dalam konteks ini, kondisi berikut juga harus dipenuhi:

- $Cr + Ni \leq 0{,}30$ % dan $Mn + Mo + V \leq 1{,}6$ %.

Kondisi ini dapat longgarkan dalam kasus baja yang telah dibuat tahan terhadap patah getas dan pengerasan dengan cara metalurgi khusus. Kesesuaian dan sifatnya harus ditunjukkan kepada BKI setelah periode pembuktian yang cukup. Ketahanan baja terhadap patah getas, ketahanan terhadap pengerasan dan kemampuan las harus setara dengan baja yang termasuk dalam batas analitis di atas. Untuk logam las, pada kadar $C \leq 0{,}10\%$ kandungan Si harus $\leq 0{,}75\%$, kadar Mn 2,0% dan jumlah kandungan Mn, Mo dan V $\leq 2{,}5\%$ jika bahan habis pengelasan yang digunakan menghasilkan logam las dengan ketangguhan yang sangat tinggi, misalnya dengan menggunakan bahan habis pengelasan dengan karakteristik basa.

3. Perlakuan panas pasca-las dapat ditiadakan untuk las butt yang terletak pada pipa aliran gas buang yang terbuat dari baja 13CrMo44 tanpa batas bawah untuk temperatur rata-rata dinding dan pada pipa yang terbuat dari baja 10CrMo9 10 di atas temperatur rata-rata dinding sekitar 490 °C, asalkan diameter luar pipa tidak lebih dari 63,5 mm dan ketebalan dinding tidak lebih dari 10 mm. Las butt diantara pipa dan pentil *(nipple)* pipa termasuk dalam ketentuan ini, meskipun las butt tersebut tidak berada di aliran gas buang.

4. Umumnya komponen harus diberi perlakuan panas secara menyeluruh. Dalam kasus perlakuan panas pembebas tegangan dan perlakuan panas temper, pengecualian dari paragraf 1. dapat dilakukan jika:

- dalam kasus komponen berbentuk silinder, penampang silinder cukup lebar atau

– dalam kasus lasan memanjang di cincin kulit terbuka tanpa ada lasan melingkar, zona lasan dengan lebar yang cukup diberi perlakuan panas dengan pemanasan seragam (kontinu), di kedua sisi jika mungkin, asalkan ahli dari BKI tidak keberatan. Dalam kedua kasus tersebut, tegangan termal tidak diizinkan untuk bergeser ke bagian yang terkena tegangan tekuk (misalnya flensa atau lubang pengelasan).

5. Pengelasan bagian-bagian kecil ke dalam dan ke dinding ketel uap umumnya harus dilakukan sebelum perlakuan panas. Hal ini terutama berlaku jika:

– ketebalan dinding nominal struktur dasar melebihi 30 mm (lihat 2.2),
– kandungan yang tercantum dalam 2.3 terlampaui,
– Pembentukan dingin dilakukan bersamaan dengan pengelasan.

Ketika pengelasan pada masing-masing bagian kecil, perlakuan panas dapat ditiadakan jika sifat material yang akan disambung dan proses pengelasannya mampu membuat suatu sambungan las yang memuaskan yang sesuai dengan kondisi penggunaan dan temperatur kerja.

6. Bukti dokumentasi dari perlakuan panas yang dijelaskan pada 1.1 sampai 1.4 harus disediakan dalam bentuk sertifikat pabrik sesuai ISO 10474 atau EN 10204, sesuai yang berlaku yang harus mencantumkan metode, temperatur dan lama perlakuan panas serta metode pendinginan. Perlakuan panas khusus, misalnya pendinginan sementara setelah pengelasan sebelum perlakuan temper, harus dicatat dalam sertifikat pabrik.

I. Inspeksi Komponen Las

1. Jika tidak ada uji produksi dilakukan pada cincin kulit yang dilas yang telah mengalami penekukan panas atau perlakuan panas, maka untuk material dengan kekuatan tarik minimum ≥ 440 N/mm^2 [2)] dan baja paduan[1)] sebuah benda uji yang diambil dari pelat yang digunakan dan telah distempel oleh ahli BKI harus dikenai perlakuan yang sama seperti cincin kulit. Uji tarik dan uji impak batang bertakik (tiga spesimen uji) harus dilakukan pada spesimen dari benda uji ini untuk mendapatkan kondisi tertinggi dari material drum atau cincin kulit.

2. Drum yang dilas penuh untuk ketel pipa-air dengan ujung-ujungnya ditebalkan (upset) atau pra-las harus dilakukan pengujian sesuai yang ditentukan dalam 2.1 hingga 2.4.

2.1 Oleh ahli BKI, drum harus dilakukan pengujian tekanan hidrolik pada 1,5 kali tekanan kerja, dengan batasan bahwa tegangan yang dihasilkan tidak boleh melebihi 0,9 kali kekuatan luluh pada 20°C, dengan mempertimbangkan toleransi diameter positif dan toleransi ketebalan dinding negatif. Komponen tersebut tidak boleh menunjukkan adanya kebocoran selama pengujian tekanan hidrolik dan tidak terjadi deformasi permanen setelah itu. Pengujian ini dapat ditiadakan jika seluruh lasan memanjang dan melingkar telah dilakukan uji tak rusak dengan cara yang tepat dengan hasil yang memuaskan.

2.2 Jika piringan drum dibuat dari baja dengan kekuatan tarik minimum ≥ 440 N/mm^2 [2)] dan kekuatan luluh minimum pada temperatur kamar ≥ 320 N/mm^2 dan ketebalan dinding nominal lebih besar dari 30 mm, maka setelah perlakuan panas akhir tiga sampel inti harus dibor dari logam, satu sampel diambil dari masing-masing ujung bagian silinder dan satu sampel dari bagian tengah drum. Lokasi persis dari titik pengambilan sampel, yang satu sama lain harus berjarak kira-kira 120° jika memungkinkan, harus ditunjukkan oleh pembuat ketel uap kepada pembuat drum pada waktu yang tepat. Diameter dari sampel inti minimal harus 60 mm agar dapat disiapkan satu spesimen untuk pengujian tarik dan satu set yang terdiri dari tiga specimen untuk uji impak batang bertakik. Spesimen harus dipotong melintang terhadap arah

[2)] Ambang batas dapat dinaikkan menjadi 470 N/mm^2 jika diberikan bukti bahwa perlakuan panas pembebas tegangan tidak tidak dapat mengakibatkan pengurangan tegangan luluh yang tidak dapat diterima.

pengerolan pelat; jika mungkin, spesimen uji tarik harus terletak 1/6 dari ketebalan dinding di bawah permukaan. Dari tiga spesimen uji impak batang bertakik, satu harus diambil dari masing-masing ujung dan satu dari tengah sampel inti.

2.3 Jika cincin kulit yang dibengkokkan secara dingin dengan tingkat deformasi > 5%, cincin kulit yang dibengkokkan secara panas atau piringan setengah-drum dibuat dari baja dengan kekuatan tarik minimum ≥ 440 N/mm^2 [2)] dan kekuatan luluh minimum pada temperatur kamar ≥ 320 N/mm^2 dan ketebalan dinding nominal lebih besar dari 30 mm, maka sebuah cincin dengan lebar yang cukup harus dipotong setelah diberi perlakuan panas, untuk membuat satu spesimen uji tarik dan satu set uji impak batang bertakik yang terdiri dari tiga spesimen yang harus diambil secara melintang terhadap arah pengerolan pelat. Atau, prosedur yang diuraikan dalam 2.2 dapat diikuti.

2.4 Jika dalam situasi yang dijelaskan dalam 2.2 dan 2.3, perlakuan panas akhir hanya terdiri dari perlakuan panas penghilangan tegangan atau jika pengerjaan dilakukan hanya dalam rentang temperatur perlakuan panas penghilang tegangan dan tidak menyebabkan perubahan sifat material secara substansial, spesimen yang ditentukan dalam 2.2 dan 2.3 dapat dipersiapkan sebelumnya dan diberi perlakuan panas dengan cara yang sama. Dalam hal ini, temperatur diseluruh panjang spesimen dan perbedaan variasi temperatur harus diukur dan dicatat.

3. Persyaratan yang berlaku untuk uji mekanis dan teknologi yang dinyatakan dalam 1. dan 2. diatur oleh ketentuan dari Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) Sec. 4, H. dan Sec. 7, A.

Dalam pengujian material induk setelah perlakuan panas, toleransi negatif 5% dari kekuatan luluh minimum dan kekuatan tarik minimum berlaku pada setiap kasus jika area kekuatan luluh temperatur tinggi dikenai beban.

Kekuatan luluh dan kekuatan tarik dapat lebih rendah 5%, hingga 10% dari persyaratan minimum, jika dilengkapi bukti bahwa

- Perlakuan panas telah dilakukan secara memuaskan
- Persyaratan yang berlaku untuk pemanjangan material induk terpenuhi
- Persyaratan yang berlaku untuk energi impak dari material induk terpenuhi
- Dimensi desain yang berdasarkan pada kekuatan luluh temperatur tinggi masih memadai.

Jika beban diterapkan di area kekuatan mulur, maka kekuatan luluh dan kekuatan tarik dapat kurang dari persyaratan minimum yang ditentukan hingga maksimal 10%.

4. Inspeksi pada bagian internal dan eksternal harus dilakukan pada cincin kulit dan drum yang telah selesai, dan terutama pada lasan dan daerah disebelahnya dan ujung piringan. Untuk pemeriksaan, komponen harus memiliki permukaan bagian eksternal dan internal yang halus sesuai dengan kondisi setelah diproduksi, untuk memastikan bahwa cacat permukaan yang signifikan dapat dideteksi; permukaan internal harus dibersihkan. Pada saat yang bersamaan, pengukuran harus dilakukan untuk menentukan:

4.1 Keliling bagian eksternal

Pengukuran harus dijarakkan dengan interval sekitar 1 m pada seluruh panjang komponen. Pengukuran keliling bagian eksternal harus dilakukan untuk menentukan diameter luar rata-rata. Diameter luar dari cincin kulit dan drum tidak boleh memiliki perbedaan dari diameter luar yang ditetapkan lebih dari ± 1,0 %.

4.2 Ketidakbulatan

Pengukuran harus dijarakkan dengan interval sekitar 1 m pada seluruh panjang komponen. Ketidakbulatan

$$U = \frac{2 \times (D_{max} \times D_{min})}{D_{max} \times D_{min}} \times 100\%$$

dari drum dan cincin kulit pasca perlakuan panas terakhir harus:

- Untuk drum dan cincin kulit yang tidak diberi perlakukan panas atau perlakukan panas pembebas tegangan dimana ketebalan dinding > 1% dari diameter nominal: maksimal 1%.
- untuk yang diberi perlakukan panas normalisasi, diquench dan ditemper atau piringan drum: maks. 2% max.

Dalam menghitung ketidakbulatan itu, deformasi elastis yang timbul dari berat komponen itu sendiri harus diabaikan. Tonjolan dan penyok yang terisolasi juga harus berada dalam nilai toleransi. Sebagai tambahan, tonjolan dan penyok harus memiliki profil datar dan kedalamannya, diukur sebagai penyimpangan dari kebulatan normal atau dari garis kulit, sesuai yang berlaku, tidak boleh lebih dari 1% dari panjang atau lebar penyok atau tonjolan.

Ketidakbulatan tidak perlu ditentukan jika ketebalan dinding < 1% dari diameter nominal.

4.3 Kelengkungan atau kerataan

Tingkat kelengkungan atau kerataan di daerah lasan memanjang, diukur sebagai deviasi dari kebulatan normal dengan panjang pengukuran 500 mm, tidak boleh melebihi dimensi "a".

Tergantung pada rasio antara diameter rata-rata d_m dengan ketebalan dinding "s_e" dari drum atau cincin kulit, hal berikut ini berlaku:

$a \leq 10$ mm untuk cincin kulit: $\frac{d_m}{s_e} < 40$

$a \leq 5$ mm untuk cincin kulit: $\frac{d_m}{s_e} \geq 40$

4.4 Ketidak-linearan sumbu

Tingkat ketidak-linearan sumbu diperbolehkan:

- Untuk cincin kulit: hingga 0,3% dari panjang silinder
- Untuk drum: hingga 0,5% dari panjang silinder

4.5 Ketebalan dinding las dan daerah pelat disebelahnya

Ketebalan dinding pada pelat harus berada dalam toleransi yang diizinkan untuk pelat.

5. Jika kondisi khusus dari fabrikasi berlaku untuk komponen yang tercantum dalam 1. dan 2., yaitu apabila menggunakan baja dengan ketebalan dinding besar atau baja yang sulit-dilas, maka pengujian tak merusak mungkin juga diperlukan untuk evaluasi hingga V = 0,8. Sambungan las pada baja yang menurut laporan dari ahli BKI, dikenakan metode perlakuan panas tidak standar, harus menjalani pengujian yang ditetapkan dalam laporan, terutama pengujian kekerasan dan inspeksi ultrasonik. Bukti hasil pengujian ini harus disediakan dalam bentuk sertifikat uji penerimaan 3.1 atau 3.2 menurut ISO 10474 atau EN 10204, sebagaimana berlaku sesuai dengan laporan BKI.

6. Sebuah sertifikat uji penerimaan 3.1 menurut ISO 10474 atau EN 10204, sebagaimana berlaku yang menunjukkan bahwa persyaratan yang tercantum dalam 3. dan 4. telah terpenuhi, harus disediakan apabila salah satu dari batasan berikut terlampaui:

- Panjang keseluruhan dari cincin kulit silinder lebih dari 2500 mm
- Diameter luar yang ditentukan lebih dari 1200 mm
- Tekanan kerja yang dapat diterima di lebih dari 16 bar

– Faktor las lebih tinggi dari V = 0,8.

Di bawah batas-batas tersebut, sertifikat uji penerimaan 3.2 menurut ISO 10474 atau EN 10204, sebagaimana berlaku adalah mencukupi.

7. Inspeksi internal dan eksternal harus dilakukan terhadap tungku yang rata atau bergelombang yang telah selesai, dan terutama terhadap daerah lasan dan sekitarnya. Selama inspeksi hal-hal berikut harus diukur:

7.1 Penyimpangan terhadap persyaratan keliling luar

Pengukuran harus berjarak dengan interval kira-kira 1 m pada seluruh panjang komponen. Penyimpangan yang diizinkan dari keliling luar yang dipersyaratkan dalam order pada pengukuran bagian penampang yaitu:

– Untuk tungku bergelombang:
  – bagian tidak bergelombang ± 15 mm
  – bagian bergelombang:
    – jenis *pull-through* + 0 mm
      - 75 mm
    – jenis bergelombang lainnya + 15 mm
      - 60 mm
– Untuk tungku rata:
  – di ujung cincin kulit sampai jarak 250 mm ± 15 mm
  – di bagian sisanya cincin kulit silinder + 0 mm
      - 75 mm
– Untuk tungku rata dengan ujung flensa:
  – bagian silinder + 0 mm
      - 75 mm

7.2 Untuk tabung bergelombang, perbedaan antara diameter luar maksimum dan diameter dalam terkait

Pengukuran harus berjarak dengan interval kira-kira 1 m pada seluruh panjang komponen. Untuk tabung bergelombang, perbedaan antara diameter luar maksimum dan diameter dalam pada bagian gelombang harus sama dengan dimensi yang ditentukan dengan toleransi negatif maksimum 20 mm.

7.3 Ketidakbulatan

Pengukuran harus berjarak dengan interval kira-kira 1 m pada seluruh panjang komponen. Ketebalan dinding harus selalu diukur pada ujung cincin kulit dan pada setiap titik dimana ada penurunan ketebalan dinding secara signifikan.

Ketidakbulatan

$$U = \frac{2 \times (D_{max} \times D_{min})}{D_{max} \times D_{min}} \times 100\%$$

tidak boleh melebihi:

– Untuk tungku bergelombang : 1,0 %
– Untuk tungku rata : 1,5 % sampai dengan maksimum 15 mm

7.4 Ketidaklinearan

Ketidaklinearan harus diukur dengan menempatkan tali lurus pada dinding. Ketidaklinearan tidak boleh melebihi 0,3 % dari panjang silinder cincin kulit.

7.5 Ketebalan dinding daerah lasan dan daerah pelat di sekitarnya

Toleransi berikut berlaku untuk ketebalan dinding tabung bergelombang: rata-rata ketebalan dinding sekurang-kurangnya harus sama dengan ketebalan dinding nominal dalam setiap gelombang. Perbedaan ketebalan lokal hingga 10% dari ketebalan dinding dalam satu gelombang dapat diizinkan. Pengurangan ketebalan dinding harus dikompensasi ketika pembuatan tabung bergelombang dengan cara meningkatkan ketebalan dinding tabung asli. Luas A yang dihitung dari kedalaman gelombang dan ketebalan dinding yang ditentukan harus dicapai. Dengan kedalaman gelombang w 75 mm, pengurangan 5% pada luas A dapat diterima. Di bagian flensa, kekurangan ketebalan dinding hingga 20% dapat diizinkan. Dalam penilaian, cacat yang menurut pendapat ahli BKI secara jelas tidak berkaitan dengan keselamatan harus diabaikan. Tungku rata dikenai toleransi yang berlaku untuk pelat.

8. Bukti bahwa persyaratan yang ditetapkan dalam 7. Telah terpenuhi harus disediakan berupa sertifikat uji penerimaan 3.1 menurut ISO 10474 atau EN 10204, sebagaimana berlaku. Pengujian tekanan hidrolik tidak diperlukan untuk tungku.

9. Daaerah lubang untuk pengelasan header yang disertifikasi sesuai dengan grade mutu I menurut EN 10216-2 (lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 5, C.) harus dikenai uji tak rusak yang sesuai oleh pembuat ketel dan hasil pengujian harus disahkan.

10. Las perbaikan

Pengecualian terhadap aturan sebelumnya dapat dilakukan untuk las perbaikan dalam kasus khusus yang diizinkan, dengan ketentuan bahwa ahli BKI diberitahu tentang sifat dan ruang lingkup lasan yang direncanakan sebelum pekerjaan dimulai dan tidak keberatan dengan pengecualian yang direncanakan.

11. Uji produksi

Uji produksi terdiri dari uji tak rusak pada komponen dan pemeriksaan mutu benda uji (uji mekanik dan teknologi).

11.1 Pengujian tak rusak

Semua lasan memanjang dan melingkar harus dikenai uji tak rusak pada seluruh panjannya. Lasan tersebut juga harus dilakukan pemeriksaan retak permukaan jika diperlukan. Pengujian harus dilakukan sesuai dengan Bab 10.

Untuk lasan melingkar dimana ketebalan dinding < 30 mm, pengujian cukup dilakukan terhadap 25% dari panjang lasan; namun, semua persimpangan lasan memanjang harus diuji.

Pengujian tidak boleh dilakukan hingga perlakuan panas terakhir dari komponen selesai dilakukan.

Pengujian tak rusak tidak boleh memperlihatkan cacat mayor pada lasan. Cacat tersebut termasuk retak, kurang fusi pada dinding samping dan, penetrasi akar tak cukup pada pengelasan satu sisi. Cacat lain seperti pori-pori dan terak harus dinilai sesuai dengan kode yang diakui, misalnya ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section I.

Hasil uji tak rusak harus didokumentasikan dan disampaikan kepada ahli BKI untuk penilaian pada saat pemeriksaan konstruksi.

11.2 Pengujian mutu benda uji

Pengujian berikut harus dilakukan pada benda uji yang dilas bersamaan dengan pengelasan komponen, sebagai perpanjangan dari sambungan memanjang (lihat 11.3.6 dan 11.4):

a) Uji tarik pada dua spesimen, bentuk spesimen sesuai dengan ISO 4136; namun, panjang uji = lebar las + sekurangnya 80 mm.

b) Uji lengkung sesuai ISO 5173 pada empat spesimen uji lengkung melintang (masing-masing dua spesimen dengan sisi las berlawanan yang ditekan). Pada sisi yang mengalami tekanan, setelah pemerkuat lasan dihilangkan, permukaan asli dari benda uji harus dipertahankan semaksimal mungkin. Lekukan yang cukup besar seperti undercut dan takik akar tidak boleh diperbaiki.

c) Uji impak batang bertakik dengan spesimen takik-V sesuai ISO 9016 pada tiga spesimen yang diambil dari tengah logam las dengan posisi takik tegak lurus terhadap permukaan benda uji. Suhu pengujian dan persyaratan ditunjukkan pada Tabel 13.2.

d) Pemeriksaan struktur spesimen (spesimen makrografi); untuk baja paduan[1], spesimen mikrografi juga diperlukan.

e) Pemeriksaan radiografi sesuai ISO 17636 harus dilakukan sebelum pemotongan benda uji.

Tambahan, jika suhu kerja melebihi 350 °C:

f) Uji tarik sesuai ISO 5178 pada spesimen dari logam las (spesimen silinder dengan L_0 = 5 d sesuai ISO 6892-1) untuk ketebalan ≥ 20 mm untuk menentukan 0,2% tegangan uji pada suhu kerja.

atau

g) Analisis logam las yang berkaitan dengan unsur-unsur yang menentukan sifat mekanik pada suhu tinggi sesuai yang ditetapkan ahli BKI.

Untuk material dengan kekuatan tarik minimum ≥ 440 N/mm^2 dan baja paduan [1)] yang mengalami perlakuan panas pasca las, uji tarik dan uji impak batang bertakik pada spesimen yang diambil dari material induk dengan arah melintang terhadap arah rol juga harus dilakukan pada benda uji.

11.3 Jumlah, pemotongan dan dimensi benda uji untuk pengujian mutu

11.3.1 Prosedur untuk enam cincin kulit pertama

Jika evaluasi lanjut dilakukan untuk pertama kalinya atau untuk memperluas cakupan material dengan tipe atau grade baru, maka sebuah benda uji yang terletak di salah satu ujung dari masing-masing enam cincin kulit pertama harus dilas bersamaan dengan kulit cincin dan diuji. Kecuali ditentukan lain, spesimen yang dinyatakan dalam 11.4 harus diambil dari benda uji ini. Benda uji yang diperlukan untuk uji produksi ini harus diambil dari pelat yang digunakan untuk komponen. Setiap nomor peleburan harus tercakup.

11.3.2 Prosedur dari cincin kulit ketujuh dan seterusnya

Persiapan dan jumlah benda uji tergantung pada apakah perlakuan panas pasca las diperlukan atau tidak; lihat H.2.

11.3.3 Untuk komponen dimana perlakuan panas tidak diperlukan, asalkan batasan komposisi kimia yang dinyatakan dalam H.2.3 tidak terlewati, berikut ini berlaku:

a) Persiapan:

Benda uji dapat diambil dari pelat dari jenis dan katergori kekuatan yang sama dan ketebalan yang hampir sama seperti yang digunakan untuk cincin kulit; perbedaan ± 5 mm dapat diterima. Karakteristik pelat harus diverifikasi sesuai dengan Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4 sampai 9.

b) Jumlah benda uji:

Satu benda uji harus dilas sebagai perpanjangan dari salah satu sambungan memanjang dari masing-masing komponen, terlepas dari banyaknya cincin kulit.

11.3.4 Untuk komponen dimana perlakuan panas diperlukan, berikut ini berlaku:

a) Persiapan:

Benda uji harus diambil dari pelat yang akan digunakan untuk komponen yang dimaksud.

b) Jumlah benda uji:

Satu benda uji harus dilas sebagai perpanjangan dari salah satu sambungan memanjang dari masing-masing komponen, terlepas dari banyaknya cincin kulit. Jika komponen terdiri dari material yang berasal dari beberapa leburan, satu benda uji harus dilas untuk setiap leburan. Jika nilai komposisi kimia hanya sedikit berbeda, ahli BKI dapat mengurangi jumlah benda uji, bahkan jika komponen terdiri dari material yang berasal dari beberapa leburan.

11.3.5 Jumlah dan lokasi dari benda uji ditunjukkan pada Tabel 13.3.

Setelah setidaknya 50 uji produksi per kategori material, relaksasi dapat diberikan oleh BKI.

11.3.6 Ukuran benda uji

Ukuran masing-masing benda uji harus sedemikian sehingga spesimen yang ditentukan dalam 11.4.2 dan spesimen uji ulang dalam jumlah yang memadai dapat diambil dari benda uji tersebut.

11.4 Pengelasan benda uji, jumlah dan pemotongan spesimen uji

11.4.1 Pengelasan benda uji

Sambungan benda uji harus dilas dalam proses fabrikasi bersama-sama dengan 300 mm las terakhir dari cincin kulit. Ahli BKI berhak untuk hadir ketika las ini dibuat. Benda uji harus menjalani perlakuan panas yang terbukti sama dengan yang diterapkan pada komponen.

11.4.2 Jumlah benda Uji

Dari setiap benda uji las, spesimen untuk pengujian yang ditentukan dalam 11.2 harus ditandai oleh ahli BKI dan dipotong. Spesimen harus selang-seling satu sama lain dan terletak berdekatan satu sama lain.

Sisa benda uji digunakan untuk uji ulang. Sisa benda uji tersebut juga harus ditandai dan diberi marka sedemikian rupa sehingga afiliasinya dapat ditelusuri dengan jelas.

11.5 Persyaratan

11.5.1 Uji mekanik dan teknologi

Uji mekanik dan teknologi diatur dalam Tabel 13.2 bersama dengan I.3.

11.5.2 Spesimen uji ulang

Jika salah satu pengujian yang tercantum dalam 11.2 gagal untuk mencapai hasil yang disyaratkan, maka setiap uji yang gagal harus diulang dengan menguji dua spesimen tambahan dari jenis yang sama yang diambil dari sisa benda uji. Ketentuan pengujian terpenuhi jika spesimen uji ulang memenuhi persyaratan.

11.6 Uji tambahan

Uji lebih lanjut, misalnya uji impak batang bertakik dengan bagian takik pada daerah transisi atau inspeksi radiografi dalam berbagai arah, harus dilakukan dalam kasus khusus jika dianggap perlu oleh ahli yang berkompeten untuk penilaian las.

Tabel 13.3 Jumlah dan lokasi benda uji

	Perlakuan panas	
	Tidak perlu	Perlu
Cincin kulit ke-1 hingga ke-6	Satu benda uji tiap cincin kulit yang diambil dari pelat yang akan digunakan untuk komponen. Setiap nomor peleburan harus tercakup (lihat I.11.3.1).	
Dari cincin kulit ke-7 dan seterusnya komponen terdiri dari:		
satu cincin kulit	Satu benda uji tiap cincin kulit (lihat I.11.3.2)	
dua cincin kulit atau lebih	Satu benda uji tiap komponen yang diambil dari pelat dengan kategori kekuatan yang sama dan ketebalan yang hampir sama (perbedaan ± 5 mm dapat diterima).	Satu benda uji tiap komponen; namun, bila digunakan nomor peleburan yang berbeda, maka satu benda uji untuk setiap peleburan dari salah satu pelat yang akan digunakan untuk komponen.
Setelah setidaknya 50 uji produksi per kategori material.	Relaksasi dapat diberikan oleh BKI.	

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 14 Pengelasan Bejana Tekan

A. Umum 14–1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 14–2
C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab 14–2
D. Material, Kemampuan Las 14–3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 14–3
F. Uji Prosedur Pengelasan 14–4
G. Teknik Pengelasan 14–10
H. Perlakuan Panas Pasca-Las 14–11
I. Inspeksi Komponen Las 14–13

Catatan awal:

Berdasarkan persetujuan BKI, standard praktis seperti ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII dapat diadopsi untuk pembuatan dan pengujian bejana tekan yang dibuat dengan pengelasan (peraturan berikut berlaku secara analog). Lihat juga Bab 1, B.1.4.

A. Umum

1. Ruang lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk pembuatan dan pengujian tangki baja, bejana dan perlengkapan proses yang dibuat dengan pengelasan yang dirancang untuk menahan tekanan kerja internal:

1.1.1 Tangki, bejana, dan perlengkapan proses yang terbuat dari baja feritik tanpa paduan dan paduan dengan kekuatan luluh nominal hingga 380 N/mm^2.

1.1.2 Tangki, bejana dan perlengkapan proses yang terbuat dari baja tahan karat austenitik.

1.1.3 Tangki kargo[1] dan bejana proses yang terbuat dari baja tangguh pada temperatur di bawah nol untuk pengangkutan gas cair yang didinginkan.

1.2 Tangki, bejana dan perlengkapan proses yang terbuat dari material lain yang tidak disebutkan dalam 1.1 dapat diproduksi dan diuji sesuai dengan standar teknis yang diakui oleh BKI.

1.3 Desain dan pengujian tangki, bejana, dan perlengkapan proses yang disambung dengan proses lain (misalnya patri atau lem) harus mendapatkan persetujuan antara pabrik pembuat dan Kantor Pusat BKI pada setiap kasus individu (lihat juga Bab 1, A.1.1).

2. Peraturan terkait lainnya

2.1 Ketentuan pada Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol. III) Sec. 8 juga harus dipenuhi dalam perancangan dan penentuan dimensi bejana tekan dan perlengkapan proses.

2.2 Tangki kargo yang dirancang untuk membawa bahan kimia juga tunduk pada ketentuan Rules for Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (Pt.1, Vol. X) Sec. 1.

2.3 Tangki kargo dan bejana proses yang dirancang untuk membawa gas cair yang didinginkan juga tunduk pada ketentuan Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX).

[1] Tangki “Tipe C” independen

3. Penilaian lasan

3.1 Lasan memanjang yang menerima tegangan tarik pada bejana tekan dan perlengkapan proses, kecuali untuk lasan semacam itu pada tangki kargo untuk pengangkutan gas cair, umumnya dapat dievaluasi dengan faktor las hingga v = 0,85, asalkan memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Bab 1 dan 2, serta pada D, E, G dan H.

Evaluasi dengan faktor yang lebih tinggi hingga v = 1,0 dapat diterapkan jika uji produksi dan uji tak rusak sesuai dengan I.4 telah berhasil dilakukan pada komponen yang telah jadi.

3.2 Tangki kargo untuk gas cair harus dibuat sedemikian sehingga lasan memanjang dapat dievaluasi dengan faktor las sekurang-kurangnya v = 0,95. Persyaratan selanjutnya adalah keberhasilan pelaksanaan uji produksi dan uji tak rusak seperti yang ditentukan dalam I.4.

Evaluasi dengan faktor yang lebih tinggi hingga v = 1,0 dapat diterapkan jika karakteristik material, jenis sambungan las, proses pengelasan dan jenis pembebanan telah diizinkan dan BKI telah menyetujui evaluasi yang lebih tinggi.

B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan

1. Semua bengkel las yang bermaksud untuk melakukan pekerjaan pengelasan dalam lingkup Peraturan ini harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk bengkel dan personel pengelasan yang diatur dalam Bab 2 dan harus telah disetujui oleh BKI. Permohonan persetujuan harus diajukan oleh bengkel las dalam waktu yang tepat sebelum memulai pekerjaan pengelasan, dengan melampirkan informasi dan dokumentasi yang ditentukan dalam Bab 2, A.3.

2. Personel pengelasan (juru las dan pengawas las) dan, jika ada, inspektur dan pengawas inspeksi harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Bab 2, B.2, B.3 dan B.4 serta telah diakui oleh BKI.

C. Inspeksi Mutu, Tanggung Jawab

1. Pabrik pembuat harus mengirimkan kepada BKI, untuk inspeksi, gambar dan dokumen terkait lainnya yang berisi setidaknya informasi berikut:

- Material dan bahan habis pengelasan yang akan digunakan,
- Proses pengelasan dan lokasi serta bentuk lasan,
- Jenis perlakuan panas, jika diperlukan,
- Tekanan kerja yang dapat diterima,
- Perhitungan temperatur atau, dalam kasus bejana yang terbuat dari baja tangguh pada temperatur di bawah nol , temperatur desain minimum,
- Temperatur operasi,
- Tekanan uji,
- Faktor las yang digunakan sebagai dasar perhitungan,
- Jenis dan ruang lingkup dari uji tak rusak,
- Jenis dan ruang lingkup uji produksi.

2. Jika mutu atau urutan kerja yang baik dari komponen tidak dapat dijamin atau diragukan karena informasi yang tidak memadai atau tidak ada pada dokumen fabrikasi (misalnya gambar produksi), BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai.

3. Bengkel las harus memastikan melalui inspeksi mutu internal secara reguler selama fabrikasi dan pada saat penyelesaian pekerjaan pengelasan bahwa pekerjaan tersebut telah dilakukan secara kompeten dan memuaskan (lihat Bab 1, F.). Untuk tugas dan tanggung jawab pengawas las, lihat juga ISO 14731.

4. Bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini, dokumen fabrikasi yang disetujui, segala ketentuan yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan dan praktik pengelasan terkini. Inspeksi dan pemeriksaan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini.

5. Berkenaan dengan inspeksi mutu dan tanggung jawab pada pekerjaan subkontrak yang diberikan kepada cabang independen atau pemasok atau kepada perusahaan luar yang disetujui atau tidak disetujui yang bekerja di bengkel las (subkontraktor), lihat Bab 1, F. Pekerjaan yang disubkontrakkan atau penggunaan pekerja tidak tetap harus diberitahukan kepada BKI .

6. Ruang lingkup inspeksi mutu yang diperlukan tergantung pada proyek konstruksi yang bersangkutan. Namun, penting untuk memastikan bahwa material, bahan habis pengelasan dan material bantu yang dimaksudkan telah digunakan dan bahwa persiapan las, perakitan, pengerjaan las cantum dan las akhir serta ketepatan dimensi dan kesempurnaan sambungan las memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 3. Untuk uji tak rusak sambungan las dan uji produksi yang harus dilakukan, lihat I.

7. Setelah inspeksi internal dan, jika perlu, perbaikan oleh bengkel las, komponen harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI pada tahapan fabrikasi yang sesuai untuk diperiksa. Untuk tujuan ini komponen harus mudah diakses dan biasanya tidak dicat. Jika inspeksi sebelumnya tidak memadai, maka Surveyor dapat menolak komponen dan meminta komponen ditunjukkan kembali setelah inspeksi bengkel yang memuaskan dan setiap pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilakukan.

8. BKI tidak bertanggung jawab untuk menjamin bahwa semua komponen dan sambungan las yang diperiksa sejauh yang ditentukan (umumnya secara acak) oleh Surveyornya telah dibuat sesuai dengan kondisi dan memenuhi semua persyaratan. Komponen atau sambungan las yang kemudian berubah menjadi cacat dapat ditolak atau perbaikannya dapat diminta meskipun uji penerimaan telah dilakukan sebelumnya.

D. Material, Kemampuan Las

1. Material yang dipilih harus sesuai untuk tujuan yang dimaksudkan, dengan memberikan toleransi untuk tegangan mekanis dan termal. Karakteristik material yang akan diproses lebih lanjut harus sedemikian sehingga mampu menahan beban operasi.

2. Struktur yang dilas hanya dapat dibuat menggunakan material induk yang kemampuan lasnya telah terbukti. Material yang dimaksud harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam bab-bab yang relevan pada Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4 hingga 9. Material lain yang setara hanya dapat digunakan setelah BKI memberikan persetujuan dalam setiap kasus individu.

3. Material untuk tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair juga harus memenuhi persyaratan energi impak pada temperatur uji yang ditentukan; lihat Tabel 14.3.

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

1. Bahan habis pengelasan dan material bantu harus mampu membuat sambungan las yang sesuai dengan material induk, temperatur operasi dan kondisi layanan. Kesesuaian bahan habis pengelasan juga harus telah diverifikasi berdasarkan kondisi yang berlaku dalam pemrosesan dan perlakuan panas selanjutnya.

2. Semua bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan (misalnya elektroda berbungkus, kombinasi kawat-gas, kombinasi kawat-fluks, dll.) harus telah disetujui oleh BKI sesuai dengan Bab 5. Namun, bahan habis pengelasan dan material bantu juga dapat disetujui jika diuji pada waktu yang sama dengan prosedur pengelasan dan terbatas untuk bengkel pengguna (lihat Bab 4, B.3.2 dan Bab 5, A.1.4).

3. Bahan habis pengelasan untuk baja tangguh pada temperatur di bawah nol juga harus memenuhi persyaratan energi impak untuk logam las pada temperatur uji yang ditentukan; lihat Tabel 14.3.

4. Jika diperlukan, dalam kasus khusus, untuk menggunakan bahan habis pengelasan dari material yang berbeda dimana kekuatan logam las yang dihasilkan lebih rendah dari pada material induk, misalnya ketika pengelasan baja nikel 9% dengan bahan habis pakai austenitik, kelonggaran yang tepat harus diberikan dalam perhitungan desain bejana.

5. Bahan habis pengelasan dan material bantu yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan prosedur dengan nama pembuat atau mereknya (lihat F.3.5) hanya boleh diganti dengan bahan habis pengelasan yang setara yang telah disetujui oleh BKI dengan grade mutu yang sesuai jika hal ini dinyatakan secara eksplisit dalam dokumen persetujuan terkait. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka harus diperoleh persetujuan dari BKI.

6. Bahan habis pengelasan dan material bantu hanya dapat digunakan pada posisi pengelasan yang telah disetujui. Rekomendasi dan instruksi pabrik pembuat mengenai pengelasan (misalnya jenis arus dan polaritas) harus diikuti.

7. Bahan habis pengelasan dan material bantu (terutama hidrogen yang terkontrol, elektroda berbungkus tipe *basic* dan fluks pengelasan tipe *basic*) harus dikeringkan kembali sebelum digunakan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuat (perhatikan waktu pengeringan maksimum) dan disimpan di tempat kering (dalam wadah yang dipanaskan atau sejenisnya) di tempat kerja.

F. Uji Prosedur Pengelasan

Catatan awal:

Berbeda dengan Peraturan pada edisi sebelumnya, uji prosedur pengelasan harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614, sesuai yang berlaku. Paragraf ini pada dasarnya mencakup persyaratan yang berlaku untuk pengelasan bejana tekan di luar yang telah diatur dalam ISO 15614-1.

1. Umum

Prosedur pengelasan yang harus digunakan hanya prosedur yang penanganan operasionalnya memuaskan dan sifat mutu yang memadai telah diverifikasi sebagai bagian dari uji prosedur pengelasan berdasarkan kondisi produksi di bengkel pengguna. Persyaratan umum yang diatur dalam Bab 4 harus diperhatikan. Prosedur pengelasan harus telah disetujui oleh BKI untuk bengkel las yang dimaksud.

2. Pengelasan benda uji, spesifikasi prosedur pengelasan (WPS)

2.1 Spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) milik "pabrik pembuat" yang menetapkan semua parameter utama harus dibuat oleh bengkel las untuk pengelasan benda uji sesuai dengan ISO 15609-1, sesuai yang berlaku (lihat Lampiran D).

2.2 Ahli BKI harus memilih salah satu juru las yang namanya akan disuplai oleh pabrik pembuat untuk mengelas benda uji.

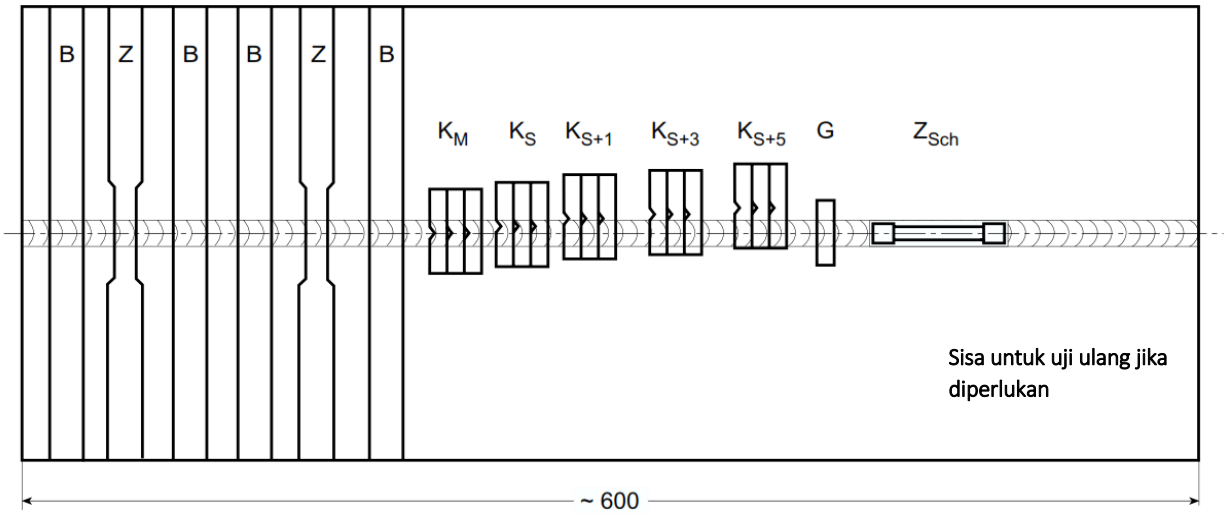
2.3 Benda uji harus dibuat dari material yang sifatnya telah terbukti sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 4 hingga 9. Perlakuan awal dan dan perlakuan akhir

dari benda uji dengan pemanasan awal, perlakuan panas dan sejenisnya hanya diizinkan jika ditentukan untuk material tersebut pada waktu fabrikasi yang sebenarnya.

2.4 Jenis las dan posisi pengelasan yang digunakan dalam proses fabrikasi harus dikualifikasi dalam uji prosedur pengelasan.

2.5 Bentuk dan dimensi benda uji ditentukan dalam ISO 15614-1, jika memungkinkan, ditentukan dalam 2.6 dan 2.7.

2.6 Benda uji pelat untuk tangki kargo yang dirancang untuk mengangkut gas cair harus dikerjakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.1.



Gambar 14.1 Benda uji untuk tangki kargo

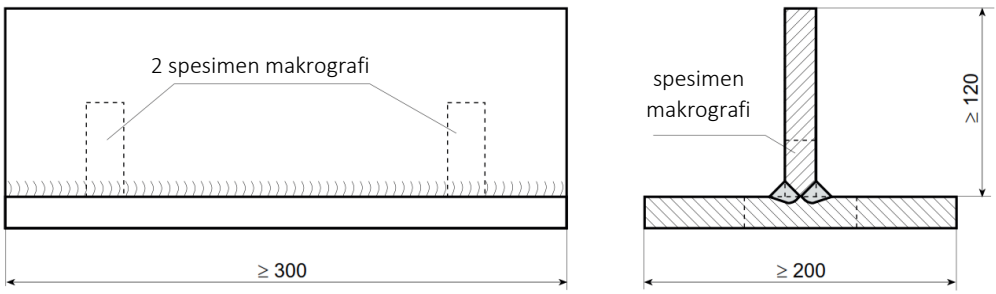
2.7 Untuk membuat las fillet pada tangki pengangkut gas cair, hal berikut harus dilakukan:

- Satu benda uji las fillet dengan panjang sekitar 300 mm untuk setiap posisi pengelasan (lihat Gambar 14.2)
- Satu benda uji Y dengan panjang sekitar 300 mm dari sambungan antara sekat tengah memajang dan dinding tangki untuk setiap posisi pengelasan (lihat Gambar 14.3) (jika berlaku, misalnya untuk tangki *bilobe*).

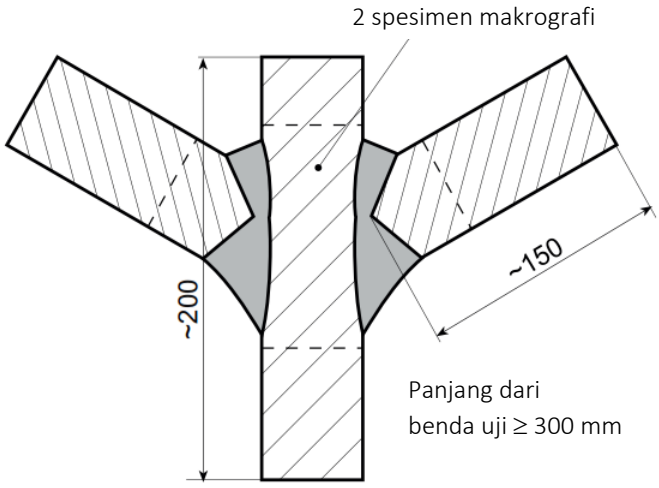
3. Prinsip-prinsip pengujian, batasan ruang lingkup

Kualifikasi prosedur pengelasan sesuai dengan ISO 15607 harus dipastikan melalui uji kualifikasi prosedur pengelasan, untuk baja sesuai dengan ISO 15614-1. Pengujian ini valid dalam batas-batas yang dijelaskan dalam 3.1 hingga 3.7.

Ruang lingkup uji prosedur pengelasan ditentukan oleh BKI secara tertulis. Setiap pengecualian yang memerlukan pelaksanaan uji tambahan, ruang lingkupnya harus diputuskan oleh BKI. Uji produksi dapat diakui sebagai uji tambahan.



Gambar 14.2 Benda uji las-fillet



Gambar 14.3 Benda uji Y

3.1 Kelompok material

Di luar ketentuan sistem pengelompokan ISO 15608, Tabel 1, ketentuan berikut harus diperhatikan:

a) Untuk material yang harus memenuhi persyaratan korosi tertentu (misalnya ketahanan terhadap retak kaustik) uji prosedur pengelasan harus diarahkan pada persyaratan tersebut.

b) Kualifikasi prosedur pengelasan yang dilakukan pada baja *killed* kelompok 1 tidak berlaku untuk baja *unkilled* kecuali jika dilas menggunakan elektroda berbungkus tipe *basic* atau kombinasi kawat-fluks dengan fluks tipe *basic*.

c) Persetujuan juga diberikan untuk kombinasi material lainnya sebagai tambahan dari yang diatur pada ISO 15614-1, Tabel 3 tetapi dalam kondisi berikut (lihat Tabel 14.1).

d) Menyimpang dari ISO 15614-1, Tabel 3 , uji prosedur pengelasan untuk kombinasi kelompok 8 yang dilas ke kelompok 2 tidak termasuk kombinasi kelompok 8 yang dilas ke kelompok 3.

e) Tergantung pada komposisi material dan/atau jenis perlakuan pasca-las yang diperlukan, BKI juga dapat membatasi ruang lingkup material induk yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

f) Untuk material yang digunakan dalam fabrikasi tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair, pengujian hanya berlaku untuk grade baja yang diinspeksi.

3.2 Proses pengelasan

Pengakuan hanya berlaku untuk proses pengelasan yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

3.3 Parameter pengelasan

Uji prosedur pengelasan yang dilakukan pada las multi-jalur tidak berlaku untuk las jalur tunggal.

3.5 Bahan habis pengelasan dan material bantu

Persyaratan ISO 15614-1, paragraf 8.4.5. tidak berlaku jika logam pengisi yang digunakan adalah jenis yang sama dan telah disetujui oleh BKI untuk berada di bawah lingkup kualifikasi prosedur pengelasan (lihat E.5).

3.6 Perlakuan panas

Uji prosedur pengelasan berlaku untuk kondisi perlakuan panas yang ada pada saat pengujian. Perlakuan panas benda uji harus dilakukan sehingga kondisi perlakuan panas yang setara dengan perlakukan pada komponen tercapai.

3.7 Kasus khusus

Untuk kasus-kasus khusus, misalnya las proyeksi, pengelasan baja berlapis, las tiang dan perbaikan yang sulit untuk dilakukan pada fabrikasi baja yang rentan terhadap retak karena pengerasan zona terpengaruh panas, uji prosedur pengelasan diperlukan yang harus diarahkan pada kasus-kasus khusus tersebut. Pengujian yang disyaratkan dan ruang lingkupnya ditentukan oleh BKI dalam setiap kasus individu.

Tabel 14.1 Rentang persetujuan untuk sambungan logam yang berbeda

Kualifikasi prosedur pengelasan yang tersedia untuk sambungan kombinasi kelompok baja	Sesuai untuk sambungan kombinasi berikut
5 (10CrMo9-10) dilas dengan 4	4 dilas dengan 5 (13CrMo4-5) 4 dilas dengan 1 4 dilas dengan 2 (R_{eH} < 430 N/mm^2)
5	5 dilas dengan 1 5 dilas dengan 2
6 dilas dengan 4	6 dilas dengan 5 6 dilas dengan 2 6 dilas dengan 1

4. Pengujian, ruang lingkup pengujian

Pengujian terdiri dari uji tak rusak maupun uji rusak dan harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614-1, paragraf 7.

Menyimpang dari ISO 15614-1 , paragraf 7.1 dan Tabel 1, spesimen berikut juga harus diambil dari benda uji:

a) Satu spesimen uji tarik yang seluruhnya logam las dengan diameter 10 mm dan L_0 = 5 d juga harus diambil jika ketebalan material benda uji lebih dari 20 mm dimana logam las dapat dipengaruhi secara signifikan oleh sambungan las.

   Hal ini berlaku untuk baja pada kelompok material 2 (hanya baja temperatur tinggi), 4 dan 6. Pengujian ini juga harus dilakukan pada kelompok material 9 dimana perlakuan panas pasca-las ditetapkan.

b) Spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari pusat logam las untuk setiap posisi pengelasan jika ketebalan dinding lebih besar dari 5 mm.

c) Spesimen uji impak batang bertakik juga harus diambil dari garis fusi untuk setiap posisi pengelasan dalam kasus kelompok material 2, 4, 5, 6, 8 dan 9 (jumlah fasa delta ferit dalam logam las ≤ 3%) dan ketebalan dinding ≥ 10 mm.

d) Spesimen mikrografi untuk baja paduan[2]. Struktur harus dijelaskan dan diverifikasi dengan menggunakan foto.

e) Analisis logam las untuk baja paduan[2]

f) Bertentangan dengan ketentuan b) dan c), 3 spesimen uji impak batang bertakik dengan takik tegak lurus terhadap permukaan pelat masing-masing harus diambil dari pusat logam las (KM), garis fusi (KS) dan juga 1, 3 dan 5 mm dari garis fusi di zona terpengaruh panas (KS+1, KS+3, KS+5) untuk benda uji pelat tangki kargo pengangkut gas cair; lihat Gambar 14.1.

[2] For the classification of steels (unalloyed and alloyed), see ISO 4948-2

5. Persyaratan uji

Cacat dalam benda uji harus berada dalam batas-batas yang ditetapkan untuk tingkat mutu B sesuai dengan ISO 5817, kecuali: pemerkuat las berlebih (las butt dan fillet), pemerkuat akar berlebih dan ketebalan leher berlebih (las fillet) yang termasuk tingkat mutu C.

Untuk pengujian mekanik dan teknologi, Tabel 14.2 berlaku. Persyaratan energi impak untuk tangki kargo dan bejana proses yang dirancang untuk mengangkut gas cair diberikan pada Tabel 14.3.

6. Penyimpanan spesimen

Spesimen yang diuji dan bagian yang tersisa dari benda uji harus disimpan sampai laporan uji prosedur pengelasan diterbitkan (lihat juga Bab 4, C.3).

7. Masa berlaku, perpanjangan uji prosedur pengelasan

Masa berlaku uji prosedur pengelasan umumnya 1 tahun asalkan prasyarat persetujuan tidak berubah secara signifikan. Masa berlaku ini dapat diperpanjang melalui uji produksi berkala (lihat I.4).

Sebagai tambahan terhadap uji produksi dan pengujian yang dilakukan pada komponen yang dilas (lihat I.) uji tak rusak juga dapat diakui oleh BKI untuk memperpanjang masa berlaku, dengan prasyarat tertentu.

Uji prosedur pengelasan harus diulang jika ada jeda pada fabrikasi bejana tekan atau komponen bejana tekan yang berlangsung lebih dari satu tahun.

Tabel 14.2 Persyaratan pengujian yang berlaku untuk sambungan las pada baja

Jenis pengujian	Persyaratan		
Uji tarik melintang las	Kekuatan tarik seperti yang ditentukan untuk material induk atau pada penilaian kesesuaian untuk bahan habis pengelasan		
Uji tarik pada spesimen logam las	Kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2%. Kekuatan tarik dan pemanjangan seperti yang ditentukan untuk material induk atau pada penilaian kesesuaian untuk bahan habis pengelasan		
Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari pusat las	Jika temperatur media[1] adalah – 10°C atau lebih tinggi : Seperti yang ditentukan untuk material induk pada arah melintang. Temperatur uji seperti pada pengujian material induk, tetapi tidak lebih rendah dari – 10°C. Ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik-austenitik, austenitik dan yang berbasis nikel ≥ 40 J		
	Jika temperatur media[1] lebih rendah dari – 10°C : Pada temperatur kerja minimum, ≥ 27 J [2] ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik, ≥ 32 J [2] ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik-austenitik, austenitik dan yang berbasis nikel		
Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari zona transisi las	Jika temperatur media[1] – 10°C atau lebih tinggi: ≥ 27 J [2]; temperatur uji seperti pada pengujian material induk, tetapi tidak lebih rendah dari –10°C		
	Jika temperatur media[1] lebih rendah dari – 10°C: ≥ 16 J [2]; pada temperatur kerja minimum		
Uji lengkung teknologi	**Derajat sudut lengkung**	**Kategori kekuatan** [3]	**Diamater mandrel**
	180 [4]	Baja feritik dengan: min. kekuatan tarik < 430 N/mm² min. kekuatan tarik ≥ 430 hingga 460 N/mm²	 2 × a 2,5 × a
	180 [4]	Baja tahan karat austenitik dan baja austenitik tangguh pada temperatur di bawah nol Baja austenitik temperatur tinggi Baja ferritic dengan kekuatan tarik minimum ≥ 460 N/mm²	2 × a 3 × a 3 × a
	Jika sudut lengkung 180° tidak tercapai, hal berikut ini berlaku:		
	≥ 90	Pemanjangan (L_0 = lebar las + ketebalan dinding, simetris terhadap las) ≥ pemanjangan minimum A dari material induk	
	< 90	Pemanjangan lebar las > 30% [5] dan tampilan fraktur tanpa cacat	
Pemeriksaan metalografi	Spesimen makrografi sambungan las harus menunjukkan penumpukan las yang memuaskan dan penetrasi las penuh. Spesimen mikrografi harus diperiksa terhadap keretakan. Hanya retak panas yang dapat diterima, dan asalkan jumlahnya sedikit dan tersebar luas serta telah disepakati dengan Surveyor mengenai penerimaannya berkaitan dengan material dan rentang aplikasi.		
Pengujian kekerasan	Kekerasan dalam zona terpengaruh panas tidak boleh melebihi 350 HV 10. Kekerasan tertinggi yang lebih dari nilai tersebut pada zona transisi sempit, tidak perlu dipermasalahkan jika hasil dari uji teknologi memenuhi persyaratan.		

[1] Tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair dikenakan persyaratan energi impak pada temperatur uji yang terkait seperti yang ditunjukkan pada Tabel 14.3.

[2] Hanya satu nilai energi impak yang boleh lebih rendah dari nilai rata-rata minimum, dan maksimal hanya 30%.

[3] Nilai kekuatan tarik berlaku pada daerah dengan ketebalan paling kecil.

[4] Persyaratan 180° dianggap telah terpenuhi jika uji lengkung dilakukan sesuai dengan ISO 5173 dan tekanan telah aplikasikan oleh penekan tanpa muncul keretakan.

[5] Untuk baja yang dilas dengan bahan habis pengelasan yang tidak cocok, misalnya X8Ni9, nilai yang berbeda dapat disetujui BKI.

Tabel 14.3 Persyaratan energi impak untuk tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair

Jenis baja	Temperatur desain minimum [°C]	Ketebalan t [mm]	Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO			
			Temperatur uji			KV [J] min.
Baja karbon-mangan	0	t ≤ 20 20 < t ≤ 40	0 °C –20 °C			Pusat las: untuk bahan habis pengelasan feritik ≥ 27, untuk bahan habis pengelasan austenitik dan paduan berbasis nikel ≥ 32 Batas las dan garis fusi: ≥ 27
Baja karbon-mangan termasuk baja nikel 0,5%	–55	t ≤ 25 25 < t ≤ 30 30 < t ≤ 35 35 < t ≤ 40	5 K 10 K 15 K 20 K	di bawah temperatur desain minimum [1], tetapi tidak melebihi –20°C		
Baja paduan nikel yang mengandung: 1,5 % Ni 2,25 % Ni 3,5 % Ni 5,0 % Ni	 – 60 – 65 – 90 –105	 t ≤ 25 25 < t ≤ 30 30 < t ≤ 35 35 < t ≤ 40	 5 K 10 K 15 K 20 K	 di bawah temperatur desain minimum [2]	 (–65 °C) (–70 °C) (–95 °C) (–110 °C)	
Baja paduan nikel yang mengandung : 5,0 % Ni 9,0 % Ni Baja austenitik	 – 165 [3] – 165 – 165	 t ≤ 25 [4] t ≤ 25 [4] t ≤ 25 [4]	 – 196 °C – 196 °C – 196 °C			

[1] Untuk komponen yang dikenai perlakuan panas pembebas tegangan setelah pengelasan, temperatur uji 5 K di bawah temperatur desain minimum atau –20°C, mana yang lebih rendah, dapat mencukupi.

[2] Temperatur uji tidak boleh lebih dari nilai yang dinyatakan dalam tanda kurung.

[3] Tipe baja 5% Ni hanya boleh digunakan untuk temperatur desain di bawah –165°C setelah uji khusus kesesuaian produk.

[4] Untuk ketebalan > 25 mm, persyaratan harus disetujui BKI.

G. Teknik Pengelasan

1. Las harus menunjukkan penetrasi penuh pada seluruh penampangnya dan tidak boleh memiliki cacat retak atau kurang fusi. Apabila mungkin, akar harus beralur dan ditutup.

Jika cincin penahan digunakan saat membuat las melingkar, penahan harus dilepas setelah pengelasan. Hal ini dapat diabaikan untuk bejana kecil, yang bagian dalamnya tidak dapat diakses.

2. Saat mengelas pelat dengan ketebalan yang sama, ketidaklurusan tepi tidak boleh melebihi nilai berikut:

- Sambungan yang dilas pada kedua sisi:
  0,15 x ketebalan pelat (mm), dengan maksimum 3 mm
- Sambungan yang dilas hanya pada satu sisi:
  0,10 x ketebalan pelat (mm), dengan maksimum 2 mm.

Untuk bejana yang terbuat dari pelat berlapis, toleransi ketidaklurusan tepi yang lebih kecil mungkin diperlukan tergantung pada ketebalan lapisan.

3. Saat mengelas pelat yang ketebalannya berbeda lebih dari 20% atau lebih dari 3 mm, pelat yang lebih tebal harus ditiruskan hingga tebal pelat yang lebih tipis dengan sudut maksimum 30°.

4. Dalam hal kulit terdiri dari beberapa cincin, sambungan memanjang harus dizig-zag. Sebagai panduan, jarak zig-zag harus 4 kali dari ketebalan pelat, tetapi sekurangnya 100 mm.

5. Sambungan tumpang dengan las fillet antara cincin kulit, alas dan pipa hanya dapat diterima dalam kasus individual sebagai las melingkar dengan ketebalan dinding 8 mm, asalkan kedua sisi tumpangan dilas. Sambungan semacam itu tidak boleh digunakan pada tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair.

6. Las sudut dan sambungan las serupa yang menerima tegangan tekuk yang cukup besar pada kondisi fabrikasi atau operasi yang merugikan diperbolehkan hanya jika BKI tidak keberatan dengan metode pengerjaanna.

7. Rongga dan lubang pengelasan pada atau tepat disebelah lasan, terutama las memanjang, sedapat mungkin harus dihindari.

8. Sambungan las butt pada dinding yang menerima tekanan tidak boleh terpotong oleh las fillet dari kelengkapan. Jika perpotongan antara kelengkapan dengan las bejana tidak dapat dihindari, lubang pengelasan yang cukup besar harus dibuat pada kelengkapan di area las butt pada bejana.

9. Persiapan pengelasan untuk las antara dinding bejana dengan kubah dan antara kubah dengan soket terkait harus dilakukan sesuai dengan standar yang diakui. Semua las pada nosel, kubah dan komponen lain yang menembus bejana tekan dan semua las antara flensa dengan bejana atau nosel harus dilas dengan penetrasi penuh pada seluruh ketebalan dinding bejana atau nosel.

Sebagai pengecualian, sambungan lain tanpa penetrasi penuh dapat, atas persetujuan BKI, digunakan untuk nosel berdiameter kecil pada kubah.

10. Bantalan, pengikat tangki, dan kelengkapan lainnya yang dapat menimbulkan tegangan pada dinding bejana harus disambungkan pada dinding bejana dengan pelat rangkap yang berdimensi cukup atau potongan peralihan.

11. Las fillet pada soket, penegar tangki dan kelengkapan yang dapat menimbulkan tegangan pada dinding bejana harus didepositkan lebih dari satu jalur.

12. Pelat rangkap, flensa, pengikat, kupingan angkat dan kelengkapan yang dilas lainnya harus disesuaikan dengan bentuk bejana. Semua bagian harus dilas sebelum perlakuan panas dan sebelum pengujian tekanan. Pengecualian terhadap Peraturan ini dapat diizinkan pada bagian yang selanjutnya menempel pada pelat pengganda atau potongan peralihan.

13. Pengelasan komponen dari baja feritik pada area pembentukan-dingin dimana serat luarnya telah diregangkan lebih dari 5% ($D_m < 20 \cdot s$ untuk cincin kulit silinder) hanya diperbolehkan jika pengaruh pembentukan-dingin telah dihilangkan dengan menggunakan perlakuan panas yang tepat.

Hal ini umumnya harus dicapai dengan perlakuan panas normalisasi atau pendinginan cepat dan temper. Persyaratan ini dapat diabaikan jika dapat menunjukkan bukti bahwa sifat material tidak mengalami penurunan yang begitu signifikan sehubungan dengan penggunaan yang dimaksudkan.

14. Setiap lasan pada komponen bejana tekan harus diberi tanda sedemikian rupa sehingga lokasinya tetap dapat dikenali dan juru las yang bersangkutan dapat diidentifikasi setiap saat. Kedua hal ini dapat dibuktikan baik dengan memberi stampel pada lasan dengan penandaan las yang dimaksud atau dengan membuat catatan dalam gambar, bagan pengelasan atau rekaman lainnya.

H. Perlakuan Panas Pasca-Las

1. Komponen yang dilas harus diberi perlakuan-panas setelah pengelasan sesuai dengan ketentuan standar yang relevan atau dokumen persetujuan BKI.

1.1 Perlakuan panas pasca-las biasanya terdiri dari perlakuan panas pembebas tegangan.

1.2 Komponen yang difabrikasi dari baja yang telah mengalami perlakuan panas normalisasi harus dikenai perlakuan panas normalisasi jika:

- karakteristik sambungan las yang disyaratkan hanya dapat dicapai dengan perlakuan panas normalisasi atau
- komponen telah mengalami pembentukan-panas setelah pengelasan, kecuali pembentukan-panas yang selesai dalam rentang temperatur yang setara dengan perlakuan panas normalisasi.

1.3 Komponen yang difabrikasi dari baja yang diquench dan ditemper harus dikenai quench dan temper jika:

- karakteristik sambungan las yang disyaratkan hanya dapat dicapai dengan quench dan temper atau
- komponen telah mengalami pembentukan-panas setelah pengelasan.

Jika, dalam kasus baja pengerasan-udara dan temper, pembentukan panas komponen dilakukan seluruhnya di bawah kondisi yang berlaku untuk perlakuan panas normalisasi, maka cukup dilakukan temper saja.

1.4 Tangki kargo untuk gas cair yang terbuat dari baja karbon-mangan atau baja nikel 0,5% dan dirancang untuk operasi pada temperatur di bawah –10°C harus dikenai perlakuan panas pembebas tegangan, kecuali jika 2.4 berlaku.

1.5 Untuk baja paduan-tinggi dengan struktur feritik atau austenitik dan baja paduan nikel tangguh pada temperatur di bawah nol dengan pengecualian baja nikel 0,5%, kebutuhan dan metode perlakuan panas harus ditentukan secara terpisah (lihat juga Bab 9, E).

2. Kecuali dalam kasus tangki yang dijelaskan dalam 1.4, perlakuan panas pasca-las dapat dihilangkan dengan jika kondisi berikut terpenuhi:

2.1 Sebelum pengelasan, material harus dalam kondisi perlakuan-panas yang ditentukan dalam standar yang relevan atau dalam dokumen yang telah disetujui BKI. Kondisi ini juga dianggap terpenuhi jika kondisi perlakuan panas yang diperlukan hanya dapat dicapai pada waktu fabrikasi berikutnya.

2.2 Ketebalan dinding nominal pada sambungan tidak boleh melebihi 30 mm.

2.3 Pada komposisi kimia (analisis lebur) dari material induk dan logam las, kandungan berikut tidak boleh dilewati:

- C 0,22 %, Si 0,50 %, Mn 1,40 %,
  Cr 0,30 %, Cu 0,30 %, Mo 0,50 %,
  Ni 0,30 %, V 0,20 %;

Dalam konteks ini, kondisi berikut harus dipenuhi:

- $Cr + Ni \leq 0{,}30$ % dan $Mn + Mo + V \leq 1{,}6$ %.

Kondisi ini dapat dilonggarkan dalam kasus baja yang telah dibuat tahan terhadap patah getas dan pengerasan dengan cara metalurgi khusus. Kesesuaian dan sifatnya harus ditunjukkan kepada BKI setelah periode pembuktian yang cukup. Ketahanan baja terhadap patah getas, ketahanan terhadap pengerasan dan kemampuan las harus setara dengan baja yang termasuk dalam batas analitis di atas dengan baja yang berada dalam batas analitis di atas. Untuk logam las, pada kadar $C \leq 0{,}10\%$ kandungan Si harus $\leq 0{,}75\%$, kadar Mn 2,0% dan jumlah kandungan Mn, Mo dan V $\leq 2{,}5\%$ jika bahan habis pengelasan yang digunakan menghasilkan logam las dengan ketangguhan yang sangat tinggi, misalnya dengan menggunakan bahan habis pengelasan dengan karakteristik basa.

2.4 Jika, dalam kasus tangki kargo untuk gas cair yang terbuat dari baja karbon-mangan atau baja nikel 0,5% dan dirancang untuk beroperasi pada temperatur di bawah –0°C, perlakuan panas secara keseluruhan tidak dimungkinkan karena dimensi dari tangki, pembebas tegangan secara mekanis harus dilakukan setelah pengelasan.

Untuk tujuan ini, setiap komponen dengan desain yang kompleks, misalnya kubah, bak, cincin dan komponen lainnya yang menembus selubung tangki, harus terlebih dahulu dilas ke pelat kulit atau pelat bawah disebelahnya dan dikenai perlakuan panas pembebas tegangan sebelum dilekatkan pada struktur tangki.

3. Jika baja karbon-mangan atau baja paduan nikel dilas dengan bahan habis pengelasan austenitik, maka tidak boleh diberi perlakuan-panas setelah pengelasan.

4. Bukti dokumentasi dari perlakuan panas yang dijelaskan pada 1.1 sampai 1.4 harus disediakan dalam bentuk sertifikat pabrik sesuai ISO 10474 atau EN 10204, sesuai yang berlaku yang harus mencantumkan metode, temperatur dan lama perlakuan panas serta metode pendinginan. Perlakuan panas khusus, misalnya pendinginan sementara setelah pengelasan sebelum perlakuan temper, harus dicatat dalam sertifikat pabrik.

I. Inspeksi Komponen Las

1. Semua tangki, bejana dan peralatan proses harus dikenai uji tekanan hidrolik pada 1,5 kali tekanan kerja di hadapan Surveyor, dengan batasan bahwa tegangan yang dihasilkan tidak boleh melebihi 0,9 kali kekuatan luluh pada 20°C, dengan mempertimbangkan toleransi diameter positif dan toleransi ketebalan dinding negatif. Hal ini tidak berlaku untuk tangki kargo dari jenis yang dijelaskan pada H.2.4. Komponen tersebut tidak boleh menunjukkan adanya kebocoran selama pengujian tekanan hidrolik dan tidak terjadi deformasi permanen setelah itu.

2. Inspeksi internal dan eksternal harus dilakukan pada bejana dan peralatan proses yang telah jadi, dan terutama terhadap daerah lasan dan sekitarnya. Komponen harus memiliki permukaan eksternal dan internal yang halus sesuai dengan kondisi saat diproduksi, untuk memastikan cacat permukaan yang signifikan dapat dideteksi. Bejana yang dibuat dari baja austenitik harus dibersihkan dengan asam (*pickling*) di bagian dalamnya. Pada saat bersamaan, pengukuran harus dilakukan untuk menentukan:

2.1 Keliling bagian eksternal

Pengukuran harus dijarakkan dengan interval sekitar 1 - 2 m pada seluruh panjang komponen, tergantung pada panjang bejana. Pengukuran keliling bagian eksternal harus dilakukan untuk menentukan diameter luar rata-rata. Diameter luar dari cincin kulit dan drum tidak boleh memiliki perbedaan dari diameter luar yang ditetapkan lebih dari ± 1,5%.

2.2 Ketidakbulatan

Pengukuran harus dijarakkan dengan interval sekitar 1 - 2 m pada seluruh panjang komponen. Ketidakbulatan:

$$U = \frac{2 \times (D_{max} \times D_{min})}{D_{max} \times D_{min}} \times 100\%$$

tidak boleh melebihi nilai berikut:

Table 14.4 Ketidakbulatan yang dapat diterima

Rasio ketebalan dinding terhadap diameter	Ketidakbulatan maksimum yang dapat diterima
s/d ≤ 0,01	2,0 %
0,01< s/d ≤ 0,1	1,5 %
s/d > 0,1	1,0 %

Dalam menghitung ketidakbulatan itu, deformasi elastis yang timbul dari berat komponen itu sendiri harus diabaikan. Tonjolan dan penyok terisolasi juga harus berada dalam nilai toleransi. Sebagai tambahan, tonjolan dan penyok harus memiliki profil datar dan kedalamannya, diukur sebagai penyimpangan dari kebulatan normal atau dari garis kulit, sesuai yang berlaku, tidak boleh lebih dari 1% dari panjang atau lebar penyok atau tonjolan.

2.3 Ketidak-linearan sumbu

Ketidaklinearan tidak boleh melebihi 0,5 % dari panjang silinder.

2.4 Kelengkungan atau kerataan

Tingkat kelengkungan atau kerataan di daerah lasan memanjang, diukur sebagai deviasi dari kebulatan normal dengan panjang pengukuran 500 mm, tidak boleh melebihi dimensi "a".

Tergantung pada rasio antara diameter rata-rata d_m dengan ketebalan dinding "s_e" dari bejana atau cincin kulit, hal berikut ini berlaku:

$a \leq 10$ mm untuk cincin kulit: $\frac{d_m}{s_e} < 40$

$a \leq 5$ mm untuk cincin kulit: $\frac{d_m}{s_e} \geq 40$

2.5 Ketebalan dinding las dan daerah pelat disebelahnya

Ketebalan dinding pada pelat harus berada dalam toleransi yang diizinkan untuk pelat.

3. Untuk menunjukkan bahwa persyaratan yang dinyatakan dalam 1 dan 2 telah terpenuhi, pabrik pembuat harus menerbitkan Sertifikat Uji penerimaan 3.1B sesuai dengan ISO 10474 atau EN 10204, sesuai yang berlaku dan menunjukkannya kepada Surveyor pada saat uji penerimaan akhir bejana.

4. Uji produksi

Uji produksi terdiri dari pengujian tak rusak pada komponen dan pemeriksaan mutu benda uji (uji mekanik dan teknologi).

4.1 Pengujian tak rusak

Pelaksanaan pengujian mengikuti ketentuan pada Bab 10.

4.1.1 Pengujian tak rusak pada tangki kargo untuk mengangkut gas cair

.1 Las berikut harus diinspeksi:

a) Semua las butt pada struktur yang menerima tekanan (kulit, ujung, kubah, bak) harus dikenai inspkesi radiografi sinar-X pada seluruh panjangnya. Sebagai tambahan, sekurangnya 10% dari panjang las harus diuji terhadap retak permukaan.

b) Las fillet pada sambungan antara sekat tengah memanjang dan selubung tangki dari tangki kembar atau struktur serupa harus dikenai pengujian ultrasonik atau, jika tidak memungkinkan, inspeksi radiografi dengan sinar-X pada seluruh panjangnya. Sebagai tambahan, sekurangnya 10% dari panjang lasan harus diuji terhadap retak permukaan.

c) 10% dari sambungan las-butt dari cincin pendukung dalam tangki harus dikenai inspeksi radiografi dengan sinar-X. Dalam hal las fillet antara bilah dengan dinding tangki dan antara bilah dengan pelat penumpu, sekurangnya 10% dari panjang las harus diuji terhadap retak permukaan.

d) Semua lasan butt dan fillet dari lasan nosel, misalnya soket, kubah, bak, cincin, dan dari pelat pemerkuat di sekeliling lubang harus diuji harus diuji terhadap retak permukaan pada seluruh panjangnya.

e) Las fillet dari kelengkapan yang dilas ke tangki yang dapat menimbulkan tegangan pada dinding tangki, misalnya kupingan angkat, kaki-kaki, braket, harus terhadap retak permukaan pada seluruh panjangnya.

f) Sambungan nosel penetrasi akar penuh pada struktur yang menerima tekanan harus dikenai inspeksi ultrasonik atau radiografi jika ketebalan dinding yang dilekatkan pada stuktur yang menerima tekanan adalah > 15 mm dan diameter dalam nosel ≥ 120 mm.

g) Jika tangki kargo akan dilakukan pembebasan tegangan secara mekanis, semua titik yang secara geometri terkait dengan konsentrasi tegangan, seperti dari sambungan soket atau sambungan kelengkapan, harus diuji keretakan dengan metode partikel magnetik atau penetran pewarna setelahnya.

.2 Jika inspeksi radiografi sebagiannya akan digantikan dengan inspeksi ultrasonik, maka metode dan ruang lingkupnya harus terlebih dahulu disahkan oleh BKI.

.3 Meskipun dinyatakan pada 4.1.1.2, BKI dapat mensyaratkan inspkesi radiografi untuk dilengkapi dengan pengujian ultrasonik dan sebaliknya jika dianggap perlu pada kasus khusus.

.4 Isotop (Ir 192) hanya boleh digunakan jika penggunaan tabung sinar-X tidak dimungkinkan karena alasan teknis.

4.1.2 Pengujian tak rusak peralatan bertekanan dengan faktor lasan v > 0,85

.1 Pengelasan berikut harus diinspeksi:

a) Las memanjang harus dikenai inspeksi radiografi pada seluruh panjangnya dan las melingkar 25% dari panjangnya. Sebagai tambahan, sekurangnya 10% dari panjang las harus diuji terhadap retak permukaan

b) Semua las butt dan fillet pada komponen yang dilas dan pelat penguat sekitar lubang pengelasan harus diuji retak permukaan pada seluruh panjangnya. Hal yang sama berlaku untuk kelengkapan jika dapat menimbulkan tegangan pada dinding bejana.

c) Las pengikat nosel dengan diameter dalam ≥ 120mm dan ketebalan penampang pengikatan >1 5mm harus menjalani inspeksi radiografi atau ultrasonik.

.2 Jika inspeksi radiografi harus diganti dengan inspeksi ultrasonik, maka proses dan ruang lingkup pengujian akan diotorisasi oleh BKI sebelum dilaksanakan. BKI dapat menetapkan inspeksi ultrasonik untuk melengkapi inspeksi radiografi apabila terdapat keraguan dalam interpretasi hasil radiografi.

4.1.3 Pengujian tak rusak peralatan bertekanan dengan faktor lasan v ≤ 0, 85

Pabrik pembuat harus menguji komponen secara acak dalam melalui prosedur jaminan mutu dan harus menunjukkkan hasilnya kepada Surveyor pada saat inspeksi bejana. Untuk tujuan ini, sekitar 2% (10% dalam hal ketebalan dinding lebih dari 15 mm) dari las memanjang harus menjalani inspeksi radiografi atau ultrasonik, yang harus mencakup persimpangan antara las memanjang dan las melingkar.

4.1.4 Kriteria inspeksi

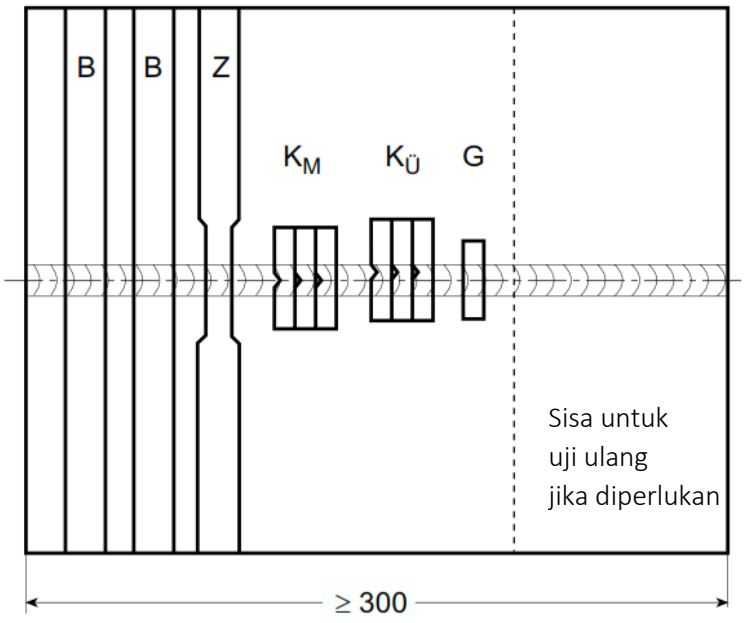
Pengujian tak rusak tidak boleh menampakkan cacat mayor pada lasan. Hal ini termasuk: retak, kurang fusi pada dinding dan, dalam kasus las satu-sisi, penetrasi akar yang tidak cukup.

Cacat lainnya, misalnya pori-pori dan terak, harus dinilai sesuai dengan kode praktik yang diakui, misalnya ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII.

4.2 Inspeksi mutu benda uji

4.2.1 Inspeksi mutu tangki kargo untuk mengangkut gas cair

.1 Pada semua tangki pengangkut gas cair, satu benda uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.4 harus dibuat untuk setiap 50 m las butt (las memanjang dan melingkar). Lokasi benda uji harus sedemikian rupa sehingga setiap posisi pengelasan tercakup. Sedapat mungkin, benda uji harus dibuat sebagai perpanjangan dari sambungan bejana dan harus dilas bersama dengan sambungan bejana dalam pengerjaan yang sama. Jika hal ini tidak dapat dilakukan dalam kasus luar biasa, benda uji harus dipasang di samping las tangki yang terkait dan segera dilas setelah bagian las yang terkait diselesaikan pada kondisi yang sama seperti yang digunakan untuk lasan sebenarnya. Benda uji harus distempel oleh ahli BKI sebelum dipotong dari tangki. Posisi dan jumlah benda uji harus ditandai pada tangki dan ditunjukkan dalam rencana inspeksi.



Gambar 14.4 Benda uji untuk uji produksi

.2 Benda uji harus menjalani pengujian berikut (untuk bentuk spesimen uji, lihat juga Bab 11):

a) Uji tarik pada satu spesimen (Z), bentuk spesimen sesuai dengan ISO 4136; namun, panjang uji = lebar las + sekurangnya 80 mm.

b) Uji lengkung teknologi (B) sesuai ISO 5173 pada 2 (dua) spesimen (masing-masing satu spesimen dengan sisi las yang ditekan berlawanan). Pada sisi yang menerima tegangan, setelah pemerkuat las dihilangkan, permukaan asli benda uji harus dipertahankan semaksimal mungkin. Lekukan yang cukup besar seperti undercut dan takik akar tidak boleh diperbaiki.

c) Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO sesuai dengan ISO 9016, masing-masing satu set spesimen yang diambil dari benda uji dengan takik di pusat logam las (KM) dan satu set terletak pada titik di zona terpengaruh panas (KÜ) dimana nilai energi impak terendah diukur dalam uji prosedur pengelasan.

d) Satu spesimen pemeriksaan struktur (G) (spesimen makrografi).

e) Pengujian kekerasan dari spesimen pemeriksaan struktur sesuai dengan d).

f) Inspeksi radiografi sesuai dengan ISO 17636 harus dilakukan sebelum pemotongan benda uji.

4.2.2 Pemeriksaan mutu peralatan bertekanan dengan faktor las v > 0,85

.1 Dalam pembuatan semua bejana, benda uji seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.4 harus dilas pada waktu yang sama, terlepas dari nomor peleburan yang digunakan untuk pelat. 2 benda uji diperlukan jika pada setiap bejana tekan terdapat lebih dari lima cincin.

.2 Benda uji harus diuji dengan ruang lingkup pengujian yang dijelaskan dalam 4.2.1.2; namun, spesimen uji impak batang bertakik harus dipersiapkan sebagai berikut:

a) Satu set spesimen uji impak batang bertakik dengan takik di pusat las (KM) harus diambil dari masing-masing benda uji.

b) Sebagai tambahan, satu set spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari zona transisi (KÜ) untuk:
   - semua bejana tekan proses dengan temperatur desain di bawah 0°C
   - semua baja paduan
   - semua baja tanpa paduan apabila ketebalan dinding pada area las lebih dari 30 mm.

4.2.3 Inspeksi mutu peralatan bertekanan dengan faktor las v ≤ 0,85

Pabrik pembuat harus melakukan inspeksi mutu secara acak pada komponennya sebagai bagian dari prosedur jaminan mutunya sesuai dengan 4.2.2. Inspeksi ini harus mencakup 2% dari komponen, namun harus dilakukan setidaknya pada satu benda uji setahun untuk setiap kelompok material dan proses pengelasan. Hasil inspeksi mutu harus disampaikan kepada ahli BKI pada uji penerimaan bejana tekan.

4.2.4 Persyaratan

Persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 14.2 dan, untuk tangki kargo dan bejana proses untuk gas cair, juga persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 14.3 harus dipenuhi dalam inspeksi mutu. Jika tidak, bagian las yang terkait harus dilakukan pemesinan dan dilas ulang serta karakteristiknya harus diverifikasi dengan pengujian benda uji yang baru.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Bab 15 Pengelasan Perpipaan

A. Umum 15–1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 15–2
C. Tanggung Jawab Inspeksi Mutu 15–2
D. Material, Kemampuan Las 15–3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 15–3
F. Uji Prosedur Pengelasan 15–5
G. Teknik Pengelasan 15–8
H. Pemanasan awal 15–9
I. Perlakuan Panas setelah Pengerjaan Dingin atau Panas dan Pengelasan 15–10
J. Inspeksi Pengelasan Pipa 15–11

A. Umum

1. Ruang lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk fabrikasi dan pengujian pipa las yang terbuat dari

- Baja tanpa paduan,
- Baja temperatur-tinggi,
- Baja tangguh pada temperatur di bawah nol,
- Baja tahan karat.

1.2 Pipa las yang difabrikasi dari material lain yang tidak terdaftar dalam 1.1 (misalnya paduan tempa tembaga-nikel) dapat diproduksi dan diuji sesuai peraturan atau regulasi lain yang diterbitkan oleh BKI untuk penggunaan khusus atau regulasi teknik lainnya yang diakui oleh BKI.

1.3 Desain dan pengujian perpipaan yang disambung dengan proses lain (misalnya dipatri atau dilem) tunduk pada kesepakatan antara pabrik pembuat dan Kantor Pusat BKI dalam setiap kasus individu (lihat Bab 1, A.1.1).

2. Standar relevan lainnya

2.1 Ketentuan pada Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol. III), Sec. 11 juga harus dipenuhi dalam perancangan dan penentuan dimensi pipa yang menerima tekanan.

2.2 Pipa kargo pada kapal yang dirancang untuk mengangkut bahan kimia curah juga harus memenuhi ketentuan pada Rules for Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk (Pt.1, Vol. X) Sec. 1.

2.3 Pipa kargo dan pipa proses pada kapal yang dirancang untuk membawa gas cair yang didinginkan juga harus memenuhi ketentuan pada Rules for Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Pt.1, Vol. IX).

3. Kelas-kelas pipa

Tergantung pada sifat pipa dan kandungan (media)-nya dan juga tekanan desain dan temperatur desain, pipa diklasifikasikan ke dalam tiga kelas pipa, lihat Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol.III) Sec. 11, Table 11.1. Jenis sambungan pipa, persyaratan pengelasan, kebutuhan perlakuan panas pasca-las dan ruang lingkup uji tak rusak ditetapkan dalam paragraf berikut atau dalam peraturan terkait lainnya, sesuai yang berlaku, sehubungan dengan kelas pipa tertentu.

B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan

1. Semua bengkel las yang bermaksud untuk melakukan pekerjaan pengelasan dalam ruang lingkup peraturan ini harus memenuhi persyaratan yang berlaku untuk bengkel dan personel las yang ditetapkan dalam Bab 2 dan harus telah disetujui oleh BKI. Permohonan persetujuan harus diajukan oleh bengkel las pada waktu yang tepat sebelum memulai pekerjaan pengelasan, dengan melampirkan informasi dan dokumentasi yang ditentukan dalam Bab 2, A.3.

2. Personel pengelasan (juru las dan pengawas las) dan, jika ada, inspektur dan pengawas inspeksi harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dalam Bab 2, B.2., B.3. dan B.4. dan diakui oleh BKI. Untuk uji kualifikasi juru las, lihat Bab 3.

3. Ruang lingkup persetujuan ditentukan oleh kemampuan bengkel las dan oleh rentang aplikasi yang diinginkan (kelas pipa, material, proses pengelasan, posisi pengelasan, dll.). Rentang aplikasi yang diinginkan harus diuraikan dalam permohonan persetujuan; lihat formulir "Uraian Bengkel Las" yang terdapat pada Lampiran B. Untuk periode masa berlaku persetujuan, lihat Bab 2, A.4 dan A.5.

C. Tanggung Jawab Inspeksi Mutu

1. Pabrik pembuat harus menyerahkan kepada BKI, untuk inspeksi, gambar dan dokumen terkait lainnya yang berisi setidaknya informasi berikut:

- Jenis perpipaan/media,
- Grade pipa dan bahan habis pengelasan yang akan digunakan
- Proses pengelasan, posisi pengelasan dan bentuk lasan,
- Jenis perlakuan panas, jika disyaratkan,
- Tekanan kerja yang dapat diterima
- Temperatur desain atau, dalam hal pipa kargo dan pipa proses untuk kapal tangki gas, temperatur desain minimum,
- Temperatur operasi,
- Tekanan uji,
- Sifat dan lingkup uji tak rusak.

2. Jika mutu atau urutan kerja yang baik dari komponen tidak dapat dijamin atau diragukan karena informasi yang tidak ada atau tidak memadai dalam dokumen pabrik pembuat (misalnya gambar produksi), BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai.

3. Bengkel las harus memastikan melalui inspeksi mutu internal secara regular selama fabrikasi dan pada saat penyelesaian pekerjaan pengelasan bahwa pekerjaan ini telah dilakukan dengan kompeten dan memuaskan (lihat Bab 1, F). Untuk tugas dan tanggung jawab pengawas las, lihat juga ISO 14731.

4. Bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini, dokumen fabrikasi yang disetujui, setiap ketentuan yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan dan praktik pengelasan terbaru. Inspeksi dan pemeriksaan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini.

5. Berkenaan dengan inspeksi mutu dan tanggung jawab yang terlibat dalam pekerjaan yang disubkontrakan kepada cabang independen atau pemasok atau kepada perusahaan luar yang disetujui atau tidak disetujui yang bekerja di bengkel las (subkontraktor), lihat Bab 1, F. Pekerjaan yang disubkontrakan atau penggunaan pekerja kontrak harus diberitahukan kepada BKI.

6. Ruang lingkup inspeksi mutu yang disyaratkan bergantung pada proyek konstruksi yang bersangkutan. Namun, penting untuk memastikan bahwa material, bahan habis pengelasan dan material bantu yang dimaksudkan telah digunakan dan bahwa persiapan pengelasan, perakitan, pengerjaan las cantum dan las akhir serta akurasi dimensi dan kesempurnaan dari sambungan las memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 3. Untuk uji tak rusak dari sambungan las, lihat I.

7. Setelah inspeksi internal dan, jika perlu, perbaikan oleh bengkel las, komponen harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI untuk pemeriksaan pada tahap fabrikasi yang sesuai. Untuk tujuan ini komponen harus dapat diakses dan biasanya tidak dicat. Jika inspeksi sebelumnya tidak memadai, Surveyor dapat menolak komponen dan meminta komponen ditunjukkan kembali setelah inspeksi bengkel yang memuaskan dan semua pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilaksanakan.

8. BKI tidak bertanggung jawab untuk menjamin bahwa semua komponen dan sambungan las yang diperiksa sejauh yang ditentukan (umumnya secara acak) oleh Surveyornya telah dibuat sesuai dengan ketentuan dan memenuhi semua persyaratan. Komponen atau sambungan las yang kemudian berubah menjadi cacat dapat ditolak atau perbaikannya dapat diminta meskipun uji penerimaan telah dilakukan sebelumnya.

D. Material, Kemampuan Las

1. Material yang dipilih harus sesuai untuk tujuan yang diinginkan, dengan toleransi yang diberikan untuk tegangan mekanis dan termal. Karakteristik material yang akan diproses lebih lanjut harus sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban operasi.

2. Struktur yang dilas hanya dapat dibuat menggunakan material induk yang telah terbukti kemampuan lasnya. Material untuk perpipaan (pipa, flensa, bagian adaptor, kelengkapan pipa) harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam bab yang relevan pada Rules for Materials (Pt.1, Vol. V), Sec. 4 hingga 9. Material lain yang setara hanya dapat digunakan setelah BKI memberikan persetujuan dalam setiap kasus individu.

3. Material untuk pipa kargo dan pipa proses untuk gas cair juga harus memenuhi persyaratan energi impak pada temperatur uji yang ditentukan; lihat Tabel 15.1 hingga 15.3.

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

1. Bahan habis pengelasan dan material bantu harus memungkinkan sambungan las dibuat sesuai dengan material pipa, temperatur operasi dan kondisi layanan. Kesesuaian bahan habis pengelasan juga harus diverifikasi berdasarkan kondisi yang berlaku pada setiap perlakuan panas yang berpotensi dilakukan.

2. Semua bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan (misalnya elektroda berbungkus, kombinasi kawat-gas, kombinasi kawat-fluks, dll.) harus telah disetujui oleh BKI sesuai dengan Bab 5. Namun, bahan habis pengelasan dan material bantu juga dapat disetujui jika diuji pada waktu yang sama dengan proses pengelasan dan dibatasi untuk bengkel pengguna (lihat Bab 4, B.3.2 dan Bab 5, A.1.4).

3. Bahan habis pengelasan untuk baja tangguh pada temperatur di bawah nol juga harus memenuhi persyaratan energi impak untuk logam las pada temperatur uji yang ditentukan; lihat Tabel 15.2.

4. Bahan habis pengelasan dan material bantu yang dicatumkan dalam dokumen persetujuan prosedur dengan nama pembuat atau merek (lihat F.3.5) hanya boleh diganti dengan bahan habis yang setara yang telah disetujui oleh BKI dengan grade mutu yang sesuai jika hal ini dinyatakan secara eksplisit dalam dokumen persetujuan masing-masing. Jika hal ini tidak terpenuhi, maka harus mendapat persetujuan dari BKI.

5. Bahan habis pengelasan dan material bantu hanya dapat digunakan dalam posisi pengelasan yang disetujui. Rekomendasi dan instruksi pabrik pembuat untuk pengelasan (misalnya tipe arus dan polaritas) harus diikuti.

6. Bahan habis pengelasan dan material bantu (terutama kadar hidrogen terkontrol, elektroda berbungkus *basic* dan fluks pengelasan *basic*) harus dikeringkan kembali sebelum digunakan sesuai dengan instruksi pabrik pembuat (perhatikan waktu pengeringan maksimum!) dan disimpan di tempat yang kering (dalam wadah yang dipanaskan atau sejenisnya) di tempat kerja.

Tabel 15.1 Persyaratan sesuai paragraf F.5 untuk pengujian sambungan las pada pipa

Jenis Pengujian	Persyaratan		
Uji tarik melintang las	Kekuatan tarik sesuai yang ditentukan untuk material induk atau saat penilaian kesesuaian untuk bahan habis pengelasan.		
Uji impak batang bertakik[1] pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari pusat logam las	Semua perpipaan kecuali yang ditunjukkan di bawah ini	Seperti yang ditentukan pada material induk, setidaknya ≥ 27 J. Temperatur uji sama seperti pengujian material induk. Ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik-austenitik, austenitik dan paduan berbasis nikel, ≥ 40 J	
	Pipa kargo dan pipa proses kapal tangki gas	Temperatur uji seperti yang ditunjukkan pada Tabel 15.2. Ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik, ≥ 27 J[2]; ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik-austenik, austenitik, dan paduan berbasis nikel, ≥ 34 J[2]	
Uji impak batang bertakik[1] pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari zona transisi las	Semua pipa kecuali yang ditunjukkan di bawah ini	≥ 27 J[2] temperatur uji seperti untuk pengujian material induk.	
	Pipa kargo dan pipa proses kapal tangki gas	Temperatur uji seperti yang ditunjukkan pada Tabel 15.2, ≥ 27 J untuk baja karbon mangan, ≥ 34 J untuk baja paduan nikel, ≥ 41 J untuk baja austenitik.	
Uji lengkung teknologi	**Derajat sudut lengkung**	**Kategori kekuatan**	**Dia. mandrel lengkung**
	180[3]	Baja feritik dengan : kekuatan tarik minimal < 430 N/mm² kekuatan tarik minimal ≥ 430 hingga 460 N/mm²	 2 x a 2,5 x a
	180[3]	Baja tahan karat austenitik dan baja austenitik tangguh pada temperatur di bawah nol Baja austenitik temperatur tinggi Baja feritik dengan kekuatan tarik minimum ≥ 460 N/mm²	2 x a 3 x a 3 x a
	Jika sudut lengkung 180 derajat tidak tercapai, hal berikut ini berlaku:		
	≥ 90	Pemanjangan (L_0 = lebar las + tebal dinding, simetris terhadap las) ≥ pemanjangan minimum A dari material induk, atau	
	< 90	Pemanjangan lebar las > 30% dan tampilan fraktur tanpa cacat	
Pemeriksaan metalografi	Spesimen makrografi sambungan las harus menunjukkan penumpukan las yang memuaskan dan penetrasi las penuh		
	Spesimen mikrografi harus diperiksa terhadap keretakan. Hanya retak panas yang dapat diterima, dan asalkan jumlahnya hanya sedikit dan tersebar luas serta telah disepakati dengan ahli mengenai penerimaannya berkaitan dengan material dan rentang aplikasi.		
Pengujian kekerasan	Kekerasan dalam zona terpengaruh panas tidak boleh melebihi 350 HV 10. Kekerasan tertinggi yang lebih dari nilai tersebut pada zona transisi sempit, tidak perlu dipermasalahkan jika hasil dari uji teknologi memenuhi persyaratan.		

[1] Untuk persyaratan yang berlaku pada spesimen dengan ketebalan kurang dari 10 mm, lihat Tabel 15.3

[2] Hanya satu nilai energy impak yang boleh lebih rendah dari nilai rata-rata minimum, dan maksimal hanya 30%.

[3] Persyaratan 180° dianggap telah terpenuhi jika uji lengkung dilakukan sesuai ISO 5173 dan tekanan diaplikasikan oleh penekan tanpa memunculkan keretakan.

Tabel 15.2 Temperatur uji untuk pengujian impak batang bertakik pada pipa baja tangguh temperatur di bawah nol

Jenis baja	Penandaan menurut standar	Standar	Temperatur Desain minimum [°C]	Temperatur uji [°C]
Baja karbon dan baja karbon-mangan	P215NL P255QL	ISO 10216-4	–40 –50	5 K di bawah temperatur desain minimum, tetapi tidak melebihi –20 ° C
Baja karbon dan baja karbon-mangan yang mengandung: 0,5 % Nickel 3,5 % Nickel 5,0 % Nickel 9,0 % Nickel	 13MnNi6-3 12Ni14 X12Ni5 X10Ni9		 –55 –90 –105 –165	 –60 –95 –110 –196
Baja austenitik [1] [2] (AISI 304 L) (AISI 316 L) (AISI 321) (AISI 347)	 X2CrNi19-11 X2CrNiMo18-14-3 X6CrNiTi18-10 X6CrNiNb18-10	EN 10217-7 EN 10216-5	–165	–196

[1] Penandaan dalam kurung adalah pipa baja yang setara dengan standar AISI.

[2] Jika pipa baja austenitik digunakan untuk temperatur desain tidak kurang dari –55°C, maka temperatur uji pada 5 K di bawah temperatur desain minimum tetapi tidak melebihi –20°C dapat disepakati.

Tabel 15.3 Persyaratan energi impak untuk specimen dengan ukuran yang diperkecil

Energi impak yang disyaratkan KV untuk spesimen ukuran standar [1] 10 x 10 mm [J]	Energi impak yang disyaratkan KV untuk spesimen ukuran [1]	
	7,5 x 10 mm [J]	5 x 10 mm [J]
27 (19) 34 (24) 41 (27)	22 (16) 28 (20) 34 (24)	18 (13) 23 (16) 27 (22)

[1] Nilai dalam kurung adalah nilai minimum individu.

F. Uji Prosedur Pengelasan

Catatan awal:

Berbeda dengan edisi sebelumnya dari Peraturan ini, uji prosedur pengelasan harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614-1, sesuai yang berlaku. Paragraf ini pada dasarnya mencakup persyaratan yang berlaku untuk pengelasan pipa di luar ketentuan yang ditetapkan dalam ISO 15614-1.

1. Umum

Hanya prosedur pengelasan yang kesesuaiannya untuk aplikasi dimaksud telah dibuktikan dengan pengalaman umum atau telah diverifikasi melalui uji prosedur pengelasan sesuai dengan Bab 4 dan ketentuan berikut, yang boleh digunakan. Tabel 4.1 di Bab 4 memuat verifikasi yang diperlukan. Prosedur pengelasan harus sudah disetujui oleh BKI untuk bengkel las yang dimaksud sebagai bagian dari persetujuan bengkel las (lihat juga B.).

2. Pengelasan benda uji, spesifikasi prosedur pengelasan (WPS)

2.1 Spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) milik "pabrik pembuat" yang menetapkan semua parameter utama harus dibuat oleh bengkel las untuk pengelasan benda uji sesuai dengan ISO 15609-1, sesuai yang berlaku (lihat Lampiran D).

2.2 Ahli BKI harus memilih salah satu juru las yang namanya harus disuplai oleh pabrik pembuat untuk mengelas benda uji.

2.3 Benda uji harus dibuat dari material yang sifatnya telah terbukti sesuai dengan persyaratan yang ditentukan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V), Sec. 4 hingga 9. Perlakuan awal dan perlakuan akhir benda uji dengan pemanasan awal, perlakuan panas, dan sejenisnya hanya dapat diizinkan jika ditentukan untuk material tersebut pada waktu fabrikasi yang sebenarnya.

2.4 Jenis pengelasan dan posisi pengelasan yang digunakan dalam proses fabrikasi harus dikualifikasi dalam uji prosedur pengelasan.

2.5 Bentuk dan dimensi benda uji ditentukan dalam ISO 15614-1.

3. Prinsip-prinsip pengujian, batasan ruang lingkup

Kualifikasi prosedur pengelasan sesuai dengan ISO 15607, Tabel 2 harus dipastikan melalui uji kualifikasi prosedur pengelasan, untuk baja sesuai dengan ISO 15614-1. Pengujian ini valid dalam batas-batas yang dijelaskan dalam 3.1 hingga 3.7.

Ruang lingkup uji prosedur pengelasan ditentukan oleh BKI secara tertulis. Setiap pengecualian memerlukan pelaksanaan uji tambahan, ruang lingkupnya harus diputuskan oleh BKI.

3.1 Material induk, kelompok material

Di luar ketentuan sistem pengelompokan ISO 15608 Tabel 1, ketentuan berikut harus diperhatikan:

a) Untuk material yang harus memenuhi persyaratan korosi tertentu (misalnya ketahanan terhadap retak kaustik) uji prosedur pengelasan harus diarahkan pada persyaratan tersebut.

b) Kualifikasi prosedur pengelasan yang dilakukan pada baja *killed* kelompok 1 tidak berlaku untuk baja *unkilled* kecuali jika dilas menggunakan elektroda berbungkus tipe *basic*.

c) Tergantung pada komposisi material dan/atau jenis perlakuan pasca-pengelasan yang disyaratkan, BKI juga dapat membatasi ruang lingkup pada material induk yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

d) Untuk pipa kargo dan pipa proses yang dirancang untuk membawa gas cair, pengujian berlaku hanya untuk *grade* baja yang diperiksa.

3.2 Proses pengelasan

Pengakuan hanya berlaku untuk proses pengelasan yang digunakan dalam uji prosedur pengelasan.

3.3 Pengelasan gas

Pada pengelasan gas, pengujian yang dilakukan pada suatu ketebalan dinding berlaku untuk rentang ketebalan 0,75 t hingga 1,25 t.

3.4 Parameter pengelasan

Uji prosedur pengelasan yang dilakukan pada lasan multi-jalur tidak berlaku untuk lasan jalur-tunggal.

3.5 Bahan habis pengelasan dan material bantu

Persyaratan ISO 15614-1, paragraf 8.4.5 tidak berlaku jika logam pengisi yang digunakan adalah jenis yang sama dan telah disetujui oleh BKI untuk berada di bawah lingkup kualifikasi prosedur pengelasan (lihat E.4).

3.6 Perlakuan panas

Uji prosedur pengelasan berlaku untuk kondisi perlakuan panas yang ada pada saat pengujian. Perlakuan panas benda uji harus dilakukan, sehingga kondisi perlakuan panas yang setara dengan perlakuan panas pada komponen telah tercapai.

3.7 Kasus khusus

Untuk kasus khusus, misalnya perbaikan yang sulit untuk dilakukan saat proses fabrikasi pada baja yang rentan terhadap keretakan karena pengerasan zona terpengaruh panas, uji prosedur pengelasan diperlukan yang harus diarahkan pada kasus khusus tersebut. Pengujian yang disyaratkan dan ruang lingkupnya ditentukan oleh BKI pada masing-masing kasus individu.

4. Pengujian, ruang lingkup pengujian

Pengujian terdiri dari uji tak rusak dan uji rusak dan harus dilakukan sesuai dengan ISO 15614-1, paragraf 7.

Menyimpang dari ISO 15614-1, paragraf 7.1 dan Tabel 1, maka spesimen berikut juga harus diambil dari benda uji:

a) Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO sesuai ISO 9016 yang diambil dari pusat logam las (KM) (satu set spesimen per posisi pengelasan) sebagai berikut:
   – Untuk pipa kargo dan pipa proses pada kapal tangki gas dimana ketebalan dinding ≥ 4 mm [1)]
   – Untuk baja paduan lainnya dan baja struktural berbutir halus dimana ketebalan dinding ≥ 6 mm.

b) Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO seperti di atas, tetapi dengan takik di zona transisi (KU) dimana ketebalan dinding ≥ 6 mm.

   Untuk pipa baja austenitik, pengujian ini hanya disyaratkan untuk ketebalan dinding ≥ 10 mm.

c) Spesimen makro- dan mikrografik disyaratkan untuk baja paduan. Khususnya, spesimen mikrografi harus diperiksa terhadap retak mikro. Struktur metalografi harus dijelaskan atau diverifikasi melalui foto.

d) Analisis logam lasan, kecuali untuk baja tanpa paduan.

5. Persyaratan uji

Cacat dalam benda uji harus berada dalam batas yang ditentukan untuk tingkat kualitas B sesuai dengan ISO 5817, kecuali: kecembungan berlebih dan ketebalan leher berlebih (las fillet) yang termasuk dalam tingkat kualitas C.

Untuk pengujian mekanis dan teknologi, Tabel 15.1 berlaku bersamaan dengan Tabel 15.2 yang menunjukkan persyaratan energi impak untuk pipa kargo dan pipa proses pada kapal tangki gas.

6. Penyimpanan spesimen

Spesimen yang diuji dan bagian yang tersisa dari benda uji harus disimpan sampai laporan uji prosedur pengelasan diterbitkan (lihat juga Bab 4, C.3).

[1] Ukuran spesimen dan persyaratan untuk ketebalan dinding < 6 mm harus disepakati secara terpisah.

7. Masa berlaku, perpanjangan uji prosedur pengelasan

Masa berlaku uji prosedur pengelasan umumnya 1 tahun asalkan prasyarat persetujuan tidak berubah secara signifikan. Masa berlaku ini dapat diperpanjang dengan verifikasi kualitas secara berkala, misalnya hasil uji tak merusak atau uji produksi.

Uji prosedur pengelasan harus diulang jika ada jeda pada fabrikasi pipa atau komponen pipa yang berlangsung lebih dari satu tahun.

G. Teknik Pengelasan

1. Las harus menunjukkan penetrasi penuh pada seluruh penampangnya dan tidak boleh memiliki s. Pengelasan sedapat mungkin harus dibuat di bengkel.

2. Cincin penahan permanen harus berbentuk sedemikian rupa sehingga tidak menghalangi aliran atau menyebabkan korosi. Cincin penahan harus terbuat dari pipa baja dengan komposisi yang sama dengan logam induk; dengan grade pipa tanpa paduan dan paduan rendah, cincin penahan dapat juga, bila sesuai, terbuat dari baja karbon-rendah (C ≤ 0,10%).

3. Dalam kasus pipa yang dibuat dari baja austenitik dan semua pipa lainnya dengan tekanan kerja lebih dari 10 bar dan temperatur desain –10°C atau kurang, pada prinsipnya cincin penahan permanen tidak dapat digunakan.

4. Untuk sambungan las butt segaris dengan temperatur desain di bawah –10°C dan untuk semua pipa baja tahan karat, jalur akar lazimnya harus dibuat dengan las wolfram gas mulia dengan gas pelindung di bagian dalam dan luar pipa.

5. Jika memungkinkan, fiting pipa berdimensi yang cukup harus digunakan untuk percabangan. Jika koneksi pipa flensa luar digunakan, rasio diameter dalam tidak boleh melebihi 0,8. Flensa luar harus dibuat dengan metode yang sudah diakui.

6. Persiapan las harus sesuai dengan standar las yang diakui. Jika memungkinkan, tepi-tepi las harus dipersiapkan dengan pemesinan atau dengan brander potong yang dipandu secara mekanis. Terak, kerak, garis tarik dan cacat lainnya harus dihilangkan. Jika diperlukan, hal yang sama berlaku untuk batas zona terpengaruh panas dalam kasus baja austenitik. Tepi las dari baja tempa dan baja cor harus dibuat dengan pemesinan.

7. Las cantum hanya boleh dibuat dengan bahan habis pengelasan yang sesuai dengan material pipa. Jika las cantum tidak dihilangkan, maka harus memiliki kualitas yang sama dengan las akar. Aturan untuk pemanasan awal juga berlaku untuk pengelasan cantum.

8. Sambungan flange-pipa harus dipilih sesuai dengan Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol.III), Sec. 11, dalam kaitannya dengan kelas pipa.

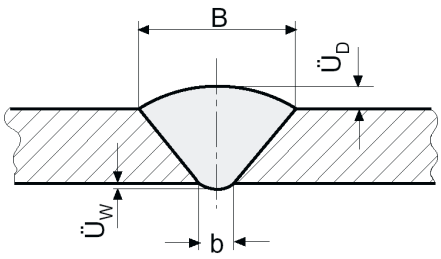
9. Bagian pipa yang akan dilas harus disejajarkan searah sumbu. Ketidaklurusan internal dari ujung pipa tidak boleh melebihi nilai yang tercantum dalam Tabel 15.4.

10. Pemerkuat lasas harus berada dalam toleransi berikut (lihat Gambar 15.1):

Pemerkuat jalur penutup: $Ü_D \leq 1 + 0{,}1\ B$ [mm] maks. 5 mm

Pemerkuat jalur akar: $Ü_W \leq 1 + 0{,}2\ b$ [mm] maks. 3 mm

(lihat juga ISO 5817, tingkat mutu B)



Gambar 15.1 Pemerkuat lasan

11. Pengelasan komponen pipa yang terbuat dari baja feritik di daerah yang mengalami pembentukan dingin dimana serat luarnya telah diregangkan lebih dari 5% (misalnya bila pelengkungan pipa dilakukan dengan jari-jari $r_m < 10 \times D_a$ (D_a = diameter luar) hanya diperbolehkan jika efek dari pembentukan dingin telah dihilangkan dengan menggunakan perlakuan panas yang tepat. Hal ini umumnya harus dicapai dengan perlakuan panas normalisasi atau pendinginan cepat dan temper.

Persyaratan ini dapat diabaikan jika dapat menunjukkan bukti bahwa sifat material tidak mengalami penurunan yang signifikan sehubungan dengan penggunaan yang dimaksudkan atau jika kondisi yang ditentukan pada H.1 atau H.2, sesuai yang berlaku, terpenuhi.

H. Pemanasan awal

1. Pemanasan awal dari berbagai jenis baja akan tergantung pada ketebalan dan komposisi kimia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 15.4.

2. Dalam berbagai kasus, kekeringan harus dipastikan dengan menggunakan, jika perlu, pemanasan awal yang sesuai.

3. Nilai pada Tabel 15.4 didasarkan pada penggunaan proses dengan kadar hidrogen rendah; pertimbangan harus diberikan untuk menggunakan pemanasan awal dengan temperatur lebih tinggi ketika proses hidrogen rendah tidak digunakan.

Tabel 15.4 Batas ketebalan dinding untuk pemanasan awal pipa baja C-CMn dan paduan rendah karbon-molibdenum, kromium-molibdenum, kromium-molibdenum-vanadium

Baja	Ketebalan dinding dari bagian yang lebih tebal [mm]	Temperatur perlakuan panas [°C]
Baja karbon dan karbon-mangan mengandung: $C + \frac{Mn}{6} \le 0{,}40$	≥ 20 [2]	50
 $C + \frac{Mn}{6} > 0{,}40$		100
0,3 Mo	≥ 13 [2]	100
1 Cr – 0,5 Mo	≥ 13	100
	< 13	150
2,25 Cr – 1 Mo dan 0,5 Cr – 0,5 Mo – 0,25 V [1]	< 13	150
	≥ 13	200

[1] Untuk material ini, pemanasan awal dapat ditiadakan untuk ketebalan hingga 6 mm jika hasil uji kekerasan yang dilakukan pada kualifikasi prosedur pengelasan dipertimbangkan dapat diterima oleh BKI.

[2] Untuk pengelasan pada temperatur lingkungan di bawah 0°C, disyaratkan pemanasan awal dengan minimum temperatur berapapun ketebalannya kecuali disetujui secara khusus oleh BKI.

I. Perlakuan Panas setelah Pengerjaan Dingin atau Panas dan Pengelasan

1. Pipa baja feritik

1.1 Perlakuan panas setelah pembentukan dingin

1.1.1 Pipa atau jalur pipa biasanya harus dikenai perlakuan panas (perlakuan panas normalisasi atau pendinginan cepat dan temper) setelah pembentukan dingin dengan derajat deformasi ≥ 5% ($r_m \leq 10 \times D_a$) sesuai dengan spesifikasi material.

1.1.2 Perlakuan panas pasca-pembentukan dapat ditiadakan dalam kasus baja tanpa paduan atau pipa baja struktural berbutir halus dengan diameter luar $D_a \leq 133$ mm yang mengalami pembengkokan-dingin dengan jari-jari lengkung $r_m \leq 1{,}3 \times Da$.

Pengecualian berlaku untuk pipa yang dibuat dari baja tangguh pada temperatur di bawah nol dengan ketebalan dinding > 2,5 mm atau pipa yang dilaskan komponen bertekanan di luar serat netralnya.

Tabel 15.5 Toleransi pada ketidaklurusan internal dari ujung pipa

Jenis sambungan	Diameter dalam D_i [mm]	Ketebalan dinding t [mm]	Toleransi ketidaklurusan internal
dengan cincin penahan permanen	berapapun	berapapun	maks. 0,5 mm
tanpa cincin penahan	$D_i < 150$ $150 \leq D_i < 300$ $300 \leq D_i$ berapapun	$t \leq 6$ $t \leq 9{,}5$ berapapun $t > 9{,}5$	t/4 maks. 1 mm t/4 maks. 1,5 mm t/4 maks. 2,0 mm t/4 maks. 2,0 mm

1.2 Perlakuan panas setelah pembentukan panas

1.2.1 Pipa dan komponen perpipaan harus dikenai perlakuan panas setelah pembentukan panas sesuai dengan spesifikasi material.

Jika pekerjaan pembentukan panas dimulai dan berakhir dalam kisaran temperatur yang dinyatakan dalam spesifikasi material, maka perlakuan panas normalisasi dapat ditiadakan untuk baja normalisasi. Temper berikutnya diperlukan dalam kasus baja diperkeras-udara dan ditemper.

1.2.2 Jika pipa hanya mengalami pemanasan lokal di area tertentu selama pembengkokan, ketentuan 1.2.1 masih berlaku; namun, seluruh pipa harus dalam kondisi perlakuan panas yang ditentukan.

2. Pipa baja austenitik

2.1 Perlakuan panas setelah pembentukan dingin

Perlakuan panas dari pipa yang mengalami pembengkokan dingin dengan jari-jari lengkung ≥ 1,3 x D_a biasanya tidak diperlukan.

2.2 Perlakuan panas setelah pembentukan panas

Perlakuan panas yang diperbarui (perlakuan panas solusi dan pendinginan cepat atau perlakuan panas stabilisasi) sesuai dengan spesifikasi material biasanya diperlukan setelah pembentukan panas. Jika perlakuan panas dilakukan pada temperatur pembentukan awal antara 1000°C hingga 1150°C dan jika pekerjaan pembentukan selesai pada temperatur > 750°C dalam hal baja yang distabilkan atau baja dengan kandungan karbon ≤ 0,03%, serta > 875°C dalam kasus baja lainnya, maka perlakuan panas lanjutan dapat ditiadakan. Pada kondisi ini, material harus didinginkan dengan cepat dari temperatur pembentukan.

2.3 Jika berlaku persyaratan ketahanan korosi yang lebih tinggi, misalnya pada perpipaan untuk kapal tangki kimia, maka prosedur yang diuraikan pada 2.1 atau 2.2, sesuai yang berlaku, hanya dapat diikuti jika pabrik pembuat pipa telah membuktikan melalui uji korosi bahwa ketahanan yang disyaratkan tercapai setelah pembentukan. Jika tidak terpenuhi, maka setelah pembentukan dingin atau panas disyaratkan perlakuan panas yang diperbarui

3. Perlakuan panas perlengkapan pipa

Ketentuan pada Rules for Machinery Installations (Pt.1, Vol. III) Sec. 11, C, perlengkapan pipa, berlaku.

4. Perlakuan panas pasca las

4.1 Perlakuan panas harus diterapkan sesuai dengan Bab 9. Sambungan las pada pipa yang terbuat dari baja feritik harus diberi perlakuan panas setelah pengelasan sesuai dengan ketentuan dalam standar yang relevan atau dokumen persetujuan BKI dimana ketentuan yang dinyatakan di 4.1.1 dan 4.1.2 berlaku. Kecuali jika ditentukan lain, perlakuan panas pasca las harus terdiri dari perlakuan panas pembebas tegangan.

4.1.1 Sambungan pipa las-fusi dengan elektrik harus diberikan perlakuan panas pembebas tegangan jika batas ketebalan dinding yang ditunjukkan pada Tabel 15.5 terkait dengan tipe pipa baja terlampaui.

4.1.2 Sambungan las-fusi dengan gas harus diberikan perlakuan panas normalisasi atau pendinginan cepat dan temper, tergantung pada tipe material, jika ketebalan dinding pipa melebihi 3,2 mm atau diameter luar melebihi 88,9 mm.

4.1.3 Untuk pipa yang terbuat dari baja paduan nikel yang tangguh pada temperatur di bawah nol, kebutuhan untuk perlakuan panas pasca las dan batas ketebalan dinding akan ditentukan saat uji prosedur pengelasan.

4.2 Untuk pipa yang terbuat dari baja austenitik dan baja austenitik-feritik, perlakuan panas pasca las umumnya tidak diperlukan jika material pipa telah berada pada kondisi perlakuan panas yang tepat sebelum pengelasan.

J. Inspeksi Pengelasan Pipa

Inspeksi terdiri dari uji tekanan hidrolik internal dan uji tak rusak. Uji tak rusak harus dilakukan sesuai dengan Bab 10.

1. Seluruh penampang pipa harus diuji tekanan hidrolik 1,5 kali tekanan kerja dengan dihadiri oleh Surveyor. Penampang pipa tidak boleh menunjukkan adanya kebocoran selama uji tekanan hidrolik atau deformasi permanen sesudahnya.

2. Pemeriksaan eksternal dan, jika memungkinkan, inspeksi internal untuk seluruh penampang pipa dan terutama pada lasan harus dilakukan. Untuk inspeksi, penampang harus memiliki permukaan eksternal dan internal yang halus sesuai dengan kondisi saat fabrikasi yang memungkinkan cacat permukaan mayor dapat terdeteksi, dan pipa yang terbuat dari baja austenitik dan baja austenitik-feritik harus bebas dari indikasi warna temper yang berbahaya.

3. Ketidaklurusan ujung pipa, pemerkuat las eksternal dan -jika dapat diakses- pemerkuat las internal harus diperiksa. Semua harus berada dalam toleransi yang ditentukan dalam G.9 dan G.10.

4. Sambungan las-butt pada pipa berikut harus dilakukan inspkesi radiografi sebagai berikut:

a) Semua perpipaan dalam pipa kelas I: 100%.

Pengurangan ruang lingkup pengujian dapat disetujui untuk aplikasi pada perpipaan dengan diameter dalam ≤ 75 mm, asalkan diberikan bukti bahwa hasilnya konsisten baik dan persentase perbaikan relatif rendah.

b) Semua pipa kargo dan pipa proses pada kapal tangka gas dengan temperatur operasi di bawah –10°C: 100%.

Pengurangan ruang lingkup pengujian dapat disetujui untuk aplikasi pada perpipaan dengan diameter dalam ≤ 75 mm atau tebal dinding ≤ 10 mm asalkan diberikan butki bahwa hasilnya konsisten baik dan persentase perbaikan relatif rendah.

c) Semua perpipaan dalam kelas pipa II: 10%.

Pengurangan ruang lingkup pengujian dapat disepakati untuk aplikasi pada perpipaan dengan diameter dalam ≤ 100 mm asalkan diberikan bukti bahwa hasilnya konsisten baik dan persentase perbaikan relatif rendah.

d) Jika pelaksanaan pengelasan menimbulkan keraguan mengenai kualitas sambungan las, maka BKI juga dapat meminta uji radiografi secara acak untuk dilakukan pada las butt pipa kelas III.

Inspeksi radiografi lazimnya harus dilakukan dengan tabung sinar-X. Dengan persetujuan BKI, inspeksi radiografi dapat diganti dengan inspeksi ultrasonik untuk pipa baja feritik dengan ketebalan dinding ≥ 20 mm.

5. Las fillet pada flensa, soket dan *nipple* perpipaan kelas I, termasuk pipa kargo dan pipa proses kapal tangki gas, harus 100 % diuji terhadap retak permukaan. Untuk perpipaan kelas II dan III, dipersyaratkan pengujian secara acak yang mencakup 10 % dari jumlah sambungan las.

Catatan:

Ruang lingkup pengujian yang harus diterapkan pada perlengkapan pipa yang diproduksi berseri ditentukan secara terpisah; lihat Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) Sec. 9, B.

Tabel 15.6 Batas ketebalan dinding untuk perlakuan panas pembebas tegangan pada pipa baja feritik

Baja	Ketebalan dinding dari bagian yang lebih tebal [mm]	Temperatur perlakuan panas [°C]
Baja karbon dan baja karbon-mangan	≥ 15 [1), 3)]	Ketentuan Bab 9 berlaku
0,3 Mo	≥ 15	
1 Cr 0,5 Mo	≥ 8	
2,25 Cr 1 Mo	semua ketebalan [2)]	

[1)] Ketika digunakan baja dengan sifat impak Charpy takik V pada temperatur rendah yang ditentukan, ketebalan dimana perlakuan panas pasca las harus diterapkan dapat dinaikkan dengan perjanjian khusus BKI.

[2)] Perlakuan panas pembebas tegangan dapat ditiadakan jika temperatur operasi minimal 450°C dan jika diameter luar dan ketebalan dinding masing-masing tidak melebihi 100 mm dan 8 mm.

[3)] Untuk baja C dan baja C-Mn, perlakuan panas pembebas tegangan dapat ditiadakan hingga ketebalan 30 mm atas persetujuan khusus BKI.

Bab 16 Pengelasan Komponen Permesinan

A. Umum 16-1
B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan 16-1
C. Inspeksi Mutu, Tanggung jawab 16-2
D. Material, Kemampuan Las 16-3
E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu 16-3
F. Uji Prosedur Pengelasan 16-4
G. Desain, Teknik Pengelasan 16-8
H. Perlakuan Panas Pasca-Las 16-10
I. Inspeksi Komponen yang Dilas 16-10

A. Umum

1. Ruang lingkup

1.1 Peraturan ini berlaku untuk semua pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada waktu pembuatan dan perbaikan komponen permesinan seperti pelat dudukan, rangka, rumah mesin diesel, kotak roda gigi, badan roda, rumah mesin kemudi, celaga dan komponen serupa yang jenisnya sepadan.

Catatan:

Karena komponen permesinan yang tercantum di atas sebagian besar adalah "komponen baja" yang tidak berbeda secara signifikan dengan struktur lambung pada material, proses pengelasan dan pekerjaan pengelasannya (lihat juga Tabel 4.1 pada Bab 4), spesifikasi yang ditetapkan dalam Bab 12 yang berlaku untuk pengelasan struktur lambung juga dapat diterapkan di sini bila tidak ada ketentuan khusus yang ditentukan dalam paragraf berikut ini.

1.2 Peraturan ini juga berlaku untuk pekerjaan pengelasan yang dilakukan pada komponen permesinan seperti as roda atau poros, piston, baling-baling, hub, tangki permesinan, silinder hidrolik, rumah katup, katup dll. dimana BKI telah menyetujui pekerjaan pengelasan untuk dilakukan pada komponen jenis ini baik sebagai persetujuan umum atau dalam kasus individual. Peraturan ini berlaku untuk pekerjaan pengelasan yang dilakukan dalam proses fabrikasi baru dan juga untuk las perbaikan pada komponen permesinan.

1.3 Untuk penggunaan pengelasan sebagai proses produksi pada saat pembuatan material dan/atau produk setengah jadi, seperti "pengelasan fabrikasi" produk tempa atau cor yang digunakan dalam komponen permesinan (misalnya baling-baling), lihat juga Rules for Materials (Pt.1, Vol. V).

2. Peraturan dan regulasi lain yang relevan

Desain dan dimensi sambungan las dan juga teknik pengelasan harus mengikuti ketentuan pada Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II), dan peraturan atau regulasi lain yang dikeluarkan oleh BKI pada rentang aplikasi tertentu. Untuk standar lain yang relevan, dll., lihat Bab 1, B. dari Peraturan ini.

B. Persetujuan Bengkel Las, Personel Pengelasan

1. Bengkel dan bagian bengkel

1.1 Dalam paragraf berikut, istilah "bengkel las" merujuk pada bengkel fabrikasi las yang dapat dianggap sebuah unit independen sehubungan dengan situasi fisik dan organisasinya.

1.2 Dengan demikian cabang dan subkontraktor umumnya dianggap sebagai bengkel las "independen" yang harus memenuhi persyaratan yang ditentukan di bawah ini. Secara khusus, setiap bengkel las harus memiliki seorang pengawas las yang merupakan karyawan tetap dari bengkel las (lihat Bab 2).

1.3 Perusahaan luar yang bekerja di bengkel las dapat diberikan persetujuan sebagai bengkel las independen. Tentang ini dan tentang pekerja tidak tetap, lihat juga C.3. dan Bab 1, F.

2. Persyaratan, ruang lingkup persetujuan

2.1 Semua bengkel las yang bermaksud untuk melakukan pekerjaan pengelasan dalam ruang lingkup Peraturan ini harus memenuhi persyaratan yang berkaitan dengan bengkel las dan personelnya yang ditetapkan dalam Bab 2 dan harus telah disetujui untuk pekerjaan tersebut oleh BKI. Permohonan persetujuan harus diajukan oleh galangan kapal dan bengkel las pada waktu yang tepat sebelum memulai pekerjaan pengelasan, dengan melampirkan informasi dan dokumentasi yang ditentukan dalam Bab 2, A.3.

2.2 Personel pengelasan (juru las, operator dan staf pengawas) dan, jika ada, inspektur dan pengawas pengujian harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Bab 2, B.2., B.3. dan B.4. dan diakui oleh BKI. Untuk uji kualifikasi juru las, lihat Bab 3.

2.3 Ruang lingkup persetujuan ditentukan oleh kemampuan bengkel las dan oleh rentang aplikasi yang diinginkan (komponen, material, proses pengelasan, posisi pengelasan, dll.). Rentang aplikasi yang diinginkan harus diuraikan dalam permohonan persetujuan; lihat formulir "Uraian Bengkel Las" yang terlampir pada Lampiran B. Untuk periode masa berlaku persetujuan, lihat Bab 2, A.4. dan A.5.

C. Inspeksi Mutu, Tanggung jawab

1. Bengkel las harus memastikan melalui inspeksi mutu internal secara reguler selama fabrikasi dan pada saat penyelesaian pekerjaan pengelasan bahwa pekerjaan ini telah dilakukan dengan kompeten dan memuaskan (lihat Bab 1, F.). Untuk tugas dan tanggung jawab pengawas las, lihat juga ISO 14731.

2. Bengkel las bertanggung jawab untuk memastikan bahwa pekerjaan pengelasan sesuai dengan Peraturan ini, dokumen fabrikasi yang disetujui, setiap ketentuan yang ditetapkan dalam dokumen persetujuan, praktik perakitan permesinan yang baik, dan praktik pengelasan terkini. Inspeksi dan pemeriksaan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini.

3. Berkenaan dengan inspeksi mutu dan tanggung jawab pada pekerjaan subkontrak yang diberikan kepada cabang independen atau pemasok atau kepada perusahaan luar yang disetujui atau tidak disetujui yang bekerja di bengkel las (subkontraktor), lihat Bab 1, F.; "kontraktor utama" harus memastikan bahwa "subkontraktor" juga memenuhi persyaratan yang ditentukan pada 1.

4. Apabila perusahaan luar yang tidak disetujui dan karyawan tidak tetap dipekerjakan di bengkel las, maka bengkel las bertanggung jawab untuk melakukan inspeksi mutu dan untuk pemenuhan terhadap ketentuan yang tercantum dalam 1. Pekerjaan yang disubkontrakkan atau penggunaan karyawan tidak tetap harus diberitahukan ke BKI.

5. Ruang lingkup inspeksi mutu yang disyaratkan tergantung pada proyek konstruksi yang bersangkutan. Namun, penting untuk memastikan bahwa material, bahan habis pengelasan dan material bantu yang dimaksudkan telah digunakan dan bahwa persiapan las, perakitan, pelaksanaan pekerjaan pengelasan serta ketepatan dimensi dan kesempurnaan dari sambungan las memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam 2. Untuk uji tak rusak dari sambungan las, lihat I.

6. Setelah inspeksi dan, jika perlu, perbaikan oleh bengkel las, komponen harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI pada tahapan fabrikasi yang sesuai untuk dilakukan pemeriksaan. Untuk tujuan ini komponen

harus mudah diakses dan biasanya tidak dicat. Jika inspeksi sebelumnya tidak memadai, maka Surveyor dapat menolak komponen dan meminta komponen ditunjukkan kembali setelah inspeksi bengkel yang memuaskan dan semua pekerjaan perbaikan yang diperlukan telah dilakukan.

7. Jika mutu atau urutan kerja yang baik dari suatu komponen tidak dapat dijamin atau diragukan karena informasi yang tidak memadai atau tidak ada dalam dokumen fabrikasi (misalnya gambar produksi), maka BKI dapat meminta perbaikan yang sesuai. Hal ini berlaku dengan cara yang sama pada langkah-langkah ekstra atau tambahan, meskipun jika langkah-langkah ini tidak ditetapkan ketika gambar diperiksa atau tidak dapat ditetapkan akibat penjelasan yang kurang rinci dalam dokumen produksi.

8. Tanggung jawab untuk pelaksanaan inspeksi mutu yang tepat dan pemenuhan persyaratan yang disebutkan di atas berada pada bengkel las. Inspeksi dan pemeriksaan yang dilakukan oleh Surveyor BKI tidak membebaskan bengkel las dari tanggung jawab ini.

9. BKI tidak bertanggung jawab untuk menjamin bahwa semua komponen dan sambungan las yang diperiksa sejauh yang ditentukan (umumnya secara acak) oleh Surveyornya telah dibuat sesuai dengan ketentuan dan memenuhi semua persyaratan. Komponen atau sambungan las yang kemudian berubah menjadi cacat dapat ditolak atau perbaikannya dapat diminta meskipun uji penerimaan telah dilakukan sebelumnya.

D. Material, Kemampuan Las

1. Struktur yang dilas hanya dapat dibuat menggunakan material induk yang telah terbukti kemampuan lasnya. Material harus memenuhi Rules for Materials (Pt.1, Vol. V). Material lain yang setara (misalnya baja struktural yang sesuai dengan standar) hanya dapat digunakan setelah BKI memberikan persetujuan dalam setiap kasus individu.

2. Setiap ketentuan yang berkaitan dengan pekerjaan dan pengelasan yang ditentukan oleh sertifikat persetujuan dan rekomendasi dari produsen material harus dipenuhi. Untuk pemilihan material lambung kapal, lihat Rules for Hull (Pt. 1, Vol. II), serta peraturan dan regulasi lain yang diterbitkan oleh BKI untuk rentang aplikasi tertentu.

3. Baja cor dan baja tempa harus memenuhi Rules for Materials (Pt.1, Vol. V) dan harus telah diuji oleh BKI. Kandungan karbon dari komponen yang terbuat dari baja karbon dan baja karbon-mangan atau baja cor untuk struktur yang dilas tidak boleh melebihi 0,23% C pada analisis ladel (analisis produk: maks. 0,25% C).

E. Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

1. Semua bahan habis pengelasan dan material bantu yang digunakan (misalnya elektroda berbungkus, kombinasi kawat-gas, kombinasi kawat-fluks, dll.) harus telah disetujui oleh BKI sesuai dengan Bab 5. Grade mutu yang disyaratkan tergantung pada material induk yang akan dilas dan ditunjukkan dalam tabel yang relevan di Bab 5.

2. Bahan habis pengelasan harus mampu membuat sambungan las yang sesuai dengan material induk dan jenis tegangan yang bekerja padanya dan juga memungkinkan pemrosesan lebih lanjut yang bebas masalah. Untuk sambungan antara material yang berbeda (dengan pengecualian baja austenitik, baja paduan tinggi), bahan habis pengelasan harus, sedapat mungkin, diarahkan pada material dengan paduan yang lebih rendah atau material dengan kekuatan yang lebih rendah.

3. Untuk pengelasan komponen yang berdinding sangat tebal, kaku (sekitar 30 mm dan lebih) dan pengelasan produk tempa dan cor, bahan habis pengelasan dan material bantu dengan kadar hidrogen

yang terkontrol harus digunakan sedapat mungkin, misalnya grade mutu ...H15 atau lebih rendah atau ... Y ... H10 atau lebih rendah untuk baja struktural kekuatan lebih tinggi.

4. Bahan habis pengelasan dan material bantu dengan kadar hidrogen yang terkontrol juga harus digunakan untuk komponen yang langsung menerima beban penuh setelah pengelasan (misalnya kupingan angkat atau sebagai hasil dari uji tekanan) atau jika toleransi harus diberikan untuk tegangan sisa dengan tingkat yang tinggi karena kekakuan struktur dan, jika berlaku, kekuatan luluh atau kekuatan struktur yang tinggi.

F. Uji Prosedur Pengelasan

1. Umum

1.1 Prosedur pengelasan yang boleh digunakan hanya yang kesesuaiannya untuk aplikasi dimaksud telah diverifikasi melalui uji prosedur pengelasan sesuai dengan Bab 4 dan ketentuan berikut. Tabel 4.1 di Bab 4 memuat daftar verifikasi yang diperlukan. Prosedur pengelasan harus telah disetujui oleh BKI untuk bengkel las dimaksud sebagai bagian dari persetujuan bengkel las (lihat juga B.).

1.2 Uji prosedur pengelasan yang diawasi oleh BKI untuk memverifikasi penanganan operasional yang memuaskan dan pelaksanaan prosedur yang bebas masalah, dan juga sifat mutu sambungan las yang memadai yang dibuat dibawah kondisi fabrikasi di bengkel pengguna disyaratkan untuk semua material dan proses pengelasan.

1.4 BKI juga dapat mensyaratkan uji prosedur pengelasan untuk bentuk komponen tertentu (yang sulit) atau kombinasi material, bentuk las tertentu, variasi atau kombinasi proses, dan juga untuk bahan habis pengelasan dan material bantu tertentu. Hal yang sama berlaku secara analog untuk proses penyambungan lainnya atau operasi penyelesaian (permukaan) seperti pemotongan termal atau pelurusan dengan api.

1.5 Informasi dalam paragraf berikut ini dan sebelumnya, terutama informasi mengenai benda uji, bentuk spesimen, pengujian dan persyaratan, berlaku untuk material, proses pengelasan dan bentuk las normal yang digunakan saat ini dalam pembuatan mesin-kapal, yang perilakunya dalam kondisi pemakaian telah diverifikasi oleh pengalaman dan/atau hasil uji. Jika terdapat keraguan, BKI dapat meminta benda uji, bentuk spesimen atau pengujian tambahan dan/atau berbeda untuk memverifikasi kesesuaian penggunaan yang memuaskan.

1.6 Dalam hal proses pengelasan yang karakteristiknya menghasilkan bentuk las selain dari yang telah terverifikasi oleh pengalaman dan/atau hasil uji (misalnya bentuk las dengan efek takik yang besar), pengaruh bentuk las terhadap perilaku kekuatan lelah sambungan las dapat diselidiki selain melakukan pengujian yang ditentukan. Hal yang sama berlaku secara analog pada karakteristik lain dari sambungan las, misalnya ketahanan korosi.

2. Ruang lingkup pengujian, rencana pengujian, batas aplikasi

2.1 Rencana pengujian, detail pengujian

2.1.1 Ruang lingkup uji prosedur pengelasan (material, benda uji, perlakuan panas, spesimen, pengujian, dll.) harus ditetapkan di dalam rencana pengujian yang akan diserahkan untuk persetujuan pada waktu yang tepat sebelum pengujian, sesuai dengan Bab 4, B.1. Tergantung pada jenis dan penerapan dari proses pengelasan, detail proses yang ditentukan dalam Bab 4, B.1.1 harus ditentukan dan diperhitungkan dalam pengujian.

2.1.2 Apabila tidak ada rincian lebih lanjut tentang uji prosedur pengelasan yang diberikan dalam paragraf berikut, maka ketentuan Bab 4 berlaku. Standar ISO 15614 dapat diterapkan, namun BKI berhak

untuk menetapkan persyaratan tambahan atau berbeda disamping ketentuan yang dinyatakan dalam paragraf berikut, misalnya untuk ruang lingkup aplikasi (material, tipe las, posisi pengelasan, lihat 2.1.3).

2.1.3 Untuk uji prosedur pengelasan komponen permesinan (baja), ketentuan yang ditetapkan dalam Bab 12, F. yang berkaitan dengan uji prosedur pengelasan untuk baja struktural (lambung) berlaku secara analog. Hal ini juga berlaku secara khusus terhadap tipe las dan posisi pengelasan. Oleh karena itu, baik las butt maupun las fillet (atau bentuk las tertentu lainnya) juga dicakup dalam uji prosedur pengelasan, begitu juga semua posisi pengelasan yang digunakan.

2.1.4 Uji prosedur pengelasan untuk pengelasan (perbaikan) baling-baling harus dilakukan sesuai dengan ketentuan yang berlaku untuk "las produksi" dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) yang diterbitkan oleh BKI. Ketentuan diatas juga harus dipenuhi untuk bahan habis pengelasan dan perlakuan panas yang direkomendasikan dan juga area dimana pengelasan tidak diperbolehkan.

2.1.5 Untuk proses pengelasan khusus, seperti las *flash butt*, las *friction*, las *electron-beam* atau laser dan juga untuk aplikasi khusus seperti las tambalan pada poros, piston atau katup, jenis dan lingkup (bentuk dan dimensi benda uji) uji prosedur pengelasan serta ruang lingkupnya sesuai dengan ketentuan sebelumnya ditentukan secara terpisah dalam setiap kasus individu.

3. Benda uji, fabrikasi (pengelasan), perlakuan panas (pasca las)

3.1 Untuk komponen permesinan (baja) pengelasan harus dilakukan pada benda uji butt dan fillet (jika hal ini ditemui dalam proses produksi) dengan cara yang sama seperti pada Bab 12, F.4 atau, berdasarkan kesepakatan dengan BKI, sesuai dengan ISO 15614 -1. Benda uji untuk komponen lain, proses pengelasan atau aplikasi tertentu harus disetujui oleh BKI untuk setiap kasus individu.

3.2 Arah pengerolan benda uji las butt dan fillet pada umumnya harus sejajar dengan arah las. Bentuk las harus sesuai dengan yang digunakan dalam proses fabrikasi.

3.3 Untuk pengelasan, benda uji harus dibuat dari material yang sifatnya dapat dibuktikan secara tegas sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan dalam Rules for Materials (Pt.1, Vol.V) atau spesifikasi material yang disetujui dengan menyerahkan sertifikat dan dengan penandaan material (stempel). Jika terdapat keraguan, BKI dapat meminta pemeriksaan material yang sesuai untuk dilakukan. Lihat Bab 4, B.3.

3.4 Parameter pengelasan yang ditentukan dalam spesifikasi prosedur pengelasan awal (pWPS) harus dipenuhi (lihat Lampiran D) dan perlu untuk mencatat parameter yang digunakan dalam pengujian dan menguraikannya dalam spesifikasi prosedur pengelasan akhir. Lihat Bab 4, B.5.

3.5 Perlakuan awal dan perlakuan akhir benda uji dengan pemanasan awal, perlakuan panas atau sejenisnya hanya diizinkan jika ditentukan untuk material tersebut pada waktu fabrikasi sebenarnya. Perlakuan ini juga harus dicatat dan diuraikan dalam spesifikasi prosedur pengelasan akhir. Lihat Bab 4, B.6.

4. Uji tak rusak

Sebelum pemotongan, benda uji harus menjalani uji tak rusak secara menyeluruh untuk mendeteksi cacat pengelasan atau cacat dalam prosedur pengelasan. Metode atau (kombinasi) metode uji yang akan diterapkan ditentukan oleh jenis benda uji atau lasan dan harus disetujui oleh BKI dan ditetapkan dalam rencana pengujian. Lihat Bab 4, B.7.

5. Pemotongan benda uji, jenis dan jumlah spesimen

5.1 Pemotongan benda uji dan persiapan spesimen mengikuti ketentuan pada Bab 4, B.8.

5.2 Kecuali jika disepakati sebaliknya dalam kasus tertentu, satu set spesimen las butt harus terdiri dari spesimen berikut. Bentuk dan dimensi spesimen harus sesuai dengan ketentuan standard atau Bab 11, sesuai yang berlaku:

– 2 spesimen uji tarik melintang sesuai dengan ISO 4136 (untuk ketebalan pelat yang lebih besar harus disediakan jumlah spesimen yang lebih banyak untuk mencakup seluruh penampang),
– 1 spesimen uji tarik bulat yang sama dengan ketentuan pada Bab 5, B.2.3 (Gambar 5.1 dan 5.2) yang diambil secara memanjang dari logam las jika bahan habis pengelasan dan material bantu yang tidak disetujui oleh BKI akan digunakan (lihat Bab 4, B.3.2), jika material yang berbeda akan disambung, jika lasan dibuat menggunakan bahan habis pengelasan yang berbeda atau jika karakteristik proses pengelasan menunjukkan bahwa logam las itu sendiri kemungkinan akan sangat terpengaruh.
– 1 spesimen uji tarik bulat harus disiapkan dalam setiap kasus (kecuali untuk paduan aluminium) jika sifat mekanis logam las lebih rendah daripada material induk (misalnya saat pengelasan baja kekuatan tinggi). Diameter spesimen "d_0" harus sebesar mungkin (tetapi tidak lebih dari 10 mm) dan panjang ukur "L_0" harus $5 \times d_0$. Ketentuan Bab 5, B.2. harus diterapkan secara analog. Untuk pelat dengan ketebalan ≤ 20 mm BKI dapat mengabaikan spesimen tarik bulat.
– 4 spesimen uji lengkung melintang, sesuai dengan ISO 5173 setengah dibengkokkan dengan penekanan pada jalur akhir (FBB) dan setengah dengan penekanan pada jalur akar (RBB), atau
– 4 spesimen uji lengkung sisi (SBB) jika tebal benda uji lebih dari 12 mm dan proses pengelasan dapat menyebabkan timbulnya segregasi, retak pembekuan, kurangnya fusi atau cacat serupa di dalam las (misalnya pengelasan satu sisi dan vertikal ke bawah)

Catatan:

Dalam hal pasangan material yang memiliki kekuatan berbeda, dapat disarankan untuk menggunakan spesimen uji lengkung memanjang las butt (FBB dan RBB) sesuai dengan ISO 5173 dengan sambungan las berada di tengah spesimen sebagai pengganti daripada spesimen uji lengkung melintang las butt. Lihat juga Bab 11. Rincian pengujian ini dan persyaratannya (lazimnya penilaian kualitatif dari perilaku lengkung) harus disepakati berdasarkan kasus per kasus.

– Masing-masing 3 spesimen uji impak batang bertakik (spesimen Charpy takik-V dengan takik tegak lurus terhadap permukaan pelat) sesuai dengan ISO 9016, dari pusat las (VWT 0/1), dari garis fusi (VHT 0/1) dan dari zona terpengaruh panas (VHT 2/1), yang diambil dari sisi yang terakhir dilas. Jika pelat dan coran akan disatukan, maka spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari batas fusi/zona transisi dan zona terpengaruh panas dari kedua material. Pada pelat dengan ketebalan yang sangat besar, spesimen uji impak batang bertakik harus diambil dari permukaan dan belakang lasan dan dalam kasus proses pengelasan yang dapat menyebabkan segregasi di daerah tengah, 3 spesimen uji impak batang bertakik tambahan untuk setiap jenis harus diambil dari area yang sama di tengah ketebalan pelat.

  Dimensi "a" (lihat ISO 9016) harus sedemikian rupa sehingga titik perpotongan antara garis tengah spesimen dan pertengahan takik terletak di area berbutir kasar dari zona terpengaruh panas. Dimensi ini umumnya dapat diambil sebagai 2 mm. Jika uji prosedur pengelasan dilakukan pada baja yang tangguh pada temperatur di bawah nol, spesimen uji dengan takik terletak pada a = 1 mm, a = 3 mm dan a = 5 mm harus disiapkan, kecuali jika ditentukan lain dalam kasus individu.

  Tergantung pada material induk dan proses pengelasan yang terkait, spesimen uji impak batang bertakik berikutnya dari area lain dapat ditentukan. Spesimen uji impak batang bertakik dapat ditiadakan sebagian atau seluruhnya apabila hasil pengujian ini dalam kaitan dengan penggunaan proses pengelasan tertentu memiliki pengaruh yang kecil untuk material tertentu, misalnya baja tahan karat austenitik atau paduan aluminium (kecuali untuk aplikasi temperatur rendah).

– ≤ 2 spesimen makrografi untuk mengevaluasi struktur butiran dan jika perlu (misalnya untuk baja paduan) spesimen mikrografi.
– Uji kekerasan (Vickers HV5 atau HV10) sesuai dengan ISO 9015-1 harus dilakukan apabila, dengan memperhatikan material induk dan proses pengelasan, kemungkinannya tidak dapat diabaikan bahwa pemanasan awal dan/atau aliran panas selama pengelasan dapat mempengaruhi nilai kekerasan sedemikian rupa sehingga merusak karakteristik ketangguhan atau kekuatan lasan.

Pengukuran kekerasan harus selalu dilakukan pada baja struktural kekuatan lebih tinggi dan pada baja struktural berbutir halus kekuatan tinggi (diquench dan ditemper) dengan kekuatan luluh minimum lebih dari 355 N/mm^2.

– Analisis logam las, jika diperlukan dan jika disetujui dengan BKI.

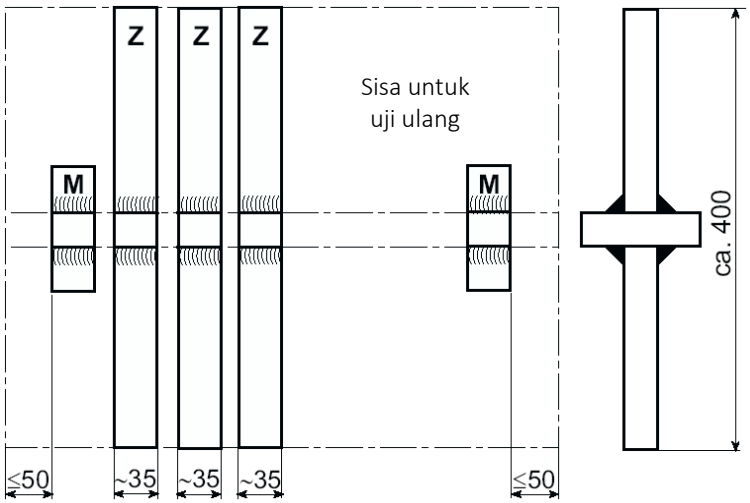
5.3 Dua atau lebih spesimen makrografi, sesuai yang berlaku tergantung pada panjang benda uji, harus diambil dari benda uji las fillet sederhana (sambungan T) sesuai dengan ISO 15614 untuk mengevaluasi kondisi penetrasi, cacat di dalam sambungan las dan struktur butiran. Jika diperlukan, pengukuran kekerasan seperti dijelaskan dalam ISO 9015-1 harus dilakukan (lihat 5.2) dan (dalam kasus baja paduan) spesimen mikrografi harus diambil. Sisa benda uji harus dibagi menjadi bagian-bagian yang sesuai yang, setelah menghilangkan salah satu lasan, sisi sebelahnya harus dipecah terbuka untuk mengevaluasi patahan (lihat EN 1320).

5.4 Satu set spesimen uji las fillet sambungan-T ganda (silang) sesuai dengan Gambar 16.1 harus terdiri dari spesimen berikut. Bentuk dan dimensi spesimen harus sesuai dengan ketentuan Bab 11:

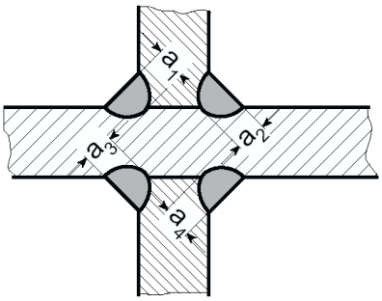
– 3 spesimen uji tarik silang (Z) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.2 untuk menentukan kekuatan tarik-geser dari logam las

– 2 spesimen makrografi (M) untuk mengevaluasi kondisi penetrasi, cacat pada sambungan las dan struktur butiran. Jika diperlukan, pengukuran kekerasan (lihat 5.2) harus dilakukan sesuai dengan ISO 9015-1. Apabila diperlukan (misalnya dalam kasus baja paduan), spesimen mikrografi.

Sisa benda uji harus dibagi menjadi bagian-bagian yang sesuai yang, setelah menghilangkan salah satu lasan, sisi sebelahnya harus dipecah terbuka untuk mengevaluasi patahan (lihat EN 1320).



Gambar 16.1 Set spesimen sambungan-T ganda (silang)



$a_1 + a_2$ = penampang patahan $S_{1/2}$

$a_3 + a_4$ = penampang patahan $S_{3/4}$

$$\text{Kekuatan tarik-geser} = \frac{\textbf{Beban putus F}}{\mathbf{S_B \times lebar\ spesimen}} \quad [N/mm^2]$$

$S_B = S_{1/2}$ atau $S_{3/4}$ sesuai dengan posisi patah

Gambar 16.2 Spesimen uji tarik silang, penampang las

5.5 Spesimen dan pengujian untuk komponen, material, proses pengelasan tertentu dan/atau penggunaannya (lihat 2.1.5) akan ditentukan secara terpisah sesuai dengan ketentuan sebelumnya dalam setiap kasus individu.

6. Pengujian mekanis dan teknologi, persyaratan

6.1 Pengujian mekanis dan teknologi harus dilakukan sesuai dengan ketentuan Bab 11 atau sesuai standar yang ditentukan di sana. Untuk pengujian ulang, lihat Bab 4, C.2.

6.2 Hasil pengujian mekanis dan teknologi harus memenuhi persyaratan yang dinyatakan dalam Tabel 16.1. BKI dapat menetapkan persyaratan yang berbeda atau tambahan terutama untuk spesimen dan pengujian yang dijelaskan dalam 2.1.5 dan 5.5.

G. Desain, Teknik Pengelasan

1. Prinsip-prinsip desain umum yang diuraikan dalam Bab 7 harus diperhatikan. Berkenaan dengan desain dan penentuan dimensi (khususnya komponen permesinan yang dari (baja) sesuai dengan A.1.1), BKI dapat meminta pemberlakuan ketentuan Bab 12, G secara analog.

2. Las butt yang sangat penting untuk kekuatan komponen harus dikerjakan sebagai las penetrasi penuh. Kategori ini mencakup, sebagai contoh, las butt yang menyambungkan pelat bilah dan pelat flens dari pelat dudukan mesin dan las butt yang menyatukan braket penahan beban dengan pelat penghubung.

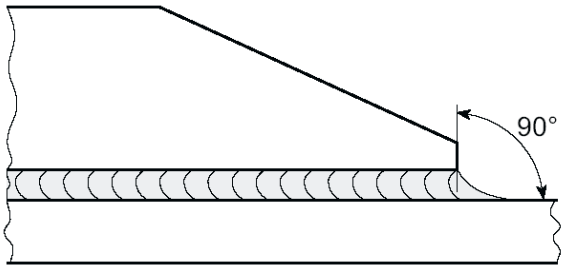
3. Las fillet dari bagian struktur yang menahan beban, misalnya sambungan leher dari penumpu pelat untuk menyatukan pelat hadap dan pelat bilah, harus mampu dilas tanpa terputus. Untuk tujuan ini, penegar atau pelat bilah harus ditambahkan didekat sambungan leher pada proses selanjutnya atau lubang pengelasan yang memadai harus disediakan.

4. Komponen harus dirancang sedemikian rupa untuk menghindari persilangan sambungan jika memungkinkan. Komponen individual dengan bentuk rumit yang, jika dilas, akan menghasilkan cluster sambungan las, misalnya braket bantalan, sebaiknya dicor dari baja atau, jika dilas, sebaiknya diberikan perlakuan panas pembebas tegangan. Lihat H.

5. Semua bagian yang akan disambung dengan pengelasan harus diluruskan dan dipasang serta direkatkan dengan hati-hati sedemikian rupa sehingga pengelasan dapat dilakukan dengan distorsi dan

tegangan sisa yang minimum. Jika memungkinkan, pengelasan sebaiknya dilakukan pada posisi tangan ke bawah.

6. Bila memungkinkan, pelat penegar dan pelat bilah yang terbuka diujungnya harus dipotong diujungnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.3 (sesuai dengan ketebalan lasan) pada sudut 90° terhadap bidang pemasangan dan dilas memutar diujungnya.



Gambar 16.3 Pengelasan melingkar dari pelat penegar atau pelat bilah

7. Produk cor dan tempa yang akan disambung ke komponen berdinding tipis harus dilengkapi dengan flensa las yang dicor atau ditempa menyatu. Sebelum pengelasan, tepian las dari coran dan tempa harus bersih dan cerah secara metalik dan harus diperiksa terhadap adanya cacat material menggunakan proses yang sesuai.

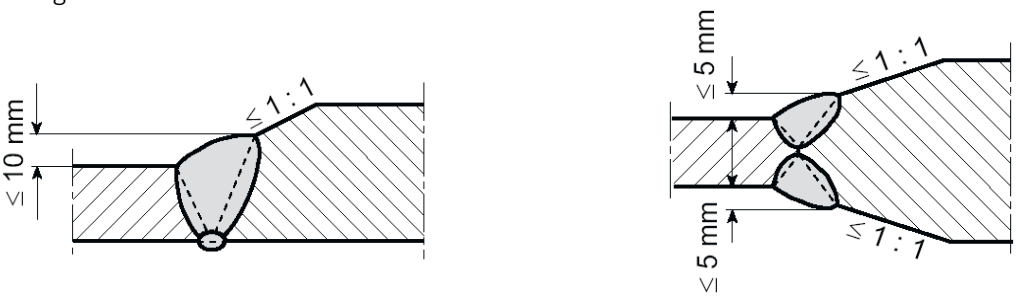
8. Las cantum yang akan dibiarkan di tempatnya sebagai bagian dari sambungan harus memenuhi persyaratan kualitatif yang sama dengan jalur akar. Las cantum yang rusak tidak boleh ditimpa las. Las cantum tersebut harus dihilangkan.

9. Jika ketebalan pelat hadap atau pelat bilah berubah pada sambungan butt, maka tepian dengan selisih lebih dari 10 mm harus ditirus dengan gradien 1: 1 atau lebih landai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 16.4 untuk memberikan transisi yang lebih baik ke bagian yang lebih tebal. Perbedaan ketebalan kurang dari 10 mm dapat dikompensasi dalam pengelasan.

Jika beban yang melintang terhadap las didominasi oleh beban dinamis, maka transisi harus dibuat lebih landai dan dalam hal ini ketentuan Bab 12, G.3. harus diterapkan secara analog.

10. Pengelasan dapat dilakukan di area komponen dimana telah dilakukan pembentukan dingin, termasuk permukaan disebelahnya selebar 5 kali ketebalan pelat t, dengan syarat ketentuan (jari-jari lengkung) yang ditetapkan dalam Bab 12, G.8 dipenuhi. Jika komponen yang mengalami pembentukan dingin menerima perlakuan panas normalisasi sebelum pengelasan, maka ketentuan tersebut tidak perlu diikuti.

11. Las tambalan pada komponen permesinan yang menerima beban dinamis (misalnya poros) harus dikerjakan dengan arah melingkar menggunakan proses pengelasan yang sepenuhnya mekanis, jika pengerjaan untuk kondisi beban tersebut disetujui oleh BKI. Ketentuan Bab 12, G.9. harus diberlakukan secara analog.



a) Sambungan butt pada pelat flens b) Sambungan butt pada pelat bilah

Gambar 16.4 Sambungan las butt pada pelat dengan ketebalan berbeda

H. Perlakuan Panas Pasca-Las

1. Komponen berdinding tebal, kaku atau komponen dengan desain rumit yang menunjukkan tingkat tegangan sisa yang tinggi setelah penyambungan harus diberikan perlakuan panas setelah pengelasan sesuai dengan standar yang relevan atau dokumen yang disetujui BKI. Contohnya adalah pelat dudukan mesin diesel, kotak roda gigi, dan roda gigi yang dilas. Lihat juga G.4.

Catatan:

Perlakuan panas pasca-las (perlakuan panas pembebas tegangan) dapat disarankan setiap kali komponen, setelah itu, harus menjalani pemesinan dan apabila karena itu terdapat risiko tegangan yang dihasilkan selama proses pemesinan yang mengarah pada distorsi komponen.

2. Perlakuan panas umumnya berbentuk perlakuan panas pembebas tegangan. Namun, tergantung pada material, perlakuan panas anil atau pendinginan cepat dan temper juga dapat disarankan atau diperlukan. Sambungan "hitam ke putih" antara baja tanpa paduan dengan baja tahan karat austenitik boleh tidak dikenai perlakuan panas pasca-las. Untuk jenis dan pelaksanaan perlakuan panas, lihat Bab 9.

I. Inspeksi Komponen yang Dilas

1. Pabrik pembuat harus menunjukkan komponen untuk inspeksi antara dan akhir yang disyaratkan, (lihat juga Bab 1, F.1. dan G.) dimana hal-hal berikut harus ditunjukkan kepada Surveyor BKI:

- Persiapan pengelasan dan pelaksanaan pekerjaan pengelasan yang baik,
- Kondisi eksternal komponen terutama lasan yang memuaskan,
- Penggunaan material dan dimensi yang ditetapkan dengan menunjukkan dokumen material,
- Adanya uji kualifikasi juru las dan prosedur pengelasan yang relevan dan valid yang mencakup rentang aplikasi,
- Pelaksanaan perlakuan panas yang tepat dengan menunjukkan rekaman dan/atau sertifikat yang relevan,
- Pemenuhan dimensi dan toleransi yang ditetapkan dengan menunjukkan rekaman data dimensi.

2. Komponen-komponen berikut harus menjalani uji tak rusak dalam setiap kasus. Surveyor BKI juga dapat meminta pengujian tambahan, sebagai berikut:

- Badan roda yang dilas:

  Inspeksi ultrasonik dan/atau radiografi bersama-sama dengan inspeksi retak permukaan dengan ruang lingkup yang ditetapkan ketika gambar disetujui
- Pelat dudukan mesin:

  Inspeksi retak permukaan dan uji ultrasonik secara acak yang diterapkan pada las penumpu melintang, khususnya las pada braket penahan beban
- Komponen lainnya:

  Pengujian dengan ruang lingkup yang ditetapkan ketika gambar disetujui atau ketika persetujuan individu diberikan.

Tabel 16.1 Persyaratan yang berlaku untuk pengujian sambungan las [1)]

Jenis pengujian	Persyaratan		
Uji tarik melintang las	Kekuatan tarik seperti yang ditetapkan untuk material induk atau dalam penilaian kesesuaian bahan habis pengelasan		
Uji tarik pada spesimen logam las	Kekuatan luluh atau tegangan uji 0,2%. Kekuatan tarik dan pemanjangan seperti untuk material induk atau seperti yang ditetapkan dalam penilaian kesesuaian bahan habis pengelasan		
Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari pusat las	Seperti yang ditetapkan untuk material induk pada arah melintang atau seperti yang ditetapkan dalam penilaian kesesuaian bahan habis pengelasan. ≥ 40 J[2)] ketika menggunakan bahan habis pengelasan feritik-austenitik, austenitik dan paduan berbasis nikel.		
Uji impak batang bertakik pada spesimen takik-V ISO yang diambil dari zona transisi las	70% dari nilai yang disyaratkan untuk material induk pada arah melintang, namun minimal 20 J.[2)]		
Uji lengkung teknologi	**Derajat sudut lengkung**	**Kategori kekuatan**	**Diameter mandrel lengkung**
	180 [3)]	Baja feritik dengan: kekuatan tarik min. < 430 N/mm² kekuatan tarik min. ≥ 430 hingga 460 N/mm²	 2 x a 2,5 x a
	180 [3)]	Baja tahan karat austenitik dan baja austenitik tangguh pada temperature di bawah nol Baja feritik dengan kekuatan tarik minimum ≥ 460 N/mm²	2 x a 3 x a
	Jika sudut lengkung 180° tidak tercapai, hal berikut ini berlaku:		
	≥ 90	Pemanjangan (L_o = lebar las + tebal dinding, simetris terhadap las) ≥ pemanjangan minimum A dari material induk	
	< 90	Pemanjangan lebar las > 30%[4)] dan tampilan fraktur tanpa cacat	
Pemeriksaan metalografi	Spesimen makrografi sambungan las harus memperlihatkan penumpukan las yang memuaskan dan penetrasi las penuh.		
	Spesimen mikrografi harus diperiksa terhadap keretakan. Hanya retak panas yang dapat diterima, dan asalkan jumlahnya hanya sedikit dan tersebar luas serta telah disepakati dengan Surveyor mengenai penerimaannya berkaitan dengan material dan rentang aplikasi		
Pengujian kekerasan	Kekerasan dalam zona terpengaruh panas tidak boleh melebihi 350 HV 10. Kekerasan tertinggi yang lebih dari nilai tersebut di zona transisi sempit tidak perlu dipermasalahkan jika hasil dari uji teknologi memenuhi persyaratan		

1) Jika proses pengelasan khusus seperti yang dijelaskan dalam 2.1.5 digunakan, nilainya harus disepakati dengan BKI.

2) Hanya satu nilai energi impak yang boleh lebih rendah dari nilai rata-rata minimum, dan maksimal hanya 30%.

3) Persyaratan 180° dianggap telah terpenuhi jika uji lengkung dilakukan sesuai dengan ISO 5173 dan tekanan telah diaplikasikan oleh penekan tanpa muncul keretakan.

4) Untuk baja yang dilas dengan bahan habis pengelasan yang tidak cocok, nilai yang berbeda dapat disetujui BKI.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran A Permohonan Persetujuan sesuai dengan Peraturan Las

Application for Approval in in Accordance with the Rules for Welding

Kami,
We,

Perusahaan : _____
Company

Alamat lengkap : _____
Full address

No. telepon : _____ No. Fax : _____ Alamat e-mail : _____
Phone no. *Fax no.* *E-mail address:*

dengan ini mengajukan permohonan persetujuan kepada PT. Biro Klasifikasi Indonesia
hereby make application for approval by Biro Klasifikasi Indonesia

☐ untuk bengkel las yang namanya tercantum dalam penjelasan terlampir
for the welding shop named in the attached description

☐ untuk kawat las dan bahan tambah yang diuraikan dalam Lampiran
for the welding consumables and auxiliary materials specified in the Annexes

Kami menyetujui persyaratan berikut:
The applicant accepts the following conditions

- Peraturan Klasifikasi dan Konstruksi (khususnya, dalam hal ini, Peraturan Pengelasan (Bag. 1, Vol. VI)) yang diterbitkan oleh BKI dalam versi yang berlaku pada saat permohonan diajukan.
  The Rules for Classification and Construction (particularly, in this instance, the Rules for Welding (Pt.1, Vol.VI)) issued by BKI in the version applicable at the time application is made.
- Kami menjamin bahwa semua informasi yang diperlukan untuk persetujuan dan yang ditetapkan dalam Peraturan disediakan, dan dokumen, hasil uji dll. diserahkan sesuai yang dibutuhkan dan akses ke seluruh bengkel kerja dan daerah produksi terkait diberikan setiap saat kepada Surveyor BKI untuk melaksanakan pemeriksaan.
  The applicant will ensure that all the information required for the approval, and specified in the Rules is provided and documents, test results etc. are submitted as applicable and that access to all the relevant workshops and production areas is at all times allowed to the Society's Surveyor to enable him to carry out his inspection functions.
- Jika tidak ada kesepakatan tertulis, maka biaya persetujuan akan dihitung berdasarkan tarif BKI yang berlaku pada saat persetujuan diajukan. Biaya harus tetap dibayar meski persetujuan tidak dapat diberikan karena hasil uji yang tidak memenuhi syarat.
  In the absence of any written arrangements to the contrary, fees will be calculated based on the Society's rate of charges at the time approval is granted. Fees are payable even if approval fails to be granted due to unsatisfactory test results.
- Setiap pembatalan permohonan persetujuan ini harus diberitahukan secara tertulis dan akan dikenakan biaya sebesar lingkup jasa yang telah diberikan pada waktu pembatalan diajukan.
  Any withdrawal of this application for approval requires notice in writing and will be subject to a charge in line with the scope of services provided at the time of notification of withdrawal.

Dokumen yang diberi tanda silang pada daftar terlampir (Lampiran Permohonan Persetujuan Las) dilampirkan dengan permohonan persetujuan bengkel las; dokumen yang ditetapkan dalam Peraturan Pengelasan (Bag. 1, Vol. VI) Bab 5, A.1.8 dilampirkan bersama dengan permohonan persetujuan kawat las dan bahan tambah.
The documents marked with a cross in the attached list (Annex to the Application for Welding Approval) are enclosed with the application for approval of the welding shop; the documents stipulated in the Rules for Welding (Pt.1, Vol.VI) Section 5, A.1.8 are enclosed with the application fo approval of the welding consumables and auxiliary materials.

_____
Tempat/*place* tanggal/*date*

Pemohon
Applicant

Nama & tanda tangan
Name & signature

Lampiran dari Permohonan Persetujuan Las

Annex to the Application for Welding Approval

Daftar dokumen yang harus diserahkan atau dilampirkan bersama dengan form permohonan persetujuan
List of documents to be submitted or enclosed with the application for approval

No.	Dokumen *Documents*	Lingkup persetujuan yang diinginkan *Nature of the approval sought*								
		Persetujuan Bengkel *Shop Approval*			Uji Prosedur Las *Welding Procedure Test*			Persetujuan Kawat Las *Approval Welding Consumables*		
		Baru *New*	Perpanjangan *Prolongation*	Revisi / Perluasan *Revision / Extension*	Baru *New*	Pengakuan *Recognition*	Perpanjangan *Prolongation*	Uji Pertama *Initial Test*	Uji Ulang Tahunan *Annual Repeat Test*	Revisi, Transfer, Upgrading *Revisi, Transfer, Upgrading*
1	Permohonan bengkel las *Application from welding shop*	☐	☐	☐	☐	☐	☐			
2	Uraian bengkel las *Description of welding shop*	☐	☐ [1]	☐ [1]						
3	Bukti kualifikasi supersivor las dan wakilnya *Proof of qualification for welding supervisor and deputy*	☐	☐ [1]	☐ [1]						
4	Sertifikat juru las / operator las *Welders / operators certificate*	☐	☐	☐						
5	WPS & WPQR	☐	☐ [1]	☐ [1]	☐	☐	☐ [1]			
6	Rekaman uji produksi / Laporan NDT (misalnya pipa kelas I dan II, ketel uap, bejana tekan, perpanjangan tahunan kawat las di bengkel las) *Records of production tests /NDT-Reports (e.g. pipe class I and II, steam boilers, pressure vessels, annual prolongation of welding consumables in a welding shop)*	☐ [2,3]	☐ [3]	☐ [3]	☐ [3]	☐ [3]	☐ [3]			
7	Dokumentasi / informasi tentang personil NDT *Documentation / information on NDT personnel*	☐	☐ [1]	☐ [1]						
8	Bukti dokumentasi, persetujuan lain yang dimiliki misalnya ISO 9001, EN ISO 3834, DIN 2303, DIN 18800 dll. *Other available documentary proof, approvals e.g.ISO 9001,EN ISO 3834, DIN 2303, DIN 18800, etc*	☐	☐ [1]	☐ [1]						
9	Laporan pemeriksaan bengkel las *Welding Workshop Inspection Report*	☐	☐	☐						
10	Informasi kawat las dan material bantu untuk keperluan persetujuan *Welding consumables and auxiliary materials information for approval purpose*							☐		☐
11	Laporan pengelasan dan hasil uji *Welding reports and test results*							☐	☐	☐
12	Salinan label dan lembaran data teknis *Copy of label and technical data sheet*							☐		☐

[1] Hanya jika terjadi perubahan dari persetujuan yang pertama.
Only if changes have been made since the first approval.

[2] Jika ditetapkan untuk rentang persetujuan tertentu misalnya konstruksi ketel uap dan bejana tekan.
If stipulated for certain ranges of application e.g. steam boiler and pressure vessel construction.

[3] Jika pengujian yang telah dilakukan ditempat lain akan digunakan sebagai dasar persetujuan.
If tests which have already been performed elsewhere are to be used as a basis for approval

Lampiran B Uraian Bengkel Las

Description of Welding Shop

Perusahaan : _____
Company

Alamat lengkap : _____
Full address

No. telepon : _____ No. Fax : _____ Alamat e-mail : _____
Phone no. *Fax no.* *E-mail address:*

Manajer bengkel las : _____
Manager responsible for the works

Persetujuan diajukan untuk rentang aplikasi :
Approval sought for the range of application

☐ Pengelasan konstruksi lambung
Welding of hull structures

☐ Pengelasan ketel uap
Welding of steam boiler

☐ Pengelasan bejana tekan
Welding of pressure vessels

☐ Pengelasan pipa
Welding of pipelines

☐ Pengelasan komponen mesin
Welding of machinery components

☐ Pengelasan peti kemas (termasuk perbaikan)
Welding of containers (incl. repairs)

☐ Aplikasi lain _____
Other application

Uraikan kegiatan yang telah dilakukan yang terkait dengan rentang aplikasi yang diajukan (seperti : rencana las produksi; komponen, material, proses las dll. Jika mungkin, lampirkan daftar referensi pada lembar terpisah)
Past activities in the range of application for which application is made (such as : welding production schedule; components, materials, welding process etc. Where applicable attach separate reference list.)

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Sertifikat, penghargaan, persetujuan dll. yang pernah diperoleh (sistem manajemen misalnya ISO 9001, ISO 14000, dll.)
Existing certificates, awards, approvals etc. (management systems e.g. ISO 9001, ISO 14000, etc.)

Persetujuan yang diperoleh *Obtained approval*	**Disertifikasi oleh** *Certified by*	**Tanggal berakhir masa berlaku** *Expiry date*	**Keterangan (ruang lingkup, dll.)** *Remarks (scope, etc.)*

1 Fasilitas Bengkel[1]
Workshop Facilities

1.1 Ruang rakit/las dan tempat merakit yang tertutup, tempat membangun dan dok, dermaga (jumlah dan ukuran)
Assembly/welding shops and covered assembly bays, building berth and docks, outfitting quays (number and size)

1.2 Fasilitas penyimpanan material dan kawat las (jelaskan, misalnya penyimpanannya terbuka/tertutup/ berpemanas)
Storage facili ties for materials and welding consumables (description, e. g. open/covered/heated storage)

1.3 Alat angkat (kapasitas angkat, ketinggian angkat)
Lifting gear (lifting capacity, lifting height)

1.4 Peralatan permesinan dan perlengkapan
Machining equipment and tools

1.5 Peralatan las dan potong, mesin-mesin dan pembangkit
Welding and cutting equipment, machines and plant

1.6 Oven pemanas dan kontainer berpemanas untuk kawat las (tipe, jumlah, temperatur maksimum)
Baking ovens and heatable containers for welding consumables (type, number, maximum temperature)

1.7 Alat bantu las (misalnya meja putar, manipulator)
Welding jigs (e. g. turntables, manipulators)

1.8 Peralatan untuk pemanasan awal, perlakuan panas pasca las dan pengukur temperatur
Equipment for preheating, post-weld heat treatment and temperature measurement

1.9 Peralatan uji yang ada dan metode uji (untuk uji merusak dan tak merusak, dll.)
Available test equipment and test methods (for destructive and non-destructive testing, etc.)

1.10 Informasi lain (misalnya fasilitas untuk penghilangan kerak dengan api/pemberian cat dasar, mesin shot blasting dll.)
Other information (e. g. flame de-scaling/priming facilities, shot blasting machines etc.)

[1] Ikhtisar, untuk informasi umum mengenai kemampuan produksi bengkel las. Publikasi alternatif atau tambahan, brosur dan sejenisnya.
Summary, for general information about the work's production capabilities. Alternative or supplementary publications, brochure and the like.

2 Lingkup Persetujuan yang diinginkan
Scope of Approval Sought

(klasifikasi material, proses las [detail sesuai dengan ISO 4063], kawat las dan material bantu dll. Jika diperlukan dilanjutkan di kertas terpisah)
(classification of materials, welding process [details in accordance with ISO 4063], welding consumables and auxiliary materials etc. If necessary, continue on separate sheet.)

Komponen: *Components*			
Material dasar: *Base material*			
Tebal pelat/dinding; diameter pipa: *Plate-/wall thicknesses; pipe diameter*			
Proses las: *Welding process*			
Posisi las: *Welding position(s)*			
Tipe las, bentuk las: *Types of weld, weld forms*			
Kawat las[2] dan material bantu (merek, pembuat): *Welding consumables and auxiliary materials (brandname, manufacturer)*			
No. WPS: *WPS no.*			
Faktor las [3]: *Weld factor*			
Perlakuan panas[4]: *Heat treatment*			
Lainnya: *Other*			

3 Personil
Personnel

Jumlah pegawai (total) : _____ yg sebagai juru las/operator : _____
Number of employees (total) *of which welders/operators*

3.1 Manajer mutu
Quality manager

Nama : _____
Name

Kualifikasi[5] yg dimiliki : _____
Qualifications given as
_____

Tanggung jawab : _____
Area of responsibility

---

[2] Daftar agar dilampirkan
Please attach list

[3] Jika diperlukan, misalnya untuk bejana tekan
Where applicable, e. g. for pressure vessel

[4] Jika diperlukan, misalnya anil pembebasan tegangan
Where applicable, e. g. stress-relief annealing

[5] Pelatihan kejuruan dan pengalaman kerja dicantumkan dalam bentuk table dan dilampirkan; salinan sertifikat dilampirkan.
Vocational training and employment are listed in tabular form and enclosed; copies of certificates are attached.

3.2 Pengawas las
Welding supervisor

Nama : _____
Name

Kualifikasi[5] yg dimiliki : _____
Qualifications given as
_____

Tanggung jawab : _____
Area of responsibility

3.3 Pengawas NDT[6]
NDT Supervisor

Nama : _____
Name

Kualifikasi[5] yg dimiliki : _____
Qualifications given as
_____

Tanggung jawab : _____
Area of responsibility

3.4 Juru las / operator las
Welders / operators

Proses las *Welding process*	Jumlah juru las yang bersertifikat *Number of qualified welders*
Manual metal arc welding	
Metal active gas welding	
Flux cored arc welding	
Submerged arc welding	
Electro Gas Welding	
Lainnya : *Other*	

Daftar juru las / operator las dilampirkan ☐ ya ☐ tidak
Detailed list of qualified welders/operators attached

3.5 Pelatihan internal untuk juru las: ☐ ya ☐ tidak
In house training for welders

3.6 Personil pengujian[7]
Test personnel

Metode uji *Testing method*	Jumlah orang internal *Number of internal persons*	Level 1	Level 2	Level 3
Visual testing (VT)				
Penetration testing (PT)				
Magnetic particle testing (MT)				
Radiographic testing (RT)				
Ultrasonic testing (UT)				

6 Jika NDT disubkontrakkan, bukti dokumen kualifikasi harus dilampirkan.
If NDT is subcontracted, documentary proof of qualification is to be attached.

7 Bukti dokumen kualifikasi dilampirkan.
Documentary proof of qualification attached

Jika disubkontrakkan, harap jelaskan :
If subcontracted: please specify:

_____

_____

_____

_____	_____
Tempat/tanggal *place/date*	Tempat/tanggal *place/date*
Supervisor las *Welding supervisor*	Perusahaan *Company*
_____	_____
(Nama, tandatangan) *(Name, signature)*	(Nama, tandatangan) *(Name, signature)*

Lampiran : _____
Annex(es)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran C Pelaksanaan Uji Kualifikasi Juru Las

Welder Performance Qualification Test

1. Data Sampel Las

Record of Weld Test

Nama perusahaan / *Company name*	No. WPS / *WPS no.*	Supervisor las / *Welding supervisor*
Nama juru las / *Welder name*	Kode juru las / *Welder stamp*	Tanggal pengelasan / *Date of welding*

Proses las / *Welding process*	Mode transfer logam las / *Mode of metal transfer*	Posisi las / *Welding position*

Material dasar / *Base material*	Tebal material / *Material thickness*	Diameter luar pipa / *outside diameter*
Tipe sambungan / *Joint type*	Material penahan / *Backing material*	Gouging balik / *Back gouging*

Klasifikasi kawat las (sesuai ISO atau AWS) *Filler metal class. (acc. to ISO or AWS)*	Tipe / merek kawat las / *Brand name*	Pembuat / *Manufacturer*

Tipe gas pelindung & komposisi / *Type of shielding gas & composition*	Kec. alir gas / *Gas flow rate*

Klasifikasi fluks (sesuai ISO atau AWS) *Flux class. (acc. to ISO or AWS)*	Tipe / merek fluks / *Brand name*	Pembuat / *Manufacturer*

Temperatur pemanasan awal / *Preheat temperature*	Temperatur antar pass / *Interpass temperature*

Perlakuan panas pasca las / *Postweld heat treatment*		
Temperatur / *Temperature*	Waktu tahan / *Holding time*	Kec. pemanasan dan pendinginan / *Heating and cooling rate*

Alur *Run*	Proses las *Welding process*	Diameter kawat las *Size of filler metal* [mm]	Tipe arus / polaritas *Type of current/ Polarity*	Arus las *Current* [A]	Tegangan *Voltage* [V]	Kec. Umpan kawat *Wire feed speed* [cm/min]	Kec. las *Travel speed* [cm/min]	Detail sambungan *Joint design*

2. Hasil Uji [1)]

Test Results

Pemeriksaan visual/*Visual inspection*	Uji radiografi/*Radiographic test*	Uji ultrasonik/*Ultrasonic test*	Uji lengkung/*Bending test*

Uji makro / *Macro examination*	Uji tarik dgn takik / *Notched tensile test*	Uji patah / *Fracture test*

1) Hasil uji dinyatakan dengan "passed"; "not passed" atau "not tested".

Welding supervisor Surveyor

(Nama, tanda tangan, tanggal) (Nama, tanda tangan, tanggal)

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran D Spesifikasi Prosedur Pengelasan Pabrik Pembuat

Manufacturer's Welding Procedure Specification

☐ WPS Awal
Preliminary WPS

☐ WPS Akhir
Final WPS

Perusahaan : _____
Company

Alamat lengkap : _____
Full address

No. telepon : _____ No. Fax : _____ Alamat e-mail : _____
Phone no. *Fax no.* *E-mail address:*

Informasi umum *(General information)*

No. WPS : _____ No. WPQR : _____
WPS No. *WPQR No.*

Standard uji : _____
Testing standard

Proses las : _____ Mode transfer logam las : _____
Welding Process *Mode of metal transfer*

Tipe sambungan : _____
Joint type

Material penahan : ☐ Ya *Yes* ☐ Tidak *No* Material : _____
Backing material *Material*

Gouging balik : ☐ Ya *Yes* ☐ Tidak *No* Metode : _____
Back gouging *Method*

Spesifikasi material dasar : _____
Base material(s) specification

Rentang tebal material : _____ Rentang diameter luar : _____
Material thickness range *Outside diameter range*

Posisi las : _____ Metode persiapan dan pembersihan : _____
Welding position *Method of preparation and cleaning*

Kawat las *(Welding consumables)*

Klasifikasi kawat las (sesuai ISO atau AWS) : _____
Welding consumables classification (acc. to ISO or AWS)

Tipe / merek : _____ Pembuat : _____
Brand name *Manufacturer*

Dilakukan pemanasan atau pengeringan khusus : _____
Any special baking or drying

Gas pelindung *(Shielding gas)*

Tipe gas / komposisi : _____ Kec. alir gas : _____
Type of gas / composition *Gas flow rate*

Fluks *(Flux)*

Klasifikasi fluks (sesuai ISO atau AWS) : _____
Flux classification (acc. to ISO or AWS)

Tipe / merek : _____ Pembuat : _____
Brand name *Manufacturer*

Suhu pemanasan awal : _____ Temperatur antar lajur : _____
Preheating temperature *Interpass temperature*

Perlakuan panas pasca las
Post-weld heat treatment

Temperatur : _____ Waktu tahan : _____
Temperature *Holding time*

Kec. pemanasan dan pendinginan : _____
Heating and cooling rate

Detail persiapan kampuh (gambar)
Joint preparation details (sketch)

Desain sambungan *Joint design*	Urutan pengelasan *Welding sequences*

Detail pengelasan
Welding details

Alur *Run*	Proses las *Welding process*	Diameter kawat las *Diameter of filler metal* [mm]	Arus las *Current* [A]	Tegangan *Voltage* [V]	Tipe arus/ polaritas *Type of current/ polarity*	Kec. umpan kawat *Wire feed Speed*	Kec las *Travel speed* [cm/min]	Masukan panas *Heat input* [kJ/cm]

Informasi lain *(Other information)*

Jumlah kawat las : _____ Tipe & diameter elektroda tungsten : _____
Number of electrode *Tungsten electrode type & diameter*

Jarak ujung nosel ke benda kerja : _____ Diameter nosel : _____
Distance contact tube to work piece *Nozzle diameter*

Tipe tangkai las : _____ Merek & pembuat cat dasar : _____
Type of torch *Brand name & manufacturer of shop primer*

Supervisor las
Welding supervisor

Badan pemeriksa
Examining body

_____ _____
(Nama, tanggal, tandatangan) (Nama, tanggal, tandatangan)
(Name, date signature) *(Name, date signature)*

Rekaman Uji Prosedur Las

Welding Procedure Qualification Record (WPQR)

Perusahaan : _____
Company

Alamat lengkap : _____
Full address

No. telepon : _____ No. Fax : _____ Alamat e-mail : _____
Phone no. *Fax no.* *E-mail address:*

1. Data Sampel Las

Record of Weld Test

No. WPQR : _____ No. WPS : _____
WPQR No. *WPS No.*

Nama juru las : _____ Tanggal pengelasan : _____
Welder's name *Date of test*

Tipe sambungan dan las : _____ Material penahan : _____
Joint type and weld *Backing material*

Gouging balik : _____ Posisi las : _____
Back gouging *Welding position(s)*

Spesifikasi material dasar : _____
Base material(s) specification

Proses las : _____ Mode transfer logam : _____
Welding Process *Mode of metal transfer*

Tebal material [mm] : _____ Diameter luar pipa [mm] : _____
Material thickness [mm] *Outside pipe diameter [mm]*

Metode persiapan dan pembersihan : _____
Method of preparation and cleaning

Detail persiapan kampuh (gambar)
Joint preparation details (sketch)

Desain sambungan *Joint design*	Urutan pengelasan *Welding sequences*

Detail pengelasan
Welding details

Alur *Run*	Proses las *Welding process*	Diameter kawat las *Diameter of filler metal* [mm]	Arus las *Current* [A]	Tegangan *Voltage* [V]	Tipe arus/ polaritas *Type of current/polarity*	Kec. umpan kawat *Wire feed speed*	Kec las *Travel speed* [cm/min]	Masukan panas *Heat input* [kJ/cm]

Kawat las (*Welding consumables*)

Klasifikasi kawat las (sesuai ISO atau AWS) : _____
Welding consumables classification (acc. to ISO or AWS)

Tipe / merek : _____ Pembuat : _____
Brand name *Manufacturer*

Dilakukan pemanasan atau pengeringan khusus : _____
Any special baking or drying

Gas pelindung (*Shielding gas*)

Tipe gas / komposisi : _____ Kec. alir gas : _____
Type of gas / composition *Gas flow rate*

Fluks (*Flux*)

Klasifikasi fluks (sesuai ISO atau AWS) : _____
Flux classification (acc. to ISO or AWS)

Tipe / merek : _____ Pembuat : _____
Brand name *Manufacturer*

Suhu pemanasan awal : _____ Temperatur antar lajur : _____
Preheating temperature *Interpass temperature*

Perlakuan panas pasca las
Post-weld heat treatment

Temperatur : _____ Waktu tahan : _____
Temperature *Holding time*

Kec. pemanasan dan pendinginan : _____
Heating and cooling rate

Informasi lain (*Other information*)

Jumlah kawat las : _____ Tipe & diameter elektroda tungsten : _____
Number of electrode *Tungsten electrode type & diameter*

Jarak ujung nosel ke benda kerja : _____ Diameter nosel : _____
Distance contact tube to work piece *Nozzle diameter*

Tipe tangkai las : _____ Merek & pembuat cat dasar : _____
Type of torch *Brand name & manufacturer of shop primer*

Supervisor las *Welding supervisor*	Surveyor BKI *BKI Surveyor*
_____ (Nama, tanggal, tandatangan) *(Name, date signature)*	_____ (Nama, tanggal, tandatangan) *(Name, date signature)*

2. Hasil Uji
Test Results

No. WPQR : _____ No. WPS : _____
WPQR No *WPS No.*

Uji tak rusak *Non-destructive testing*		
Metode uji *Test method*	Hasil *Results*	No. laporan uji *Test report no.*
Pemeriksaan visual *Visual inspection*		
Uji radiografi *Radiographic test*		
Uji ultrasonik *Ultrasonic test*		
Uji partikel magnetik *Magnetic particle test*		
Uji cairan warna *Dye penetrant test*		

Uji tarik *Tensile tests*			No. laporan uji : *Test report No.*			
Bentuk/No. Spesimen *Specimen Form/No.*	Dimensi *Dimension* [mm]	Luas penampang *Cross-section* [mm^2]	Kuat luluh *Yield strength* [N/mm^2]	Kuat tarik *Tensile strength* [N/mm^2]	Elongasi *Elongation* [%]	Lokasi / Jenis patah *Location / Character of fracture*
Persyaratan *Requirements*						
T1			–		–	
T2			–		–	
WM1						–

Uji lengkung *Bend tests*			No. laporan uji : *Test report No.*		
Bentuk/No. Spesimen *Specimen Form/No.*	Dimensi *Dimension* [mm]	Diameter mandrel *Mandrel diameter* [mm]	Sudut lengkung *Bending angle* [degree]	Elongasi *Elongation* (L_0 = mm) [%]	Hasil, Ket. *Results, Remarks*
Persyaratan *Requirements*					

Metode uji *Test method*	Hasil *Results*	No. laporan uji *Test report No.*	Metode uji *Test method*	Hasil *Results*	No. laporan uji *Test report No.*
Pemeriksaan makro *Macro examination*			Uji patah *Fracture test*		
Pemeriksaan mikro *Micro examination*					

Uji impak *Impact test*							No. laporan uji : *Test report No.*
Temperatur uji [°C] : *Test temperature*							Ukuran spesimen [mm] : *Specimen sizes*
Lokasi takik *Notch location*		Nilai individu *Individual values* [J]					Nilai rata-rata *Average value* [J]
		1	2	3	4	5	6
Persyaratan *Requirements*		Min.					Min.
Face side	Center weld metal						
	Fusion line						
	Fusion line + 2 mm						
	Fusion line + 5 mm						
	Fusion line + 10 mm						
Root side	Center weld metal						
	Fusion line						
	Fusion line + 2 mm						

Uji kekerasan HV 10 *Hardness tests HV 10*			No. laporan uji : *Test report No.*					
Sketsa *Sketch*	Points		1	2	3	4	5	6
	BM	A						
		B						
		C						
	HAZ	A						
		B						
		C						
	WM	A						
		B						
		C						

Pengujian lain *Other tests*	Hasil *Results*	No. laporan uji *Test report No.*

Sampel las dibuat dan pengujian dilakukan sesuai dengan persyaratan Peraturan Las (Bagian 1, Jilid VI) yang diterbitkan oleh BKI
The trial welds were made and the tests performed in accordance with the requirements of the Rules for Welding (Pt.1, Vol.VI) issued by BKI
dan juga Peraturan berikut :
and also the following Rules

Supervisor las
Welding supervisor

Surveyor BKI
BKI Surveyor

(Nama, tanggal, tandatangan)
(Name, date signature)

(Nama, tanggal, tandatangan)
(Name, date signature)

Lampiran E Bahan Habis Pengelasan dan Material Bantu

Welding Consumables and Auxiliary Materials

Informasi untuk penggunaan persetujuan – Lampiran untuk aplikasi sesuai dengan Lampiran A

Elektroda/Kawat ***Electrode/Wire*** ☐ Pembuat *Manufacturer* ☐ Penyalur *Supplier* ☐ Distributor *Distributor* ☐ Pemegang lisensi *Licensee (where applicable)*

Perusahaan *Company* : _____

Alamat *Address* : _____

_____

No. Telp: _____ *Phone no.* No. Fax: _____ *Fax no.*

E-mail: _____

Alamat untuk sertifikasi persetujuan[1]: _____ *Address for approval certification*)*

_____

Personil penghubung/ departemen: _____ *Contact person / department*

Serbuk Fluks/ Gas Pelindung ***Flux Powder/ Shielding Gas*** ☐ Pembuat *Manufacturer* ☐ Penyalur *Supplier* ☐ Distributor *Distributor* ☐ Pemegang lisensi *Licensee (where applicable)*

Perusahaan *Company* : _____

Alamat *Address* : _____

_____

No. Telp: _____ *Phone no.* No. Fax: _____ *Fax no.*

E-mail: _____

Alamat untuk sertifikasi persetujuan*): _____ *Address for approval certification*)*

_____

Personil penghubung/ departemen: _____ *Contact person / department*

Informasi kawat las / bahan pendukung (sifat kawat las / bahan pendukung)
Welding consumable / auxiliary material information *(Nature of welding consumable / auxiliary material)*

☐ Kawat pengisi *Filler wire*
☐ Kombinasi kawat pejal dengan gas *Solid wire-gas combination*
☐ Kawat las *Welding rod*
☐ Kombinasi kawat berinti fluks dengan gas *Flux-cored wire-gas combination*
☐ Elektroda terbungkus *Covered electrode*
☐ Kombinasi kawat pejal dengan fluks *Solid wire-flux combination*
☐ Kawat berinti-fluks *Flux-cored wire*
☐ Kombinasi kawat berinti fluks dengan fluks *Flux-cored wire-flux combination*

[1] diisi jika berbeda dengan alamat perusahaan.
to be filled if different from company address

Lainnya (uraikan) : _____
Other (describe)

Merek kawat las (kawat, kawat berinti fluks, elektroda, dll.):
Brand designation of welding consumable (wire, flux-cored wire, electrode, etc.)

Merek bahan pendukung (gas pelindung, fluks, dll.):
Brand designation of auxiliary material (shielding gas, flux, etc.)

Klasifikasi sesuai standard (ISO, EN, AWS dll.):
Classification to standards (ISO, EN, AWS etc.)

Lingkup persetujuan yang diinginkan / rentang aplikasi:
Intended scope of approval / range of application

Tingkatan mutu yang diajukan dalam permohonan dan simbol tambahan:
Quality grade for which application is made and added symbol

Bahan dasar yang akan disambung dengan pengelasan:
Base materials to be joined by welding

Posisi las yang diajukan untuk persetujuan sesuai dengan ISO 6947:
Welding positions for which approval is sought according to ISO 6947

Dimensi yang diajukan untuk persetujuan (diameter, panjang produk):
Dimensions for which approval is sought (diameters, lengths of products)

Arus las, polaritas:
Welding current, polarity

Kondisi perlakuan panas (pasca pengelasan):
(Post-weld) heat treatment conditions

Kondisi aplikasi khusus (misalnya temperatur kerja minimum atau maksimum):
Special application conditions (e. g. minimum or maximum application temperature)

Aturan penggunaan (misalnya, dipanaskan kembali, perlakuan panas pasca pengelasan):
Rules for application (e. g. re-baking, post-weld heat treatment)

Marka, kemasan:
Marking, packing

Informasi lain, dokumen yang dilampirkan
Other information, attached documents

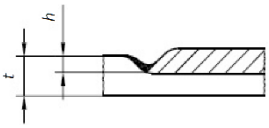
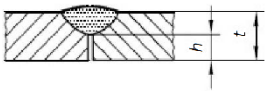
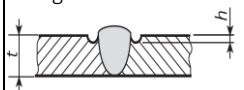
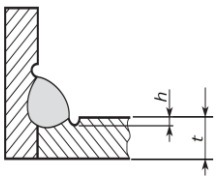
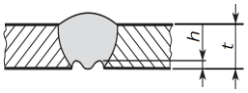
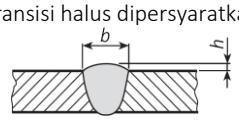
Verifikasi identitas (“pernyataan tertulis”) untuk transfer persetujuan dilampirkan? ☐ ya/*yes* ☐ tidak/*no*
Verifications of identity ("affidavits") for transfers of approval attached?

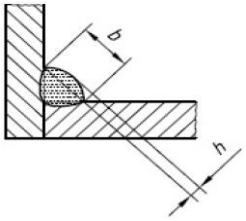
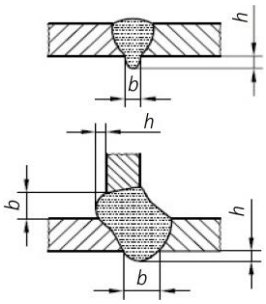
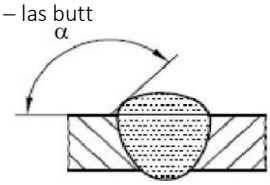
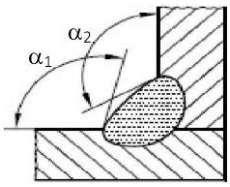
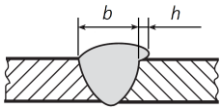
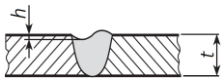
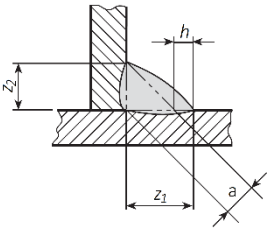
Program uji persetujuan dilampirkan? ☐ ya/*yes* ☐ tidak/*no*
Approval test programme attached?

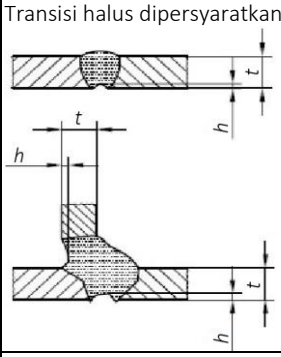
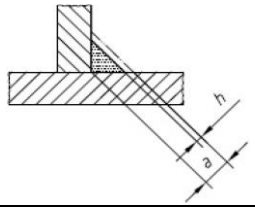
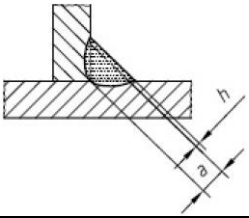
Rekaman uji persetujuan dilampirkan? ☐ Ya/*yes* ☐ tidak/*no*
Approval test records attached?

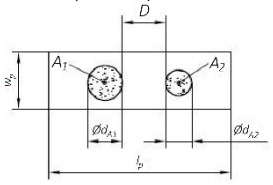
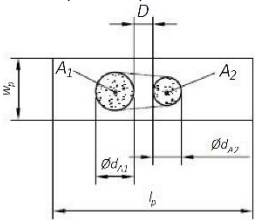
Lampiran F Cacat pada Sambungan Las Baja

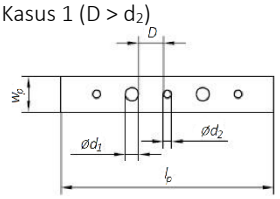
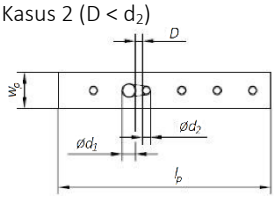
Batas cacat pada sambungan las baja sesuai dengan Standar Internasional ISO 5817

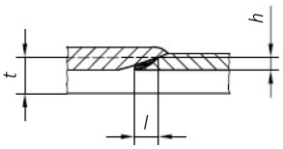
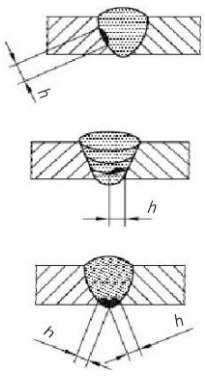
No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
1. Cacat permukaan							
1.1	Retak	100	--	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
1.2	Retak kawah	104	--	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
1.3	Pori-pori permukaan	2017	Dimensi maksimum dari satu pori untuk – las butt – las fillet	0,5 s.d. 3	d ≤ 0,3 s d ≤ 0,3 a	Tidak diperbolehkan	
			Dimensi maksimum dari satu pori untuk – las butt – las fillet	> 3	d ≤ 0,3 s maks. 3 mm d ≤ 0,3 a maks. 3 mm	d ≤ 0,3 s maks. 2 mm d ≤ 0,3 a maks. 2 mm	Tidak diperbolehkan
1.4	Pipa kawah ujung	2025		0,5 s.d. 3	h ≤ 0,2 t	Tidak diperbolehkan	
				> 3	h ≤ 0,2 t, maks. 2 mm	h ≤ 0,2 t, maks. 1 mm	Tidak diperbolehkan
1.5	Kurang fusi (Fusi tidak lengkap)	401	–	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
	Kurang fusi mikro		Hanya terdeteksi dengan pemeriksaan mikro		Diperbolehkan		Tidak diperbolehkan
1.6	Penetrasi akar tak lengkap	4021	Hanya untuk las butt satu sisi 	≥ 0,5	Cacat pendek : h ≤ 0,2 t, maks. 2 mm	Tidak diperbolehkan	
1.7	Undercut menerus	5011	Transisi halus dipersyaratkan. Hal ini tidak dianggap sebagai cacat sistematis	0,5 s.d. 3	Cacat pendek h ≤ 0,2 t	Cacat pendek h ≤ 0,1 t	Tidak diperbolehkan
	Undercut terputus-putus	5012	 	> 3	h ≤ 0,2 t, maks. 1 mm	h ≤ 0,1 t, maks. 0,5 mm	h ≤ 0,05 t, maks. 0,5 mm
1.8	Penyusutan alur	5013	Transisi halus dipersyaratkan 	0,5 s.d. 3	h ≤ 0,2 mm + 0,1 t	Cacat pendek h ≤ 0,1 t,	Tidak diperbolehkan
				> 3	Cacat pendek: h ≤ 0,2 t, maks. 2 mm	Cacat pendek: h ≤ 0,1 t, maks. 1 mm	Cacat pendek: h ≤ 0,05 t, maks. 0,5 mm
1.9	Logam las berlebih (las butt)	502	Transisi halus dipersyaratkan 	≥ 0,5	h ≤ 1 mm + 0,25 b maks. 10 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 b maks. 7 mm	h ≤ 1 mm + 0,1 b maks. 5 mm

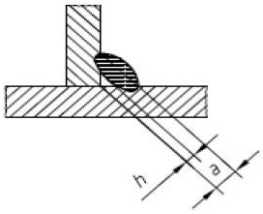
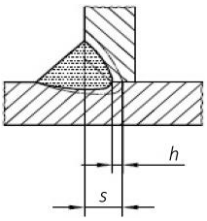
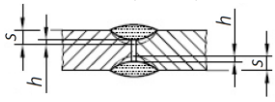
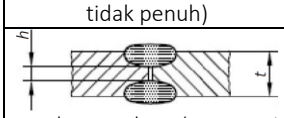
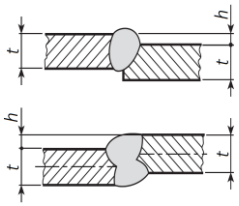
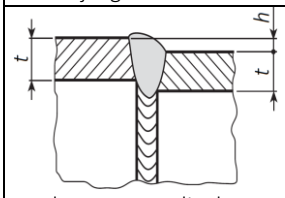
No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
1.10	Kecembungan berlebih (las fillet)	503		≥ 0,5	h ≤ 1 mm + 0,25 b maks. 5 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 b maks. 4 mm	h ≤ 1 mm + 0,1 b maks. 3 mm
1.11	Penetrasi berlebih	504		0,5 s.d. 3	h ≤ 1 mm + 0,6 b	h ≤ 1 mm + 0,3 b	h ≤ 1 mm + 0,1 b
				> 3	h ≤ 1 mm + 1,0 b maks. 5 mm	h ≤ 1 mm + 0,6 b maks. 4 mm	h ≤ 1 mm + 0,2 b maks. 3 mm
1.12	Kaki las tidak tepat	505	– las butt 	≥ 0,5	α ≥ 90°	α ≥ 100°	α ≥ 150°
			– las fillet  $\alpha_1 \geq \alpha$ $\alpha_2 \geq \alpha$	≥ 0,5	α ≥ 90°	α ≥ 110°	α ≥ 110°
1.13	Overlap	506		≥ 0,5	h ≤ 0,2 b	Tidak diperbolehkan	
1.14	Turun Alur tidak terisi penuh	509	Transisi halus dipersyaratkan 	0,5 s.d. 3	Cacat pendek: h ≤ 0,25 t	Cacat pendek: h ≤ 0,1 t	Tidak diperbolehkan
		511		> 3	Cacat pendek: h ≤ 0,25 t, maks. 2 mm	Cacat pendek: h ≤ 0,1 t, maks. 1 mm	Cacat pendek: h ≤ 0,05 t, maks. 0,5 mm
1.15	Bakar tembus	510	--	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
1.16	Las terisi berlebih tidak simetri (panjang kaki berlebih tidak sama)	512	Dalam kasus dimana las fillet tidak simetri belum ditentukan 	≥ 0,5	h ≤ 2 mm + 0,2 a	h ≤ 2 mm + 0,15 a	h ≤ 1,5 mm + 0,15 a

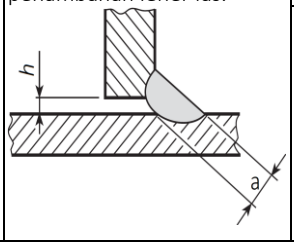
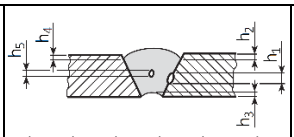
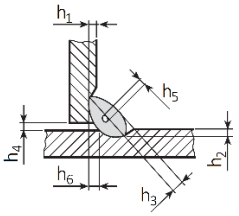
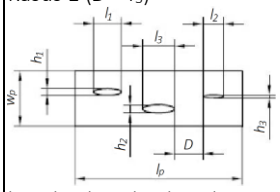
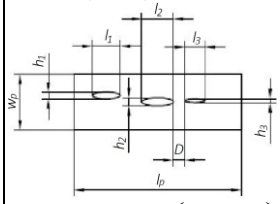
No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
1.17	Kecekungan akar	515	Transisi halus dipersyaratkan 	0,5 s.d. 3	h ≤ 0,2 mm + 0,1 t	Cacat pendek: h ≤ 0,1 t	Tidak diperbolehkan
				> 3	Cacat pendek : h ≤ 0,2 t, maks. 2 mm	Cacat pendek : h ≤ 0,1 t, maks. 1 mm	Cacat pendek : h ≤ 0,05 t, maks. 0,5 mm
1.18	Porositas akar	516	Pembentukan spons pada akar las akibat gelembung pada logam las pada saat pembekuan (misalnya kurangnya penahan gas)	≥ 0,5	Diperbolehkan secara lokal	Tidak diperbolehkan	
1.19	Start ulang jelek	517	--	≥ 0,5	Diperbolehkan. Batasnya tergantung pada jenis cacat yang terjadi karena start ulang	Tidak diperbolehkan	
1.20	Ketebalan leher tidak cukup	5213	Tidak berlaku untuk proses dengan bukti penetrasi yang lebih dalam 	0,5 s.d. 3	Cacat pendek: h ≤ 0,2 mm + 0,1 a	Cacat pendek: h ≤ 0,2 mm	Tidak diperbolehkan
				> 3	Cacat pendek: h ≤ 0,3 mm + 0,1 a, maks. 2 mm	Cacat pendek: h ≤ 0,3 mm + 0,1 a, maks. 1 mm	Tidak diperbolehkan
1.21	Ketebalan leher berlebih	5214	Ketebalan leher las fillet yang sebenarnya terlalu besar 	≥ 0,5	Tak terbatas	h ≤ 1 mm + 0,2 a, maks 4 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 a, maks 3 mm
1.22	Busur kesasar	601	--	≥ 0,5	Diperbolehkan, jika sifat-sifat logam induk tidak terpengaruh	Tidak diperbolehkan	
1.23	Percikan las	602	--	≥ 0,5	Penerimaan tergantung pada aplikasi, misalnya material, perlindungan korosi		
2. Internal imperfections							
2.1	Retak	100	Semua jenis retak kecuali retak mikro dan retak kawah	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
2.2	Retak mikro	1001	Sebuah retak biasanya hanya terlihat di bawah mikroskop (50 X)	≥ 0,5	Diperbolehkan	Penerimaan tergantung pada jenis logam induk dengan referensi khusus untuk sensitivitas retak	

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
2.3	Pori-pori gas. Porositas terdistribusi merata	2011 2012	a1) Luas maksimum cacat (termasuk cacat sistematis) terkait dengan area proyeksi. **CATATAN**: Porositas di area proyeksi tergantung pada jumlah lapisan (volume las)	≥ 0,5	Untuk satu lapisan: ≤ 2,5 % Untuk banyak lapisan: ≤ 5 %:	Untuk satu lapisan: ≤ 1,5 % Untuk banyak lapisan: ≤ 3 %:	Untuk satu lapisan: ≤ 1 % Untuk banyak lapisan: ≤ 2 %:
			a2) Luas penampang maksimum dari cacat (termasuk cacat sistematis) terkait dengan area patahan (hanya berlaku untuk uji produksi, uji juru las atau uji prosedur)	≥ 0,5	≤ 2,5 %	≤ 1,5 %	≤ 1 %
			b) Dimensi maksimum satu pori untuk - las butt - las fillet	≥ 0,5	d ≤ 0,4 s, maks. 5 mm d ≤ 0,4 a, maks. 5 mm	d ≤ 0,3 s, maks. 4 mm d ≤ 0,3 a, maks. 4 mm	d ≤ 0,2 s, maks. 3 mm d ≤ 0,2 a, maks. 3 mm
2.4	Porositas berkelompok (lokal)	2013	Kasus 1 ($D > d_{A2}$)  Kasus 2 ($D < d_{A2}$)  Jumlah area pori yang berbeda ($A_1 + A_2 + ...$) terkait dengan area evaluasi $l_P \times w_p$ (kasus 1). Panjang referensi untuk l_P adalah 100 mm. Jika D kurang dari d_{A1} atau d_{A2}, mana yang lebih kecil, sebuah kurva yang mengelilingi area porositas $A_1 + A_2$ dianggap sebagai salah satu area cacat (kasus 2)				
			Jumlah maksimum dimensi dari area cacat yang diproyeksikan (termasuk cacat sistematis)	≥ 0,5	≤ 16 %	≤ 8 %	≤ 4 %
			Dimensi maksimum dari satu pori untuk - las butt - las fillet	≥ 0,5	d ≤ 0,4 s maks. 4 mm d ≤ 0,4 a maks. 4 mm	d ≤ 0,3 s maks. 3 mm d ≤ 0,3 a maks 3. mm	d ≤ 0,2 s maks. 2 mm d ≤ 0,2 a maks. 2 mm

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
2.5	Porositas linier	2014	Kasus 1 ($D > d_2$)  Kasus 2 ($D < d_2$)  Penjumlahan dari area pori yang berbeda $\left(\frac{d_1^2 \times \pi}{4} + \frac{d_2^2 \times \pi}{4} + \ldots\right)$ terkait dengan area evaluasi $l_p \times w_p$ (kasus 1). Panjang referensi l_p adalah 100 mm. Jika D lebih kecil daripada diameter salah satu pori di sekitarnya yang lebih kecil, maka seluruh area yang menghubungkan kedua pori harus diterapkan pada penjumlahan cacat (kasus 2).				
			a1) Dimensi maksimum area cacat (termasuk cacat sistematis) terkait dengan daerah yang diproyeksikan. CATATAN : Porositas di area proyeksi tergantung pada jumlah lapisan (volume las).	≥ 0,5	Untuk satu lapisan: ≤ 8 % Untuk banyak lapisan: ≤ 16 %:	Untuk satu lapisan: ≤ 4 % Untuk banyak lapisan: ≤ 8 %:	Untuk satu lapisan: ≤ 2 % Untuk banyak lapisan: ≤ 4 %:
			a2) Dimensi maksimum dari luas penampang cacat (termasuk cacat sistematis) terkait dengan area patahan (hanya berlaku untuk uji produksi, uji juru las atau uji prosedur)	≥ 0,5	≤ 8 %	≤ 4 %	≤ 2 %
			b) Dimensi maksimum dari pori tunggal untuk: – las butt – las fillet	≥ 0,5	d ≤ 0,4 s, maks. 4 mm d ≤ 0,4 a, maks. 4 mm	d ≤ 0,3 s, maks. 3 mm d ≤ 0,3 a, maks. 3 mm	d ≤ 0,2 s, maks. 2 mm d ≤ 0,2 a, maks. 2 mm
2.6	Rongga memanjang Lubang cacing	2015	– las butt	≥ 0,5	h ≤ 0,4 s maks. 4 mm *l* ≤ s maks. 75 mm	h ≤ 0,3 a maks. 3 mm *l* ≤ a maks. 50 mm	h ≤ 0,2 s maks. 2 mm *l* ≤ s maks. 25 mm
		2016	– las fillet	≥ 0,5	h ≤ 0,4 a maks. 4 mm *l* ≤ a maks. 75 mm	h ≤ 0,3 s maks. 3 mm *l* ≤ s maks. 50 mm	h ≤ 0,2 a maks. 2 mm *l* ≤ a maks. 25 mm

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
2.7	Kavitasi penyusutan	202	--	≥ 0,5	Cacat pendek diizinkan, tetapi tidak membelah permukaan – las butt : h ≤ 0,4 s maks. 4 mm – las fillet h ≤ 0,4 a maks. 4 mm	Tidak diperbolehkan	
2.8	Pipa kawah	2024	 Nilai yang lebih besar antara *h* atau *l* yang digunakan	0,5 s.d. 3	h atau *l* ≤ 0,2 t	Tidak diperbolehkan	
				> 3	h atau *l* ≤ 0,2 t maks. 2 mm		
2.9	Inklusi padat Inklusi terak Inklusi fluks Inklusi oksida	300 301 302 303	– las butt	≥ 0,5	h ≤ 0,4 s maks. 4 mm *l* ≤ s maks. 75 mm	h ≤ 0,3 s maks. 3 mm *l* ≤ s maks. 50 mm	h ≤ 0,2 s maks. 2 mm *l* ≤ s maks. 25 mm
			– las fillet	≥ 0,5	h ≤ 0,4 a maks. 4 mm *l* ≤ a maks. 75 mm	h ≤ 0,3 a maks. 3 mm *l* ≤ a maks. 50 mm	h ≤ 0,2 a maks. 2 mm *l* ≤ a maks. 25 mm
2.10	Inklusi logam selain tembaga	304	– las butt	≥ 0,5	h ≤ 0,4 s maks. 4 mm	h ≤ 0,3 s maks. 3 mm	h ≤ 0,2 s max. 2 mm
			– las fillet	≥ 0,5	h ≤ 0,4 a maks. 4 mm	h ≤ 0,3 a maks. 3 mm	h ≤ 0,2 a maks. 2 mm
2.11	Inklusi tembaga	3042	--	≥ 0,5	Tidak diperbolehkan		
2.12	Kurangnya fusi (fusi tidak lengkap)	401		≥ 0,5	Cacat pendek diperbolehkan : – las butt: h ≤ 0,4 s maks. 4 mm – las fillet: h ≤ 0,4 a maks. 4 mm	Tidak diperbolehkan	
	Kurangnya fusi sisi dinding	4011					
	Kurangnya fusi antar-lajur	4012					
	Kurangnya fusi akar	4013					

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
2.13	Kurangnya penetrasi	402	 Sambungan-T (las fillet)	≥ 0,5	Cacat pendek : h ≤ 0,2 a, maks. 2 mm	Tidak diperbolehkan	
			 Sambungan-T (penetrasi tidak penuh)	≥ 0,5	Cacat pendek : – Sambungan butt: h ≤ 0,2 s maks. 2 mm – Sambungan-T: h ≤ 0,2 a maks. 2 mm	Cacat pendek : – Sambungan butt: h ≤ 0,1 s maks. 1,5 mm – Sambungan-T: h ≤ 0,1 a maks. 1,5 mm	Tidak diperbolehkan
			 Sambungan butt (penetrasi tidak penuh)				
			 Sambungan butt (penetrasi penuh)	≥ 0,5	Cacat pendek : h ≤ 0,2 t maks. 2 mm	Tidak diperbolehkan	
3. Cacat pada geometri sambungan							
3.1	Ketidaklurusan linier	507	Batas-batas yang berhubungan dengan penyimpangan dari posisi yang benar. Kecuali jika ditentukan lain, posisi yang benar adalah ketika garis tengah berhimpit dengan t mengacu pada ketebalan yang lebih kecil	0,5 s.d. 3	h ≤ 0,2 mm + 0,25 t	h ≤ 0,2 mm + 0,15 t	h ≤ 0,2 mm + 0,1 t
			 Gambar A: Pelat dan las memanjang	> 3	h ≤ 0,25 t maks. 5 mm	h ≤ 0,15 t maks. 4 mm	h ≤ 0,1 t maks. 3 mm
			 Gambar B: Las melingkar	≥ 0,5	h ≤ 0,5 t maks. 4 mm	h ≤ 0,5 t maks. 3 mm	h ≤ 0,5 t maks. 2 mm

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520-1	Keterangan	t mm	Batas cacat untuk tingkat mutu		
					D (rendah)	C (menengah)	B (tinggi)
3.2	Celah akar tidak tepat pada las fillet	617	Celah antara bagian yang akan disambung. Celah yang melebihi batas yang sesuai dalam kasus tertentu, dapat dikompensasi dengan penambahan leher las. 	0,5 s.d. 3	h ≤ 0,5 mm + 0,1 a	h ≤ 0,2 mm + 0,1 a	h ≤ 0,3 mm + 0,1 a
				> 3	h ≤ 1 t mm + 0,3 a maks. 4 mm	h ≤ 0,5 t mm + 0,2 a maks. 3 mm	h ≤ 0,5 t mm + 0,1 a maks. 2 mm
4 Cacat jamak							
4.1	Cacat jamak pada penampang	Tidak ada	 $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 = \Sigma h$	0,5 s.d. 3	Tidak diperbolehkan		
				> 3	Tinggi total maksimum cacat $\Sigma h \leq 0,4\ t$ atau $\leq 0,25\ a$	Tinggi total maksimum cacat $\Sigma h \leq 0,3\ t$ atau $\leq 0,2\ a$	Tinggi total maksimum cacat $\Sigma h \leq 0,2\ t$ atau $\leq 0,15\ a$
4.2	Luas proyeksi atau luas penampang pada arah memanjang	Tidak ada	Kasus 1 ($D > l_3$)  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ Kasus 2 ($D < l_3$)  $h_1 \times l_1 + h_2 \times l_2 + \left(\frac{h_2 + h_3}{2}\right) \times D + h_3 \times l_3 = \Sigma h \times l$ Jumlah luas $\Sigma h \times l$ harus dihitung sebagai persentase terhadap luas yang dievaluasi $l_p \times w_p$ (kasus 1) Jika D lebih kecil daripada panjang salah satu cacat di sekitarnya yang lebih pendek, maka seluruh area yang menghubungkan kedua cacat harus diterapkan pada penjumlahan cacat (kasus 2)	≥ 0,5	$\Sigma h \times l \leq 16\%$	$\Sigma h \times l \leq 8\%$	$\Sigma h \times l \leq 4\%$

Informasi tambahan dan pedoman untuk penggunaan tabel ini.

Tabel ini yang diambil dari standar internasional ISO 5817 menetapkan persyaratan untuk tiga klasifikasi tingkat penerimaan dari cacat pada semua jenis baja untuk proses las busur sesuai dengan bidang aplikasi pengelasan dan ketebalan las di atas 0,5 mm. Tabel ini juga dapat digunakan untuk proses las fusi atau ketebalan las lainnya, jika memungkinkan.

Tabel dapat digunakan bersama dengan katalog IIW ISO 5817 dengan gambar yang realistis; yang menunjukkan ukuran cacat yang diizinkan dari berbagai tingkat klasifikasi melalui foto sisi atas dan sisi akar dan/atau reproduksi film radiografi dan foto makrografi penampang las. Katalog dan kartu referensi dapat digunakan untuk menilai cacat dan ketika terjadi perbedaan pendapat satu sama lain mengenai ukuran yang diizinkan.

Simbol

Simbol-simbol berikut digunakan dalam tabel:

A	luas yang mengelilingi pori-pori gas
a	ketebalan leher nominal dari las fillet (lihat juga ISO 2553)
b	lebar pemerkuat las
d	diameter pori gas
d_A	diameter area yang mengelilingi pori-pori gas
h	tinggi atau lebar cacat
l	panjang cacat pada arah memanjang las
l_p	panjang proyeksi atau luas penampang
s	ketebalan las butt nominal (lihat juga ISO 2553)
t	tebal dinding atau pelat (ukuran nominal)
w_p	lebar las atau lebar atau tinggi dari area penampang
z	panjang kaki dari las fillet (lihat juga ISO 2553)
α	sudut kaki las
β	sudut dari ketidaklurusan angular

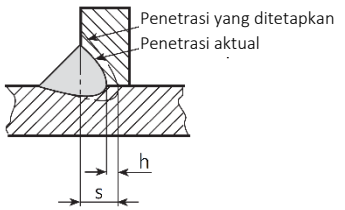
Cacat pendek:

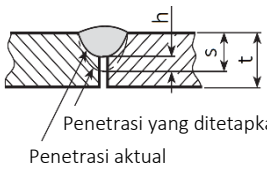
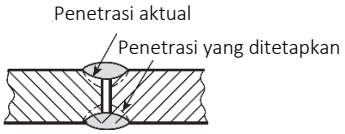
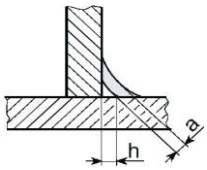
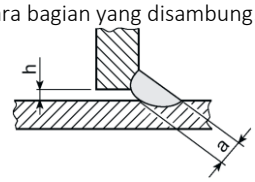
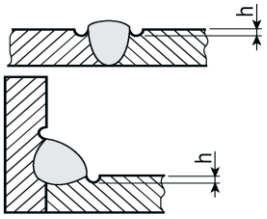
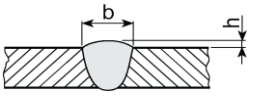
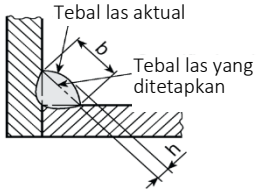
Satu atau lebih cacat dengan panjang total tidak lebih dari 25 mm pada setiap panjang las 100 mm atau maksimal 25% dari panjang las untuk las yang lebih pendek dari 100 mm.

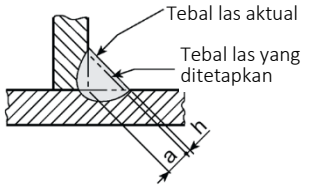
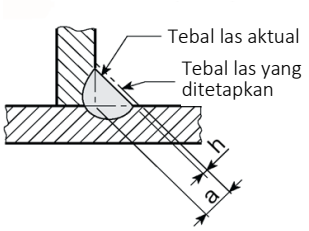
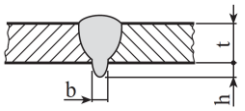
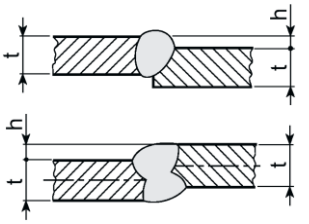
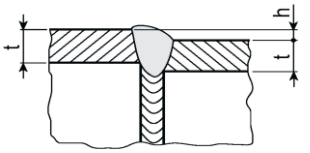
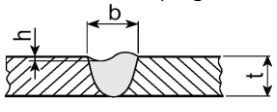
Halaman ini sengaja dikosongkan

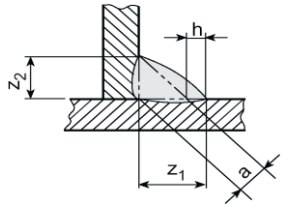
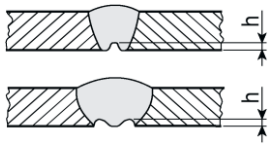
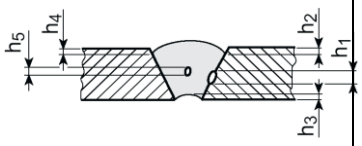
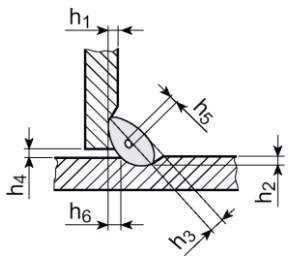
Lampiran G Cacat pada Sambungan Las Aluminium

Batas cacat pada sambungan las (paduan) aluminium sesuai dengan Standar Internasional ISO 10042

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520	Keterangan	Batas cacat untuk tingkat mutu		
				rendah D	menengah C	tinggi B
1	Retak	100	Semua tipa retak kecuali retak mikro ($h \cdot l < 1\ mm^2$), retak kawah, lihat No. 2	tidak diperbolehkan		
2	Retak kawah ujung	104		h ≤ 0,2 s atau 0,2 a	Tidak diperbolehkan.	
3	Inklusi gas	201	Istilah " inklusi gas" meliputi porositas, porositas berkelompok dan pori-pori. Seluruh area pori dalam sebuah kelompok harus dimasukkan: sebuah kurva tertutup yang meliputi semua pori-pori atau lingkaran dengan diameter yang sama dengan lebar las. Daerah pori yang diizinkan harus terlokalisasi. Kemungkinan cacat lain yang tersembunyi harus dipertimbangkan.	per panjang 100 mm:		
				A ≤ 8 s atau 8 a mm^2	A ≤ 4 s atau 4 a mm^2	A ≤ 2 s atau 2 a mm^2
4	Pori	2011		d ≤ 0,5 s atau 0,5 a mm^2 maks. 5,5 mm	d ≤ 0,3 s atau 0,3 a mm^2 maks. 4,5 mm	d ≤ 0,25 s atau 0,25 a mm^2 maks. 3,5 mm
5	Porositas	2012		d ≤ 0,5 s + 0,035 s atau 0,035 a maks. 2 mm	d ≤ 0,5 s + 0,02 s atau 0,02 a maks. 1,5 mm	d ≤ 0,5 s + 0,01 s atau 0,01 a maks. 1 mm
6	Porositas berkelompok	2013		d ≤ 0,5 s + 0,05 s atau 0,05 a maks. 3 mm	d ≤ 0,5 s + 0,035 s atau 0,035 a maks. 2 mm	d ≤ 0,5 s + 0,02 s atau 0,02 a maks. 1,5 mm
7	Pori permukaan	2017		per 100 mm panjang		
				A ≤ 2 t mm^2 d ≤ 0,5 mm + 0,035 s atau 0,035 a maks. 2 mm	A ≤ 1 t mm^2 d ≤ 0,5 mm + 0,02 s atau 0,02 a maks. 1,5 mm	A ≤ 0,5 t mm^2 d ≤ 0,5 mm + 0,01 s atau 0,01 a maks. 1 mm
8	Inklusi padat (selain dari tembaga dan wolfram)	300	Inclusi padat termasuk inklusi oksida. Jika beberapa inklusi h_1, h_2, h_3 .... hadir dalam satu penampang, jumlahnya adalah $\Sigma h = h_1 + h_2 + h_3$	Cacat panjang: tidak diperbolehkan		
				Cacat pendek:		
				Σ h ≤ 0,1 s atau 0,1 a maks. 3 mm	maks. 1,5 mm	tidak diperbolehkan
9	Inklusi wolfram	3041		h ≤ 0,1 s atau 0,1 a		h ≤ 0,05 s atau 0,05 a
				maks. 3 mm	maks. 1,5 mm	maks. 0,8 mm
10	Inklusi tembaga	3042		tidak diperbolehkan		
11	Kurang fusi	401	Apabila ada beberapa cacat kurang fusi h1, h2, h3 .... jumlahnya adalah Σh = h1 + h2 + h3	Cacat panjang: tidak diperbolehkan		
				Cacat pendek:		
				Σ h ≤ 0,1 s atau 0,1 a maks. 3 mm	maks. 1,5 mm	tidak diperbolehkan
12	Penetrasi tidak penuh	402	 Gambar A	Diizinkan dalam jumlah kecil, tetapi tidak terjadi berkala		tidak diperbolehkan

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520	Keterangan	Batas cacat untuk tingkat mutu		
				rendah D	menengah C	tinggi B
			 Fig. B  Fig. C	h ≤ 0,4 s maks. 3 mm	h ≤ 0,2 s maks. 2 mm	
12.1	Penetrasi tidak penuh (las fillet)	—		Cacat panjang : tidak diperbolehkan		
				Cacat pendek :		
				h ≤ 0,3 a maks. 2 mm	h ≤ 0,2 a maks. 1,5 mm	h ≤ 0,1 a maks. 1 mm
13	Penyetelan yang buruk, las fillet	–	Celah yang berlebihan atau kurang antara bagian yang disambung.  Celah yang melebihi batas terkait dapat dikompensasi dengan memperbesar tebal leher.	h ≤ 1 mm + 0,2 a, maks. 4 mm	h ≤ 0,5 mm + 0,15 a, maks. 3 mm	h ≤ 0,5 mm + 0,1 a, maks. 2 mm
14	Undercut	5011 5012	Disyaratkan transisi yang halus 	Cacat panjang :		
				h ≤ 0,6 mm	h ≤ 0,4 mm	h ≤ 0,2 mm
				Cacat pendek :		
				h ≤ 1,5 mm	h ≤ 1 mm	h ≤ 0,5 mm
				Cacat panjang dan pendek : Tidak lebih dari 10 % dari ketebalan pelat dalam hal undercuts tegal lurus terhadap arah utama beban.		
15	Pemerkuat las berlebih	502	Disyaratkan transisi yang halus 	h ≤ 1,5 mm + 0,2 b, maks. 10 mm	h ≤ 1,5 mm + 0,15 b, maks. 7 mm	h ≤ 1,5 mm + 0,1 b, maks. 5 mm
16	Kecembungan berlebih	503		h ≤ 1,5 mm + 0,3 b, maks. 5 mm	h ≤ 1,5 mm + 0,15 b, maks. 4 mm	h ≤ 1,5 mm + 0,1 b, maks. 3 mm

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520	Keterangan	Batas cacat untuk tingkat mutu		
				rendah D	menengah C	tinggi B
17	Tebal las berlebih (las fillet)	—	Untuk berbagai aplikasi, ketebalan las melebihi dari ukuran yang ditetapkan tidak dapat digunakan alasan penolakan.  	h ≤ 1 mm + 0,3 a, maks. 7 mm	h ≤ 1 mm + 0,2 a, maks. 6 mm	h ≤ 1 mm + 0,15 a, maks. 5 mm
18	Tebal las kurang (las fillet)	—	Las fillet dengan tebal las yang sangat nyata lebih kecil tidak boleh dianggap sebagai cacat asalkan tebal las aktual dikompensasi dengan penetrasi yang lebih dalam dan dengan cara tersebut ukuran yang ditetapkan tercapai.  	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,3 a, maks. 2 mm	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,2 a, maks. 1,5 mm	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,1 a, maks. 1 mm
19	Pemerkuat akar berlebih	504	 	h ≤ 5 mm	h ≤ 4 mm	h ≤ 3 mm
20	Ketidaklurusan tepi	507	Batas deviasi terkait dengan posisi yang tepat. Kecuali jika ditetapkan lain, posisi yang tepat adalah ketika garis tengah berhimpit dengan t berkaitan dengan tebal yang lebih tipis.  Fig. A - Pelat dan las memanjang	h ≤ 0,5 mm + 0,25 t, maks. 4 mm	h ≤ 0,5 mm + 0,15 t, maks. 3 mm	h ≤ 0,5 mm + 0,1 t, maks. 2,5 mm
			 Fig. B - Las melingkar	maks. 4 mm	h ≤ 0,5 t maks. 3 mm	maks. 2,5 mm
21	Alur tidak terisi dengan penuh	511	Disyaratkan transisi yang halus  	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,2 t, maks. 2 mm	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,1 t, maks. 1,5 mm	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek: h ≤ 0,05 t, maks. 1 mm

No.	Penandaan cacat	Referensi sesuai ISO 6520	Keterangan	Batas cacat untuk tingkat mutu		
				rendah D	menengah C	tinggi B
22	Panjang kaki las fillet berlebih tidak sama	512	Diasumsikan bahwa las fillet asimetris belum secara tegas ditentukan 	h ≤ 3 mm + 0,3 a	h ≤ 2 mm + 0,25 a	h ≤ 1,5 mm + 0,2 a
23	Kecekungan akar Takik akar	515 5013	Disyaratkan transisi yang halus 	Cacat panjang: tidak diperbolehkan Cacat pendek:		
				h ≤ 0,2 t maks. 2 mm	h ≤ 0,1 t maks. 1,5 mm	h ≤ 0,05 t maks. 1 mm
24	Cacat jamak pada penampang	—	Untuk tebal s ≤ 10 mm atau a ≤ 10 mm parameter khusus mungkin diperlukan  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \leq \Sigma h$  $h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \leq \Sigma h$	Ukuran maksimum cacat pendek Σ h 0,3 s atau 0,3 a, maks. 10 mm	0,25 s atau 0,25 a, maks. 10 mm	0,2 s atau 0,2 a, maks. 10 mm

Informasi tambahan dan pedoman untuk penggunaan tabel ini.

Tabel ini, diambil dari standar internasional EN 30042 terkait ISO 10042 menetapkan persyaratan untuk tiga klasifikasi tingkat penerimaan dari cacat pada semua jenis aluminium dan paduannya yang mampu las serta ketebalan las dari 3 hingga 63 mm. Tabel ini dapat digunakan, jika berlaku, untuk proses pengelasan fusi atau ketebalan las lainnya.

No. 24 menunjukkan cacat jamak, kemungkinan akumulasi cacat individu secara teoritis. Dalam hal ini, total semua penyimpangan yang diizinkan untuk menentukan bentuk dari beberapa tingkat klasifikasi sebaiknya dikurangi. Namun, nilai untuk satu cacat ≥ h tidak boleh dilewati, misalnya untuk pori tunggal.

Persyaratan yang diberikan dalam tabel ini tidak boleh diperlakukan sebagai batas mutlak, melainkan lebih sebagai batas yang tidak boleh dilampaui melebihi kemungkinan yang ditentukan. Perlu dicatat bahwa cacat yang melebihi batas ukuran yang diberikan sering terjadi dalam las tanpa mempengaruhi kelayak-gunaanya.

Tabel dapat digunakan bersama dengan katalog IIW ISO 5817 dengan gambar yang realistis. Yang menunjukkan ukuran cacat yang diizinkan dari berbagai tingkat klasifikasi melalui foto sisi atas dan sisi akar dan/atau reproduksi film radiografi dan foto makrografi penampang las. Katalog dan kartu referensinya dapat digunakan untuk menilai berbagai macam cacat dan dapat digunakan ketika terjadi perbedaan pendapat mengenai ukuran cacat yang diperbolehkan.

Simbol

Simbol-simbol berikut digunakan dalam tabel:

A	luas kavitasi gas
a	ketebalan leher nominal las fillet (tebal fillet)
b	lebar atau pemerkuat las
d	diameter pori
h	ukuran (tinggi atau lebar) cacat
l	panjang cacat
s	ketebalan las butt nominal atau, dalam kasus penetrasi parsial, kedalaman penetrasi yang ditetapkan
t	tebal dinding atau pelat
z	panjang nominal kaki dari las fillet (dalam kasus bagian segitiga siku-siku sama kaki z = a $\sqrt{2}$

Cacat pendek:

Satu atau lebih cacat dengan panjang total tidak lebih dari 25 mm pada setiap panjang las 100 mm atau maksimal 25% dari panjang las untuk las yang lebih pendek dari 100 mm.

Cacat panjang:

Satu atau lebih cacat dengan panjang total lebih dari 25 mm pada setiap panjang las 100 mm atau minimum 25% dari panjang las untuk las yang lebih pendek dari 100 mm.

Halaman ini segaja dikosongkan

Lampiran H Perbandingan Kelas-kelas Sistem Film yang Setara, Diakui Secara Internasional

Pabrik pembuat / Tipe film	ASTM (1)	DIN (4)	EN (4)	ISO (2)	RCC-M (5)	BS (3)
AGFA (6)						
Structurix D2	special	G1	C1	G I	1	A
Structurix D3	1	G1	C2	G I	1	A
Structurix D3 s.c.	1	G1	C2	G I	2	A
Structurix D4	1	G2	C3	G I	3	A
Structurix D5	1	G2	C4	G II	3 – 4	A
Structurix D7	2	G3	C5	G III	4	B
Structurix D8	2	G4	C6	G III	5	B
Fuji (6)						
IX 25	1	G2	C3	G I	3	A
IX 50	special	G1	C1	G I	1	A
IX 80	1	G2	C3	G I	3	A
IX 100	1	G2	C4	G II	3 – 4	A
IX 150	2	G4	C6	G III	4 – 5	B
Kodak (6)						
DR	special	G1	C1	G I		
M	1	G1	C2	G I		
MX125	1	G2	C3	G I		
T200	1	G2	C4	G II		
AA400	2	G3	C5	G III		
CX	3	G4	C6	G III		
B	W-B			G III		

(1) ASTM E 94-93 / ASTM E 94-84 A

(2) ISO 5579

(3) BS 2600: Type A: kontras tinggi – butiran sangat halus
Type B: kontras tinggi – butiran halus

(4) Klasifikasi sesuai dengan DIN EN 584-1 yang dibandingkan dengan DIN 54117 T1 yang telah tergantikan.

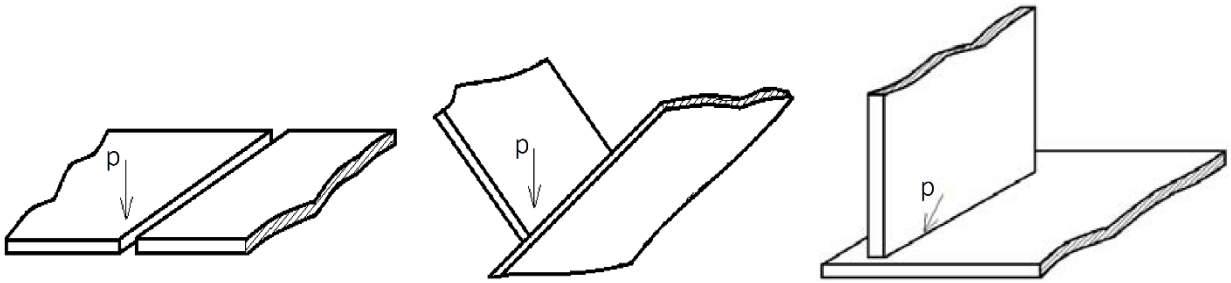
(5) Standar Perancis

(6) Dengan syarat bukti kesesuaian telah diberikan, tipe film yang setara yang diproduksi oleh pabrik lainnya dapat dipertimbangkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

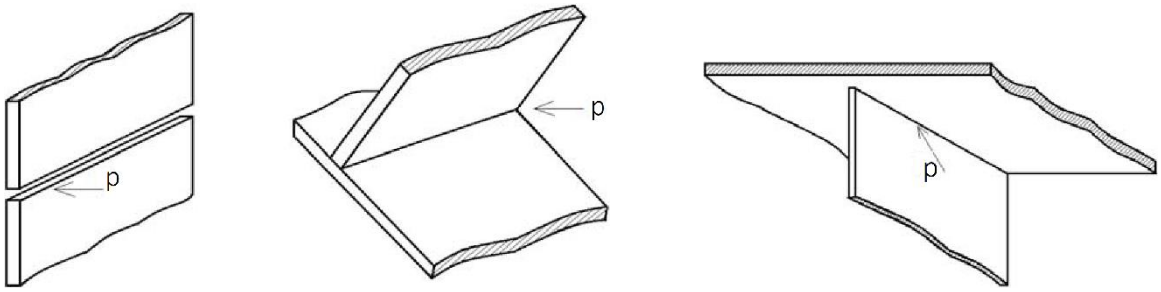
Lampiran I Posisi Pengelasan dan Perbandingannya

Simbol Posisi Pengelasan	Deskripsi	Perbandingan
PA (d)	Pelat: datar Pipa: berputar; sumbu: horizontal, miring; las: datar	1G, 1F
PB (h)	Pelat: horizontal vertikal Pipa: berputar; sumbu: horizontal; las: horizontal vertikal Pipa: tetap; sumbu: horizontal; las: horizontal vertikal	2F
PC (h-v)	Pelat: horizontal Pipa: tetap; sumbu: vertikal; las: horizontal	2G
PD (h-o)	Pelat: horizontal di atas kepala Pipa: tetap; sumbu: vertikal; las: horizontal di atas kepala	4F
PE (o)	Pelat: di atas kepala	4G
PF (v-u)	Pelat: vertikal ke atas Pipa: tetap; sumbu: horizontal; las: vertikal ke atas	3G, 3F 5G, 5F
PG (v-d)	Pelat: vertikal ke bawah Pipa: tetap; sumbu: horizontal; las: vertikal ke bawah	3G (v-d), 3F (v-d) 5G (v-d), 5F (v-d)
H-L045	Pipa: tetap; sumbu: miring; las: ke atas	6G
J-L045	Pipa: tetap; sumbu: miring; las: vertikal ke bawah	6G (v-d)



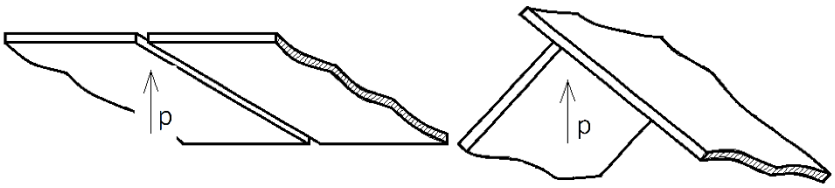
a) PA: posisi datar

b) PB: posisi horizontal vertikal

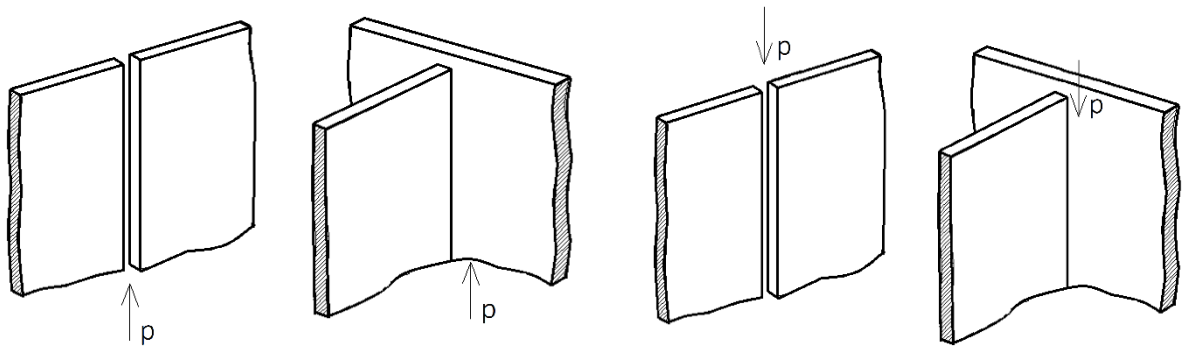


c) PC: posisi horizontal

d) PD: posisi horizontal di atas kepala



e) PE: posisi di atas kepala

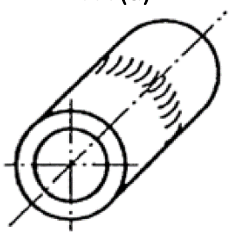


f) PF: posisi vertikal ke atas

g) PG: posisi vertikal ke bawah

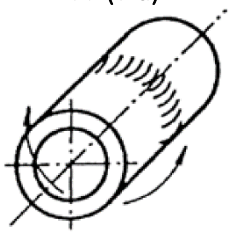
Gambar I-1 Posisi pengelasan untuk pelat

PA (d)



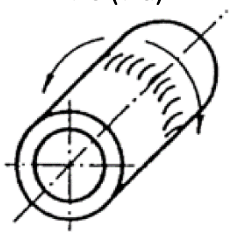
Pipa : berputar
Sumbu : horizontal
Las : datar

PF (v-u)



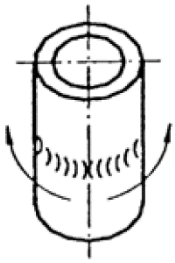
Pipa : tetap
Sumbu : horizontal
Las : vertikal ke atas

PG (v-d)



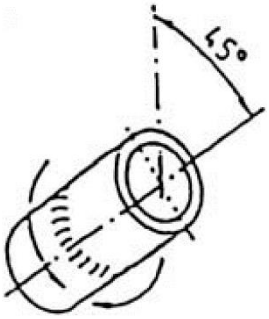
Pipa : tetap
Sumbu : horizontal
Las : vertikal ke bawah

PC (h-v)



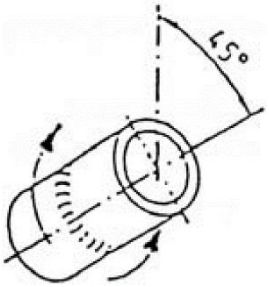
Pipa : tetap
Sumbu : vertikal
Las : horizontal

J-L045



Pipa : tetap
Sumbu : miring
Las : vertikal ke bawah

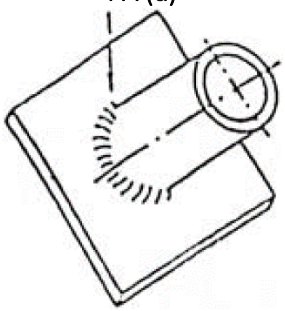
H-L045



Pipa : tetap
Sumbu : miring
Las : ke atas

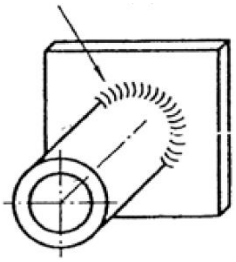
a) Las Butt

PA (d)



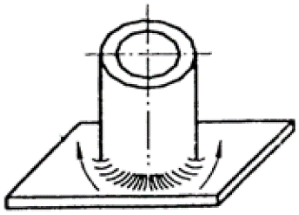
Pipa : berputar
Sumbu : miring
Las : datar

PB (h)



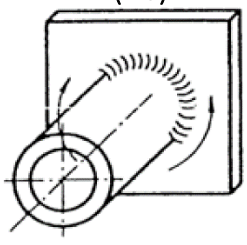
Pipa : berputar
Sumbu : horizontal
Las : horizontal vertikal

PB (h)



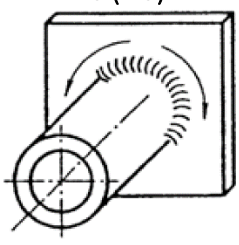
Pipa : tetap
Sumbu : vertikal
Las : horizontal vertikal

PF (v-u)



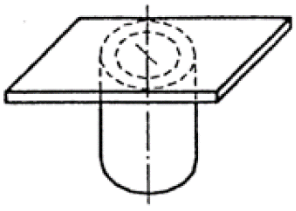
Pipa : tetap
Sumbu : horizontal
Las : vertikal ke atas

PG (v-d)



Pipa : tetap
Sumbu : horizontal
Las : vertikal ke bawah

PD (h-o)



Pipa : tetap
Sumbu : vertikal
Las : horizontal di atas kepala

b) Las Fillet

Gambar I-2 Posisi Pengelasan untuk pipa

Halaman ini sengaja dikosongkan