



TEKNIK PENGELASAN KAPAL JILID 2

untuk SMK

Heri Sunaryo

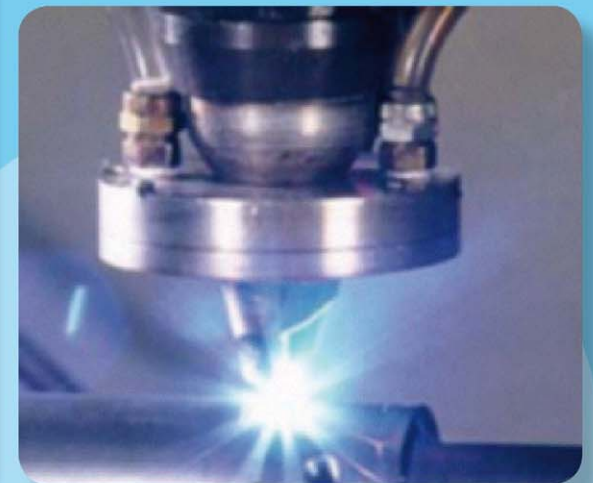


Heri Sunaryo

# Teknik Pengelasan Kapal

## JILID 2

untuk  
Sekolah Menengah Kejuruan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hery Sunaryo

# TEKNIK PENGELASAN KAPAL JILID 2

**SMK**



**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**  
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah  
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional  
Dilindungi Undang-undang

# TEKNIK PENGELASAN KAPAL JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Hery Sunaryo

Perancang Kulit : TIM

Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

SUN SUNARYO, Hery  
t Teknik Pengelasan Kapal Jilid 2 untuk SMK /oleh Hery  
Sunaryo ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah  
Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan  
Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.  
x 278 hlm  
Daftar Pustaka : A1  
Glosarium : B1-B5  
Indeks : C1-C2  
ISBN : 978-979-060-128-4

Diterbitkan oleh

**Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan**

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah

Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

## KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK. Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008  
Direktur Pembinaan SMK

## KATA PENGANTAR

Kemajuan Teknologi pengelasan akhir-akhir ini sangatlah membantu dalam pekerjaan pembuatan konstruksi baik yang sederhana maupun konstruksi yang mempunyai tingkat kesulitan dan persyaratan tinggi. Pengelasan merupakan bidang yang sangat dibutuhkan oleh Dunia Industri utamanya untuk industri perkapalan dan rekayasa umum serta bidang-bidang lain yang berhubungan dengan penyambungan konstruksi dimana pengelasan merupakan faktor utamanya. Untuk mengimbangi kemajuan teknologi pengelasan maka perlu didukung pula oleh kesiapan Sumber Daya Manusianya, agar teknologi dapat berimbang dengan pelakunya yaitu sumber daya manusia.

Buku Teknologi Las Kapal ini disajikan untuk pembelajaran para siswa kejuruan tingkat menengah bidang studi teknik perkapalan dan teknik pengelasan sebagai acuan dalam penyiapan kompetensinya. Dengan mempelajari buku ini diharapkan para siswa mempunyai pengetahuan dan ketrampilan bidang pengelasan pada kapal yang berisi materi-materi : Proses pengelasan secara umum, pengelasan untuk perkapalan, pemeriksaan dan pengujian hasil las, bahaya pengelasan dan keselamatan kerja .

Dengan diterbitkannya buku Teknologi Las Kapal ini, harapan penulis bahwa buku ini dapat memberikan tambahan pengetahuan dan ketrampilan untuk penyiapan calon tenaga kerja bidang pengelasan kapal, di sekolah menengah kejuruan dan untuk menambah kekayaan literatur di sekolah-sekolah maupun diperpustakaan terutama dalam bidang pengelasan.

Kami sangat menyadari bahwa buku ini masih terdapat banyak kekurangan baik dari substansi isi materi maupun bahasa serta tata letaknya, sehingga kritik dan saran yang konstruktif dari pembaca tetap penulis harapkan guna penyempurnaan lebih lanjut dari buku ini sehingga diharapkan kedepan akan lebih mempunyai mutu yang lebih baik.

Terakhir penulis sampaikan ucapan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, memberikan bahan masukan dan sebagai penyemangat selama penulis menyusun buku ini sehingga buku ini dapat tersusun dan penulis dapat selesaikan. Semoga apa yang telah penulis susun ini dapat bermanfaat bagi masyarakat luas dan mendapatkan Ridlo dari Allah SWT. Amin.

## DAFTAR ISI

<b>KATA SAMBUTAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
I.1. GAMBARAN UMUM PENGELASAN PADA KAPAL .....	1
I.2. PENGENALAN UMUM ILMU LOGAM .....	2
I.2.1. Pengertian ilmu logam .....	2
I.2.2. Macam – macam logam .....	2
I.2.3. Besi dan baja .....	3
I.2.3.1 Besi .....	3
I.2.3.2 Baja .....	4
I.2.3.3 Kandungan karbon dan sifat mekanis .....	6
I.2.3.4 Proses Pembuatan Baja.....	8
I.2.4 Standarisasi baja karbon .....	10
I.2.4.1 Pengertian Standarisai baja karbon .....	10
I.2.4.2 Sistem angka.....	10
I.2.4.3 Sistem huruf .....	12
I.2.4.4 Sistem pengujian asah .....	12
I.2.5 Aluminium.....	13
I.2.5.1 Pengertian dasar aluminium.....	13
I.2.5.2 Sifat – sifat aluminium(Al).....	13
I.2.5.3 Unsur – unsur paduan logam aluminium.....	13
I.2.5.4 Nama – nama logam aluminium paduan.....	14
I.2.6. Standarisasi Aluminium .....	14
I.2.6.1 Standarisasi aluminium .....	14
I.2.6.2 Sistem angka.....	15
I.2.6.3 Perlakuan paduan aluminium.....	15
I.2.7. Bahan pengisi pengelasan aluminium .....	16
I.2.7.1 Pengertian bahan pengisian.....	16
I.3. PERALATAN UKUR DAN PERKAKAS TANGAN PADA PROSES – PROSES PEKERJAAN LOGAM.....	18
I.3.1. Peralatan ukur .....	18
I.3.2 Perkakas tangan .....	28

I.4.	PEMOTONGAN .....	51
I.4.1.	Pemotongan Gas .....	51
I.4.2.	Pemotongan Busur Plasma .....	58
I.4.3.	Pemotongan dengan Sinar Laser .....	66
I.4.4	Teknik Pemotongan.....	70
I.5.	KUALIFIKASI PENGELASAN.....	89
I.5.1.	Spesifikasi Prosedur Pengelasan .....	90
I.5.2.	Juru Las / Operator Las .....	93
I.5.3.	Supervisi Las .....	98
I.5.4.	Inspektur Las.....	104
	RANGKUMAN .....	118
	LATIHAN SOAL.....	121
<b>BAB II. PROSES PENGELASAN SECARA UMUM</b>		
II.1.	PENGERTIAN PENGELASAN .....	125
II.1.1.	Penyambungan Logam.....	125
II.1.2.	Prinsip Pengelasan.....	127
II.1.3.	Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan .....	130
II.2.	PERALATAN PENGELASAN .....	141
II.2.1.	Fenomena Las busur.....	141
II.2.2.	Mesin Las Busur .....	159
II.3.	MATERIAL LAS .....	180
II.3.1.	Baja roll untuk struktur umum ( Baja SS ).....	180
II.3.2.	Baja roll untuk struktur las ( SM Stell ).....	181
II.3.3.	Baja berkekuatan tarik tinggi.....	182
II.3.4.	Baja untuk servis temperatur rendah .....	184
II.3.5	Perubahan Sifat Material pada Daerah Kena Pengaruh Panas Las .....	185
II.3.6	Perlakuan Panas Dari Daerah Las .....	188
II.3.7	Logam pengisi.....	190
II.4.	PERENCANAAN KONSTRUKSI LAS .....	225
II.4.1.	Simbol Pengelasan.....	225
II.4.2.	Disain Sambungan Las.....	230
II.4.3.	Sambungan Las.....	231
II.4.4.	Penumpu Las.....	235

II.4.5.	Las Ikat .....	236
II.4.6.	Persiapan Pengelasan.....	237
II.4.7.	Kondisi – Kondisi Pengelasan .....	240
II.4.8.	Lingkungan Kerja Pengelasan .....	242
II.4.9.	Posisi Pengelasan .....	242
II.4.10.	Penanganan Elektrode Terbungkus / Bersalut .....	243
II.4.11.	Deformasi Las.....	245
II.4.12.	Cacat – Cacat Las .....	248

RANGKUMAN .....	254
-----------------	-----

LATIHAN SOAL .....	255
--------------------	-----

**BAB. III. TEKNIK PENGELASAN**

III.1.	TEKNIK PENGELASAN BUSUR LISTRIK .....	262
III.1.1.	Penanganan Mesin Las Busur Listrik Arus Bolak - Balik .....	262
III.1.2.	Persiapan Peralatan Dan Alat Pelindung.....	265
III.1.3.	Penyalaaan Busur Listrik .....	268
III.1.4.	Pengelasan Posisi Datar.....	269
III.1.5.	Pengelasan Tumpul Posisi Datar.....	275
III.1.6.	Pengelasan Tumpul Kampuh V Posisi Datar dengan Penahan Belakang .....	277
III.1.7.	Pengelasan Sudut Posisi Horisontal .....	282
III.1.8.	Pengelasan Vertikal .....	285
III.1.9.	Pengelasan Sambungan Tumpul Kampuh V dengan Penguat Belakang .....	293
III.1.10.	Pengelasan Sudut Vertikal (Keatas dan Kebawah) .....	298
III.1.11.	Pengelasan Lurus Posisi Horisontal .....	303
III.1.12.	Pengelasan Tumpul Posisi Horisontal dengan Penahan Belakang .....	307
III.1.13.	Pengelasan Konstruksi .....	313

III.2.	TEKNIK PENGELASAN GMAW / FCAW .....	319
--------	-------------------------------------	-----

III.2.1.	Penanganan Peralatan Las Busur Listrik dengan Gas Pelindung CO <sub>2</sub> .....	319
----------	---	-----

III.2.2.	Penyalaaan Busur dan Pengaturan Kondisi Pengelasan .....	322
----------	--	-----

III.2.3.	Pengelasan Lurus .....	323
----------	------------------------	-----

III.2.4.	Pengelasan Posisi Datar.....	330
----------	------------------------------	-----

III.2.5.	Pengelasan Sambungan Tumpul Posisi Datar dengan Penahan Belakang.....	331
----------	---	-----

III.2.6.	Pengelasan Sambungan Tumpang pada Posisi Horisontal....	333
----------	---	-----



III.2.7.	Pengelasan Sambungan Tumpul pada Posisi Datar .....	337
III.2.8.	Pengelasan Sudut Posisi Horisontal .....	341
III.2.9.	Pengelasan Sudut Posisi Vertikal .....	345
III.2.10.	Pengelasan Konstruksi .....	346
III.3.	TEKNIK PENGELASAN TIG (LAS BUSUR GAS) .....	352
III.3.1.	Penyetelan Mesin Las GTAW .....	352
III.3.2.	Penanganan Torch Las GTAW .....	355
III.3.3.	Pelelehan Baja Tahan Karat Dengan Las GTAW .....	356
III.3.4.	Pengelasan Baja Tahan Karat Dengan Las GTAW .....	358
III.3.5.	Pengelasan Aluminium Dengan Las TIG .....	360
III.4.	TEKNIK PENGELASAN SAW .....	362
III.4.1.	Sifat-Sifat dan Penggunaannya .....	362
III.4.2.	Prinsip Kerja Proses Las SAW .....	363
III.4.3.	Prosedur dan Teknis Pengelasan .....	364
	RANGKUMAN .....	370
	LATIHAN SOAL .....	371
<b>BAB IV. PENGELASAN DALAM PERKAPALAN.</b>		
IV.1.	PENGELASAN PADA KONTRUKSI KAPAL .....	376
IV.1.1.	Proses Pembangunan Kapal .....	377
IV.1.2.	Konstruksi Penampang Kapal Dan Tanda Pengelasan .....	390
IV.1.3.	Nama-nama Bagian dari Konstruksi Kapal .....	393
IV.2.	PERSYARATAN KLASIFIKASI .....	396
IV.2.1.	Badan Klasifikasi .....	396
IV.2.2.	Peraturan Las Lambung .....	397
IV.2.3.	Pengakuan kepada Galangan Kapal .....	398
IV.2.4.	Rancangan Sambungan Las .....	399
IV.3.	STANDAR KUALITAS PENGELASAN LAMBUNG KAPAL ....	410
IV.3.1.	Toleransi Bentuk Las - Lasan .....	410
IV.3.2.	Toleransi Puntiran Akibat Pengelasan .....	411
IV.3.3.	Toleransi Las Pendek .....	412
IV.3.4.	Toleransi Jarak Minimum Antar Las .....	413
IV.3.5.	Toleransi Celah (Gap) Antar Komponen .....	414
IV.3.6.	Toleransi Ketepatan Pemasangan .....	416
IV.3.7.	Toleransi Perbaikan Lubang Yang Salah .....	422

IV.4.	PELURUSAN AKIBAT DEFORMASI .....	423
IV.4.1.	Pelurusan dengan Methode Pemanasan Garis .....	424
IV.4.2.	Pelurusan dengan Sistim Melintang .....	424
IV.4.3.	Pelurusan dengan Pemanasan Melintang Dan Membujur .....	425
IV.4.4.	Pelurusan dengan Pemanasan Titik .....	425
IV.4.5.	Pelurusan dengan Pemanasan Segitiga.....	426
IV.4.6.	Pelurusan dengan Pemanasaan Melingkar .....	427
IV.4.7.	Pelurusan dengan Dua Anak Panah.....	428
IV.4.8.	Pendinginan.....	430
IV.4.9.	Pelurusan dengan Bantuan Gaya Luar.....	430
IV.5.	MATERIAL UNTUK PERKAPALAN .....	432
IV.5.1.	Bentuk Pelat dan Profil .....	432
IV.5.2.	Penggunaan Pelat dan Profil untuk Kapal .....	433
	RANGKUMAN .....	436
	LATIHAN SOAL.....	437
<b>BAB V. PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN HASIL LAS</b>		
V.1.	PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN.....	441
V.1.1.	Pengujian dan Pemeriksaan Daerah Las .....	441
V.1.2.	Klasifikasi Metode Pengujian Daerah Las .....	442
V.2.	PENGUJIAN DENGAN CARA MERUSAK / DT .....	443
V.2.1.	Pengujian Mekanik.....	443
V.3.	PENGUJIAN DENGAN CARA TAK MERUSAK / NDT.....	450
V.3.1.	Uji Kerusakan Permukaan .....	450
V.3.2.	Pengujian Kerusakan Dalam .....	455
	RANGKUMAN .....	468
<b>BAB VI. BAHAYA – BAHAYA DALAM PELAKSANAAN PENGELASAN DAN PENCEGAHANNYA</b>		
VI.1.	BAHAYA LISTRIK DAN PENCEGAHANNYA.....	470
VI.1.1.	Bahaya Kejutatan Listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik.....	470
VI.1.2.	Sebab – Sebab Utama Kejutatan Listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik .....	473

VI.1.3.	Cara – Cara Mencegah Bahaya Kejutan Listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik .....	473
VI.2.	BAHAYA-BAHAYA SINAR BUSUR LAS DAN NYALA API GAS SERTA PENCEGAHANNYA .....	475
VI.2.1.	Akibat Sinar-Sinar Berbahaya .....	475
VI.2.2.	Alat-alat Perlindung dari Sinar yang Berbahaya .....	477
VI.3.	BAHAYA ASAP DAN GAS LAS SERTA PENCEGAHAN NYA.....	478
VI.3.1.	Akibat Asap Las terhadap Tubuh Manusia .....	478
VI.3.2.	Pengaruh Gas-Gas yang Timbul selama Pengelasan .....	481
VI.3.3.	Cara Mengatasi Asap dan Gas Las .....	482
VI.4.	BAHAYA LETUPAN DAN TERAK SERTA PENCEGAHAN NYA.....	484
VI.4.1.	Bahaya Letupan atau Terak.....	484
VI.4.2.	Cara untuk Mengatasi Letupan dan Terak.....	485
VI.5.	BAHAYA TABUNG GAS DAN CARA PENANGANANYA .....	486
VI.5.1.	Cara Mengangani Tabung Gas.....	486
VI.5.2.	Penyimpanan Tabung Gas .....	487
VI.6.	KESELAMATAN KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP .....	488
VI.6.1.	Keselamatan Kesehatan Kerja .....	488
VI.6.2.	Lingkungan Hidup .....	490
	RANGKUMAN .....	492

**LAMPIRAN A DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN B DAFTAR ISTILAH**

**LAMPIRAN C SINGKATAN**

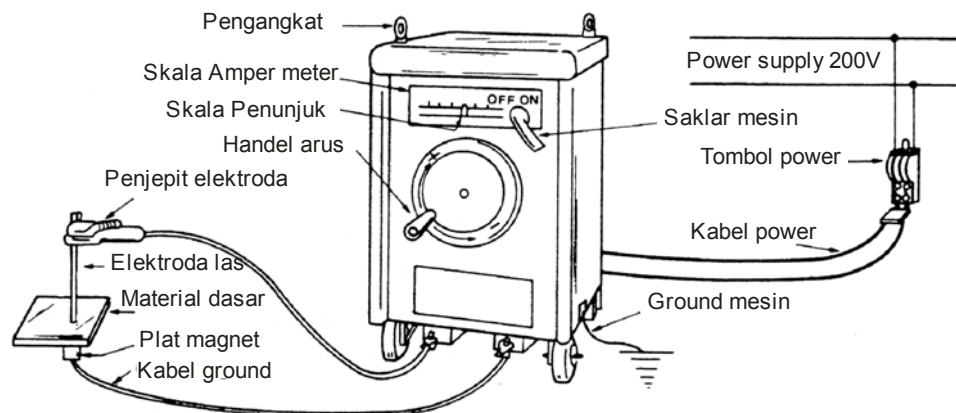
**LAMPIRAN D DAFTAR GAMBAR, TABEL DAN RUMUS**

## BAB III TEKNIK PENGELASAN

### III.1 TEKNIK PENGELASAN BUSUR LISTRIK

#### III.1.1. Penanganan Mesin Las Busur Listrik Arus Bolak-balik

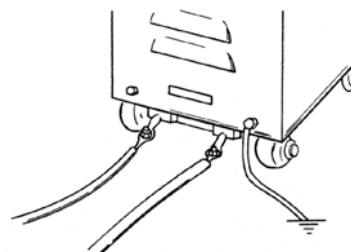
##### III.1.1.1. Persiapan Mesin Las



**Gambar III.1 Mesin Las Busur Listrik**

Tahapan-tahapan persiapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam penanganan mesin las busur listrik arus bolak balik meliputi :

1. Pemeriksaan sirkuit utama.  
Pemeriksaan sirkuit utama mesin las seperti ditunjukkan pada gambar III. 2 dengan langkah-langkah sebagai berikut :
  - (1) Yakinkan bahwa saklar tenaga dalam keadaan mati (off )
  - (2) Periksa sambungan kabel las bila ada yang lepas
  - (3) Periksa isolasi sambungan antar kabel dan yakinkan bahwa isolasi sambungan dalam keadaan aman
  - (4) Periksa bahwa kabel ground dalam keadaan tertanam



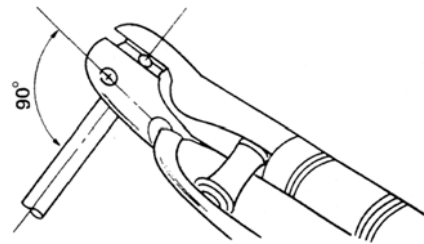
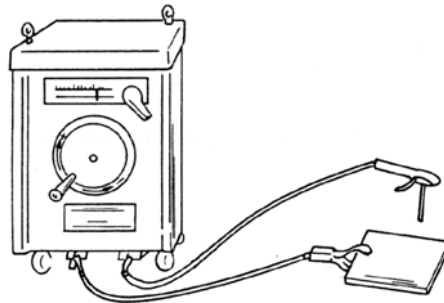
**Gambar III.2 Sirkuit utama**

2. Pemeriksaan sirkuit bantu

Pemeriksaan sirkuit bantu dan pemasangan elektrode las seperti ditunjukkan pada gambar III.3 dan gambar III. 4 dengan pemeriksaan sebagai berikut :

- (1) Periksa sambungan kabel las yang terlepas.
- (2) Periksa isolasi sambungan kabel.
- (3) Sambungkan kabel ground dengan meja kerja pada posisi yang aman dari gerakan
- (4) Periksa kebenaran penyambungan kabel .
- (5) Masukkan elektrode kedalam penjepit pada kemiringan yang benar

Hati-hati jangan sampai mengarahkan ujung tangkai las dari penjepitnya

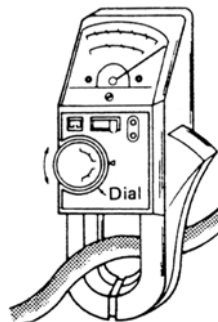


**Gambar III.3 Sambungan kabel    Gambar III.4 Pemasangan elektrode**

3. Persiapan tang ampere

Sebelum mesin las dipergunakan dengan sebenarnya terlebih dahulu perlu menyiapkan tang amper, gambar II. 5 dan lakukan :

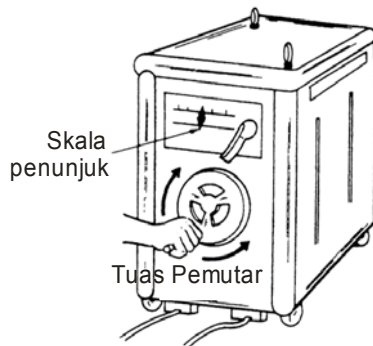
- (1) Putar dial pengatur pada posisi yang optimal.
- (2) Lewatkan kabelnya dengan aman ditengah-tengah penjepitnya.



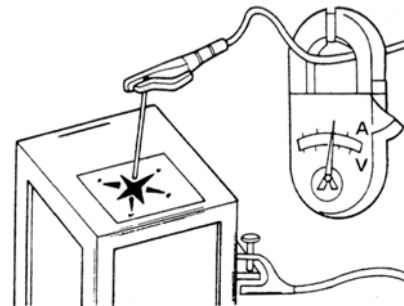
**Gambar III.5 Penyiapan tang ampere**

4. Pengaturan arus
  - (1) Hidupkan Saklar tenaga.
  - (2) Hidupkan Saklar mesin las (On ).
  - (3) Putar tuas pengatur amper untuk pengaturan ampere yang benar atau sesuai yang dikehendaki.
  - (4) Lakukan sentuhan antara elektrode dengan material dasar untuk mengetahui pengisian aliran arus listrik yang terjadi.
  - (5) Periksa optimalisasi arus dengan menggunakan tang amper.
  - (6) Matikan saklar mesin las ( Off )

Pengaturan arus dan pemeriksaan pengisian arus seperti pada gambar III.6 dan gambar III.7.



**Gambar III.6 Pengaturan arus Mesin Las Busur Listrik**



**Gambar III.7 Pemeriksaan arus Mesin Las Busur Listrik**

**III.1.1.2. Jenis dan karakteristik dari mesin las busur listrik arus bolak-balik**

**Tabel III.1 Jenis dan karakteristik mesin las busur listrik arus bolak - balik**

Kecepatan dan karakteristik tiap – tiap model Mesin las busur listrik arus bolak - balik

Jenis	Besarnya arus sekunder (A)	Besarnya kecepatan penggunaan (%)	Besarnya tegangan muat			Tegangan tanpa muatan sekunder maks (V)	Arus sekunder		Diameter kawat las yang bisa dipakai m/m
			Kehilangan hambatan (V)	Kehilangan reaktan (V)			Nilai maks (A)	Nilai min (A)	
AW200	200	50	30	0	0	85	200-220	<35	2 – 4
AW300	300	50	35	0	0	85	300-330	<60	2.6 – 5
AW400	400	50	40	0	0	85	400-440	<80	3 – 8

Keterangan : AW berarti atau sama dengan mesin las busur listrik arus bolak - balik

### III.1.1.3. Hubungan antara panjang kabel las dan arus las

Tabel III.2 Jarak dan ukuran (penampang, mm<sup>2</sup>) dari kabel las

Jarak (m) \ Arus (A)	25	50	75
100	38 mm	38 mm	38 mm
150	38	50	60
200	38	60	80
250	38	80	100
300	50	100	125
350	50	100	125
400	50	125	
450	50	125	

### III.1.1.4. Standar ukuran tangkai las (elektrode)

Tabel III.3 Standar ukuran elektrode

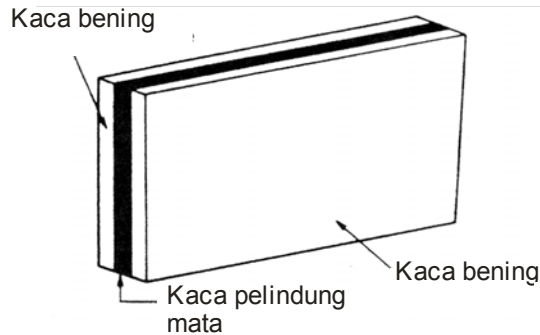
Jenis	Besaran			Diameter kawat las yang bisa dipakai mm	Hubungan maksimum kabel gagang las mm
	Penggunaan (%)	Arus las A	Tegangan busur V		
No. 100	70	100	25	1.2 – 3.2	22
No. 200	70	200	30	2.0 – 5.0	38
No. 300	70	300	30	3.2 – 6.4	50
No. 400	70	400	30	4.0 – 8.0	60
No. 500	70	500	30	5.0 – 9.0	80

## III.1.2. Persiapan Peralatan dan Alat Pelindung

### III.1.2.1. Pemakaian pakaian pelindung

Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam penggunaan pakaian pelindung diri antara lain :

- (1) Lindungilah mata dengan kaca pelindung dari kap las dengan bagian luar kaca bening dan bagian dalam kaca gelap, tampak pada gambar III. 8 . Kaca pelindung ditujukan untuk menurunkan kekuatan pancaran cahaya pengelasan berupa sinar ultraviolet dan harus dapat menyerap atau melindungi mata. Kaca pelindung yang digunakan pada proses pengelasan berbeda dengan kaca pelindung untuk pemotongan dengan gas, biasanya tingkat kegelapan kaca potong dengan gas relatif lebih terang dibanding dengan kaca pelindung untuk pengelasan yang diharuskan mempunyai kekuatan penahan sinar .



**Gambar III.8 Kaca pelindung mata**

**Tabel III.4 Jenis – jenis kaca mata pelindung**

Ukuran nomor kaca	Penggunaan
6 ~ 7	Pengelasan gas / pemotongan derajat menengah dan busur las / pemotongan dari 30A maksimum
8 ~ 9	Pengelasan gas / pemotongan derajat tinggi dan las busur / pemotongan antara 30A – 100A
10 ~ 12	Las busur / pemotongan antara 100A – 300A
13 ~ 14	Las busur / pemotongan minimum 300A

- (2) Gunakan pakaian pelindung kerja seperti tampak gambar III. 9 dan usahakan jangan mengganggu kegiatan operasional.  
 (3) Gunakan pelindung kerja yang kering , aman dan nyaman.  
 (4) Pasang pengait dari pelindung kaki dibagian sampingnya.



- (5) Pakai apron sedemikian rupa sehingga saku apron menghadap ke dalam, hal ini untuk menghindari percikan api.

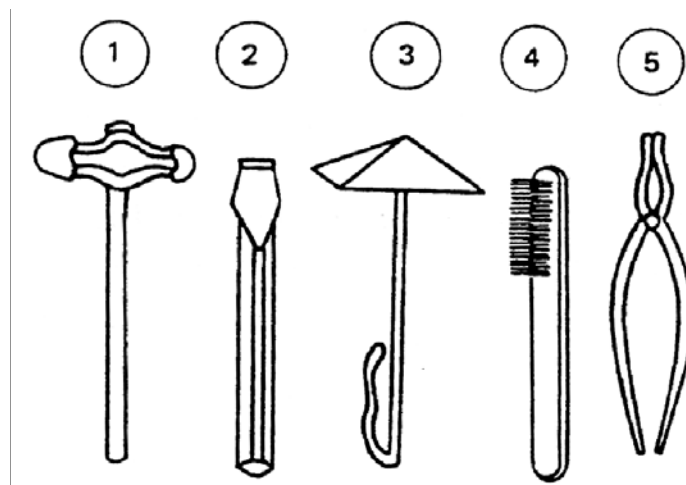


Gambar III.9 Pakaian pelindung kerja

### III.1.2.2. Pemeriksaan peralatan

Selalu periksa terlebih dahulu peralatan-peralatan kerja yang akan digunakan seperti :

- |                    |                              |
|--------------------|------------------------------|
| (1) Palu           | (4) Sikat baja               |
| (2) Pahat datar    | (5) Tang penjepit plat pelat |
| (3) Palu pembersih |                              |



Gambar III.10 Peralatan kerja

### III.1.3. Penyalaan Busur Listrik

#### 1. Persiapan

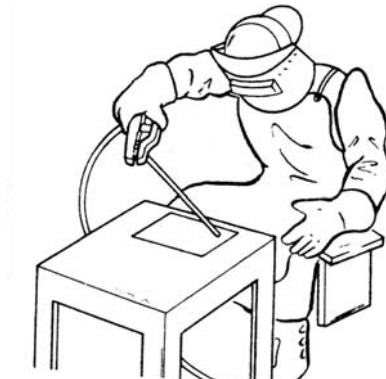
Sebagai langkah awal dalam proses penyalaan busur, lakukan persiapan dengan melaksanakan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Mengeset mesin las  
(Lihat “Penanganan Mesin Las Busur Listrik Arus Bolak-balik”).
- (2) Menyetel arus pengelasan sampai 160A, tebal plat 9 mm
- (3) Membersihkan permukaan logam dasar.
- (4) Mengatur logam induk secara mendatar pada meja kerja.

#### 2. Posisi tubuh

Posisi tubuh yang benar seperti ditunjukkan pada gambar III.11 juga menunjang kesempurnaan hasil pengelasan. Untuk itu perhatikan hal-hal berikut dibawah ini :

- (1) Tegakkan badan bagian atas dan buka posisi kaki anda
- (2) Pegang holder dan pertahankan siku-siku tangan anda pada posisi horisontal



**Gambar III.11 Posisi tubuh saat penyalaan busur listrik**

#### 3. Menyalakan busur

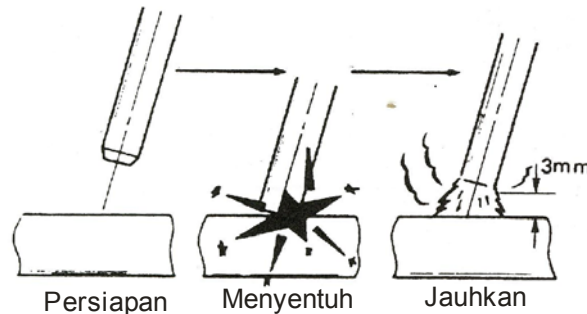
Langkah-langkah penyalaan busur adalah sebagai berikut :

- (1) Masukkan elektrode kedalam holder pada sudut yang benar (seperti gambar II.12).
- (2) Dekatkan posisi elektrode pada posisi penyalaan busur.

**Untuk diingat ! Lindungi wajah anda dengan kap las.**

- (3) Penyalaan Busur

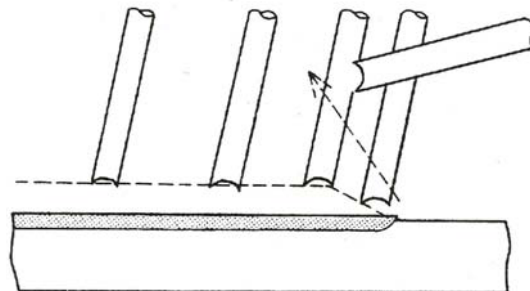
- a. Ketukkan ujung elektrode pada material dan pertahankan jarak terhadap material dasar kurang lebih 2 sampai 3 mm.
- b. Goreskan elektrode pada logam dasar dan pertahankan jarak antara logam dasar kurang lebih 2 sampai 3 mm.



**Gambar III.12 Proses Penyalaan busur**

#### 4. Menghentikan busur

Untuk menghentikan busur, kurangi gerakan busur agar lebih pendek dan angkat secepat mungkin elektrode dari bahan induk dengan gerakan posisi balik dan sedikit dimiringkan, seperti terlihat pada gambar III.13. Untuk meneruskan las ulangi langkah 3 dan 4 tetapi terlebih dahulu dibersihkan ujung hasil las pertama dan selanjutnya.



**Gambar III.13 Menghentikan busur**

### III.1.4. Pengelasan Posisi Datar

#### III.1.4.1 Mengelas Manik manik Lurus posisi datar

##### 1. Persiapan

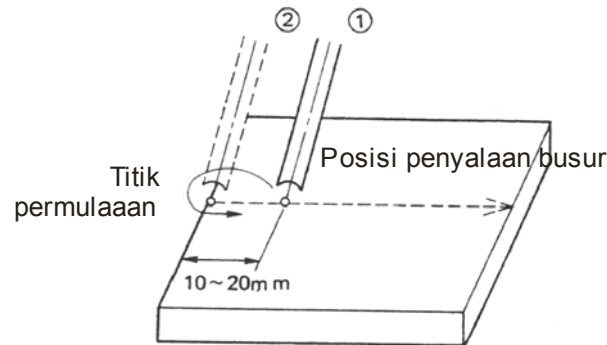
Sebagai langkah awal dalam proses pengelasan ini, lakukan persiapan dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Tempatkan logam dasar tebal 9 mm pada meja kerja pada posisi yang stabil dan bersihkan permukaannya.
- (2) Aturlah arus las dengan besaran antara 150 & 160 A.

(3) Atur posisi tubuh seperti pada gambar III.11

2. Penyalaan busur

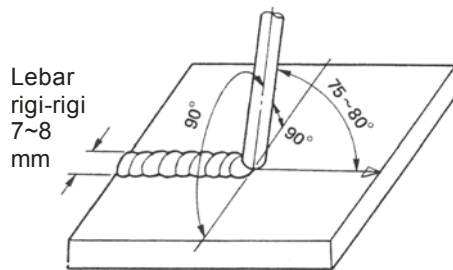
Nyalakan busur api sekitar 10-20 mm didepan titik awal dan kembali ke posisi semula seperti terlihat pada gambar III.14.



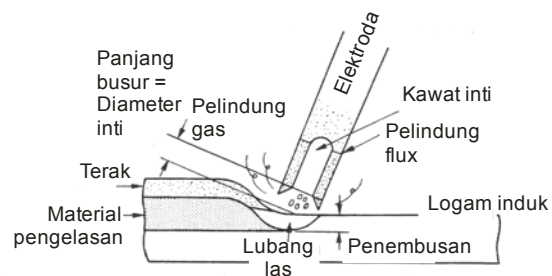
**Gambar III.14 Penyalaan busur pada pengelasan posisi datar**

3. Pengelasan manik-manik las

- (1) Tempatkan elektroda  $90^{\circ}$  terhadap permukaan logam dasar dan  $70^{\circ}$ -  $80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan.
- (2) Tahanlah dengan seksama lebar rigi-rigi jangan sampai melebihi dua kali diameter inti.
- (3) Tetapkan bahwa panjang busur kira-kira 3- 4 mm.
- (4) Arahkan elektrode las pada ujung lubang pengelasan.



**Gambar III.15 Posisi elektrode**



**Gambar III.16 Posisi Batang Las**

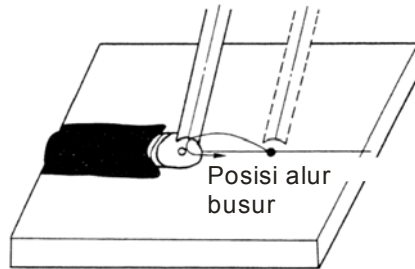
4. Mematikan busur las

Untuk mematikan busur las biarkan panjang busur menjadi pendek dan kemudian cepat matikan (lihat gambar III.17).

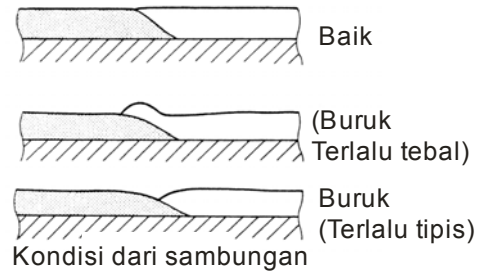
5. Menyambung manik-manik las

Terbatasnya panjang elektrode terbungkus yang digunakan pada proses pengelasan ini mengakibatkan terputusnya manik-manik las. Untuk menyambung kembali ikutilah petunjuk berikut :

- (1) Bersihkan ujung lubangnya.
- (2) Nyalakan busur sekitar 20 mm di depan kawah las dan putar balik kekawah lasnya.
- (3) Buatlah endapan sehingga kawah lasnya terisi kemudian pindahkan elektrodanya ke depan.



Gambar III.17 Posisi alur busur

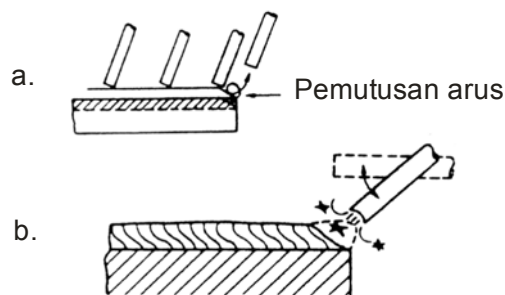


Gambar III.18 Penampang sambungan las

6. Pengisian kawah/lubang las

Buatlah endapan pada kawah las sehingga sama rata dengan bahan yang dilas.

- (1) Biarkan panjangnya busur itu memendek pada ujung garis pengelasan dan buatlah lingkaran kecil 2 atau 3 kali.
- (2) Nyalakan dan matikan busur secara berulang-ulang dan jangan lupa sebelum awal pengelasan lakukan pembersihan terlebih dahulu.

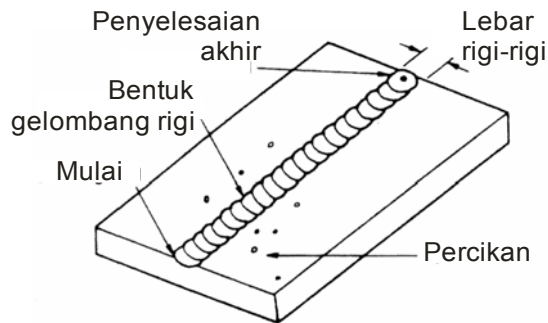


Gambar III.19 Cara pemutusan arus

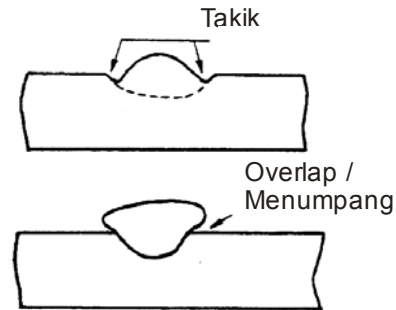
7. Pemeriksaan hasil las

Setelah proses pengelasan selesai, periksalah hal-hal berikut :

- (1) Kondisi akhir ujung pengelasan.
- (2) Hasil pengelasan (ketebalannya, kekuatannya, relung-relung lasnya).
- (3) Takik / Tumpang tindih (overlapping)



Gambar III.20 Hasil pengelasan



Gambar III.21 Takik & overlap

- (4) Penampang hasil las (lihat gambar III.18).
- (5) Pembersihan terak maupun percikan las

III.1.4.2 Membuat manik-manik posisi datar dengan ayunan

1. Persiapan

Sebagai langkah awal dalam proses pengelasan ini, lakukan persiapan dengan melaksanakan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Letakkan logam dasar diatas meja kerja pada posisi yang tepat dan bersihkan permukaannya.
- (2) Aturlah arus pengelasannya ke ukuran antara 160 & 170 A. Untuk pelat tebal 9 mm
- (3) Perhatikan posisi tubuh seperti pada gambar III.11

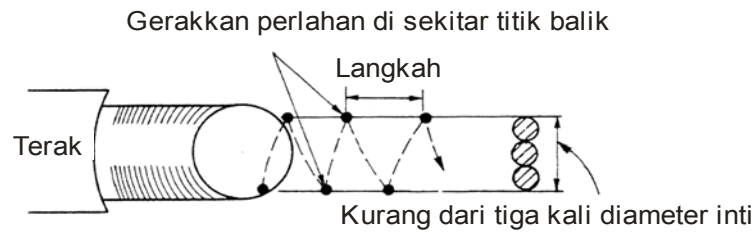
2. Penyalaan busur

Nyalakan busur api sekitar 10-20 mm didepan titik awal dan kembali ke posisi semula (lihat gambar III.12).

3. Pengelasan manik-manik las

- (1) Elektroda harus dipegang dengan kemiringan 90° terhadap kanan kirinya logam dan 75 - 85° terhadap arah lasnya.
- (2) Gerakkan batang lasnya ke tepi kanan dan kirinya sambil berhenti sejenak dititik masing-masing tepi.

- a. Lebar ayunan tidak boleh lebih dari 3 kali diameter inti .
- b. Gerakkan tangkai las dengan jarak yang tetap dengan cara menggunakan seluruh tangan.

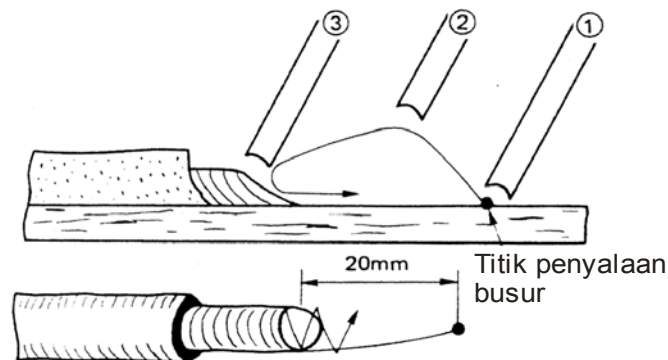


**Gambar III.22 Ayunan las saat pembuatan manik – manik posisi datar**

4. Menyambung manik-manik las

Untuk menyambung manik-manik las yang terputus karena elektrode habis, ikutilah petunjuk berikut :

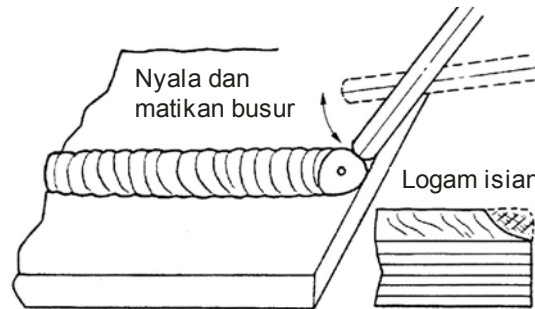
- (1) Bersihkan kawah las.
- (2) Nyalakan busur  $\pm 20$  mm didepan kawah las dan putar kembali ke kawah
- (3) Buatlah endapan sampai hampir memenuhi kawah lalu maju.



**Gambar III.23 Menyambung manik – manik las**

5. Mengisi kawah las

- (1) Nyala dan matikan busur berulang-ulang melalui ujung elektrode.
- (2) Buatlah endapan sehingga mengisi kawah sama rata dengan manik-manik.

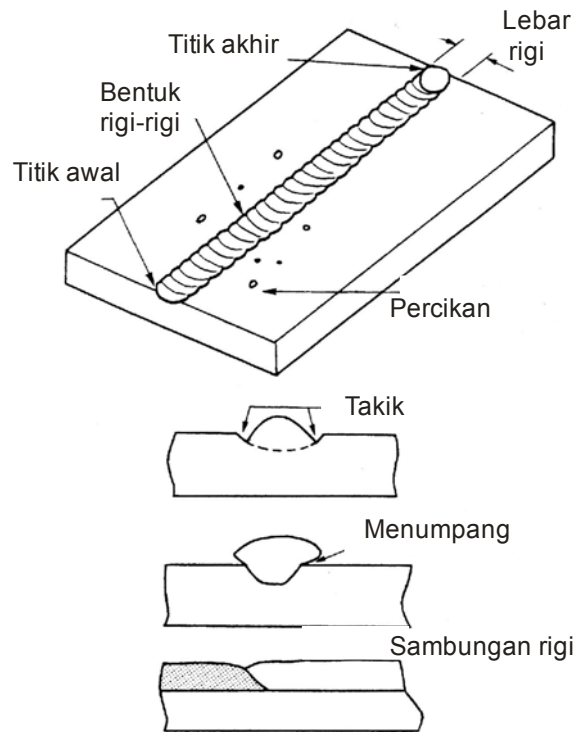


**Gambar III.24 Menyalakan dan mematikan busur**

6. Pemeriksaan hasil las

Setelah proses pengelasan selesai, periksalah hal-hal berikut :

- (1) Kondisi terakhir penyelesaian rigi-rigi.
- (2) Bentuk rigi-rigi (lebar, kekuatan, dan bentuk relung-relungnya).
- (3) Takikan atau tumpangan.
- (4) Kondisi sambungan rigi-rigi.
- (5) Pembersihan terak dan percikan



**Gambar III.25 Poin pemeriksaan**

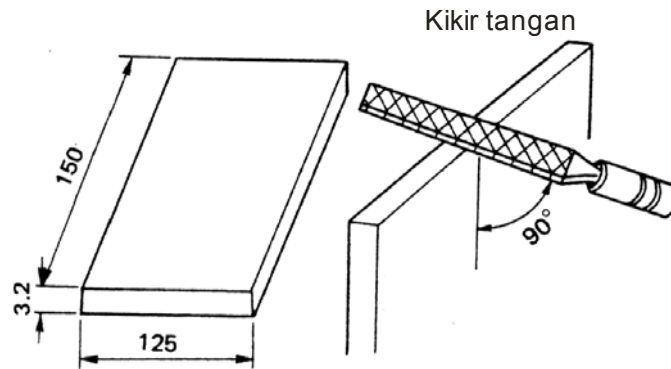


### III.1.5. Pengelasan Tumpul Posisi Datar

#### 1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Permukaan logam yang kasar harus dihaluskan dulu dengan menggunakan kikir tangan atau gerinda tangan.
- (2) Bersihkan logam dasarnya.

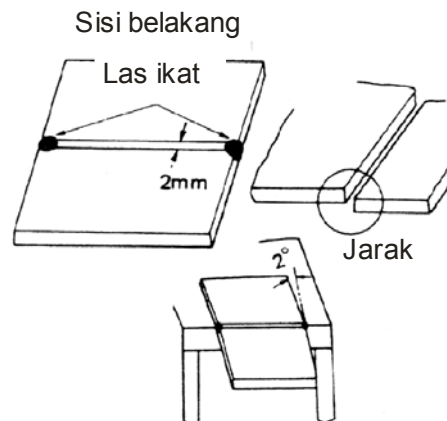


**Gambar III.26** Persiapan permukaan logam pada pengelasan tumpul posisi datar

#### 2. Las ikat

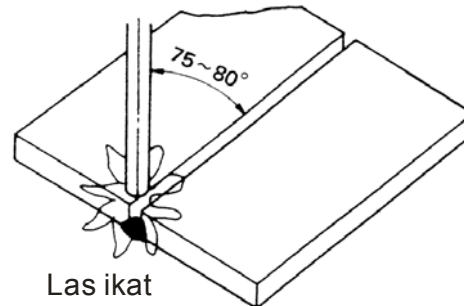
Sebelum pengelasan, dua logam yang akan disambung terlebih dahulu diberikan las ikat. Perhatikan hal-hal berikut :

- (1) Berikan las ikat pada sisi belakang dengan hati-hati jangan sampai merusak pengelasan sisi depan.
- (2) Jangan sampai menggeser posisi bagian las logam dasar.
- (3) Berikan pengaturan regangan sekitar  $2^{\circ}$  untuk dapat mengganti regangan sudut .



**Gambar III.27** Las ikat pada pengelasan tumpul posisi datar

3. Menyalakan busur
  - (1) Buatlah las ikat dengan las busur listrik
  - (2) Tunggu sampai busurnya stabil.

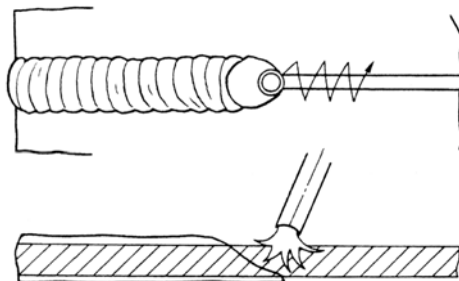


**Gambar III.28 Pembuatan busur**

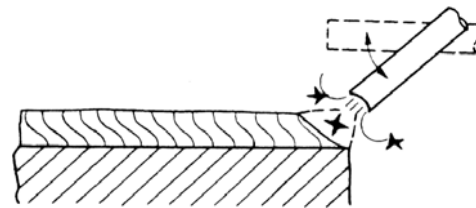
4. Proses Pengelasan

Selama proses pengelasan tumpul, perhatikan hal-hal berikut :

- (1) Gunakan elektroda (D4316) type hidrogen rendah dengan atau kode lain yang sejenis.
- (2) Aturilah arus las pada posisi yang diperlukan.
- (3) Jagalah tangkai elektrodanya pada posisi  $90^\circ$  terhadap permukaan logam dan  $75$  hingga  $80^\circ$  terhadap arah pengelasan.
- (4) Gerakkan tangkai las ke kanan dan kiri dengan ayunan sedikit lebih besar dari celah.
- (5) Pertahankan pendeknya busur dan dilaskan maju kedepan supaya ujung tangkai lasnya berada di ujung depan yang lubang



**Gambar III.29 Pengaturan las**

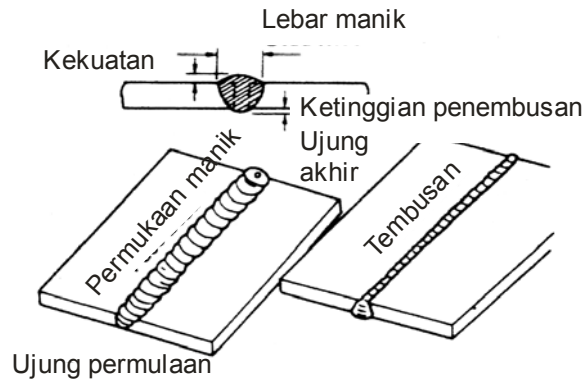


**Gambar III.30 Gerakan tangkai Las**

5. Pemeriksaan hasil las

Setelah proses pengelasan selesai, periksalah hal-hal berikut :

- (1) Bentuk rigi-riginya (lebarnya, kekuatannya, dan bentuk relung-relungnya).
- (2) Kondisi akhir ujung-ujung rigi
- (3) Takikan atau tumpangan.
- (4) Bentuknya rigi-rigi.
- (5) Pembersihan.



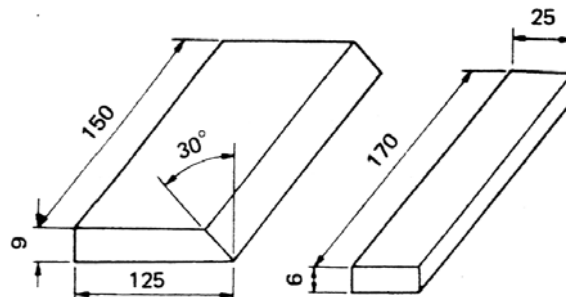
**Gambar III.31 Pemeriksaan hasil las**

**III.1.6. Pengelasan Tumpul Kampuh V Posisi Datar dengan Penahan Belakang**

1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

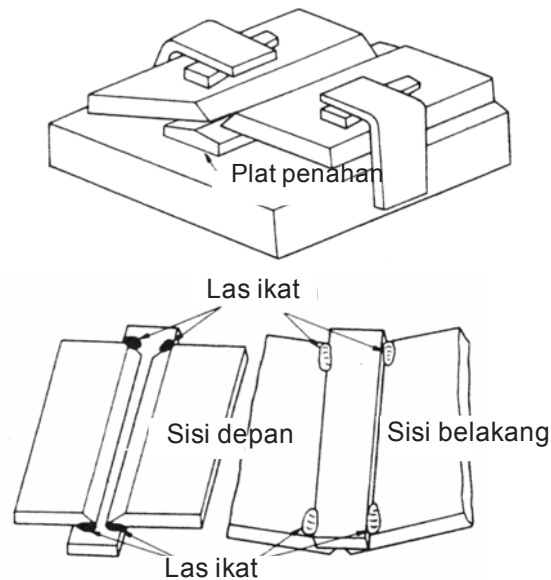
- (1) Siapkan dua logam dasar dengan kampuhnya
- (2) Siapkan satu potong logam penahan bagian belakang.
- (3) Berikan bevel  $30^\circ$  pada salah satu sisi penahan belakang.
- (4) Hilangkan sisik-sisik bagian belakang logam dasar tersebut dengan kikir tangan.



**Gambar III.32 Persiapan awal pengelasan tumpul kampuh V posisi datar dengan penahan belakang**

2. Pemberian las ikat

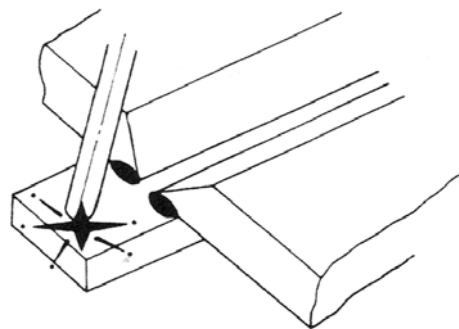
- (1) Tempelkan kedua logam dasar diatas lempengan penahannya.
- (2) Diantara dua logam itu, berikan celah 4 mm.
- (3) Berikan las ikat pada bagian belakang logam dengan penahannya dengan hati-hati jangan sampai merusak pengelasan bagian depan.
- (4) Pastikan jika ada perubahan posisi hanya  $\pm 3^\circ$ .



**Gambar III.33 Pemberian las ikat**

3. Pembuatan busur

- (1) Buatlah busur pada ujung lempeng penahan belakang.
- (2) Pindahkan / gerakkan ke daerah pengelasan (celah utama) setelah busurnya stabil.



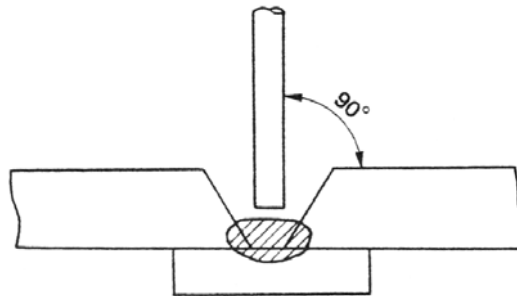
**Gambar III.34 Pembuatan busur pada ujung lempeng penahan belakang**

#### 4. Pengelasan pertama

Pengelasan pertama adalah tahap pengelasan untuk penembusan, perhatikan hal-hal berikut :

- (1) Aturlah arus pengelasan ke 180 A.
- (2) Pertahankan elektroda pada  $90^\circ$  terhadap kanan kiri logam dan  $75 - 80^\circ$  terhadap arah pengelasan.
- (3) Jangan diayun.

**Jaga agar busur tetap lurus diujung lobang terus menerus.**

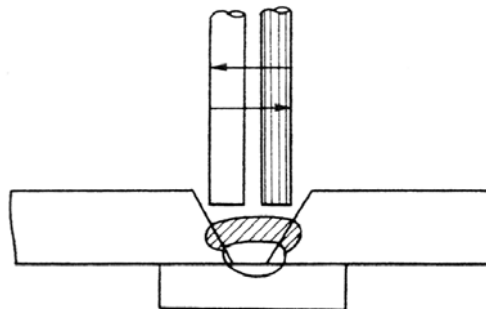


**Gambar III.35 Pengelasan pertama**

#### 5. Pengelasan kedua

Pengelasan kedua adalah merupakan tahap pengisian, dilakukan dengan metode mengayun, perhatikan hal-hal berikut :

- (1) Rontokkan terak pada alur garis pertama dan bersihkan.
- (2) Atur arus las hingga 170 A.
- (3) Pertahankan elektroda pada sudut yang sama pada garis pertama.
- (4) Pindahkan elektrodanya dari tepi ke tepi seperti gambar disamping sambil mengikuti proses mengelas.

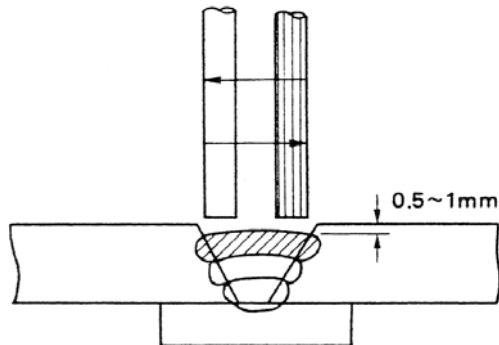


**Gambar III.36 Pengelasan kedua**

6. Pengelasan ketiga dan lainnya

Seperti pada pengelasan kedua, pengelasan ketiga dan seterusnya juga merupakan tahap pengisian, perhatikan hal-hal berikut :

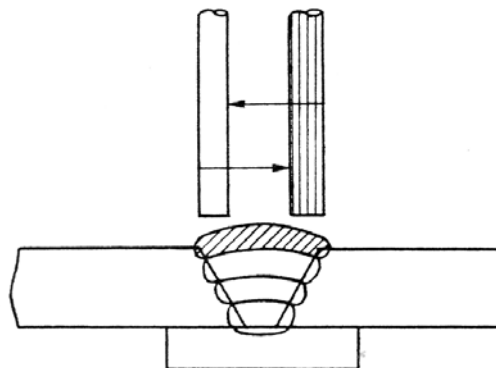
- (1) Atur arus pengelasan pada 165 A.
- (2) Pindahkan elektroda dari tepi ke tepi seperti yang ditunjukkan disamping sambil mengelas.
- (3) Laslah alur yang terakhir supaya alur itu lebih rendah 0.5 sampai 1mm dari permukaan logam dasar



**Gambar III.37 Pengelasan ketiga**

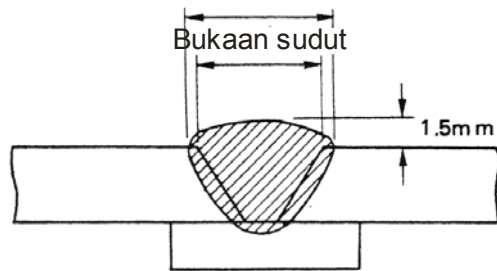
7. Pengelasan terakhir

- (1) Atur arus las ke posisi 150 - 160 A.
- (2) Gerakkan elektroda dari tepi ke tepi sambil mengelas.
- (3) Pertahankan lebar ayunan elektroda sampai bingkainya siap terbuka.
- (4) Pertahankan lebarnya manik-manik sampai bingkainya membuka tambah 2 mm.
- (5) Buatlah manik-manik penguat tidak lebih dari 1.5 mm.



**Gambar III.38 Pengelasan terakhir**

Bukaan sudut + 2mm

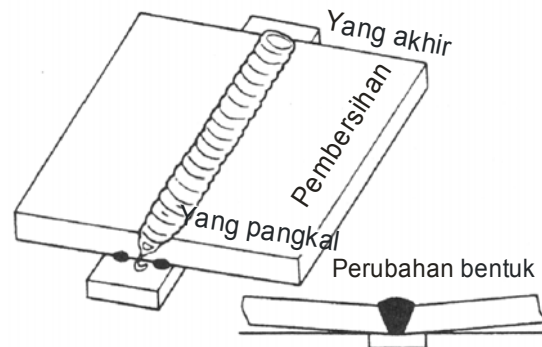
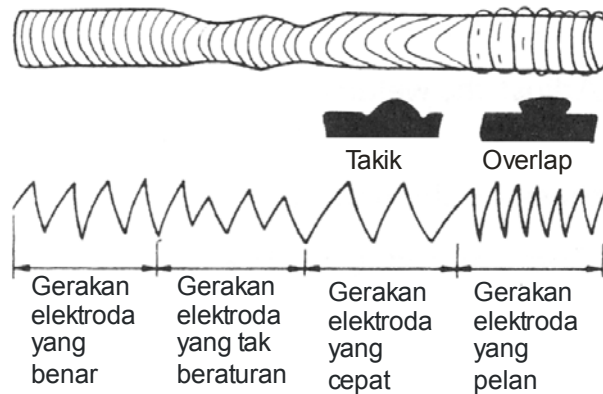


**Gambar III.39 Proses pembukaan sudut**

8. Pemeriksaan hasil las

- (1) Bentuk rigi-rigi (lebarnya, kekuatannya, dan bentuk selangnya).
- (2) Kondisi akhir ujung-ujung rigi.
- (3) Takikan atau tumpangan.
- (4) Deformasi/lengkungan.
- (5) Pembersihan.

Bentuk rigi las



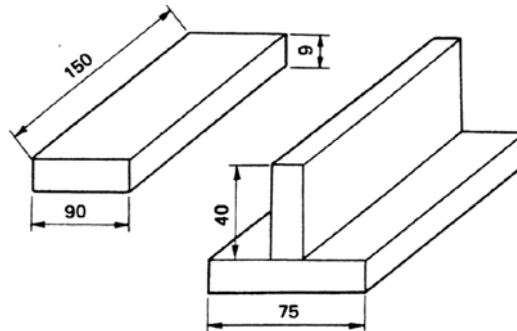
**Gambar III.40 Pemeriksaan las**

### III.1.7. Pengelasan Sudut Posisi Horizontal

#### 1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Bersihkan permukaan tumpul logam dasar.
- (2) Aturlah arus las pada 170 A. untuk pelat tebal 9 mm

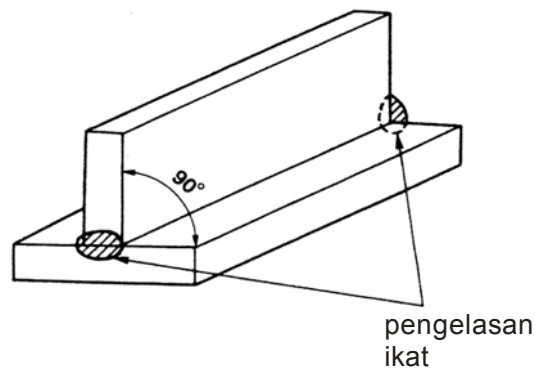


**Gambar III.41 Persiapan permukaan logam pada pengelasan sudut posisi horizontal**

#### 2. Las ikat

Sebelum pengelasan, dua logam yang akan disambung terlebih dahulu diberikan las ikat. Perhatikan hal-hal berikut :

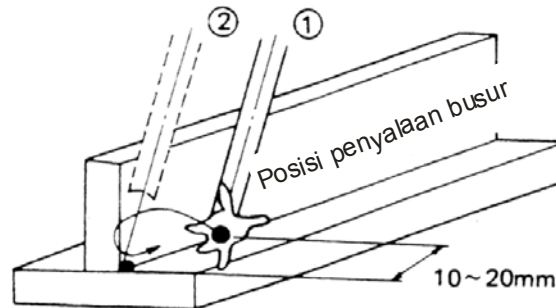
- (1) Gabungkan logam-logamnya seperti huruf T terbalik.
- (2) Buatlah las ikat pada kedua ujung sambungan supaya pengelasan tidak terganggu
- (3) Susun logam dasar secara posisi horizontal.



**Gambar III.42 Las ikat pada pengelasan sudut posisi horizontal**

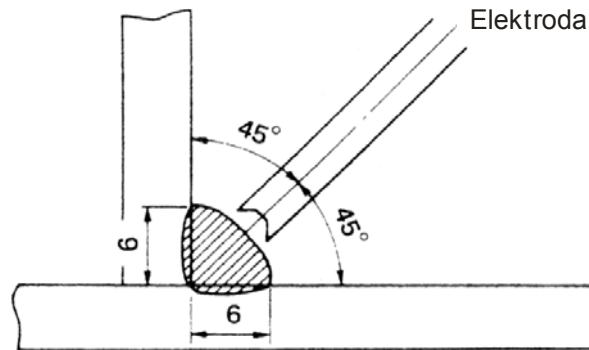


3. Penyalaan busur
  - (1) Nyalakan busur sekitar 10-20 mm didepan titik awal las dan putar balik menuju titik yang tadi.
  - (2) Kalau busurnya sudah stabil, mulailah pengelasan.



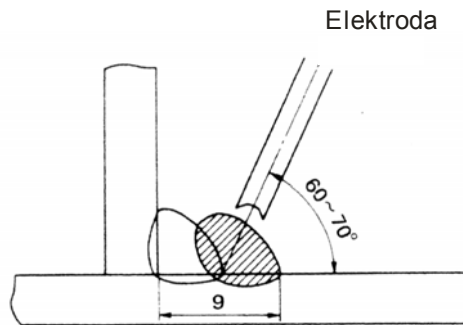
Gambar III.43 Penyalaan busur

4. Pengelasan lajur pertama
  - (1) Peganglah elektroda  $45^\circ$  terhadap dua permukaan logam dasar dan  $75^\circ - 80^\circ$  terhadap arah las.
  - (2) Aturlah arus las 170 A.
  - (3) Jangan mengayun.
  - (4) Laslah lajur tersebut supaya panjang kaki sudut menjadi sekitar 5-6 mm.



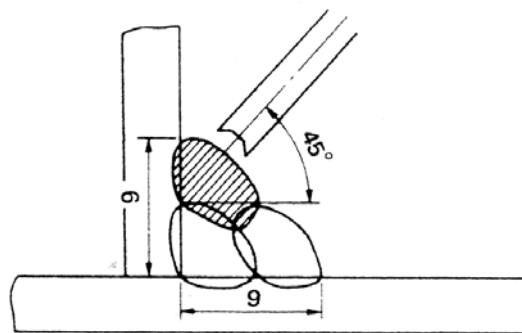
Gambar III.44 Mengelas sudut untuk alur tunggal

5. Pengelasan lajur kedua untuk las sudut alur banyak
- (1) Rontokkan terak-terak pada lajur pertama dan bersihkan.
  - (2) Aturlah arus pada 160 A.
  - (3) Kemiringan elektroda terhadap logam horisontal harus  $60-70^\circ$  dan terhadap arah las harus  $75-80^\circ$ .
  - (4) Jangan belok-belok /menenun.
  - (5) Atur elektroda sehingga titik tengahnya tepat pada ujung dari lajur pertama pada sisi horisontal dari logam dasar.



**Gambar III.45 Mengelas lajur kedua**

6. Pengelasan lajur ketiga
- (1) Rontokkan terak-terak lajur kedua dan bersihkan.
  - (2) Aturlah arus las pada 160 A.
  - (3) Peganglah elektroda pada  $45^\circ$  terhadap logam yang horisontal dan  $75-80^\circ$  terhadap arah las.
  - (4) Jangan mengayun.
  - (5) Luruskan titik tengah elektroda dengan ujung lajur pertama pada sisi logam yang berdiri.
  - (6) Teruslah mengelas sampai busurnya pendek.



**Gambar III.46 Mengelas lajur ketiga**

7. Pemeriksaan hasil las

Setelah proses pengelasan selesai, periksalah hal-hal berikut :

- (1) Lajur las yang saling bertumpukan
- (2) Bentuk lengkungan rigi-rigi
- (3) Kondisi akhir ujung rigi-rigi
- (4) Keragaman panjangnya kaki sudut (ukur menggunakan alat ukur las)
- (5) Takik las atau penumpukan
- (6) Pembersihan



Gambar III.47 Contoh las T yang buruk

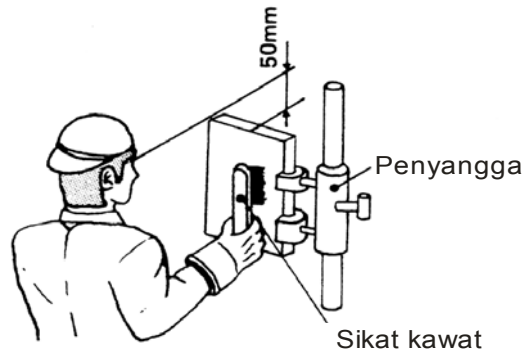
III.1.8. Pengelasan Vertikal

III.1.8.1 Pengelasan Vertikal Rigi Las Lurus

1. Persiapan

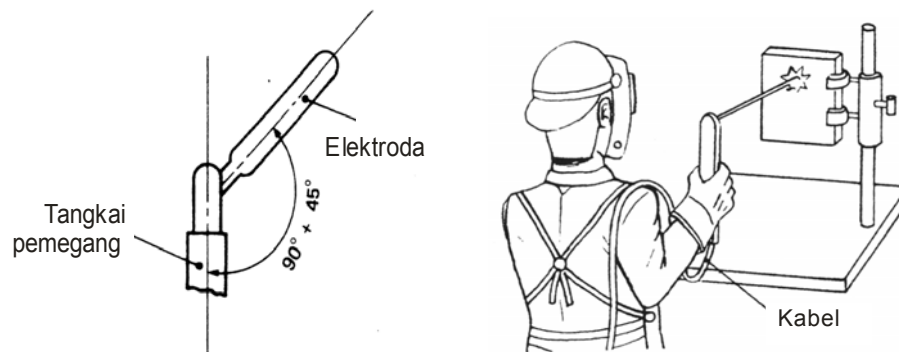
Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Pasanglah lurus vertikal logam dasar dengan penahan / penyangga.
- (2) Atur posisi logam dasar kira-kira 50 mm lebih rendah dari arah pandang lurus.
- (3) Bersihkan permukaan logam dasar dengan sikat kawat.



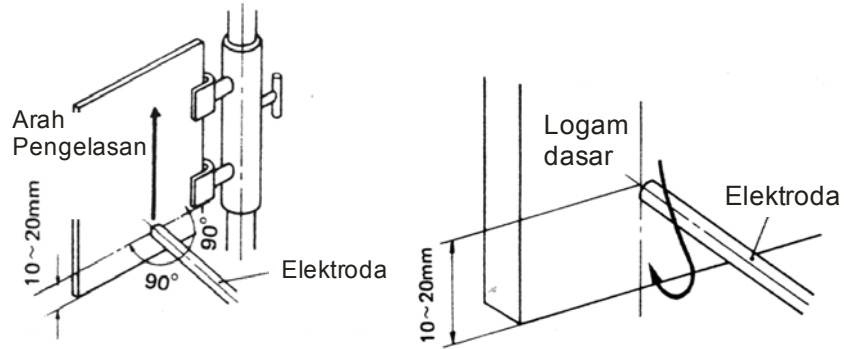
**Gambar III.48 Persiapan permukaan las pada pengelasan vertikal rigi las lurus**

2. Posisi badan saat pengelasan
  - (1) Masukkan elektroda kedalam pengait pada tangkai pemegang
  - (2) Letakkan kabel dipundak.
  - (3) Posisi anda berdiri harus kaki melebar supaya tubuh anda stabil .



**Gambar III.49 Posisi pengelasan saat pengelasan vertikal**

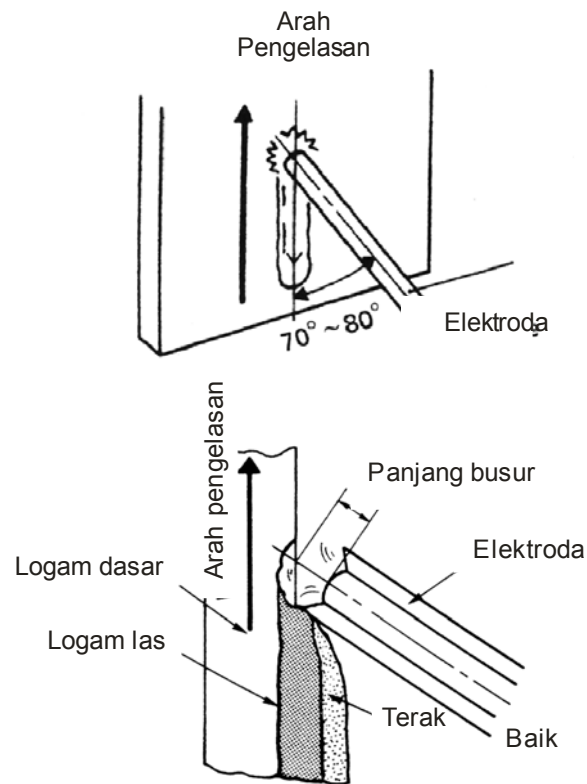
3. Penyalaan busur
  - (1) Aturlah arus las sekitar 100-120 A.
  - (2) Sudut elektroda terhadap logam dasar harus  $90^\circ$ .
  - (3) Nyalakan busur kira-kira 10-20 mm didepan titik awal dan putar balik melalui titik awal itu

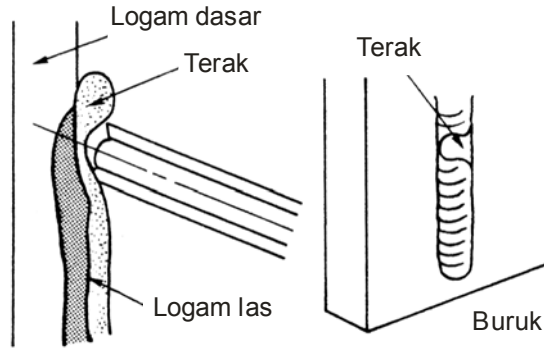


**Gambar III.50 Penyalan busur**

4. Pengelasan rigi - rigi

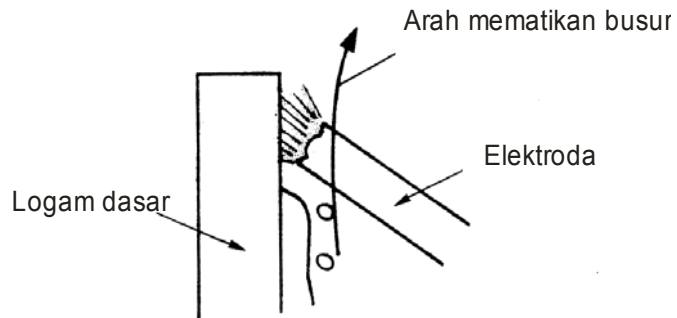
- (1) Kemiringan elektroda terhadap arah pengelasan harus 70-80°.
- (2) Laskan lurus sepanjang jalur las sambil melihat titik lumer logam dasar.
- (3) Panjangnya busur harus tetap.
- (4) Jaga agar posisi busur selalu didepan terak.





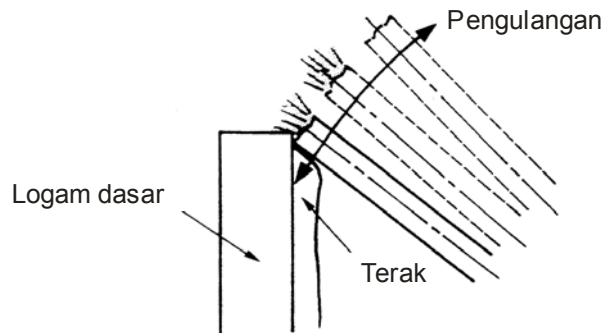
**Gambar III.51 Pengelasan rigi - rigi**

5. Mematikan busur  
Perpendeklah busur pelan-pelan dan matikan.



**Gambar III.52 Pematian busur las**

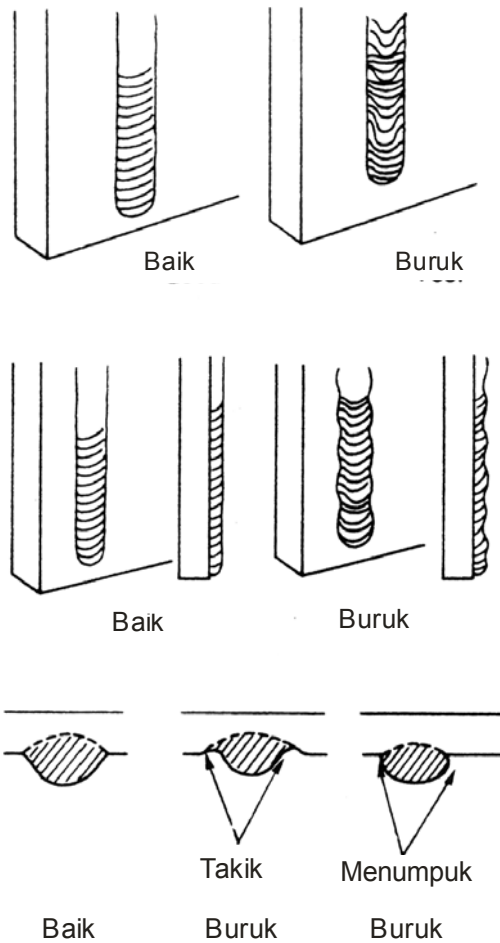
6. Pengisian kawah  
Buatlah busur hidup dan mati pada ujung akhir pengelasan supaya kawah terisi.



**Gambar III.53 Pengisian kawah**

7. Pemeriksaan hasil las

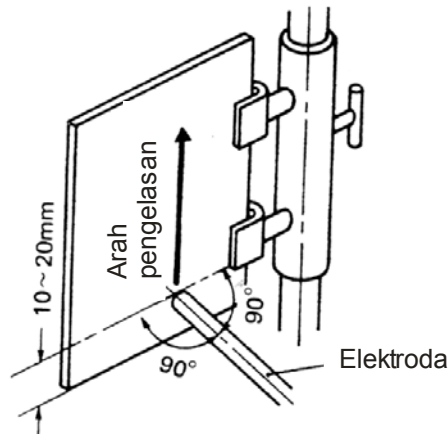
- (1) Periksa permukaan rigi-rigi dan keragaman bentuk lekukannya
- (2) Periksa apakah lebar rigi telah optimal.
- (3) Periksa apakah kekuatannya sudah sesuai.
- (4) Periksa kondisi setelah selesai pada titik awal dan titik akhir.
- (5) Periksa apakah ada takikan atau penumpukan.
- (6) Periksa apakah ada pengembangan



Gambar III.54 Pemeriksaan hasil las

### III.1.8.2 Pengelasan Vertikal dengan ayunan

1. Persiapan  
Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :
  - (1) Pasanglah lurus vertikal logam dasar dengan penahan / penyangga.
  - (2) Atur posisi logam dasar kira-kira 50 mm lebih rendah dari arah pandang lurus.
  - (3) Bersihkan permukaan logam dasar dengan sikat kawat.
2. Posisi badan saat pengelasan
  - (1) Masukkan elektroda kedalam pengait pada tangkai pemegang
  - (2) Letakkan kabel dipundak.
  - (3) Posisi anda berdiri harus kaki melebar supaya tubuh anda stabil .
3. Penyalaan busur
  - (1) Atur arus las sekitar 110 -130A.
  - (2) Sudut elektroda terhadap logam dasar harus  $90^\circ$ .
  - (3) Nyalakan busur sekitar 10-20 mm didepan titik awal dan putar balik lewat starting point .

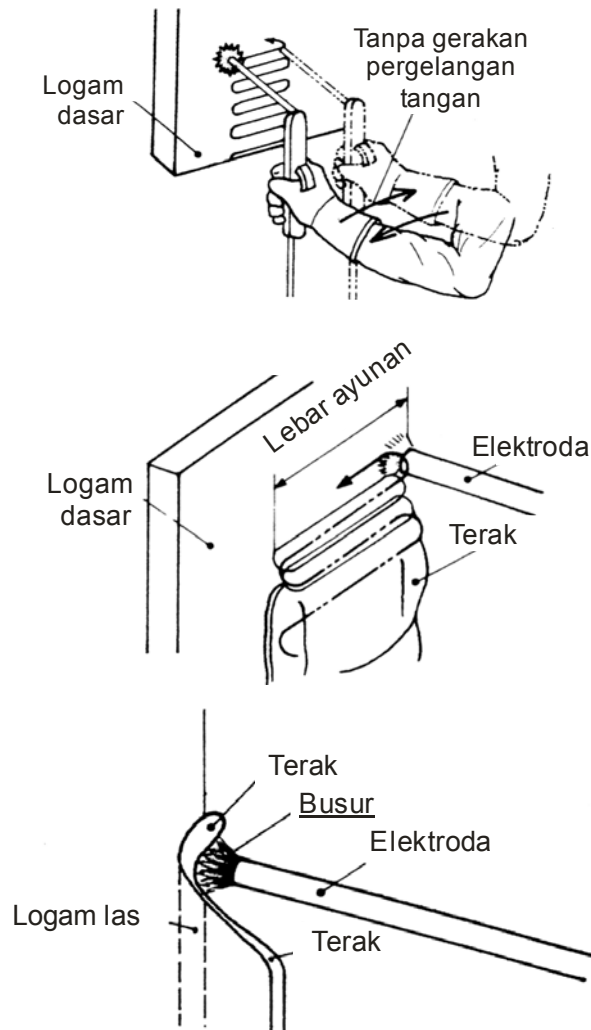


**Gambar III.55 Penyalaan busur las pada pengelasan vertikal dengan ayunan**

4. Pengelasan rigi - rigi
  - (1) Jagalah agar sudut elektroda terhadap arah pengelasan 70-80°.
  - (2) Gerakkan elektroda dari tepi ke tepi dengan menggerakkan lengan.
  - (3) Usahakan busur pendek.

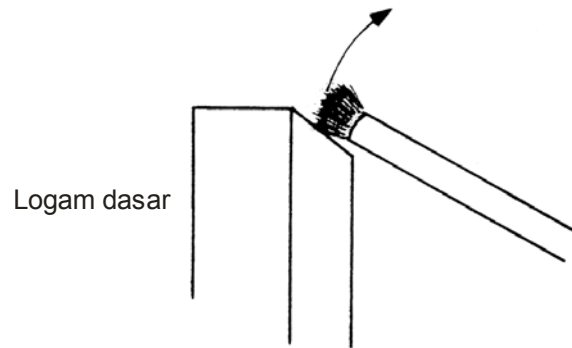


- (4) Gerakkan elektroda dengan cepat ditengah rigi-rigi tapi dengan pelan pada kedua sisi.
- (5) Gerakkan elektroda dari tepi ke tepi tidak melebihi 3x diameter elektroda.
- (6) Majukan jarak las supaya rigi-rigi menutupi separoh rigi-rigi lainnya
- (7) Jaga posisi busur agar selalu didepan terak



**Gambar III.56 Pengelasan rigi – rigi**

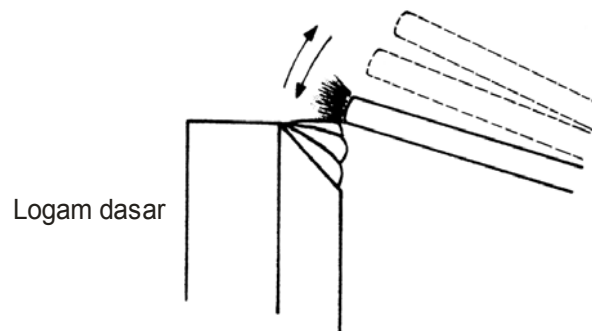
5. Mematikan busur  
Pendekkan busur pelan-pelan dan kemudian matikan



**Gambar III.57 Pematian busur las**

6. Pengisian kawah

Ulangilah menghidupkan dan mematikan busur pada titik penyelesaian sampai kawah las terisi.



**Gambar III.58 Pengisian kawah**

7. Pemeriksaan hasil las

Setelah proses pengelasan selesai, lakukan langkah-langkah pemeriksaan pada hal-hal berikut :

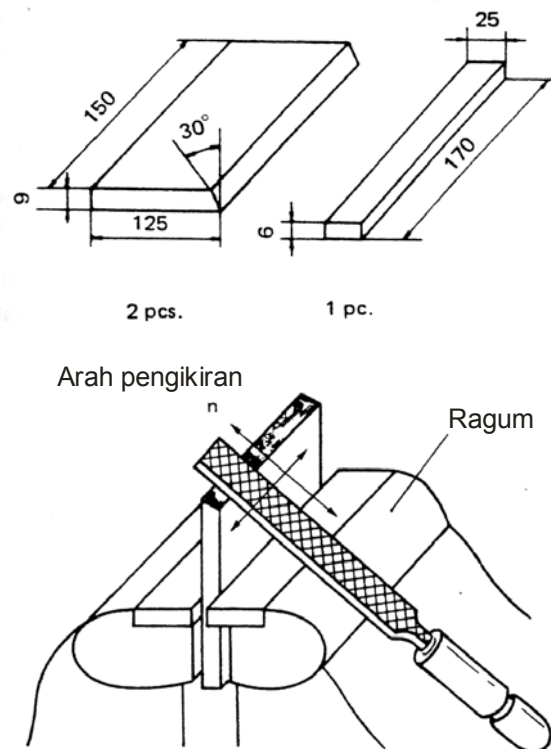
- (1) Permukaan rigi-rigi las dan keseragaman bentuk lekukan lasnya.
- (2) Apakah lebar rigi-riginya sudah optimum.
- (3) Apakah penguatannya sudah sama/sesuai.
- (4) Kondisi akhir pada titik-titik awal dan akhir.
- (5) Apakah ada takikan atau penumpukan.
- (6) Apakah ada pelebaran terak

### III.1.9. Pengelasan Sambungan Tumpul Kampuh V dengan Penguat Belakang

#### 1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Siapkan dua logam dasar dengan ukuran seperti pada gambar dan kikirlah sisinya dengan kemiringan 30°.
- (2) Potonglah backing strip/penahan belakang dengan ukuran seperti pada gambar dan berikan kemiringan 3° untuk penyimpangan.
- (3) Selesaikan sisi logam yang diarsir miring dengan kikir.
- (4) Kikirlah sisik-sisik hitam dari bagian kontak logam dasar dan backing strip.

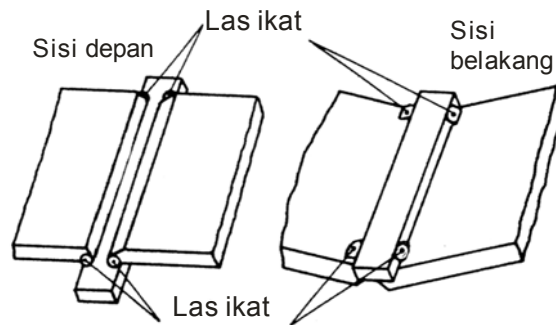


**Gambar III.59** Persiapan awal Pengelasan Sambungan Tumpul Kampuh V dengan Penguat Belakang

#### 2. Las ikat

- (1) Rekatkan kedua logam dengan penahan (backing strip) dengan dilas ikat sehingga celahnya 4 mm.
- (2) Atur arus las ikat kira-kira 160-180 A.

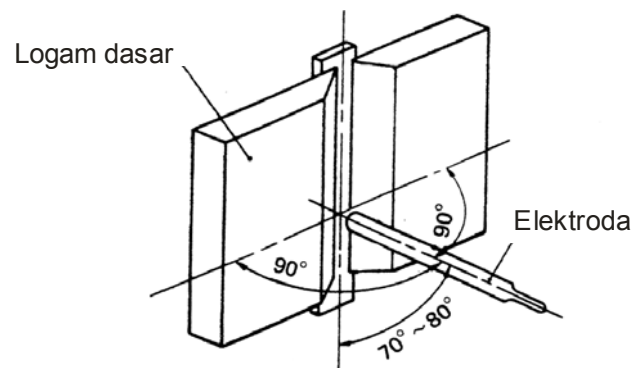
- (3) Rapatkan dengan erat antara kedua logam dengan bingkai penahan supaya tidak ada renggang sedikitpun .
- (4) Berikan las ikat supaya tidak mengganggu pengelasan .
- (5) Yakinkan bahwa setelah pengelasan ikat, tidak ada lagi jarak antara logam dengan bingkai penahan.



**Gambar III.60 Las ikat**

3. Penyalaan busur

- (1) Pegang elektroda seperti ditunjukkan pada gambar II.131.
- (2) Arus las harus 120-140A .
- (3) Buatlah busur pada ujung bingkai penahan.
- (4) Laslah kedalam sambungan 2 logam bentuk V tadi setelah busurnya stabil .

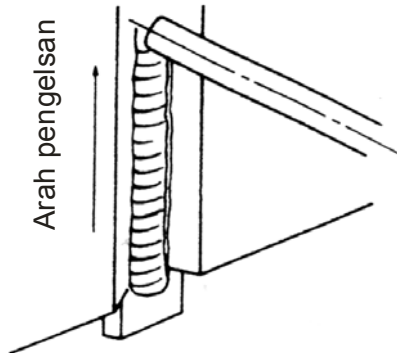


**Gambar III.61 Penyalaan busur**

4. Pengelasan pertama

- (1) Laslah kearah atas baik dengan ayunan maupun tidak.
- (2) Laslah bingkai penahan pada tempat/celah bagian ujung dan sisi kedua logam yang sudah di bevel.

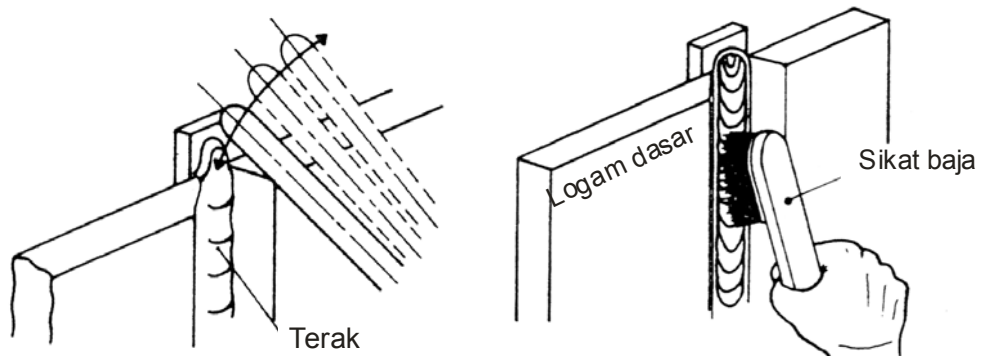
**Buatlah rigi-rigi yang tipis dan rata**



**Gambar III. 62 Pengelasan pertama**

5. Pengisian kawah las

- (1) Ulangi menghidupkan dan mematikan busur pada titik akhir sampai kawah terisi penuh.
- (2) Bersihkan bagian logam las secara keseluruhan dengan sikat kawat dan palu sumbing



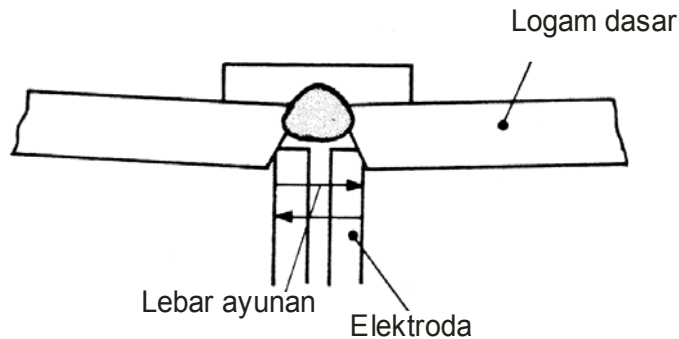
**Gambar III.63 Pengisian kawah las**

## 6. Pengelasan lajur kedua

- (1) Aturlah arus lasnya pada 110-120 A.
- (2) Gerakkan elektroda dari tepi ke tepi dan berhenti sejenak dimasing-masing sisi.

**Ayunannya harus selebar rigi-rigi yang pertama.**

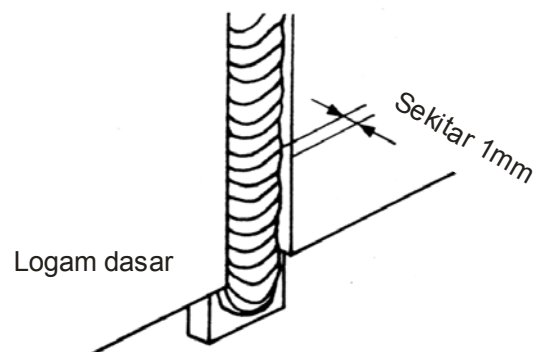
- (3) Lakukan ayunan sehingga permukaan las bisa datar
- (4) Setelah mengelas, rontokkan terak dan bersihkan permukaannya.



**Gambar III.64 Pengelasan lajur kedua**

## 7. Pengelasan alur kedua dan alur alur berikutnya

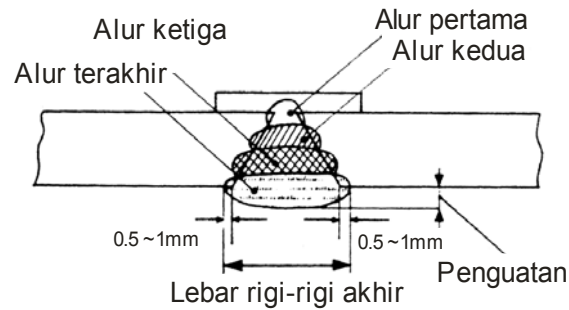
- (1) Atur arus lasnya pada 110-130 A.
- (2) Selesaikan lajur-lajurnya 1 mm lebih rendah dari pada permukaan logamnya.
- (3) Lakukan ayunan sehingga permukaan las menjadi datar .
- (4) Setelah mengelas, rontokkan terak dan bersihkan permukaannya.



**Gambar III.65 Pengelasan alur kedua dan alur yang lain**

8. Pengelasan lajur terakhir

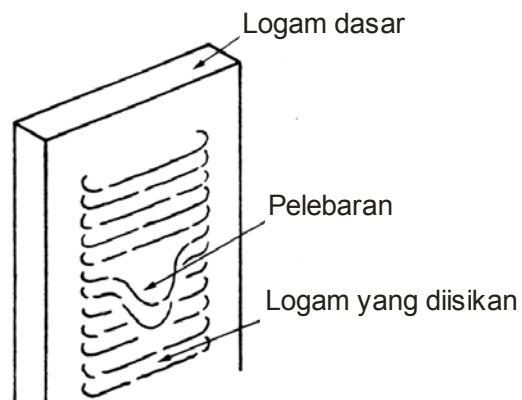
- (1) Atur arus las kira-kira 110-120 A.
- (2) Buat rigi-rigi terakhir selama penembusan sisi terbuka dari logam dasar dengan kedalaman kira-kira 0.5 sampai 1.0 mm
- (3) Setelah pengelasan, rontokkan terak-terak secara keseluruhan dan bersihkan permukaannya.



**Gambar III.66 Pengelasan lajur terakhir**

9. Pemeriksaan hasil las

- (1) Periksa apakah ada takikan atau penumpukan.
- (2) Periksa apakah permukaan rigi-rigi dan bentuk lekukan sudah seragam .
- (3) Periksa kondisi akhir pada titik awal dan titik akhir.
- (4) Periksa apakah ada pelebaran rigi-rigi las.



**Gambar III.67 Pemeriksaan hasil las**

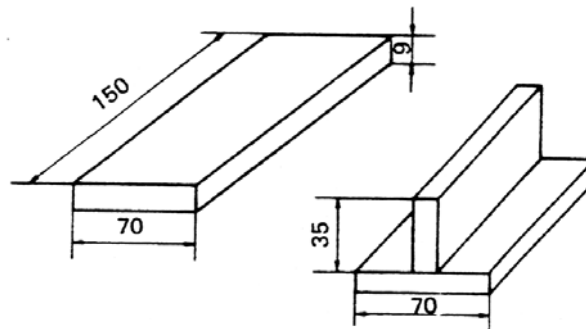
### III. 1.10. Pengelasan Sudut Vertikal (Ke Atas dan Ke Bawah)

#### III.1.10.1 Pengelasan sudut vertikal (ke atas)

##### 1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

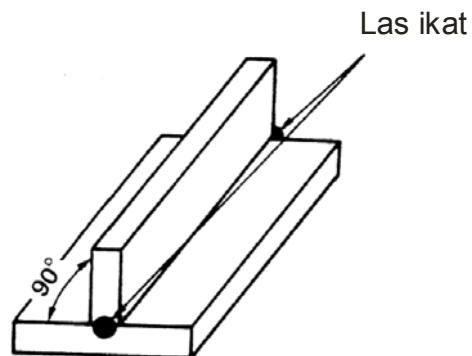
- (1) Membuat logam dasar seperti yang ditunjukkan disamping.
- (2) Bersihkan bagian-bagian sambungan dari logam tersebut.



**Gambar III.68** Persiapan awal pada Pengelasan sudut vertikal (ke atas)

##### 2. Las ikat

- (1) Aturlah arus las ikat pada 140-160 A.
- (2) Lakukan las ikat pada kedua ujung logam tersebut.



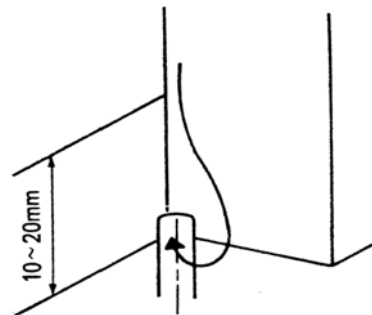
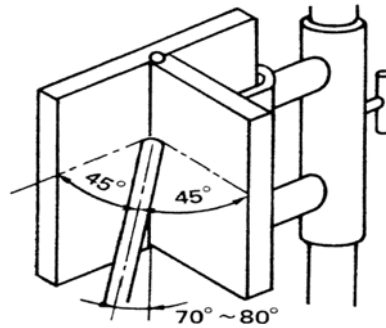
**Gambar III.69** Las ikat

##### 3. Penyalaan busur

- (1) Pasanglah logam dasar secara vertikal.
- (2) Aturlah arus las 110-130 A.
- (3) Jaga kemiringan elektroda agar tetap pada sudut  $45^{\circ}$  terhadap kedua sisi logam .

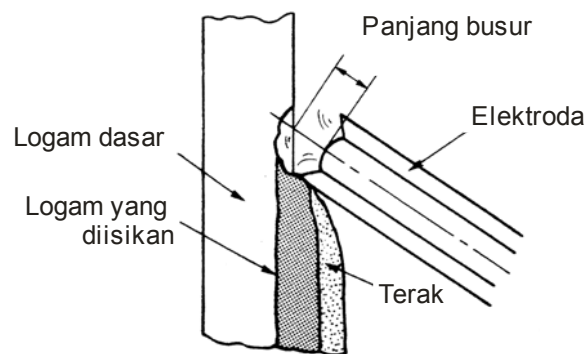


- (4) Jaga kemiringan elektroda agar tetap pada sudut  $70-80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan.
- (5) Nyalakan busur kira-kira 10-20 mm diatas titik awal dan putar balik .



**Gambar III.70 Penyalan busur**

4. Pengelasan alur pertama
  - (1) Panjang busur harus tetap.
  - (2) Gerakan elektroda sehingga busur selalu berada diatas terak.
  - (3) Pengelasan kearah atas baik dengan atau tanpa gerakan mengayun.

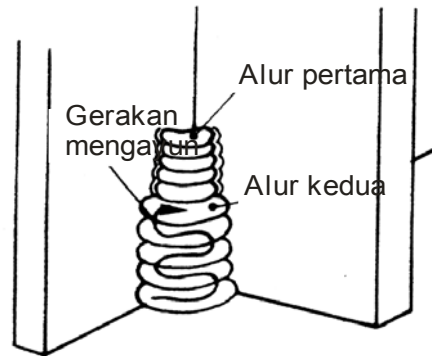


**Gambar III.71 Pengelasan alur pertama**

## 5. Pengelasan alur kedua

- (1) Bersihkan lajur las pertama.
- (2) Pengelasan arah keatas dengan gerakan mengayun

**Berhenti sebentar pada tiap-tiap sisi untuk membuat perpaduan yang rapi**



**Gambar III.72 Pengelasan alur kedua**

## 6. Pemeriksaan hasil las

- (1) Periksa apakah barangkali ada takikan atau penumpukan.
- (2) Periksa apakah permukaan rigi-rigi dan bentuk lekukan las sudah seragam.
- (3) Periksa kondisi akhir pada titik awal dan titik akhir.
- (4) Periksa apakah ada las yang melebar.
- (5) Ukurlah panjang kaki las.
- (6) Periksa apakah ada pencampuran terak.

### III.1.10.2 Pengelasan sudut vertikal (ke bawah)

## 1. Persiapan

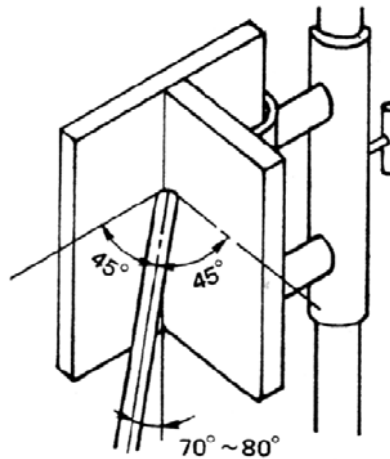
Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Membuat logam dasar seperti pada pengelasan sudut vertikal (keatas).
- (2) Bersihkan bagian-bagian sambungan dari logam tersebut.

## 2. Las ikat

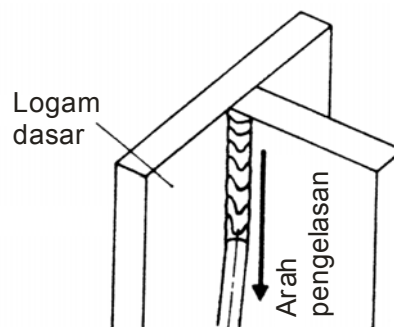
- (1) Aturilah arus las ikat pada 140-160 A.
- (2) Lakukan las ikat pada kedua ujung logam.

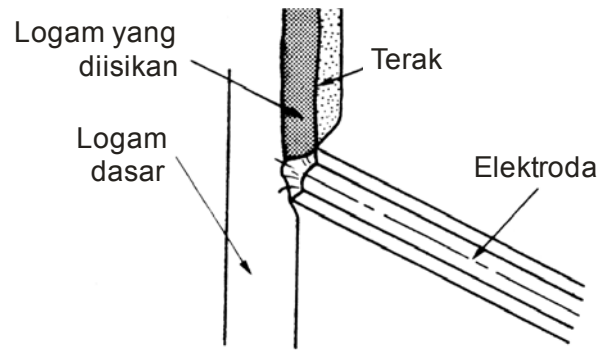
3. Penyalan busur
  - (1) Atur arus las sekitar 180-200 ampere.
  - (2) Jaga kemiringan elektroda agar tetap pada sudut  $45^\circ$  terhadap kedua sisi logam .
  - (3) Jaga kemiringan elektroda agar tetap pada sudut  $70-80^\circ$  terhadap arah pengelasan.
  - (4) Nyalakan busur di bagian atas sambungan bergeser dari garis pengelasan,dan mulailah pengelasan setelah busurnya stabil.



**Gambar III.73 Penyalan busur pada pengelasan sudut vertikal (ke bawah)**

4. Pengelasan alur pertama
  - (1) Peganglah elektroda sesuai sudut yang ditentukan.
  - (2) Mengelas dari atas kebawah sambil mempertahankan ujung elektrode tetap menyentuh logam dasar.
  - (3) Gerakan elektroda sehingga busurnya selalu terletak dibawah terak las





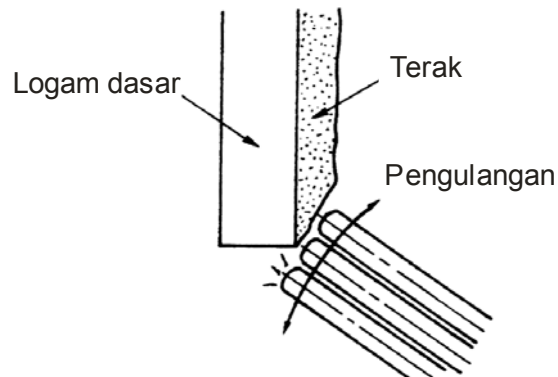
**Gambar III.74 Pengelasan alur pertama**

5. Mematikan busur las

Untuk mematikan busur las, pendekkan busur pelan-pelan dan matikan busurnya.

6. Pengisian kawah las

Ulangilah menghidupkan dan mematikan busur pada titik akhir sampai kawah las terisi.



**Gambar III.75 Pengisian kawah las**

7. Pemeriksaan hasil las

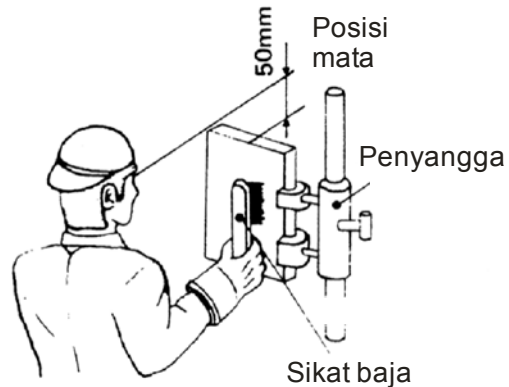
- (1) Periksalah apakah ada takikan atau penumpukan.
- (2) Periksalah apakah permukaan rigi-rigi dan bentuk lekukan sudah seragam.
- (3) Periksalah kondisi akhir pada ujung-ujung awal dan ujung akhir.
- (4) Periksalah apakah ada las yang melebar.
- (5) Ukurlah panjang kaki las
- (6) Periksalah apakah ada terak dalam alur las.

### III.1.11. Pengelasan Lurus Posisi Horizontal

#### 1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

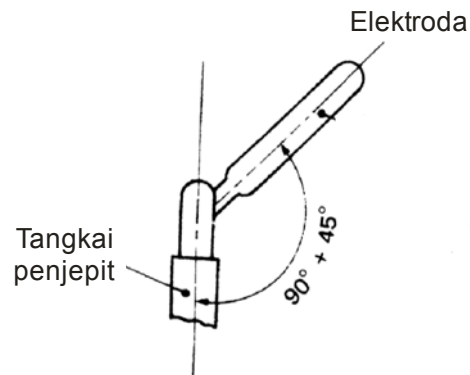
- (1) Pasanglah logam dasar dengan seksama pada alat penahannya pada posisi arah vertikal.
- (2) Ketinggian logam dasar kira-kira 50 mm lebih rendah dari garis pandang mata .
- (3) Bersihkan permukaan logam dasar dengan sikat kawat.



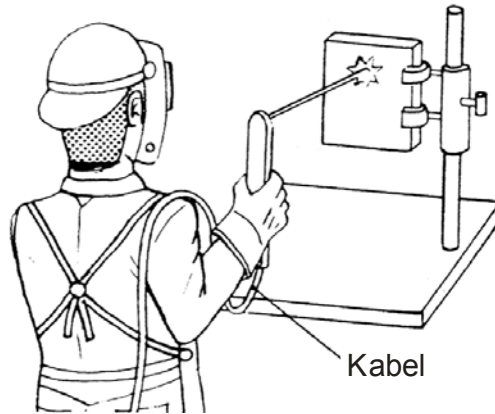
**Gambar III.76 Persiapan permukaan las pada pengelasan lurus posisi horizontal**

#### 2. Posisi pengelasan

- (1) Pasanglah elektroda pada penjepitnya.
- (2) Letakkan kabel dipundak.
- (3) Ambillah posisi berdiri dengan kaki sedikit melebar supaya badan stabil .

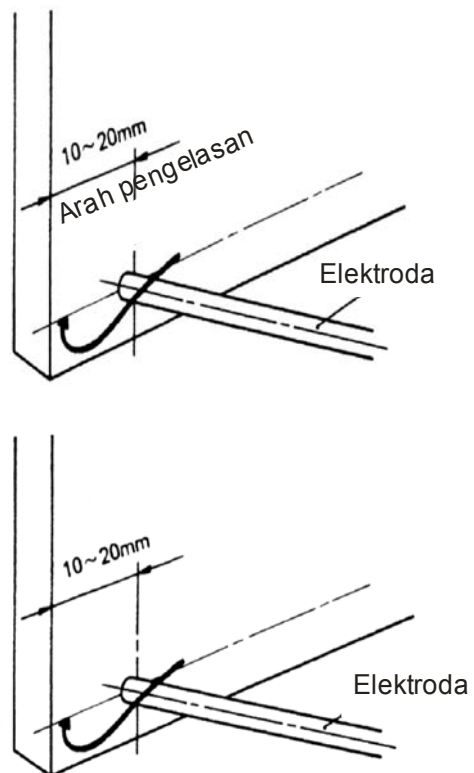


**Gambar III.77 Posisi elektrode pada penjepit**



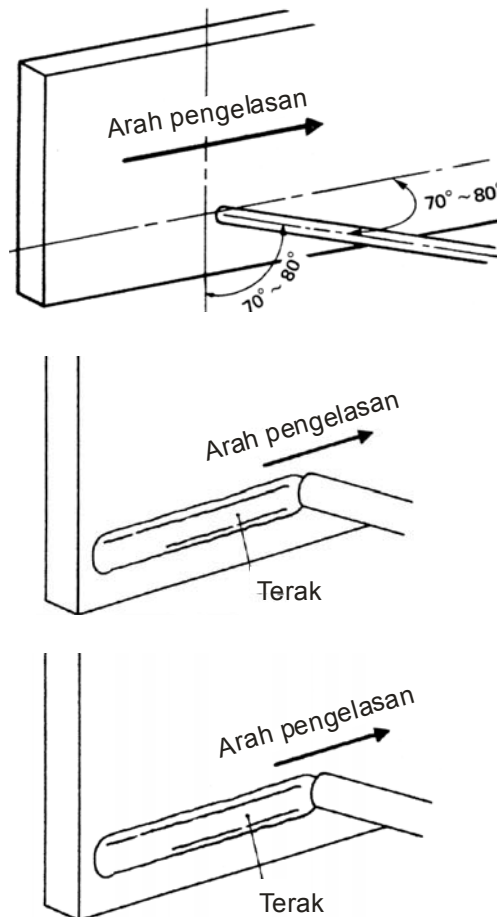
**Gambar III.78 Posisi badan saat pengelasan**

3. Penyalaan busur
  - (1) Atur arus las sekitar 110-130 A.
  - (2) Nyalakan busur sekitar 10-20 mm didepan titik awal dan putar balik ke titik semula.



**Gambar III.79 Penyalaan busur**

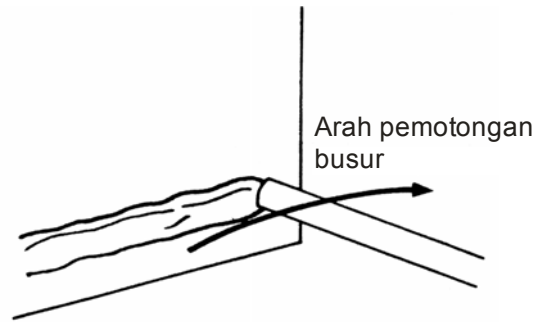
4. Pengelasan rigi – rigi las
  - (1) Pertahankan sudut elektroda sekitar 70 sampai 80<sup>0</sup> terhadap permukaan logam dasar.
  - (2) Pertahankan sudut elektroda sekitar 70-80<sup>0</sup> terhadap arah pengelasan.
  - (3) Jaga agar busur tetap pendek .
  - (4) Pengelasan rigi-rigi sehingga busur selalu didepan terak las.



**Gambar III.80 Pengelasan rigi – rigi**

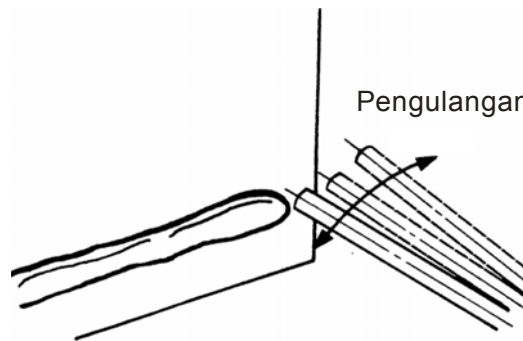
5. Mematikan busur

Untuk mematikan busur las, pendekkan busurnya pelan-pelan dan selanjutnya matikan busur .



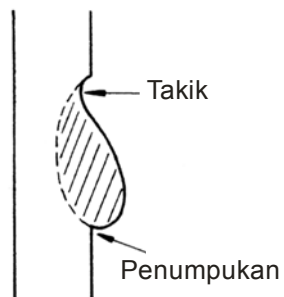
**Gambar III.81 Pematian Busur**

6. Pengisian kawah las  
Lakukan menghidupkan dan mematikan busur berulang-ulang pada ujung akhir sampai kawah terisi.



**Gambar III.82 Pengisian kawah las**

7. Pemeriksaan hasil las
- (1) Periksa keseragaman antara permukaan rigi-rigi dan bentuk lekukan lasnya.
  - (2) Periksa apakah ada takikan atau penumpukan.
  - (3) Periksa apakah lebar rigi-rigi sudah optimal.



**Gambar III.83 Pemeriksaan hasil las**

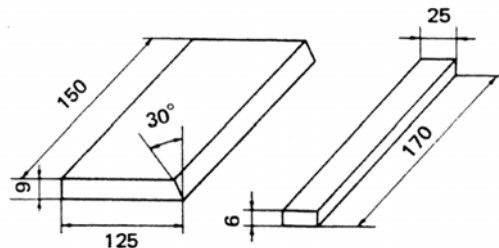


### III.1.12. Pengelasan Tumpul Posisi Horizontal dengan Penahan Belakang

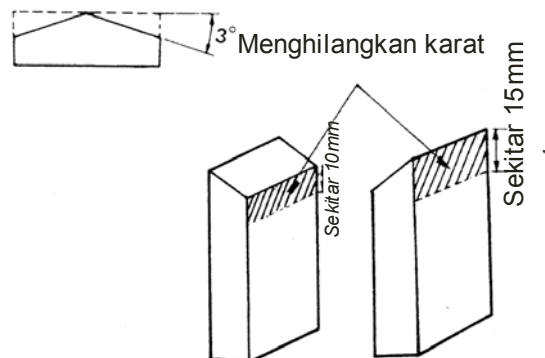
1. Persiapan

Sebagai langkah persiapan, perhatikan hal-hal berikut ini :

- (1) Siapkan dua logam dasar dengan ukuran seperti ditunjukkan pada gambar dan bevel sisinya  $30^\circ$ .
- (2) Potonglah bingkai penahannya dengan ukuran seperti ditunjukkan pada gambar dan bevel 30 untuk penyimpangan.
- (3) Selesaikan sisi logam yang dibevel miring dengan kikir .
- (4) Sisirlah karat pada bagian sambungan logam dasar dan pada bingkai penahan dengan kikir.



**Gambar III.84** Persiapan bahan Pengelasan Tumpul Posisi Horizontal dengan Penahan Belakang

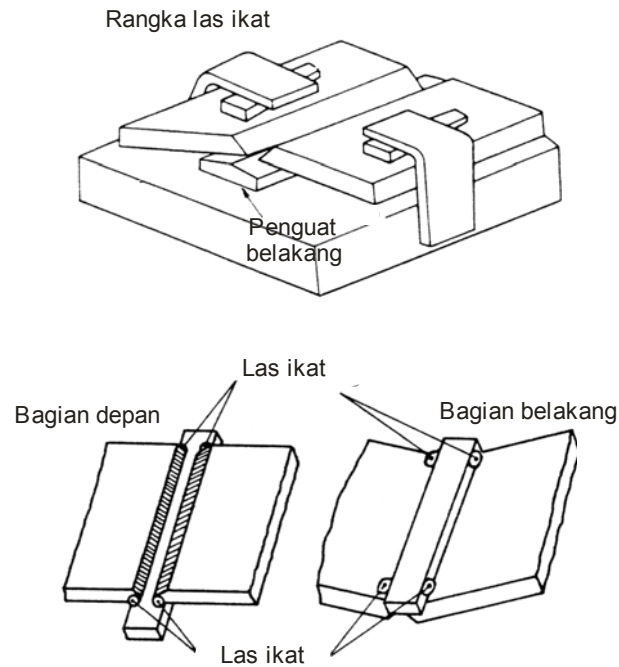


**Gambar III.85** Pengikiran sisi logam

2. Las ikat

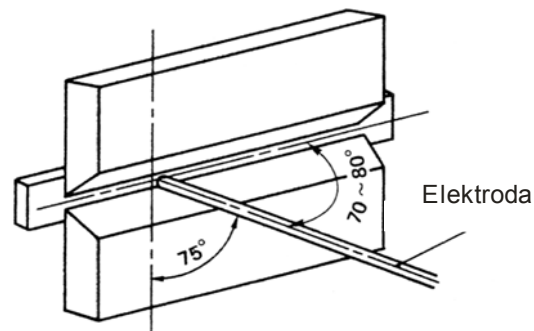
- (1) Pasanglah logam dasar dengan rangka las ikat sehingga celah kedua logam 4 mm.
- (2) Atur arus las ikat kira-kira 160-180 A.
- (3) Rapatkan sehingga tidak ada jarak antara kedua logam dengan bingkai penahan .
- (4) Lakukan las ikat sehingga tidak mengganggu pengelasan.

- (5) Pastikan tidak ada celah pada bagian sambungan tumpul setelah dilas ikat.



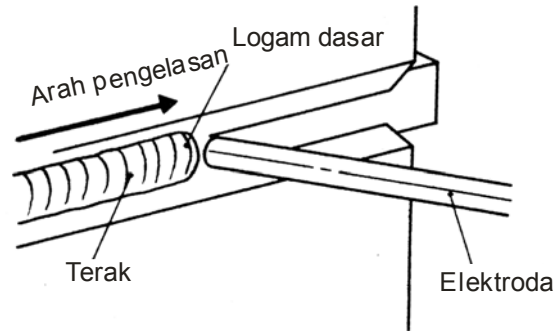
**Gambar III.86 Las ikat**

3. Penyalaan busur
- (1) Peganglah elektroda pada sudut kemiringan yang dikehendaki.
  - (2) Aturlah arus las pada 120-140 A.
  - (3) Nyalakan busur pada ujung bingkai penahan dan laslah pada sambungan tumpul kampuh V setelah busur stabil.



**Gambar III.87 Penyalaan busur**

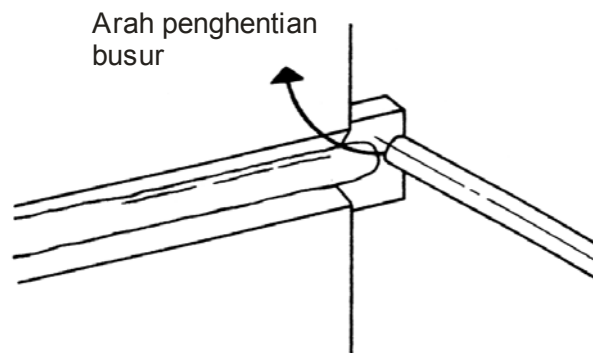
4. Pengelasan alur pertama
  - (1) Jangan mengayun.
  - (2) Gerakan elektroda ke kanan sambil mempertahankan ujung elektroda tetap menempel di logamnya.
  - (3) Lelehkan sudut yang dibevel pada kedua logam dasar dan penahan belakang secukupnya
  - (4) Buatlah rigi-rigi yang tipis dan datar.



**Gambar III.88 Pengelasan alur pertama**

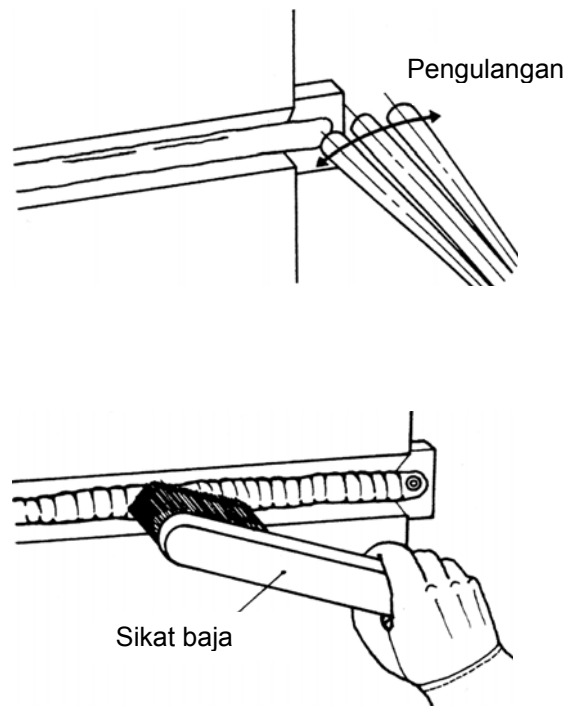
5. Mematikan busur
 

Pendekkan busur las perlahan-lahan dan matikan busurnya melampaui bingkai penahan



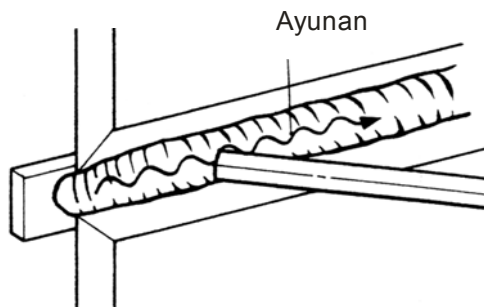
**Gambar III.89 Mematikan busur**

6. Pengisian kawah las
  - (1) Lakukan menghidupkan dan mematikan busur berulang-ulang pada ujung akhir sampai kawah terisi.
  - (2) Bersihkan logam las secara keseluruhan.



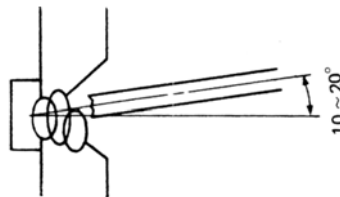
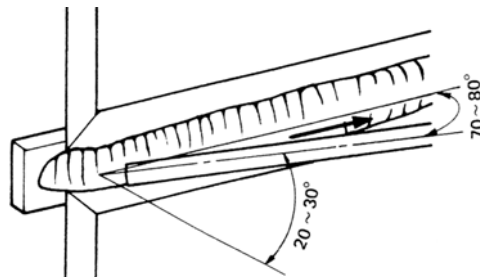
**Gambar III.90 Pengisian kawah**

7. Pengelasan alur kedua
- (1) Gerakan elektroda dari sisi ke sisi dengan lebar ayunan yang kecil .
  - (2) Pertahankan panjang busur tetap pendek.
  - (3) Buatlah rigi-rigi yang tipis dan datar.

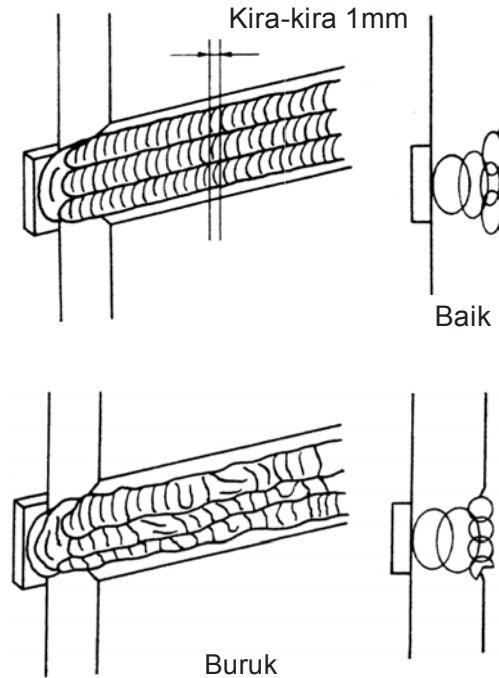


**Gambar III.91 Pengelasan alur kedua**

8. Pengelasan alur ketiga dan alur lainnya
  - (1) Tentukan jumlah lajur untuk lapisannya sesuai dengan lebar lapisan itu.
  - (2) Buatlah rigi-rigi mulai dari sisi bawah sampai atas secara teratur.
  - (3) Ubahlah sudut pengait elektrodanya seperti yang diminta.
  - (4) Buatlah rigi-rigi lurus sehingga garis tengahnya lurus dengan garis ujung rigi-rigi sebelumnya.
  - (5) Rontokkan terak dan bersihkan rigi-riginya.
  - (6) Buatlah rigi-rigi sambil melihat-lihat sudut elektroda dan posisi yang dimaksud.
  - (7) Buatlah rigi-rigi yang tipis supaya logam yang terisi las tidak mengembang/leleh.
  - (8) Selesaikan lapisannya supaya lapisan akhir hanya sekitar 1 mm lebih rendah dari permukaan logam dasar.

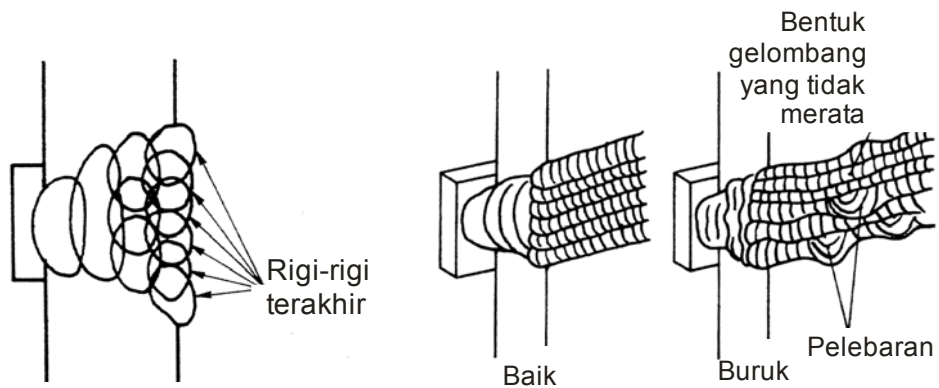


**Gambar III.92 Pembuatan Rigi – rigi las**



**Gambar III.93 Pengelasan alur ketiga dan lainnya**

9. Pengelasan rigi – rigi terakhir
  - (1) Gerakkan elektroda dari sisi ke sisi dengan lebar ayunan yang kecil.
  - (2) Hati-hati jangan mengurangi arus las dari 120 A.
  - (3) Setelah pengelasan bersihkan permukaan rigi-rigi



**Gambar III.94 Hasil las rigi-rigi**

10. Pemeriksaan hasil las

Periksalah pokok-pokok berikut.

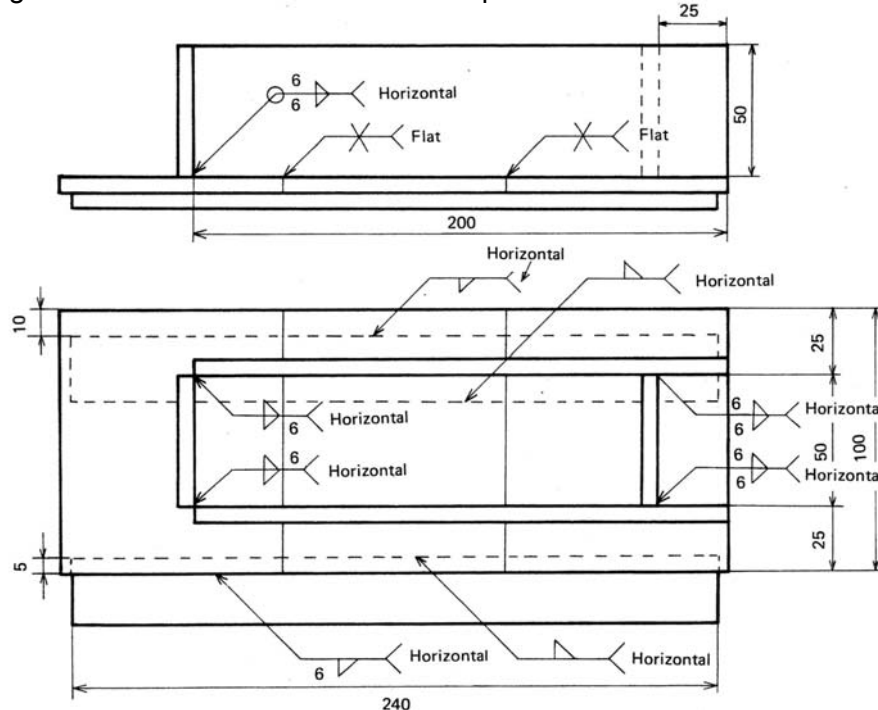
- (1) Keragaman antara bentuk lekukan las dan permukaan rigi-rigi.
- (2) Apakah ada takik atau penumpukan.
- (3) Lebar rigi-rigi dan kekuatannya

11. Peringatan penggunaan peralatan mesin las manual

- (1) Stang las atau holder harus berisolasi dengan baik.
- (2) Jangan meletakkan electrode holder atau stang las yang masih teraliri oleh arus listrik sembarangan atau didek kapal, harus menggantung terbebas dari hubungan pendek.
- (3) Kutub output mesin las harus untuk satu kabel output mesin las, jangan menumpangi kutub output dengan lebih dari satu kabel las.
- (4) Gunakan mesin las yang telah mendapatkan kalibrasi.
- (5) Setiap sambungan kabel las harus rapat.
- (6) Gunakan kabel output las dengan penampang yang standart 70 mm<sup>2</sup>

III.1.13. Pengelasan Konstruksi

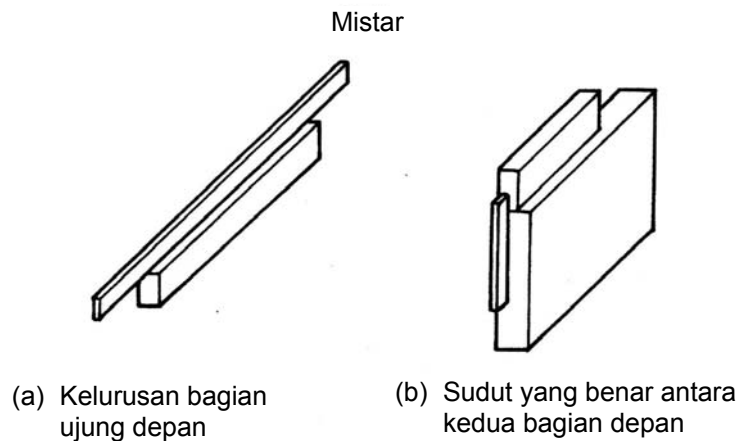
Pengelasan Sudut Datar dan Horizontal pada Konstruksi



Gambar III.95 Pengelasan sudut datar dan horizontal

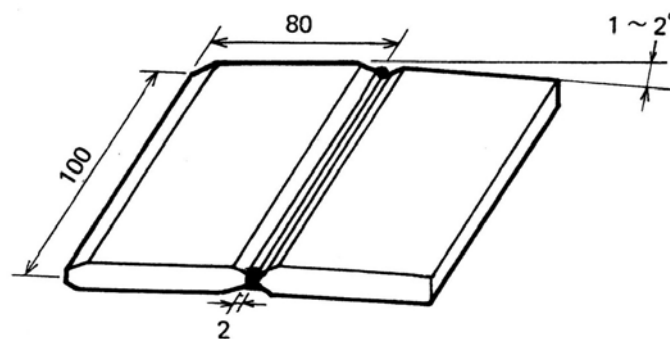
1. Persiapan material

- (1) Potong-potonglah material sesuai ukuran yang diminta, dari material yang disuplai dengan pemotongan gas.
- (2) Periksa kelurusan dan kesikuan bagian ujung depan, kemudian garis tegak lurus sudut-sudut antara kedua bagian depan itu, jika perlu diluruskan dengan kikir dsb. (Gb. III.96 a dan b).
- (3) Sudut depan dasar plat (80 x 100) dimiringkan  $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$  pada kedua sisi, dengan bagian depan akar 2 mm, menggunakan gerinda listrik atau kikir.



**Gambar III.96 Pemeriksaan kelurusan dan kesikuan**

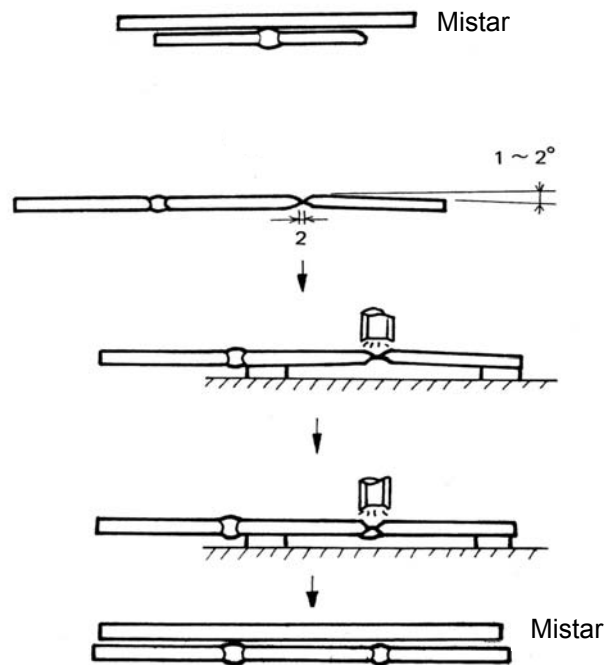
2. Las tumpul pada plat dasar



**Gambar III.97 Penggabungan dua plat dengan las ikat**



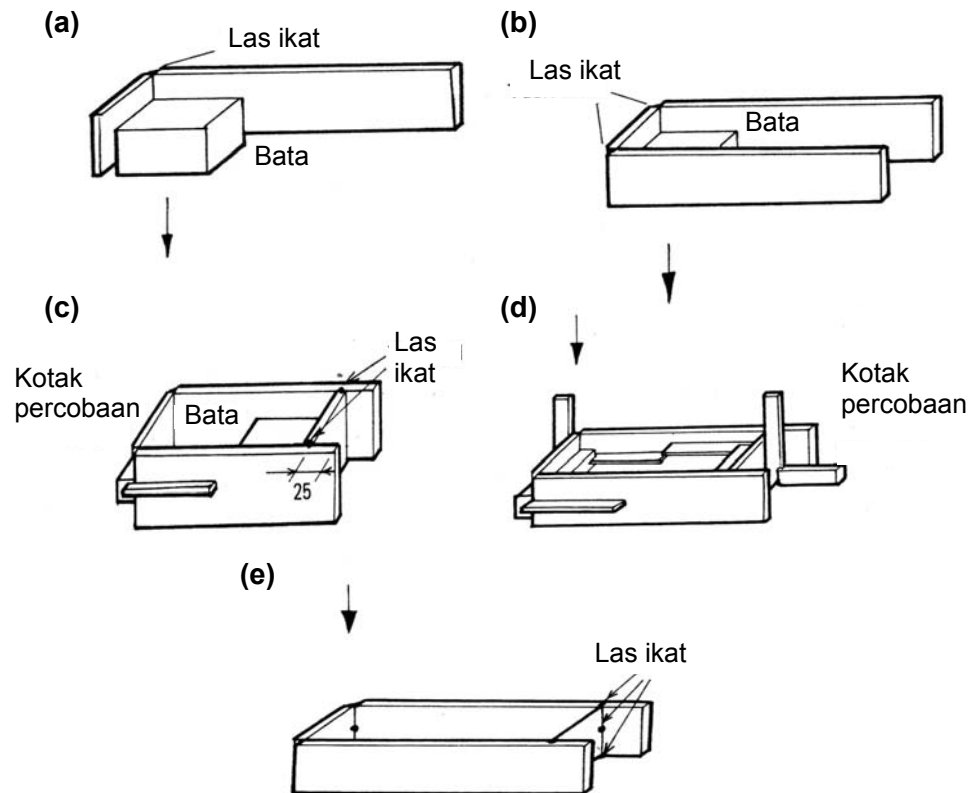
- (1) Sambungkan kedua lembar pelat bagian dasar dengan las ikat dengan celah akar 2 mm. Peregangan harus bersudut antara  $1^{\circ}$  -  $2^{\circ}$ . Gb. III.97
- (2) Las material yang telah disambung dengan las ikat dengan arus listrik 110 ~ 120A, sama dengan yang digunakan untuk las tumpul plat baja.
- (3) Periksa kelurusan material yang telah dilas dan, jika perlu, luruskan dengan palu dsb.
- (4) Las ikat plat dasar lainnya ke plat yang telah dilas. Dan buatlah selebar plat dasar lurus dengan cara yang sama. Gb. III.98



**Gambar III.98 Las tumpul pada plat dasar**

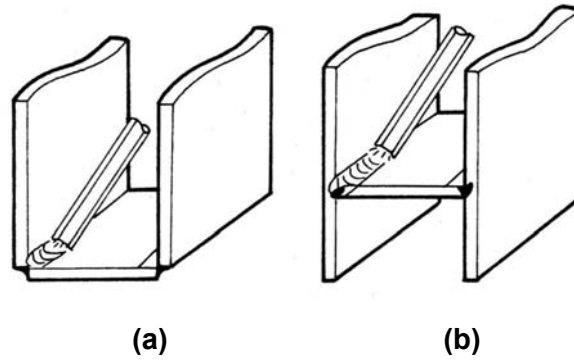
3. Las ikat pada kotak pelat
  - (1) Las ikat plat-plat untuk disambung dengan sudut  $90^{\circ}$ . Gb.III.99 (a)
  - (2) Las ikat plat lainnya untuk disambung dengan sudut  $90^{\circ}$ . Gb.III.99 (b)
  - (3) Periksa garis persegi material yang telah dilas ikat dan perbaikilah material las filet pada posisi tertentu dengan las ikat. Gb.III.99 (c)

- (4) Letakkanlah sisi yang telah dilas ikat horizontal di atas meja kerja dan periksalah urutannya. Jika perlu, luruskan dengan palu dsb. Gb.III.99 (d)
- (5) Amankan material dengan tiga titik las ikat pada setiap garis las. Gb.III.99 (e)



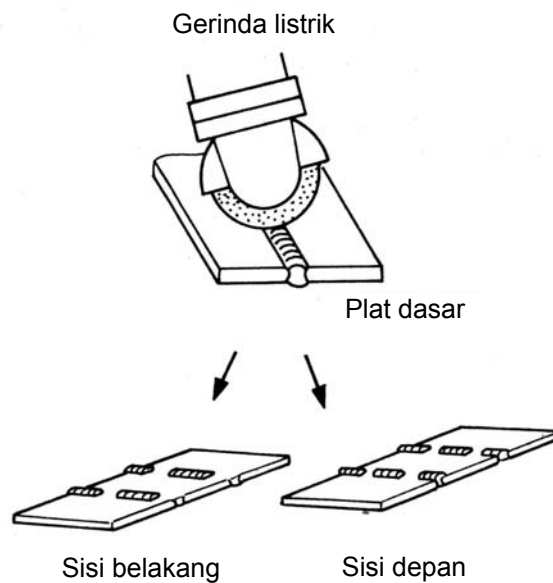
**Gambar III.99 Perakitan kotak plat**

4. Pengelasan sambungan
  - (1) Las sambungan las sudut horizontal bagian dalam kotak yang telah dilas ikat menggunakan arus listrik las 125 ~ 135A. Gb.III.100 (a), (b)
  - (2) Las sambungan las sudut horizontal bagian luar kotak dengan cara yang sama.
  - (3) Las sambungan las sudut bagian luar kotak dalam posisi horizontal menggunakan arus listrik las 100~ 105A.



**Gambar III.100 Pengelasan sambungan**

- (4) Gerinda penguat rigi-rigi plat dasar pada bagian yang telah tersambung dengan material kotak, dengan menggunakan grinda listrik. Gb. III.101



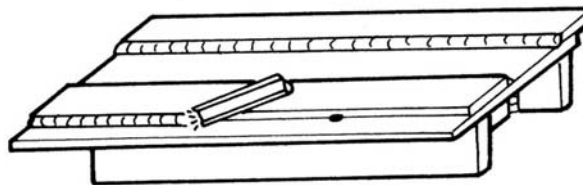
**Gambar III.101 Penggerindaan penguat rigi-rigi plat dasar**

- (5) Pasanglah material kotak dan landasi plat kuat-kuat dengan 3 ~ 4 titik las ikat pada posisi tertentu di atas plat dasar. Gb.III.102.



**Gambar III.102 Las ikat pada plat dasar**

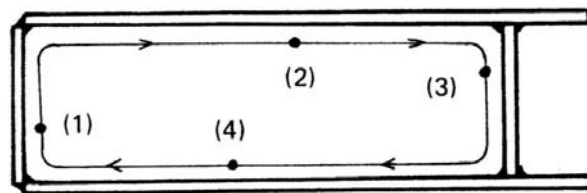
- (6) Lakukan las sudut menumpang antara plat dasar dan plat landasan dalam posisi horizontal dengan menggunakan arus listrik las 115~ 125A. Gb. III.103



**Gambar III.103 Las sudut menumpang**

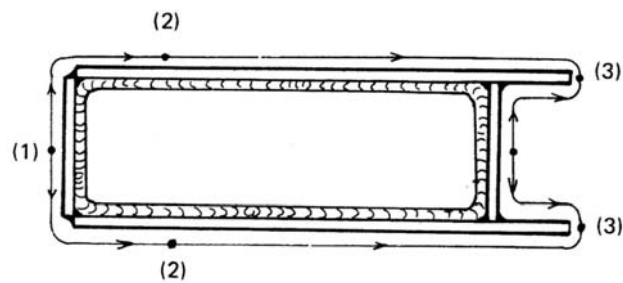
- (7) Las sambungan las filet bagian dalam antara plat dasar dan plat kotak dalam posisi horizontal dengan menggunakan arus listrik las 125 ~135A.

Las dari butir (1) sampai butir (2), dari butir (2) sampai butir (3), dari butir (3) sampai butir (4), dari butir (4) sampai butir (1). Gb. III.104.



**Gambar III.104 Pengelasan sambungan filet bagian dalam**

- (8) Dengan memperhatikan butir-butir yang sama seperti alinea sebelumnya (7), las sambungan las filet bagian luar antara plat dasar dan plat kotak. Gb. 105

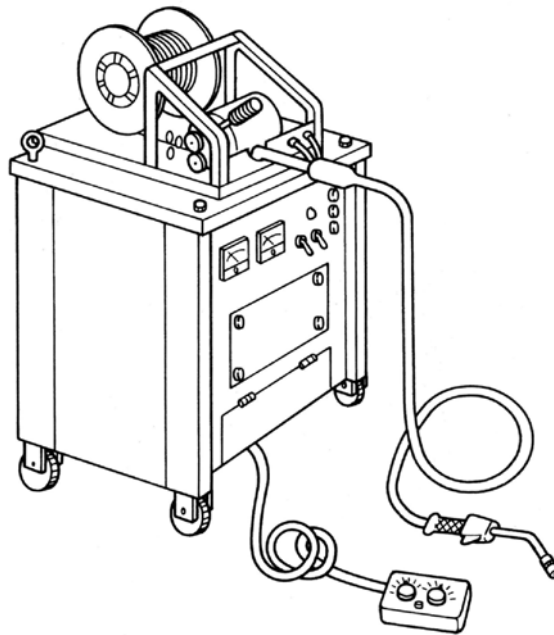


**Gambar III.105 Pengelasan sambungan filet bagian luar**

4. Langkah pembersihan, dengan membersihkan daerah yang telah dilas dan daerah sekitarnya dengan palu sumbing dan sikat kawat dsb.

### III.2 TEKNIK PENGELASAN GMAW / FCAW

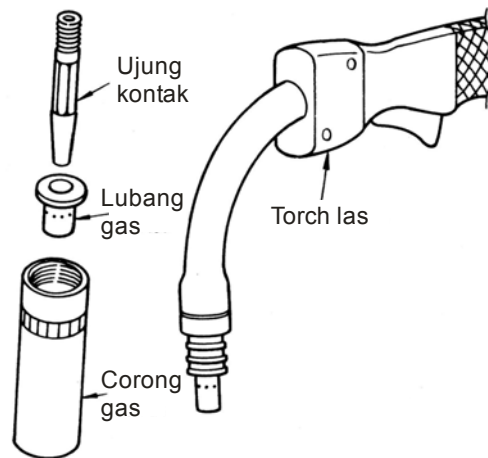
#### III.2.1. Penanganan Peralatan Las Busur Listrik dengan Gas Pelindung CO<sub>2</sub>



**Gambar III.106 Peralatan untuk pengelasan busur listrik dengan gas pelindung CO<sub>2</sub>**

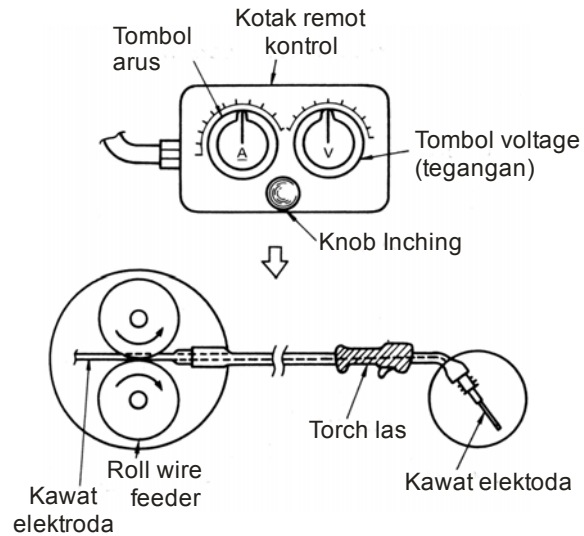
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Periksa kabel input dan terminal sambungannya. Yakinkan bahwa semua dalam kondisi baik.
2. Periksa kabel output dan terminal sambungan (terminal sambungan positif (+) ke wire feeder, terminal sambungan negatif (-) ke meja kerja. Yakinkan bahwa semua dalam kondisi baik.
3. Periksa sambungan selang gas, kabel switch torch, kabel power dan kabel wire feeder.
4. Periksa ukuran roll wire feeder. Yakinkan roll sesuai dengan ukuran kawat yang digunakan (misal  $\varnothing 1,2$ )
5. Bongkar / lepas corong gas, mulut lubang gas dan ujung kontak dari torch las.



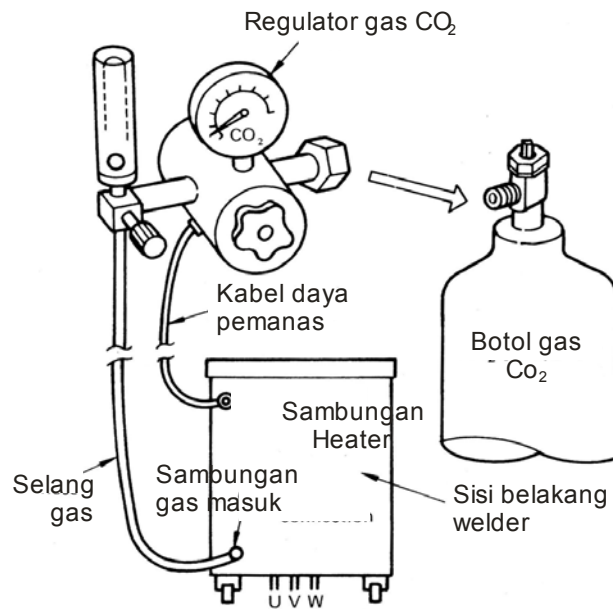
**Gambar III.107 Bagian-bagian torch las**

6. Pasang kawat elektroda misal  $\varnothing 1,2$  pada roll wire feeder.
7. Putar posisi "ON" pada power switch utama.
8. Tekan tombol pada kotak remote kontrol atau torch switch sampai kawat muncul pada kontak tip di torch las sebagaimana yang terlihat pada gambar III.108.



**Gambar III.108 Penekanan remote kontrol**

9. Periksa ujung kontak, lubang mulut corong gas dan gas alat pemercik. Yakinkan bahwa semuanya dalam kondisi baik.
10. Pasang kembali Ujung kontak, lubang mulut gas dan corong gas .
11. Pasang regulator gas CO<sub>2</sub> pada botol gas CO<sub>2</sub>. Pasang kabel power untuk pemanas dan sambungkan selang gas.



**Gambar III.109 Regulator gas CO<sub>2</sub> dan botol gas CO<sub>2</sub>**

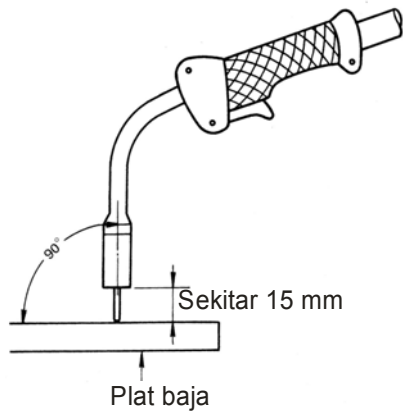
12. Buka katup botol gas. Setel katup kontrol tekanan gas sampai tekanan gas mencapai 2 - 3 Kg / cm<sup>2</sup>.
13. Putar "switch gas check" ke Pengecekan. Buka katup kontrol aliran gas dan atur sampai aliran gas 15 l / menit.
14. Setelah penyetelan besarnya aliran gas , putar kembali "switch gas check" ke "AUTO".
15. Putar tombol arus dan voltage ke posisi tengah-tengah.
16. Nyalakan busur dengan menekan torch switch "ON" pada plat baja. Yakinkan bahwa semuanya berfungsi dengan baik.

### III.2.2 Penyalaan Busur dan Pengaturan Kondisi Pengelasan

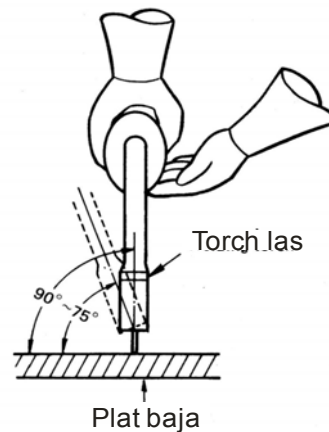
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Potong kawat elektrode sampai 15 mm dari gas alat pemercik.
2. Atur knob amper dan voltase ke posisi tengah.
3. Jaga welding torch dan sentuhkan kawat elektrode pada plat baja (lihat gambar III.99)
4. Tangan kiri bantu pegang welding torch untuk menjaga panjang kawat yang keluar dan sudut torch konstan posisinya (lihat gambar III.100)
5. Nyalakan busur dan pada waktu yang bersamaan jaga panjang kawat konstan, periksa kondisi pengelasan untuk meter amper dan voltage pada mesin las.
6. Matikan busur dengan melepas switch torch
7. Putar sakelar arus pada sekitar 100 A dan sakelar voltage sekitar 19.5 V, kemudian nyalakan busur dan atur kembali sakelar arus dan tegangan mencapai 100 A dan 19.5 V dengan tang ampere.
8. Putar / atur sakelar arus sekitar 140 A dan sakelar Voltage sekitar 21 Voltage, lanjutkan dengan menyalakan busur serta atur / putar sakelar arus dan voltage sampai arus dan voltage mencapai 140 A dan 21 V dengan meter pengukur (tang amper).
9. Setel kondisi pengelasan (80A, 18.5 V).
10. Setel kondisi pengelasan (120A, 20,5 V).
11. Setel kondisi pengelasan (160A, 22 V).
12. Setel kondisi pengelasan (180A, 23 V).
13. Lepas corong gas dari torch las dan bersihkan corong gas dan ujung kontak.





**Gambar III.110** Penyentuhan kawat elektrode pada baja



**Gambar III.111** Posisi memegang welding torch

### III.2.3 Pengelasan lurus

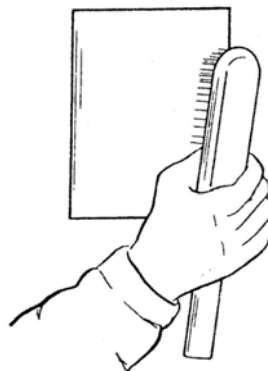
#### III.2.3.1 Pengelasan lurus (tanpa ayunan)

Tahapan yang yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan

##### 1. Persiapan

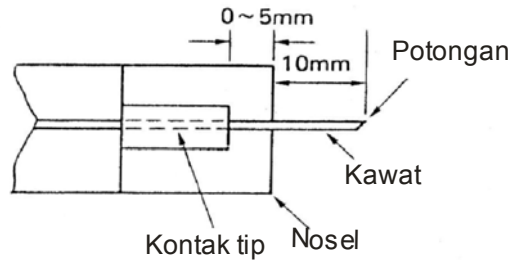
Sebagai langkah awal dalam proses pengelasan ini, lakukan persiapan dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Letakkan plat baja pada meja kerja.
- (2) Bersihkan permukaan dengan sikat baja.



**Gambar III.112** Proses pembersihan

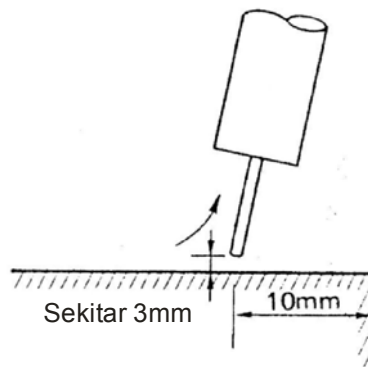
2. Penyetelan kondisi pengelasan
  - (1) Atur besarnya aliran gas ke 20 l/menit.
  - (2) Potong ujung kawat sehingga panjang kawat antara chip dan benda kerja sekitar 10-15 mm
  - (3) Atur arus pengelasan sekitar 120-140 A.



**Gambar III.113 Penyetelan kondisi pengelasan**

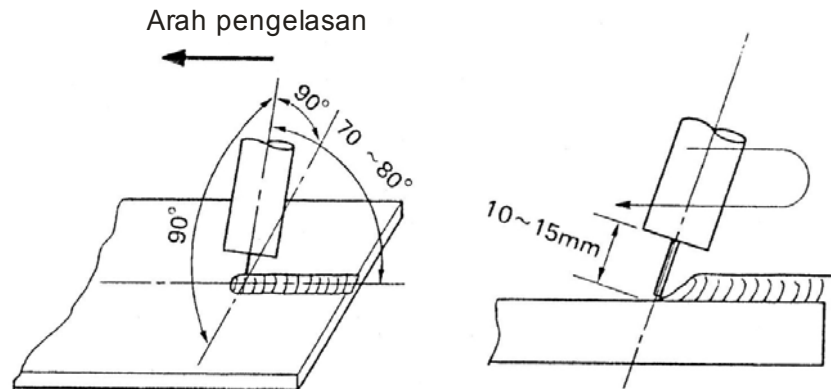
3. Penyalaan busur
  - (1) Ambil posisi tubuh yang enak atau nyaman.
  - (2) Jangan menekuk kabel torch secara ekstrim.
  - (3) Letakkan ujung kawat sekitar 10 mm didepan tepi awal pengelasan.
  - (4) Pakai pelindung muka.
  - (5) Tekan tombol torch dan nyalakan busur.

**Hindari penyalaan busur saat ujung kawat menyentuh benda kerja**



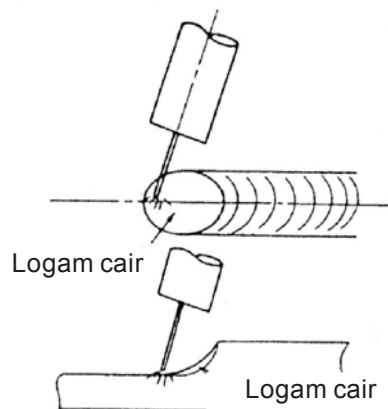
**Gambar III.114 Penyalaan busur**

4. Pelelehan pada ujung awal las
  - (1) Jaga jarak sekitar 10-15 mm antara chip dan benda kerja dan balik dengan cepat ke tepi awal las.
  - (2) Jaga torch sekitar  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan.
  - (3) Jaga torch tegak  $90^{\circ}$  terhadap permukaan benda kerja.
  - (4) Lelehkan tepi awal pengelasan.



**Gambar III.115 Proses pelelehan**

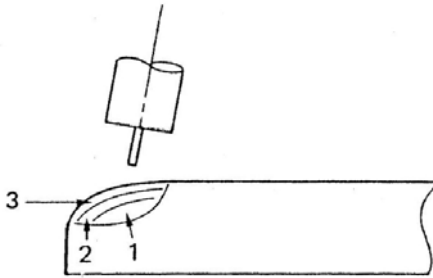
5. Pengelasan
  - (1) Gerakkan torch sehingga ujung kawat selalu terletak pada sisi depan logam cair.
  - (2) Lakukan pengelasan sepanjang garis pengelasan.



**Gambar III.116 Proses pengelasan lurus (tanpa ayunan)**

6. Pengisian kawah las

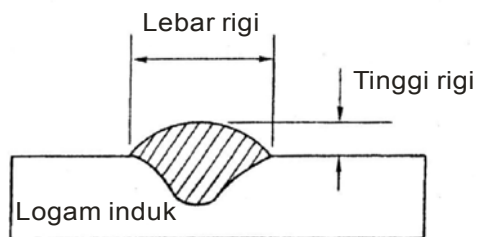
- (1) Matikan busur sesaat.
- (2) Nyalakan busur lagi dan isi kawah las.
- (3) Ulangi sampai ketinggian kawah menjadi sama dengan ketinggian las-lasan.
- (4) Jangan memindah torch dari kawah las selama periode after flow.



**Gambar III.117 Pengisian kawah las**

7. Pemeriksaan hasil las

- (1) Periksa apakah permukaan dan rigi-rigi las bentuknya seragam
- (2) Periksa apakah lebar dan tinggi las-lasan sudah optimal.
- (3) Periksa apakah ada takikan atau overlap.
- (4) Periksa apakah ada lubang atau retak.
- (5) Periksa apakah pengisian kawah las sudah penuh.



(Tinggi rigi maksimum =  $0.1 \times \text{lebar rigi} + 0.5\text{mm}$ )

**Gambar III.118 Pemeriksaan hasil las**

### III.2.3.2 Pengelasan lurus ( dengan ayunan )

Tahapan yang yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan

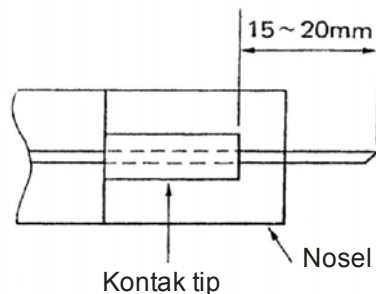
#### 1. Persiapan

Sebagai langkah awal dalam proses pengelasan ini, lakukan persiapan dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- (1) Letakkan plat baja pada meja kerja.
- (2) Bersihkan permukaan dengan sikat baja.

#### 2. Penyetelan kondisi pengelasan

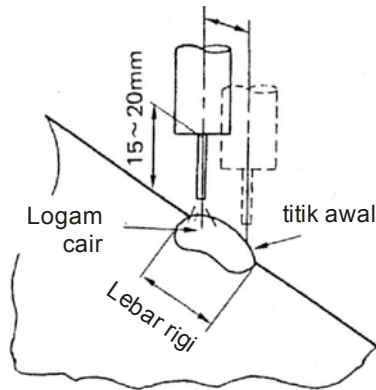
- (1) Setel besarnya aliran gas pada 20 Lt/menit.
- (2) Potong ujung kawat sehingga jarak antara chip dengan ujung kawat sekitar 15-20 mm
- (3) Setel arus pengelasan sekitar 170-200 Ampere.
- (4) Setel tegangan/Voltage pengelasan sekitar 22-25 Volt.



**Gambar III.119 Penyetelan kondisi pengelasan lurus ( dengan ayunan )**

#### 3. Penyalaan busur

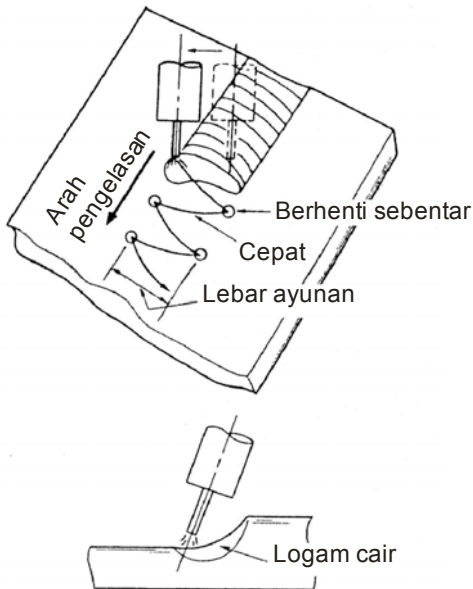
- (1) Jarak antara chip dengan plat dijaga sekitar 15-20 m dan balik secepatnya ke ujung awal pengelasan.
- (2) Tahan torch membentuk sudut sekitar  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  terhadap arah pengelasan.
- (3) Tahan torch membentuk sudut  $90^{\circ}$  terhadap permukaan plat.
- (4) Ayun torch dari tepi ke tepi diantara lebar pengelasan.
- (5) Cairkan titik awal.



**Gambar III.120 Penyalaan busur**

4. Pengelasan

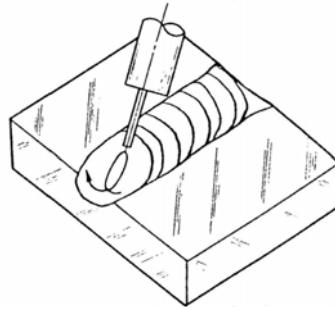
- (1) Gerakkan torch sehingga ujung kawat selalu terletak pada ujung depan logam cair.
- (2) Gerakkan torch dari tepi kiri ke tepi kanan dan berhenti sebentar pada tiap-tiap tepi.
- (3) Maximum lebar ayunan torch sama dengan dimensi nozzle.
- (4) Pengelasan rigi sepanjang garis las



**Gambar III.121 Gerakan ayunan**

5. Pengisian kawah las

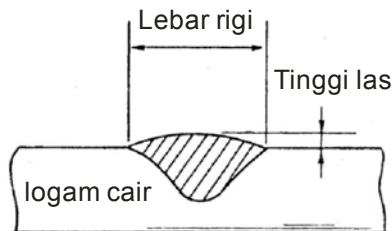
- (1) Bila torch mendekati akhir pengelasan, matikan busur sambil membuat putaran kecil
- (2) Nyalakan busur lagi dan isi kawah las
- (3) Ulangi sampai tinggi pengisian kawah las sama dengan tinggi lasan.
- (4) Jangan pindahkan atau angkat torch dari kawah las selama periode aliran gas sisa.



**Gambar III.122 Mematikan busur**

6. Pemeriksaan

- (1) Periksa apakah bentuk dan permukaan rigi-rigi las seragam.
- (2) Periksa apakah lebar dan tinggi las sudah optimal.
- (3) Periksa apakah ada takik las atau overlap.
- (4) Periksa apakah ada retak atau lubang.
- (5) Periksa apakah pengisian kawah las cukup.
- (6) Periksa apakah permukaan las teroksidasi.



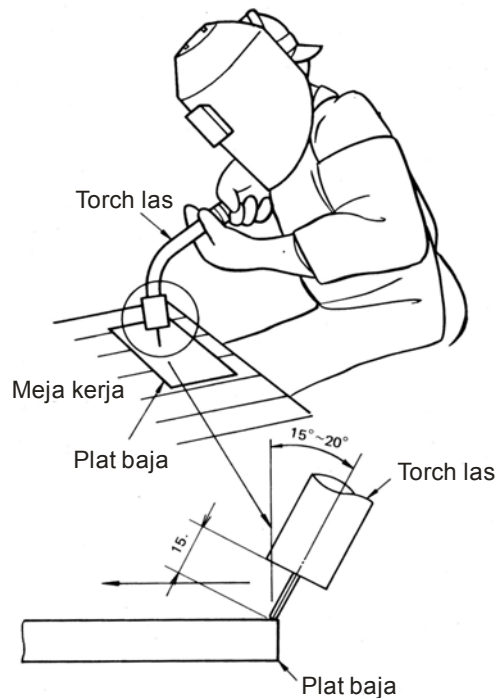
(Tinggi las maksimum =  $0.1 \times \text{lebar rigi} + 0.5\text{mm}$ )

**Gambar III.123 Pemeriksaan hasil las**

### III.2.4 Pengelasan Posisi Datar

Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Buat garis dengan pena penggores dengan jarak 20 mm pada kedua sisi material plat.
2. Letakkan material plat diatas meja kerja dengan posisi datar (Horizontal).dan yakinkan dalam posisi stabil
3. Setel Kondisi Pengelasan pada ( 130 A, 21 V ).
4. Atur pada posisi pengelasan yang paling nyaman. Pegang Welding Torch dengan metode yang benar dan letakkan Torch pada titik awal garis pengelasan .( Lihat gambar III.113 )

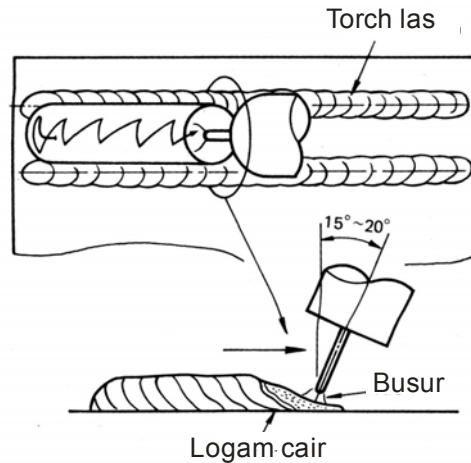


**Gambar III.124 Posisi pengelasan posisi datar**

5. Nyalakan busur dan lakukan pengelasan lurus sepanjang garis pada kondisi pengelasan 130 A dan 21 V.
6. Mundur sekitar 10 mm dari titik akhir untuk mencegah terjadinya kawah las dan matikan busur api.
7. Bersihkan dan periksa hasil pengelasan.
8. Lakukan pengelasan pada alur kedua dengan cara yang sama.
9. Setel pada kondisi pengelasan ( 160 A, 22 V ).



10. Lakukan pengelasan ayun dengan membentuk sudut diantara dua pengelasan lurus yang telah dibuat pada kondisi pengelasan 160 A, 22 V.



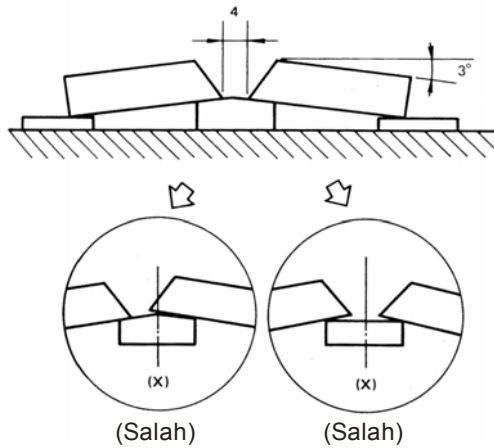
**Gambar III.125 Gerakan ayunan**

11. Bersihkan dan periksa hasil pengelasan.
12. Setel pada kondisi pengelasan (130A,21 V)
13. Lakukan pengelasan lurus pada alur las ketiga pada kondisi pengelasan 130A, 21V.

### III.2.5 Pengelasan Sambungan Tumpul Posisi Datar dengan Penahan Belakang

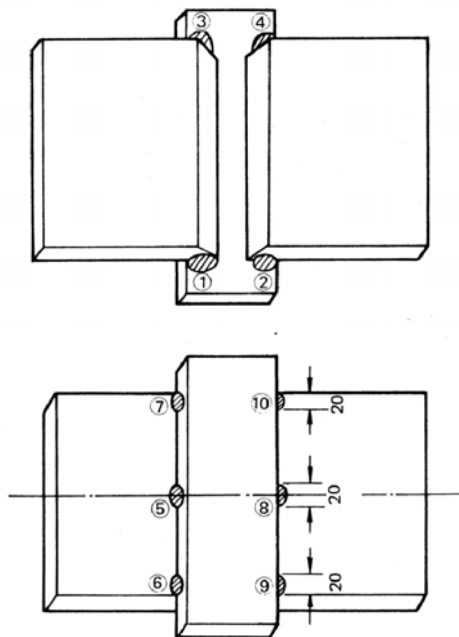
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Potong material dengan sudut bevel 30° dengan menggunakan alat potong gas otomatis.
2. Kikir permukaan bevel.
3. Bentuk plat backing dengan menggunakan kikir atau mesin pres.
4. Setel pada kondisi pengelasan (150 A, 21 V).
5. Setel material untuk di las ikat.



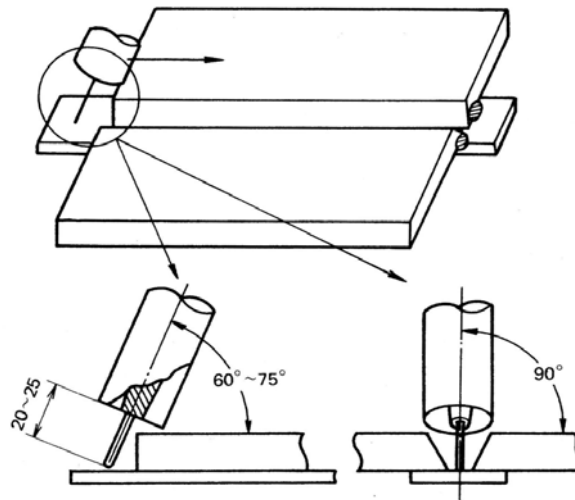
**Gambar III.126** Penyetelan pelat penahan belakang dengan logam induk

6. Laksanakan las ikat plat backing dengan urutan 1-10.



**Gambar III.127 B** Las ikat pelat penahan belakang

7. Setel pada kondisi pengelasan (180A, 23V).  
 8. Letakkan welding torch pada titik awal pengelasan.



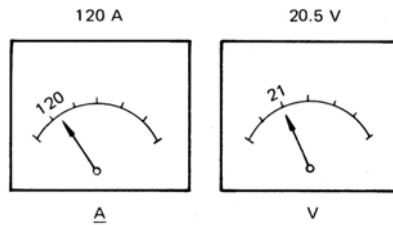
**Gambar III.128 Posisi welding torch**

9. Lakukan pengelasan alur pertama pada kondisi pengelasan 180A, 23V.
10. Bersihkan dan periksa alur pertama.
11. Setel pada kondisi pengelasan (170A, 23V).
12. Lakukan pengelasan alur kedua pada kondisi pengelasan 170A, 23V.
13. Bersihkan dan periksa alur kedua.
14. Setel pada kondisi pengelasan (150A, 21V).
15. Lakukan pengelasan alur terakhir pada kondisi pengelasan 150A, 21V.
16. Bersihkan dan periksa alur terakhir.
17. Potong hasil lasan dengan menggunakan peralatan potong gas otomatis.

### III.2.6 Pengelasan Sambungan Tumpang pada Posisi Horizontal

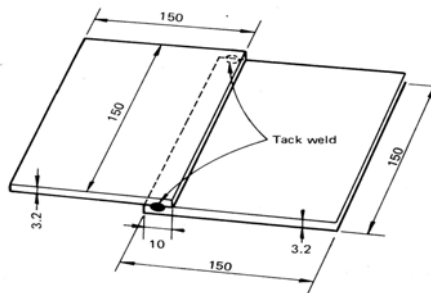
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Setel pada kondisi pengelasan (120A, 20.5 V).



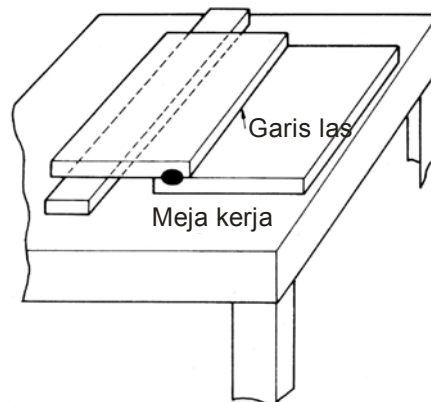
**Gambar III.129 Kondisi arus dan tegangan**

2. Lakukan las ikat material secara menumpuk sekitar 10 mm.



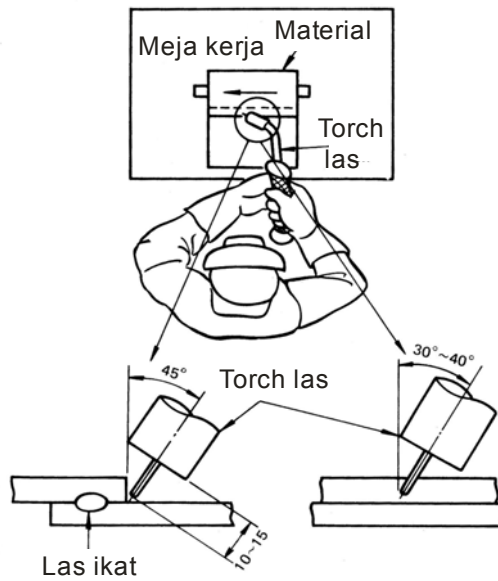
**Gambar III.130 Las ikat pada pengelasan sambungan tumpang pada posisi horisontal**

3. Letakkan material pada meja kerja dengan posisi horisontal.



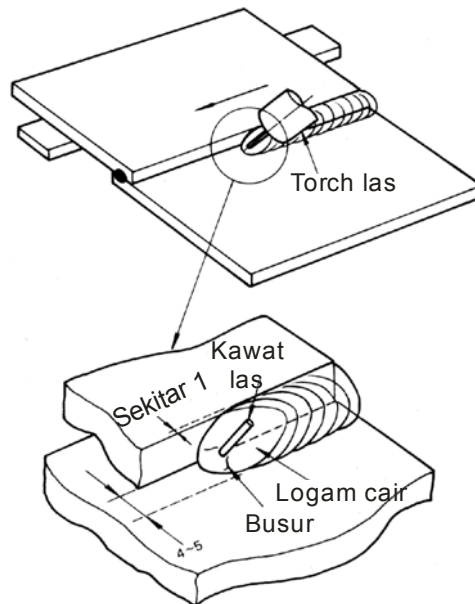
**Gambar III.131 Posisi material diatas meja kerja**

4. Atur pada posisi pengelasan yang nyaman.



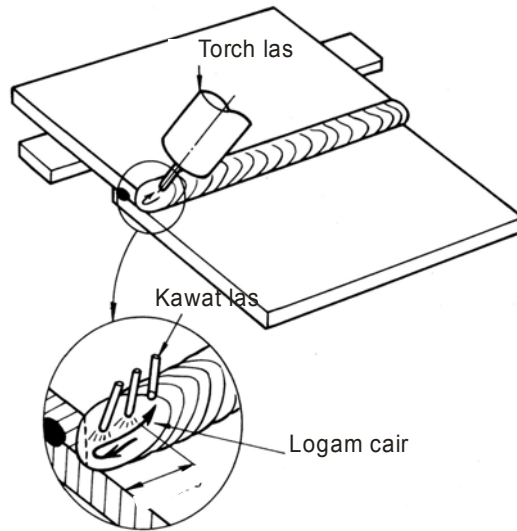
**Gambar III.132 Posisi pengelasan tumpang pada posisi horisontal**

5. Nyalakan busur dan lakukan pengelasan lurus maju sepanjang material pada kondisi pengelasan 120A, 20.5V.



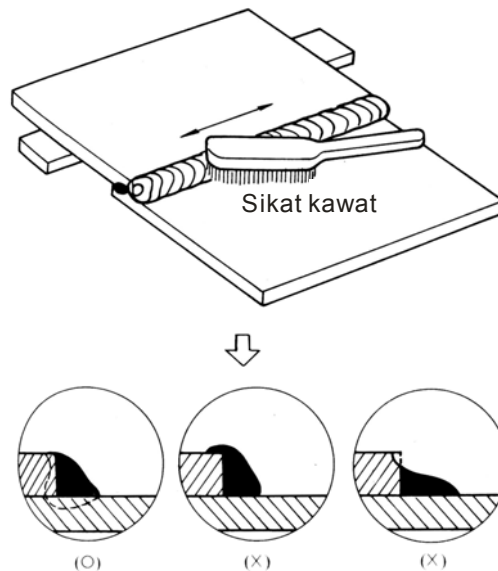
**Gambar III.133 Penyalaan busur**

6. Las balik (mundur) sekitar 5mm dari titik akhir untuk mencegah terjadinya kawah las dan matikan nyala busur



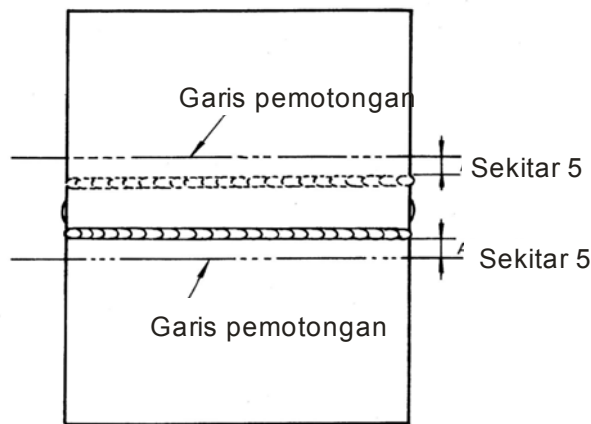
**Gambar III.134 Mematikan nyala busur**

7. Bersihkan dan periksa hasil lasan.



**Gambar III.135 Proses pembersihan dan pemeriksaan hasil las**

8. Balik material dan ulangi prosedur 3 s/d 7.
9. Potong bagian lasan.

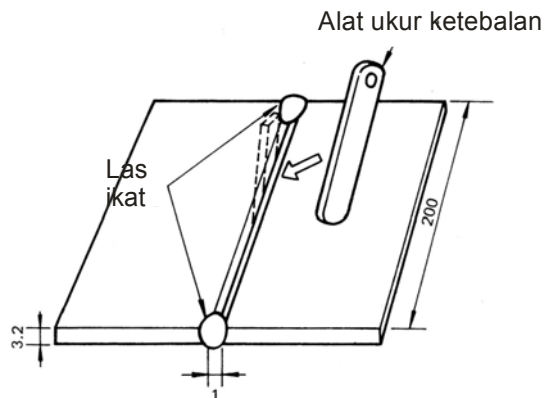


Gambar III.136 Pemotongan hasil las

### III.2.7 Pengelasan Sambungan Tumpul pada Posisi Datar

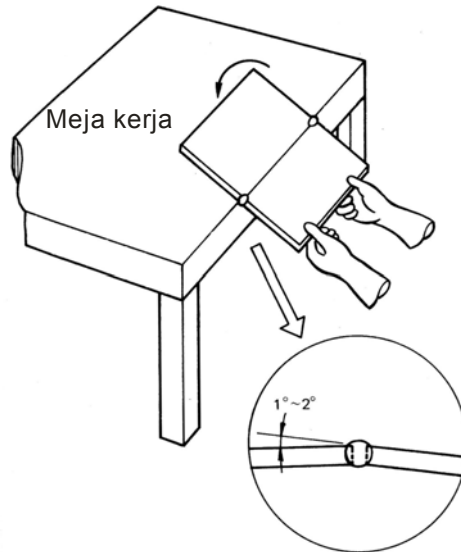
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Periksa dan lakukan pelurusan permukaan material
2. Periksa dan lakukan pelurusan dan siku dari permukaan las.
3. Setel pada kondisi pengelasan (100A, 19.5V).
4. Lakukan las ikat pada sambungan tumpul dengan jarak akar 1mm.



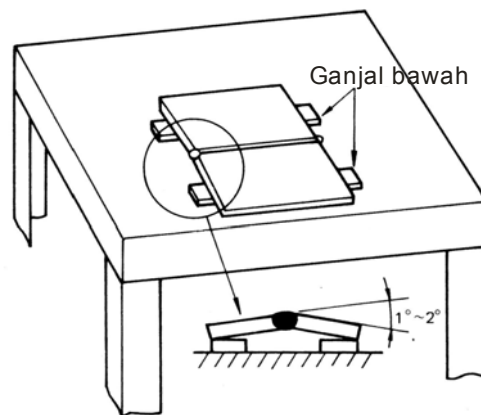
Gambar III.137 Las ikat sambungan tumpul

5. Setel pra tarik dengan sudut  $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$  dengan menggunakan meja kerja.



**Gambar III.138 Penyetelan pra tarik**

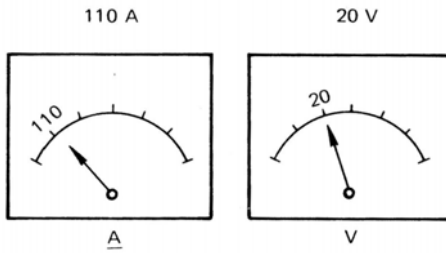
6. Letakkan material mendatar diatas meja kerja dan ditumpu dengan plat kecil.



**Gambar III.139 Posisi material secara mendatar diatas meja kerja**

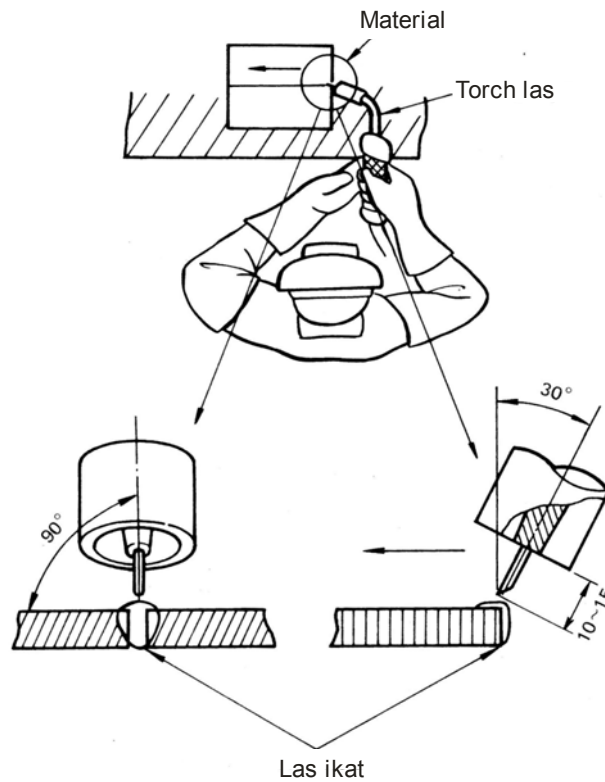


7. Setel pada kondisi pengelasan (110A, 20V).



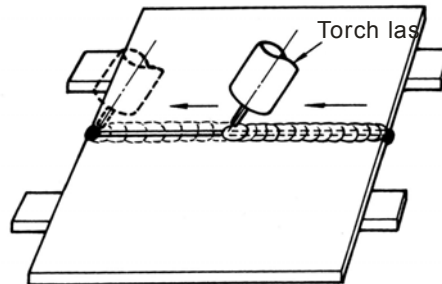
**Gambar III.140 Kondisi arus dan tegangan**

8. Atur posisi pengelasan yang nyaman. Pegang welding torch dengan metode yang benar dan letakkan torch pada titik awal pengelasan.



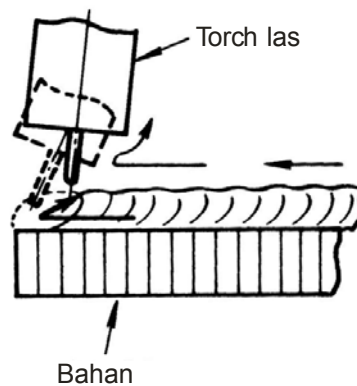
**Gambar III.141 Posisi pengelasan sambungan tumpul pada posisi datar**

9. Nyalakan busur pada pada titik awal pengelasan dan lakukan pengelasan lurus maju sepanjang material pada kondisi pengelasan 110 A dan 20 V



**Gambar III.142 Penyalaan busur**

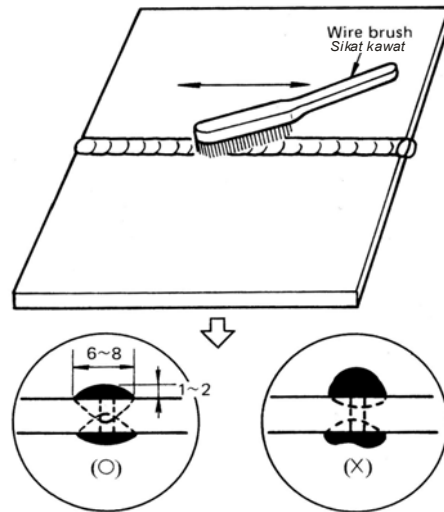
10. Mundur sekitar 5 mm dari titik akhir pengelasan untuk mencegah kawah las dan matikan busur las



**Gambar III.143 Mematikan busur las**

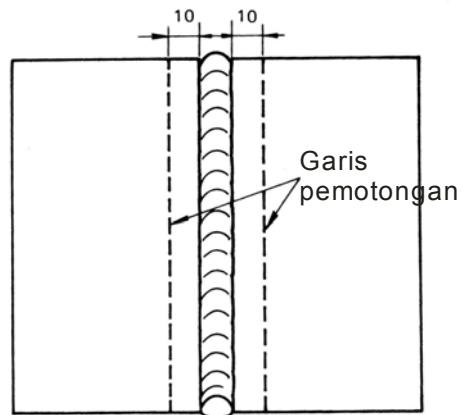
11. Balik material dan bersihkan garis las
12. Setel pada kondisi pengelasan. (126 A, 20,5 V).
13. Las bagian sebaliknya dengan cara yang sama pada kondisi pengelasan 25 A dan 20,5 V.

14. Bersihkan dan periksa hasil las-lasan.



Gambar III.144 Pembersihan hasil las - lasan

15. Potong material dengan jarak 10 mm dari sisi las.



Gambar III.145 Pemotongan hasil las

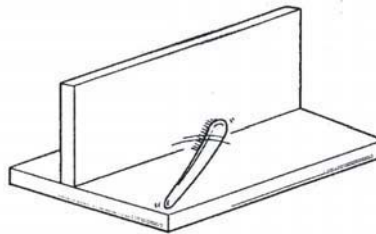
### III.2.8 Pengelasan Sudut Posisi Horisontal

Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Persiapan

Sebagai langkah awal dalam proses pengelasan ini, lakukan persiapan dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

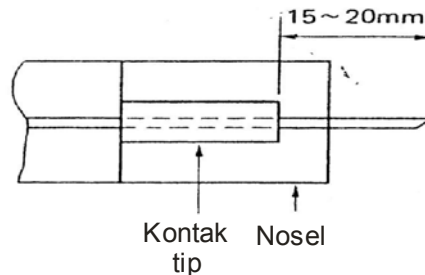
- (1) Siapkan pelat logam dirakit dengan membentuk huruf T.
- (2) Gosok permukaan logam sepanjang garis pengelasan dengan sikat baja.
- (3) Letakkan benda kerja secara horisontal.



**Gambar III.146 Persiapan permukaan logam**

2. Penyetelan kondisi pengelasan

- (1) Atur besarnya aliran gas pada 20 l/menit.
- (2) Potong ujung kawat sehingga jarak antara chip dengan ujung kawat sekitar 15-20 mm
- (3) Atur arus pengelasan sekitar 250-280 Ampere.



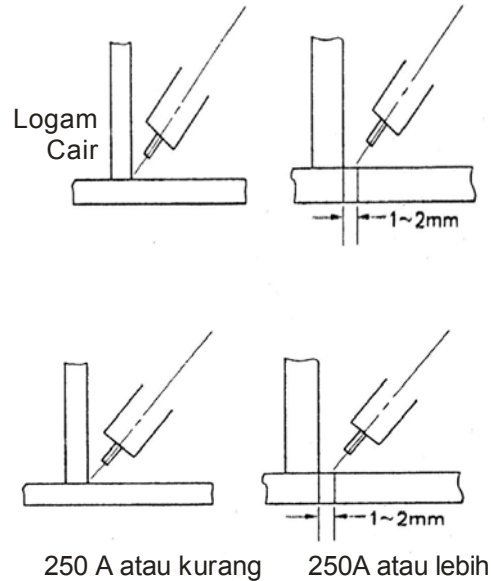
**Gambar III.147 Penyetelan kondisi pengelasan**

3. Penyalaan busur

- (1) Nyalakan busur kira-kira 10 mm didepan ujung awal pengelasan dan kembali ke awal pengelasan.
- (2) Jaga jarak antara chip dengan logam dasar sekitar 15-20 mm.
- (3) Pegang torch dengan sudut sekitar 70°-80° terhadap arah pengelasan.
- (4) Pegang torch dengan sudut 45° terhadap plat dasar.

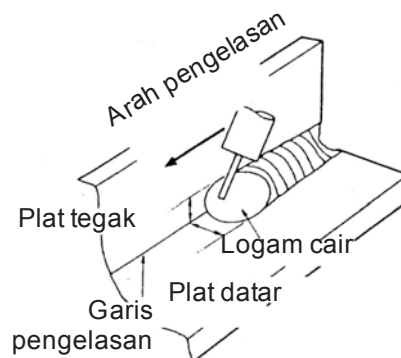
- (5) Ujung kawat harus diarahkan pada sekitar 1-2 mm dari root (akar)

**Arahkan pada bagian akar pada keadaan 250 A atau kurang**



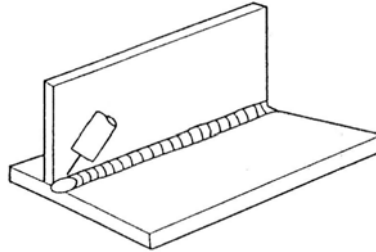
**Gambar III.148 Penyalaan busur**

4. Pengelasan
- (1) Gerakkan torch dengan ujung kawat selalu diarahkan pada depan logam cair.
  - (2) Leburkan kedua logam dasar secara merata
  - (3) Jangan diayun.



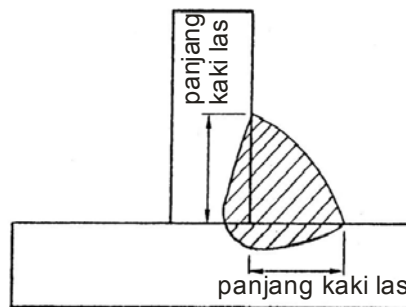
**Gambar III.149 Proses pengelasan sudut posisi horisontal**

5. Pengisian kawah las
  - (1) Ulangi sampai tinggi kawah las menjadi sama dengan reinforcement.
  - (2) Jangan pindahkan torch dari kawah las selama periode after flow



**Gambar III.150 Pengisian kawah las**

6. Pemeriksaan hasil las
  - (1) Periksa bentuk lasan.
  - (2) Periksa kondisi hasil las pada titik awal dan titik akhir.
  - (3) Periksa kedua kaki las.
  - (4) Periksa jika ada takikan atau overlap.
  - (5) Periksa jika ada lubang atau retak.
  - (6) Periksa kebersihannya.



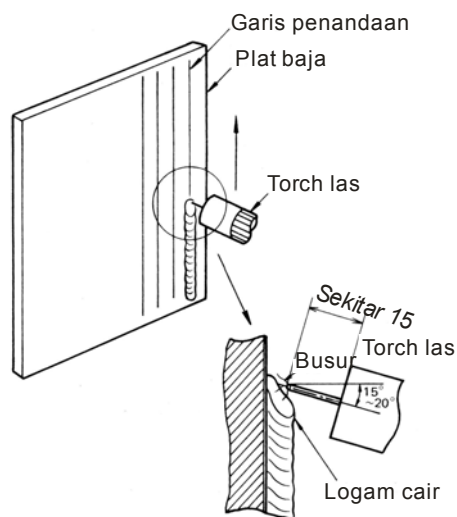
**Gambar III.151 Pemeriksaan hasil las**

### III.2.9 Pengelasan Sudut Posisi Vertikal

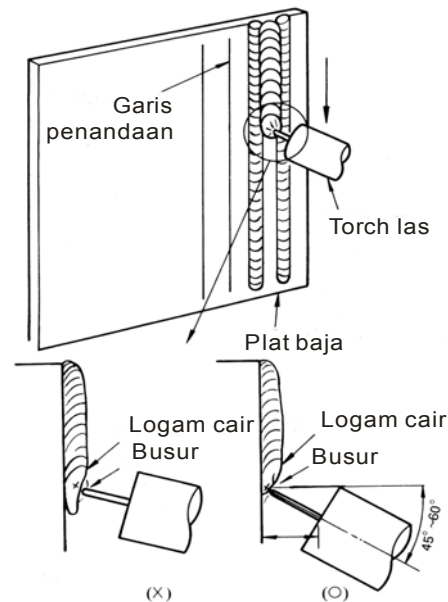
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Buatlah garis dengan jarak 15 mm dengan menggunakan pena penggores pada kedua sisi / permukaan material.
2. Letakkan material pada meja kerja dengan posisi vertikal

3. Penyetelan pada kondisi pengelasan (75A, 18.5 V).
4. Pengaturan pada posisi pengelasan yang nyaman Pegang welding torch dengan cara atau metode yang benar dan tempatkan torch pada titik awal dari garis pengelasan.
5. Lakukan penyalaan busur dan lanjutkan dengan pengelasan lurus vertikal naik (lihat gambar III.152).
6. Matikan busur
7. Pembersihan dan pemeriksaan hasil las.
8. Lakukan pengelasan pada garis kedua dengan cara yang sama.
9. Setel dengan kondisi pengelasan (140 A, 21 V).
10. Lakukan pengelasan lurus diantara dua hasil pengelasan tadi dengan kondisi pengelasan 140 A,21 V untuk vertikal turun (lihat gambar III.153)
11. Pembersihan dan pemeriksaan hasil las.
12. Setel kondisi pengelasan (75 A, 18.5V).
13. Lakukan pengelasan lurus untuk garis / jalur ketiga dengan kondisi pengelasan 75 A dan 18.5 V untuk vertikal naik.



**Gambar III.152** Penyalaan busur dan pengelasan



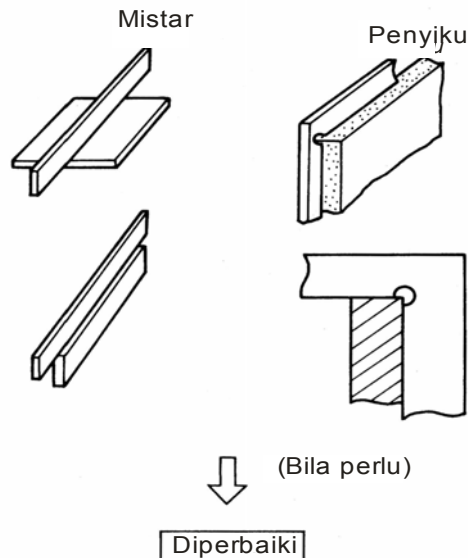
**Gambar III.153** Pengelasan kedua

### III.2.10 Pengelasan Konstruksi

#### III.2.10.1 Pengelasan tumpul dan sudut pada konstruksi

Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam pengelasan tumpul dan sudut pada konstruksi meliputi :

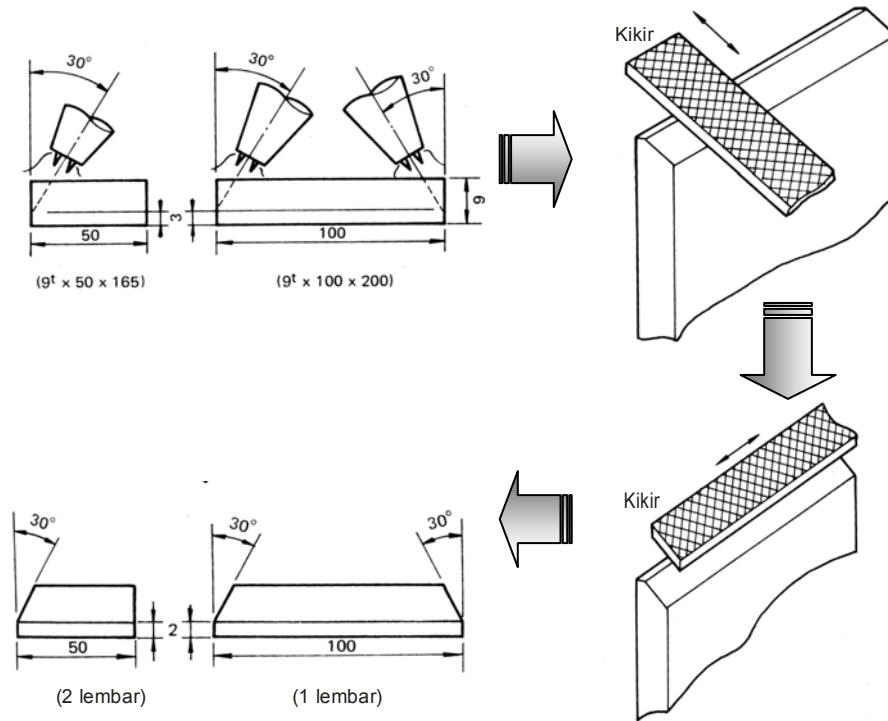
1. Potong material seperlunya sesuai dengan ukuran dari material yang diberikan dengan menggunakan peralatan potong gas otomatis.
2. Periksa kelurusan dari permukaan material, permukaan las dan siku dari ujung permukaan. Bila perlu diperbaiki (gambar III.154)



**Gambar III.154 Pemeriksaan kelurusan permukaan material**

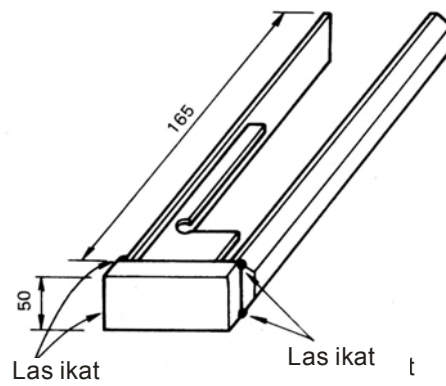
3. Buat sudut bevel  $30^\circ$  pada material  $50 \times 165 \times 9t$  dan  $100 \times 200 \times 9t$  menggunakan peralatan potong gas otomatis dan dikikir (gambar III.155)





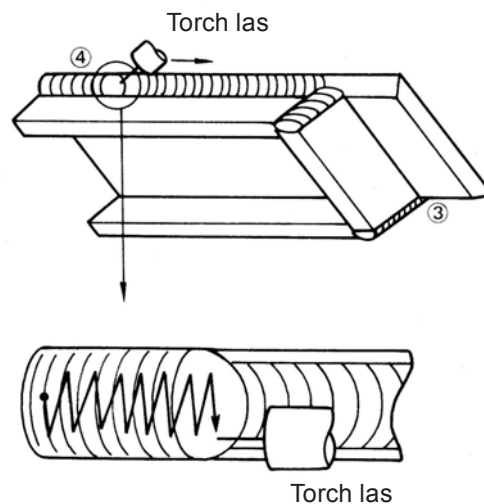
**Gambar III.155 Proses pembuatan sudut bevel**

4. Setel pada kondisi pengelasan (140A, 21V).
5. Rakit material bagian atas dengan las ikat (gambar III.156)



**Gambar III.156 Perakitan material dengan las ikat**

6. Pasang material bagian atas pada plat bawah dengan las ikat.
7. Setel pada kondisi pengelasan (180A, 23V).
8. Lakukan pengelasan pojok dari material bagian atas dengan kondisi pengelasan 180A, 20.5V pada posisi horisontal.
9. Lakukan pengelasan dari sambungan tumpul untuk menyambung bagian atas dan plat bawah, dengan kondisi pengelasan 180A, 23 V pada posisi datar.
10. Setel pada kondisi pengelasan (160A, 22A).
11. Lakukan pengelasan lapis kedua (lapis terakhir) pada sambungan tumpul bagian (3,4) untuk menyambung bagian atas dengan plat bawah dengan kondisi pengelasan 160 A, 22V pada posisi datar (gambar III.157)
12. Setel pada kondisi pengelasan (200A, 24V).
13. Lakukan pengelasan sudut bagian untuk menyambung bagian atas dan plat bawah dengan kondisi pengelasan 200A, 24V pada posisi horisontal.
14. Bersihkan dan periksa hasil lasan.

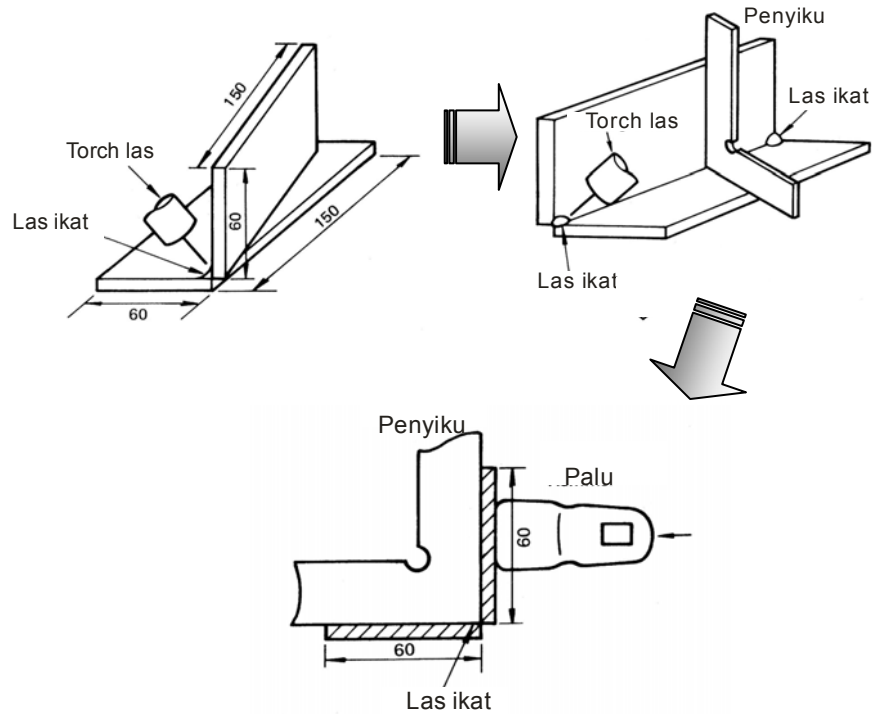


**Gambar III.157 Pengelasan lapis kedua**

### III.2.10.2 Pengelasan sudut posisi vertikal dan horisontal pada konstruksi.

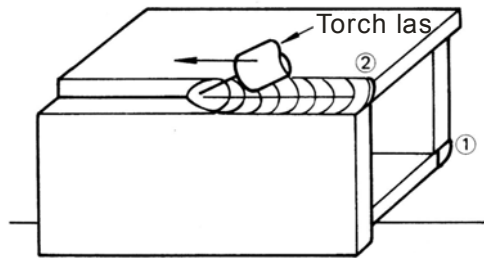
Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam pengelasan sudut posisi vertikal dan horisontal pada konstruksi meliputi :

1. Potong kebutuhan material sesuai dengan gambar dari material yang diberikan dengan menggunakan mesin gunting atau potong.
2. Periksa kelurusan permukaan material dan permukaan las dan periksa kesikuan dari pojok permukaan. Perbaiki bila perlu.
3. Setel pada kondisi pengelasan (120A, 20.5 V).
4. Las ikat 2 buah material (3.2t x 60 x 150) untuk persiapan sambungan sudut pojok 90° (gambar III.158).



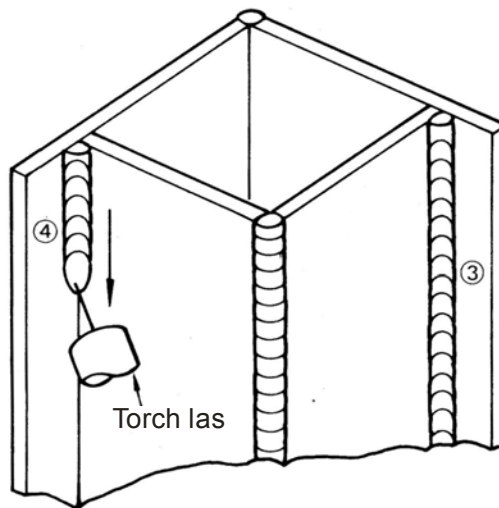
**Gambar III.158 Proses las ikat**

5. Las ikat material (3.2t x 50 x 150) untuk persiapan sambungan sudut pojok 90°
6. Rakit kotak persegi bagian atas dengan las ikat
7. Las bagian sambungan pojok (1,2) dari kotak persegi dengan kondisi pengelasan 120A dan 21.5 V pada posisi horisontal. (gambar III.159)



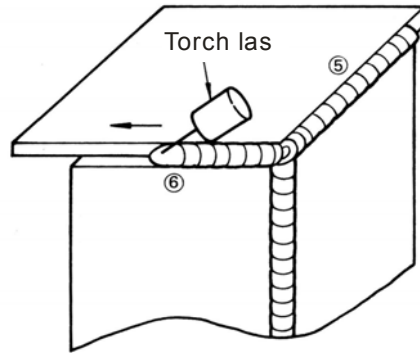
**Gambar III.159 Pengelasan sambungan pojok**

8. Setel pada kondisi pengelasan (140A, 21V)
9. Pengelasan sudut arah vertikal pada bagian (3,4) dari kotak persegi dengan kondisi pengelasan 140A dan 21V dengan pengelasan vertikal turun. (gambar III.160)



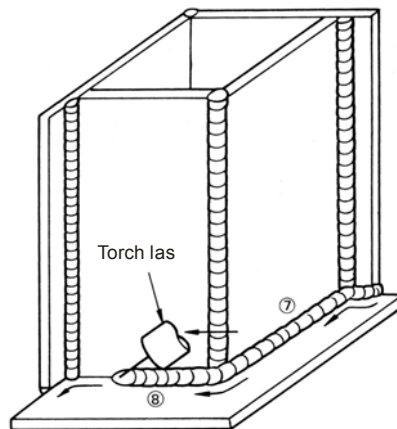
**Gambar III.160 Pengelasan sudut arah vertikal turun**

10. Setel pada kondisi pengelasan (120A, 20.5V)
11. Las ikat plat bawah dengan kotak persegi yang telah dibuat.
12. Pengelasan pojok bagian (5,6) untuk penyambungan plat bawah (dasar) dengan kotak peregi pada kondisi pengelasan 120A dan 20.5V dengan posisi horisontal (gambar III.161)



**Gambar III.161 Pengelasan pojok untuk penyambungan plat dasar**

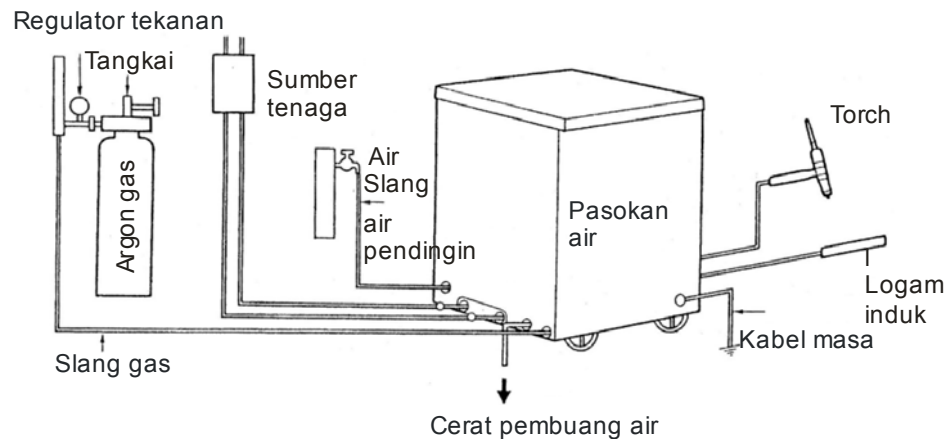
13. Setel kondisi pengelasan (140 A dan 21 V).
14. Pengelasan fillet (sudut) bagian (7,8) untuk penyambungan kotak persegi dengan plat bawah (dasar) pada kondisi pengelasan 140 A dan 21 V dengan posisi horisontal (gambar III.162)



**Gambar III.162 Pengelasan fillet untuk penyambungan plat dasar**

15. Bersihkan dan periksa hasil pengelasan.

### III.3 TEKNIK PENGELASAN TIG (LAS BUSUR GAS)



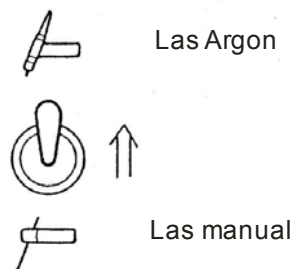
**Gambar III.163 Rangkaian Mesin Las TIG**

#### III.3.1 Penyetelan Mesin Las GTAW

Tahapan penyetelan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

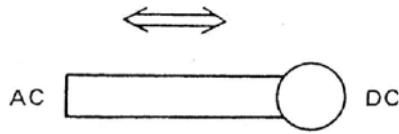
1. Pemilihan arah saklar pada pengelasan argon

Pasang/letakkan tombol pilihan pengelasan argon/manual pada posisi argon untuk proses las GTAW



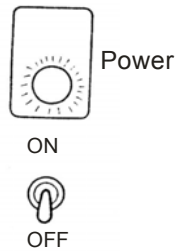
**Gambar III.164 Saklar Las argon dan las manual**

2. Pilih arus yang digunakan, AC atau DC
  - (1) Pilih AC/DC sesuai dengan material yang akan dilas.
  - (2) Jika dipilih DC, periksa dan yakinkan elektrode positif.



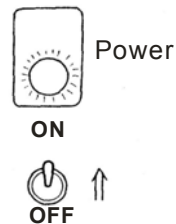
**Gambar III.165 Saklar pengatur AC dan DC**

3. Hidupkan tombol main power/power utama  
Yakinkan bahwa lampu penunjuk menyala.



**Gambar III.166 Tombol power utama**

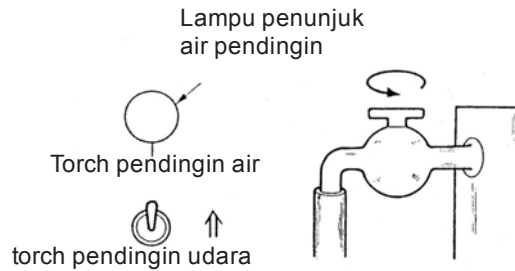
4. Hidupkan saklar kontrol  
Lihat gambar III.167 dibawah ini.



Sakelar pemilih pengisian kawat

**Gambar III. 167 Saklar kontrol**

5. Pilih metode pendinginan
  - (1) Setel saklar pendingin ke posisi pendinginan air
  - (2) Buka kran aliran air
  - (3) Yakinkan bahwa lampu penunjuk dari pendinginan air menyala

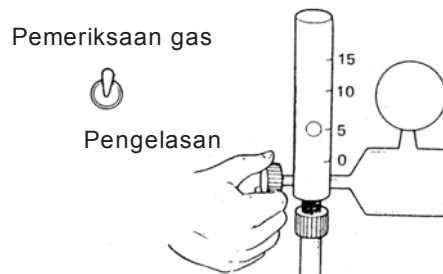


**Gambar III.168 Kran aliran air**

6. Atur banyaknya aliran gas
  - (1) Setel saklar pemeriksaan gas pada posisi pemeriksaan
  - (2) Buka katup pengatur indikator aliran gas
  - (3) Atur banyaknya aliran berdasarkan lembar informasi.

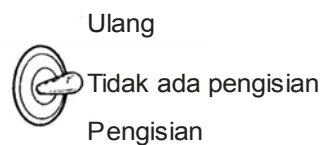
Ukur aliran gas pada tombol di tengah - tengah tabung.

- (4) Setel saklar pemeriksaan gas pada posisi pengelasan.



**Gambar III.169 Pengaturan aliran gas**

7. Atur saklar pemilihan pengisian kawah las pada posisi “NO filling”  
Setel saklar kawah pada posisi “NO filling”.

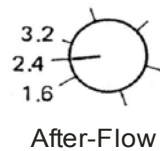


Sakelar pemilih pengisian kawah

**Gambar III.170 Pengaturan saklar**

8. Setel after-flow  
Letakan posisi tombol after flow sesuai dengan diameter elektrode yang digunakan.



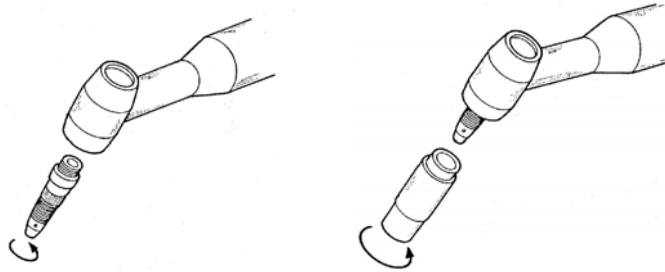


**Gambar III.171 Penyetelan after flow**

### III.3.2 Penanganan Torch Las GTAW

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus dilakukan meliputi :

1. Pasang badan kolet dan kencangkan dengan tangan
2. Pasang nosel gas dan kencangkan dengan tangan



**Gambar III.172 Pemasangan kolet dan nosel**

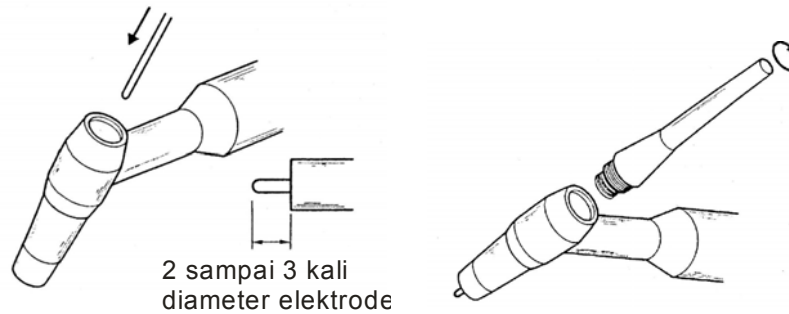
3. Masukkan/ pasang kolet
4. Masukkan / pasang elektrode

Keluarkan ujung elektrode sepanjang 2 - 3 kali diameter elektrode dengan mendorong dari nozzle bagian belakang.

5. Pasang/tutup dan kencangkan tutup rapat-rapat

Dorong elektrode bagian belakang sekitar 5 mm dari nozzle

6. Pasang tombol torch
  - (1). Pasang switch/saklar pada posisi yang mudah dioperasikan.
  - (2). Ikat switch/saklar dengan sabuk tali.

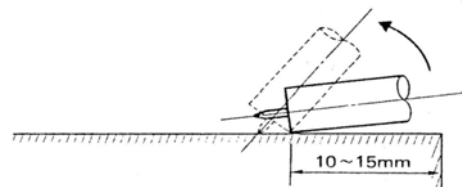


**Gambar III.173 Pemasangan elektrode dan tutup**

### III.3.3 Pelelehan Baja Tahan Karat Dengan Las GTAW

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus dilakukan meliputi :

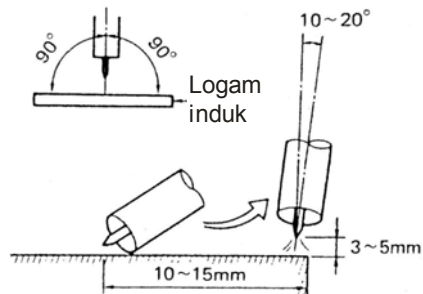
1. Perawatan ujung elektrode  
Gerinda ujung elektrode hingga runcing.
2. Pemasangan elektrode pada torch  
Pasang elektrode sampai ujungnya keluar kira kira 5 mm dari Nozzle.
3. Penyetelan mesin las
  - (1) Yakinkan bahwa masing masing saklar dan dial terpasang pada posisi yang diharapkan.
  - (2) Setel tombol pemilihan AC / DC ke DC.
  - (3) Setel banyaknya aliran gas pada 5 l / menit.
  - (4) Setel arus pengelasan sekitar 80-90 A.
4. Penyalaan busur
  - (1) Letakkan nozzle sekitar 10-15mm didepan titik awal las.
  - (2) Pakai helm pelindung.
  - (3) Tegakkan torch sedikit.
  - (4) Jangan sentuhkan elektrode pada benda kerja.
  - (5) Tekan tombol torch.



**Gambar III.174 Penyalaan busur**

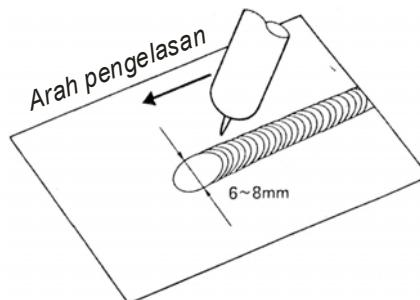
5. Pengarahan ke ujung awal las
  - (1) Arahkan balik torch ke ujung awal las.

- (2) Pegang torch pada posisi tegak  $90^\circ$  terhadap permukaan benda kerja dan dimiringkan sekitar  $10^\circ$ -  $20^\circ$  terhadap arah garis pengelasan.
- (3) Jaga panjang busur sekitar 3-5 mm.
- (4) Lelehkan ujung awal pengelasan.



**Gambar III.175 Awal pengelasan**

6. Pelelehan logam
  - (1) Jaga lebar pelelehan logam sekitar 6-8 mm.
  - (2) Lelehkan sepanjang garis pengelasan.



**Gambar III.176 Pelelehan**

7. Mematikan busur
  - (1) Lepas jari anda dari saklar torch.
  - (2) Jangan gerakkan torch dari kawah las selama periode after flow (aliran gas akhir).



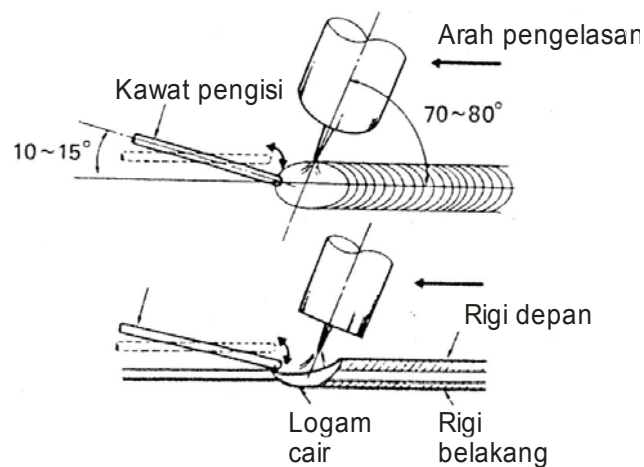
**Gambar III.177 Mematikan busur**

8. Pemeriksaan
  - (1) Periksa dan pastikan apakah bentuk dan lebar pelelehan rata.
  - (2) Periksa dan pastikan apakah bentuk las-lasan atau lelehan bagian belakang rata.
  - (3) Periksa dan pastikan apakah permukaan las teroksidasi.

### III.3.4 Pengelasan Mematikan busur

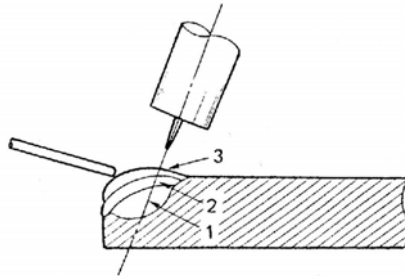
Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus dilakukan meliputi :

1. Runcingkan ujung elektrode .
2. Pasang elektrode pada torch
3. Setel mesin las pada kondisi yang dikehendaki
4. Nyalakan busur
5. Pengelasan
  - (1) Letakkan kawat pengisi ke depan ujung api dari elektrode tungsten.
  - (2) Setelah meletakkan dengan panjang yang optimal, angkat sedikit kawat pengisi.
  - (3) Ulangi secara terus menerus untuk membuat lagi las-lasan sehingga terbentuk manik-manik las.
  - (4) Peletakkan kawat pengisi pada sudut kira-kira  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  terhadap benda kerja.



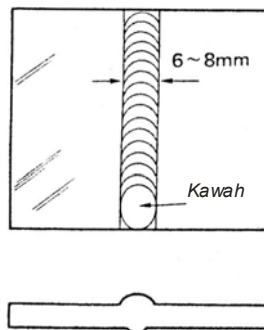
**Gambar III.178 Pengelasan mematikan busur**

6. Pengisian kawah las
  - (1) Matikan busur ketika sampai pada ujung akhir las.
  - (2) Nyalakan busur lagi dan tambahkan lagi kawat pengisi.
  - (3) Matikan busur.
  - (4) Nyalakan busur lagi dan tambahkan lagi kawat pengisi secukupnya.
  - (5) Ulangi lagi sampai tingginya las lasan sama dengan tinggi las-lasan sebelumnya



Gambar III.179 Pengisian kawah las

7. Pemeriksaan
  - (1) Periksa bentuk alur las dan keragamannya.
  - (2) Periksa dan pastikan apakah lebar dan tinggi las-lasan optimal atau sudah memenuhi persyaratan.
  - (3) Periksa apakah ada takik dan overlap pada hasil las.
  - (4) Periksa apakah kawah las terisi penuh atau kurang dari yang dipersyaratkan.

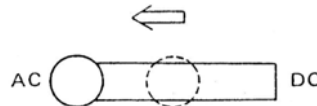


Gambar III.180 Pemeriksaan las

### III.3.5 Pengelasan Aluminium Dengan Las TIG

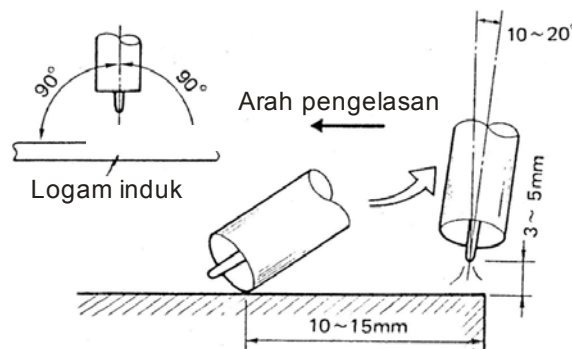
Tahapan-tahapan persiapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

1. Penyetelan mesin las
  - (1) Setel sakelar pemilih AC/DC ke AC
  - (2) Atur besarnya aliran gas sampai dengan 10 ℓ / menit.
  - (3) Atur arus sekitar 90 -110 A.
  - (4) Yakinkan bahwa setiap tombol dan dial disetel pada posisi yang optimal.



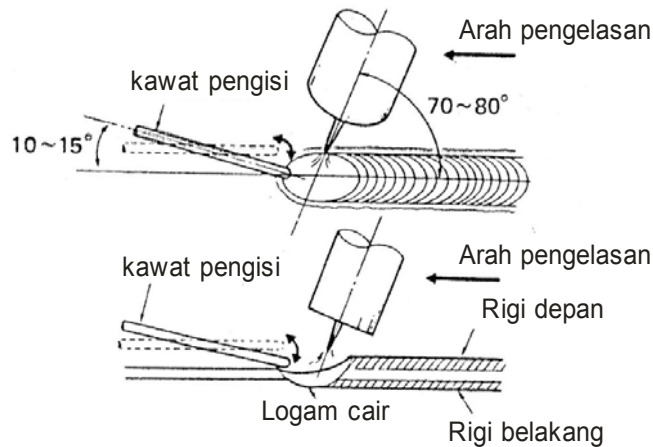
**Gambar III.181 Sakelar AC dan DC**

2. Pembersihan benda kerja
  - (1) Bersihkan permukaan benda kerja dengan sikat baja dari grup baja tahan karat austenitik .
  - (2) Bersihkan minyak di permukaan benda kerja dengan alkohol.
  - (3) Bersihkan kawat pengisi dengan kertas gosok.
  - (4) Bersihkan minyak di kawat pengisi dengan alkohol.
3. Penyalaan busur
  - (1) Setel torch tegak 90° terhadap permukaan benda kerja.
  - (2) Miringkan torch sekitar 10-20° terhadap arah pengelasan.
  - (3) Jaga panjang busur sekitar 3-5 mm.
  - (4) Lelehkan ujung awal pengelasan.
  - (5) Buatlah lebar logam cair sekitar 8-10 mm.



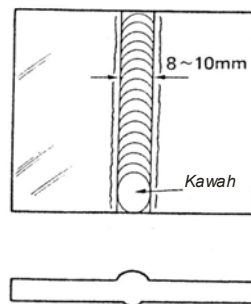
**Gambar III.182 Penyalaan busur pengelasan aluminium dengan las TIG**

4. Pengelasan
  - (1) Masukkan kawat pengisi ke ujung depan logam cair.
  - (2) Majukan kawat pengisi setelah pencairan logam dengan panjang yang optimal.
  - (3) Ulangi pengelasan sepanjang garis las.
  - (4) Pemakanan kawat pengisi pada  $10^{\circ}$  - $15^{\circ}$  terhadap benda kerja.



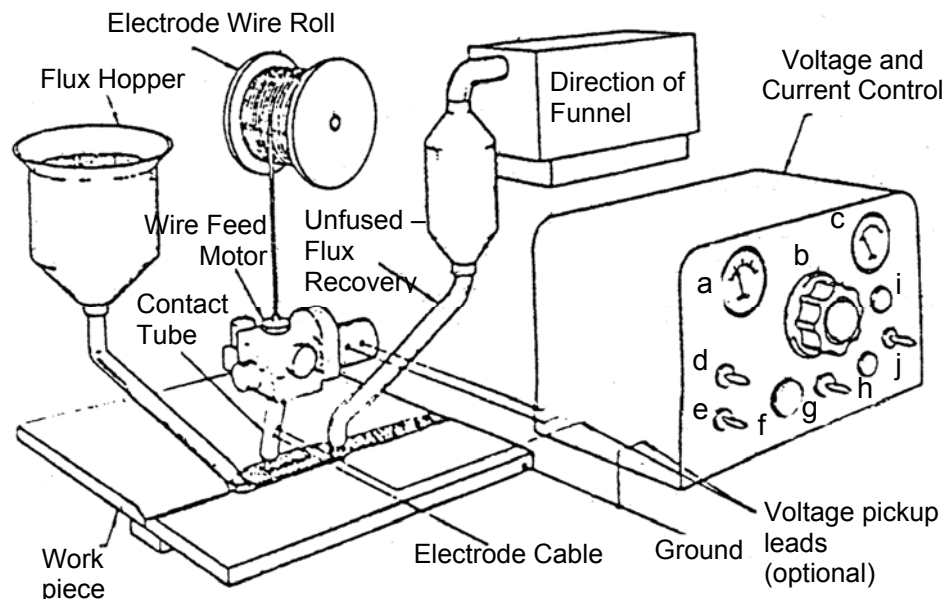
**Gambar III.183 Proses pengelasan aluminium dengan las TIG**

5. Pengisian kawah las  
Lakukan seperti pada pelajaran sebelumnya.  
"Pengelasan pada baja tahan karat dengan las GTAW "
6. Pemeriksaan
  - (1) Periksa bentuk dan keragaman manik las .
  - (2) Periksa apakah lebar dan tinggi las sudah optimal atau memenuhi syarat.
  - (3) Periksa apakah ada takik atau overlap.
  - (4) Periksa daerah pengisian kawah las.



**Gambar III.184 Pemeriksaan pengelasan**

III.4. TEKNIK PENGELASAN SAW



- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| a. Ammeter                      | f. Inch Button  |
| b. Welding – Voltage Adjustment | g. Retract Feed |
| c. Voltmeter                    | h. Weld Stop    |
| d. Current Adjustment           | i. Start        |
| e. Travel Control               | j. Contractor   |

Gambar III.185 Mesin Las Busur Listrik Terendam Otomatik

III.4.1. Sifat-Sifat dan Penggunaannya

Las busur listrik terendam adalah salah satu jenis proses pengelasan yang termasuk jenis las busur listrik elektrode terumpan yang dalam prosesnya berlangsung logam cair ditutup dengan Fluks yang diatur melalui suatu penampungan Fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus. Memperhatikan proses kerjanya busur listriknya terendam dalam Fluks, untuk itu proses ini dinamakan **las busur terendam**.



Penggunaan proses SAW ini semakin berkembang, karena hasilnya bermutu tinggi juga kecepatan pelaksanaannya paling cepat bila dibanding dengan proses pengelasan yang lainnya. Jenis proses ini mempunyai kekurangan yaitu keterbatasan dalam posisi pengelasan yaitu datar dan horisontal saja.

Proses pengelasan SAW ini banyak dipergunakan pada industri perkapalan yang menggunakan proses produksi dengan sistim blok, memperhatikan proses pengelasan yang semi maupun otomatis maka dibutuhkan operator las, bukan juru las dimana untuk mengoperasikan mesin ini pelaksana tidak dituntut berketrampilan tinggi seperti juru las. Meskipun operator tidak dituntut ketrampilannya seperti juru las namun bila pelaksana akan mengelas konstruksi kapal maka yang bersangkutan harus juga berkualifikasi.

Pengelasan SAW ini tidak hanya dipergunakan pada proses fabrikasi saja tetapi juga banyak dipakai pada tahap perakitan ( assembly ), dengan mesin semi ataupun otomatis misal pada saat penyambungan geladak atau pada pembuatan tangki-tangki yang relatif besar.

#### **III.4.2. Prinsip Kerja Proses Las SAW**

Proses ini berlangsung dibawah rendaman Fluks, dimana fungsi kawat las selain sebagai elektroda pembangkit busur api listrik juga sebagai bahan pengisi yang oleh karenanya jenis las ini termasuk kelompok las busur listrik elektroda terumpan. Panas yang berasal dari busur api listrik yang timbul diantara kawat elektroda dan bahan induk akan mencairkan logam-logam las, kawat las dan Fluks, kemudian setelah cairan ini membeku akan terjadi las-lasan yang tertutupi oleh terak.

Fluks yang terbakar akan melindungi proses las terhadap pengaruh udara luar, perlindungan yang terjadi membedakan menjadi dua bagian yaitu Fluks yang terbakar langsung menjadi terak dan sisanya tetap tidak terbakar dan ini juga bisa berlaku sebagai pelindung. Proses ini berlangsung secara otomatis atau semi otomatis, maka selain sumber tenaga mesin ini juga dilengkapi dengan motor kereta pembawa dan panel pengatur proses. Pada panel terdapat pengatur arus, tegangan dan kecepatan pengelasan. Jumlah Fluks yang diperlukan dalam proses pengelasan harus diatur sedemikian rupa sehingga tidak terlalu banyak dan tidak kurang, sedangkan sisa Fluks yang tidak terbakar akan dipergunakan untuk pemakaian berikutnya.

Untuk pengelasan SAW ini ada hal-hal penting yang perlu diperhatikan yaitu :

- a. Pada penggunaan kawat las yang besar, maka arus pengelasan juga besar sehingga penetrasi cukup dalam dan efisiensi pengelasan tinggi.
- b. Penghematan kawat las dapat dilakukan dengan memperkecil kampuh lasnya tetapi masih harus memenuhi persyaratan yang berlaku.
- c. Karena busurnya terendam oleh Fluks maka penentuan pengelasan yang salah dapat menggagalkan seluruh hasil pengelasan.
- d. Posisi pengelasan hanya terbatas pada posisi datar baik benda tetap maupun benda bergerak.
- e. Mengingat prosesnya secara otomatis , maka penggunaannya terbatas bila dibanding dengan las dengan tangan atau semi otomatis.

Jenis mesin las ini ada dua yaitu mesin las bergerak dan mesin las tetap (benda yang bergerak) , mesin las bergerak banyak digunakan untuk pengelasan yang datar , sedangkan untuk mesin yang tetap banyak dipergunakan untuk mengelas melingkar dimana mesin digantung diatas benda kerja yang akan dilas.

### **III.4.3. Prosedur dan Teknik Pengelasan**

Seperti halnya pelaksanaan pengelasan yang lainnya, proses pengelasan SAW harus dilaksanakan mengikuti spesifikasi prosedur pengelasan (WPS) , yaitu suatu spesifikasi prosedur pengelasan yang didukung oleh suatu catatan data kualifikasi prosedur ( Procedure Qualification Record = PQR ).

#### **III.4.3.1. Logam induk**

Peran operator sangat menentukan pada persiapan , penyetelan , pemilihan bahan induk /pengisi dan pemilihan parameter pengelasan. Ada tiga kriteria logam induk yang cocok, kurang cocok dan tidak cocok dilas dengan proses SAW dengan kriteria sebagai berikut :

1. Logam induk yang sangat cocok dilas dengan menggunakan las SAW adalah baja karbon rendah bukan paduan dengan kadar karbon tidak lebih dari 0,30 % , maupun fosfor dan belerang masing-masing tidak lebih dari 0,05 % . Baja karbon menengah dan baja konstruksi paduan rendah dapat juga dilas dengan proses SAW, namun harus dengan perlakuan panas khusus (pre heating dan post heating) dan dengan kawat las maupun Fluks yang khusus.

2. Logam induk yang kurang cocok dilas menggunakan proses SAW adalah baja karbon tegangan tinggi dan beberapa baja karbon rendah, yaitu apabila persyaratan kekuatan dan ketangguhan (notch – toughness) khusus ingin dicapai dengan proses ini. Karena masukan panas lebih besar dari proses lainnya, maka daerah akan lebih dalam (deeper heated zone) hal ini akan mempengaruhi kekuatan dan ketangguhan logam induk.
3. Logam induk yang tidak cocok dilas dengan proses ini adalah besi tuang, karena dengan masukan panas yang tinggi dan cepat akan menghasilkan tegangan panas yang tidak tertahan.

#### III.4.3.2. Elektroda las

Komposisi kimia yang tersusun dalam elektroda las akan menentukan hasil lasan (weld metal). Elektroda untuk proses SAW dapat berbentuk kawat atau pita tergantung keperluannya, dikemas dalam gulungan. Elektroda yang berbentuk pita dipakai dalam pelapisan permukaan (surfacing), elektroda yang berbentuk kawat diklasifikasikan menurut AWS.A.5.17-69 dengan diameter 1 – 9,5 mm. Besar kecilnya gulungan tergantung dari besar kecilnya diameter elektroda.

Permukaan elektroda harus cukup halus dan untuk elektroda baja karbon rendah dan bukan paduan dilapis tipis dengan tembaga, tujuan dari pelapisan ini adalah untuk melindungi pengaruh udara terhadap korosi dan membuat kontak dengan program induk yang lebih baik.

#### III.4.3.3. Fluks

Fluks yang dipakai dalam proses SAW ini berbentuk powder, berbutir dengan gradasi tertentu, yang diberi istilah 8 x 48 mesh sampai 8 x 325 mesh. Angka 8 disini berarti bila powder tersebut diayak dengan ayakan berlubang 8 buah setiap inci, hanya 90 – 95 % saja yang dapat lolos, dan angka 48 atau 325 menyatakan bahwa, bila diayak dengan ayakan yang berlubang 48 atau 325 per inci, hanya 2 – 5 % saja yang boleh lolos dan untuk angka 250, sering disebut **D (dust)**, misalnya 48 x 250 mesh disebut juga 48 x D.

Sifat yang harus dimiliki Fluks antara lain adalah harus dapat terbakar, terdiri atas mineral – mineral yang mengandung oksida – oksida Mangan ( MnO), Silikon (SiO<sub>2</sub>), Kalsium (CaO) dan sebagainya. Penambahan silika dan flourida akan dapat menstabilkan busur dan kalsium flourida membuat Fluks lebih cair. Bobot, jenis dan suhu cair Fluks harus lebih rendah dari bobot, jenis dan suhu cair logam induk dan elektrodanya.

**III.4.3.4. Desain sambungan las**

Sambungan yang akan dilas dengan proses SAW harus didesain berdasarkan ketentuan yang berlaku, yang merupakan suatu spesifikasi desain dan harus dikualifikasi. Dalam membuat sambungan las harus diperhitungkan parameter – parameter lainnya misalnya besar kecilnya arus yang digunakan, ukuran elektroda yang dipakai dan kecepatan pengelasan. Kombinasi antara desain dan parameter pengelasan yang tidak cocok akan mengakibatkan kegagalan dalam pengelasan.

**III.4.3.5. Pemilihan parameter pengelasan**

**1. Arus listrik**

Menurut jenis arus yang dikeluarkan ada 2 jenis Power supply untuk pengelasan dengan proses SAW yaitu

- (1). Yang menghasilkan arus rata (DC)
- (2). Yang menghasilkan arus bolak – balik (AC)

Baik dengan arus rata maupun arus bolak – balik pada proses SAW akan menghasilkan produk yang baik. Namun masing – masing mempunyai kekhususan dalam pemakaiannya tergantung tinggi rendahnya arus dan besar kecilnya kawat elektroda serta kecepatan dalam pengelasan.

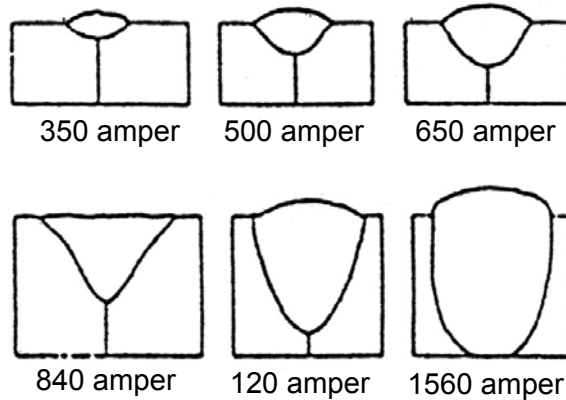
Dalam proses SAW, elektrode dengan diameter tertentu dapat dipakai dengan arus dalam suatu batas (range) yang sangat luas seperti yang diberikan dalam tabel III.5.

Untuk arus yang sama , dengan elektroda yang lebih kecil akan menambah kedalaman penetrasi (fusion) dan mempersempit lebar las (weld bead). Bila arus pengelasan diambil yang bawah dari batas yang diberikan pada tabel, elektroda berikutnya yang lebih kecil akan menghasilkan arus yang lebih stabil dan depositan akan lebih tinggi.

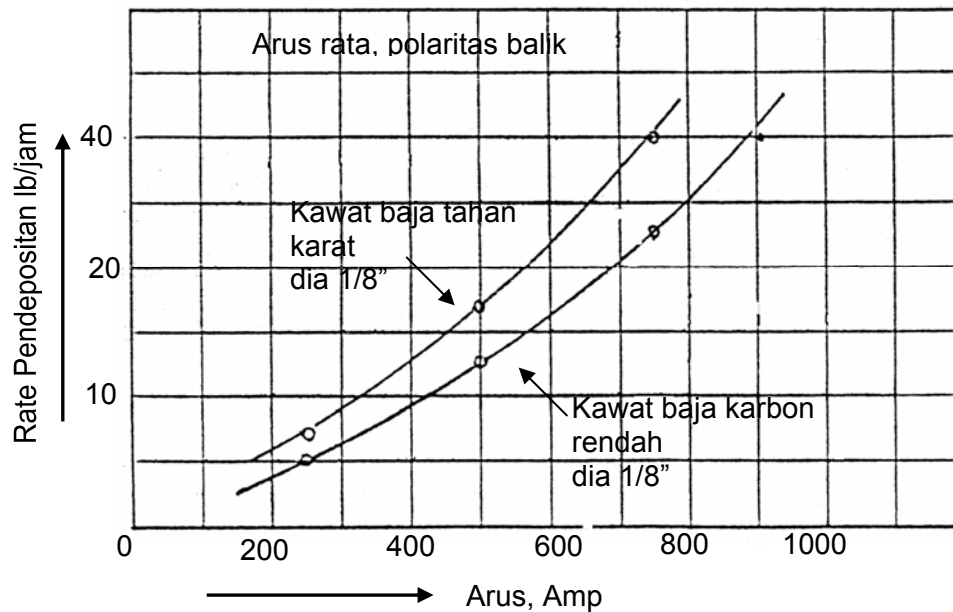
**Tabel III.5 Batas – batas arus untuk kawat elektrode yang dipakai dalam proses SAW**

Diameter kawat Inchi	Batas Ampere Amp	Diameter kawat Inchi	Batas Ampere Amp
0,045	100 – 350	5/32	340 – 1100
1/16	115 – 500	3/16	400 – 1300
5/64	125 – 600	7/32	500 – 1400
3/32	150 – 1700	1/4	600 – 1600
1/8	220 - 1000	5/16	1000 – 2500
		3/8	1500 – 4000

Penggunaan arus yang terlalu tinggi kan menyebabkan penetrasi atau fusi terlalu besar yang kadang-kadang menyebabkan jebolnya sambungan las dan daerah terpengaruh panas akan lebih besar juga. Bila penggunaan arus terlalu kecil akan menyebabkan penetrasi dangkal lihat gambar III.186. Jumlah logam las yang deposit dalam suatu satuan waktu tertentu akan berbanding langsung dengan jumlah ampernya.(lihat gambat III.187.).



Gambar III.186 Penetrasi Las



Gambar III.187 Pengaruh arus dalam proses SAW

## 2. Tegangan pengelasan

Tegangan pengelasan akan menentukan bentuk fusi dan reinforcement. Pertambahan tegangan akan membuat lebar las bertambah rata, lebar dan penggunaan Fluksnya bertambah besar pula. Tegangan yang terlalu tinggi akan merusak penutupan logam las oleh cairan Fluks yang dapat memberikan peluang udara luar berhubungan dan menyebabkan terjadinya porositas.

## 3. Kecepatan pengelasan.

Kecepatan pengelasan adalah suatu variasi yang sangat penting dalam proses SAW karena akan menentukan jumlah produk pengelasan dan metallurgi lasnya.

Penambahan kecepatan pengelasan pada sambungan fillet mempersingkat waktu, tetapi pada pengelasan sambungan tumpul yang beralur hanya kecil mempersingkat waktu. Karena pada sambungan beralur jumlah deposit adalah variabel untuk waktu pengelasan. Penambahan kecepatan pengelasan akan mengurangi masukan panas pada proses pengelasan.

## 4. Diameter kawat elektroda

Pengurangan diameter kawat elektroda dalam ini tanpa merubah parameter lainnya akan memperbesar tekanan busur, yang berarti penetrasi akan semakin dalam dan lebar deposit semakin berkurang. Lihat gambar II.188.



**Gambar III.188 Pengaruh dari diameter kawat elektrode**

## 5. Ketebalan lapisan Fluks

Ketebalan lapisan Fluks yang digunakan dalam pengelasan proses SAW juga mempengaruhi bentuk dan kedalaman penetrasi pengelasan. Bila lapisan Fluks terlalu tipis maka arus akan tidak tertutup dan hasil lasan akan retak atau poros. Bila lapisan Fluks terlalu tebal maka akan menghasilkan reinforcement terlalu tinggi.

### III.4.3.6. Pelaksanaan pengelasan

Pengelasan dapat dilaksanakan bila persiapan telah lengkap, yaitu bentuk – bentuk sambungan maupun parameter – parameter pengelasan telah sesuai. Pada permulaan dan akhir pengelasan sering terjadi las tidak sempurna, maka bila dikehendaki seluruh sambungan tanpa cacat pada ujung maupun akhir pekerjaan ditambahkan pekerjaan dengan persiapan yang sama. Pada proses SAW, karena panas dan jumlah logam las cair cukup besar sering cairan logam las ini bocor ke bawah. Untuk menjaga agar tidak terjadi hal tersebut, maka dipergunakanlah penyangga cairan (backing), yang bentuknya bermacam – macam tergantung desain sambungan dan bentuk konstruksi.

## RANGKUMAN

1. Sebelum proses pengelasan terlebih dahulu perlu dilakukan penanganan terhadap mesin las, penyiapan peralatan dan melengkapi diri dengan alat pelindung diri (APD)
2. Proses pengelasan dengan las busur listrik didahului dengan mengatur posisi tubuh kemudian dilanjutkan dengan proses penyalaan busur, menjalankan dan menghentikan / mematikan busur.
3. Dalam belajar las, melakukan pengelasan awal berupa pelelehan, pembuatan manik – manik las lurus dan pembuatan manik – manik las dengan mengayun.
4. Selain memperhatikan ketentuan dalam proses pengelasan, hal yang tak kalah pentingnya adalah pada saat menyambung manik – manik las.
5. Setiap akhir pengelasan dan sebelum proses lanjutan penyambungan perlu melakukan pembersihan terak dan percikan las terlebih dahulu.
6. Proses pengelasan sambungan tumpul tanpa penahan belakang dimulai dari penyiapan posisi material yang akan disambung, dilanjutkan dengan penyetelan dan menahan dengan las ikat kemudian dimulai dengan pengisian kampuh las.
7. Kelancaran proses pengelasan dipengaruhi oleh kesiapan dari mesin las, untuk itu perlu diperhatikan dan dilakukan tindakan sebagai berikut : ① Periksa sirkuit utama dan sirkuit bantu, ② Persiapkan tang amper dan pasangkan melewati kabel arah holder, ③ Atur arus sesuai besaran yang dipersyaratkan menurut penggunaan elektrode, ④ Lengkapi diri anda dengan alat pelindung diri dan siapkan peralatan seperlunya.
8. Posisi tubuh yang benar dan stamina yang prima pada saat mengelas akan menunjang kesempurnaan hasil pengelasan, untuk itu disarankan bagi seorang juru las untuk selalu berlatih dan menjaga kesehatan dengan extra fooding.
9. Pada prinsipnya mengelas merupakan proses pengaturan busur las pada benda kerja yang disambung agar pada saat logam isi meleleh menempati posisi yang dikehendaki dan menghindari terjadinya cacat – cacat pengelasan.
10. Pengelasan GMAW / FCAW merupakan jenis pengelasan yang mempunyai faktor efisiensi yang besar bila digunakan untuk mengelas konstruksi, mengingat seorang juru las dapat melakukan proses pengelasan sampai pada batas ketahanan juru las tersebut dengan tidak perlu mengganti logam pengisi.



**LATIHAN SOAL**

- I. Berilah tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d dan e pada jawaban yang benar !
- Untuk mendapatkan kualitas hasil las yang diinginkan maka lebar ayunan elektrode yang diijinkan adalah .....
    - 1 x Ø elektrode
    - 2 x Ø elektrode
    - 3 x Ø elektrode
    - 4 x Ø elektrode
    - 5 x Ø elektrode
  - Pada saat memasang elektrode, hal – hal yang perlu dihindari :
    - Menggunakan elektrode holuen yang terisolasi
    - Melepas elektrode saat tidak mengelas
    - Memasang elektrode tanpa menggunakan sarung tangan kering
    - Menempatkan pegangan elektrode pada tempat yang aman
    - Menggunakan sarung tangan yang kering
  - Alat yang menjepit tungsten pada welding gun las tig adalah .....
    - Collet
    - Collet body
    - Contac
    - Nozle
    - Torch
  - Kode warna tungsten murni yang digunakan mengelas aluminium adalah .....
    - Kuning
    - Hijau
    - Merah
    - Coklat
    - Putih
  - Alat untuk mengatur / mengukur debit aliran gas Ar adalah .....
    - Manometer
    - Heater
    - Flow meter
    - Tachometer
    - Spedometer

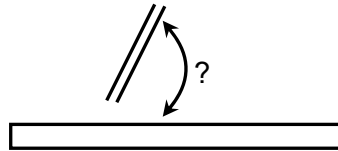
6. Nozle ceramic pada welding gun terpasang pada :
  - a. Collet
  - b. Backing gas
  - c. Selenoide
  - d. Collet body
  - e. Tip body
  
7. Gas pelindung yang digunakan untuk mengelas aluminium pada las TIG adalah .....
  - a. He
  - b. N<sub>2</sub>
  - c. CO<sub>2</sub>
  - d. H<sub>2</sub>
  - e. Ar
  
8. Alat untuk menarik wire rod adalah .....
  - a. Contac tip
  - b. Tip body
  - c. Feeder roller
  - d. Collet body
  - e. Tip body
  
8. Alat untuk mengukur / membuka dan menutup aliran gas secara otomatis adalah .....
  - a. Flow meter
  - b. Penetra meter
  - c. Heater
  - d. Tip body
  - e. Selenoide
  
9. Jalur wire rod pada ujung welding gun adalah .....
  - a. Collet
  - b. Collet body
  - c. Tip body
  - d. Contact tip
  - e. Nozle
  
10. Proses FCAW menggunakan pelindung .....
  - a. Fluks dan CO<sub>2</sub>
  - b. Fluks dan N<sub>2</sub>
  - c. Fluks dan CO
  - d. Fluks dan H<sub>2</sub>O
  - e. Fluks dan O<sub>2</sub>
  
11. Bahan tambah / logam pengisi pada proses FCAW disebut :
  - a. Tig rod
  - b. Filler rod
  - c. Wire rod
  - d. Elektrode
  - e. Kawat las

12. Bila anda mengelas pada sambungan dua buah plat, gejala apa yang terjadi pada sambungan plat tersebut ?
- a. Pengerutan metal
  - b. Keretakan metal
  - c. Corosian metal
  - d. Pengembangan metal
  - e. Tidak terjadi reaksi apa-apa

13. Gambar disamping menunjukkan macam / jenis sambungan .....
- a. Lapp joint
  - b. Corner joint
  - c. Edge joint
  - d. Butt joint
  - e. Fillet joint

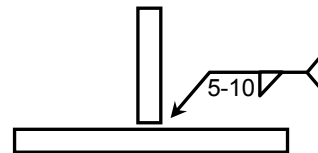


14. Berapakah besar sudut elektrode terhadap jalur las pada posisi datar, seperti yang ditunjukkan gambar diatas .....
- a.  $30^{\circ} - 45^{\circ}$
  - b.  $50^{\circ} - 60^{\circ}$
  - c.  $60^{\circ} - 70^{\circ}$
  - d.  $70^{\circ} - 80^{\circ}$
  - e.  $80^{\circ} - 90^{\circ}$

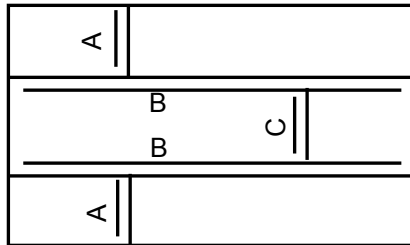


15. Pada proses pengelasan pipa ada beberapa macam posisi diantaranya adalah .....
- a. 1G, 2G, 3G, 4G
  - b. 1G, 2G, 5G, 6G
  - c. 1G, 2G, 4G, 5G
  - d. 2G, 3G, 5G, 6G
  - e. 2G, 3G, 4G, 5G

16. Arti dari simbol pengelasan disamping adalah .....
- a. Las sudut panjang las 5 - 10
  - b. Las sudut panjang kaki las 5 -10
  - c. Las sudut panjang las 5
  - d. Las sudut panjang kaki las 5
  - e. Las sudut panjang las 10



17. Suatu konstruksi pelat dengan sambungan lipatan / lap connections dengan tebal yang berbeda, maka jarak / panjang dari dua pelat yang overlap tersebut adalah .....
- Tidak boleh lebih dari  $3x$  / kurang dari  $2x$  tebal plat yang lebih tipis
  - Tidak boleh lebih dari  $4x$  / kurang dari  $3x$  tebal plat yang lebih tipis
  - Tidak boleh lebih dari  $5x$  / kurang dari  $4x$  tebal plat yang lebih tipis
  - Tidak boleh lebih dari  $6x$  / kurang dari  $5x$  tebal plat yang lebih tipis
  - Tidak boleh lebih dari  $7x$  / kurang dari  $6x$  tebal plat yang lebih tipis



18. Dari gambar diatas urutan pengelasan yang benar adalah .....
- A – B – C
  - A – C – D
  - B – A – C
  - B – C – A
  - C – A – B
19. Persiapan sambungan konstruksi pelat yang mempunyai perbedaan tebal lebih dari 3 mm, maka sisi dari kampuh pelat yang lebih tebal harus dibuat taper dengan perbandingan :
- 1 : 3
  - 1 : 4
  - 1 : 5
  - 2 : 4
  - 2 : 5
20. Daerah di sekitar bidang las yang rawan akibat proses pengelasan disebut .....
- Daerah bebas dari las
  - Daerah yang bersih dari spater
  - Daerah yang harus diberi penguat
  - Daerah pengaruh panas (HAZ)
  - Daerah yang tidak kena panas

**II. Jawablah pertanyaan – pertanyaan dibawah ini dengan jelas dan benar !**

1. Jelaskan bagaimana caranya menyambung jalur las setelah pengelasan dihentikan (berhenti) sementara !
2. Berapa jarak busur listrik yang baik dan berapa sudut kemiringan elektrode ke arah gerakan pengelasan ?
3. Jelaskan dengan singkat bagaimana cara memulai pengelasan SMAW !
4. Jelaskan dengan singkat bagaimana cara memulai pengelasan GMAW / FCAW !
5. Jelaskan dengan singkat bagaimana cara memulai pengelasan GTAW !
6. Jelaskan dengan singkat bagaimana cara memulai pengelasan SAW !

## BAB IV

### PENGELASAN DALAM PERKAPALAN

#### IV.1. PENGELASAN PADA KONTRUKSI KAPAL

Penerapan teknologi las dalam konstruksi bangunan kapal selalu melibatkan pihak Klasifikasi, dimana semua hal yang berkaitan dengan gambar-gambar, ukuran las, material induk dan meterial pengisi serta juru las yang digunakan untuk pembangunan kapal diatur dalam peraturan Klasifikasi. Perusahaan pembangun kapal dan Klasifikasi yang ditunjuk dalam pengawasan pembangunan kapal bertanggung jawab pula terhadap seleksi juru las, latihan dan pengujian juru las yang akan melakukan pengelasan pada konstruksi utama kapal. pengujian terhadap juru las harus mengikuti standar yang diakui dan disepakati bersama.

Pekerjaan pengelasan dalam pembangunan kapal berpengaruh terhadap perubahan ukuran dan bentuk dari bagian konstruksi yang terpasang, hal ini diakibatkan karena pengaruh perlakuan panas yang timbul karena kegiatan pengelasan yang kurang memperhatikan prosedur pengelasan . Karena masalah ini tidak mungkin dihindari, maka diperlukan perencanaan dan persiapan pengelasan yang tepat terhadap metode dan prosedur pengelasan serta penyiapan juru lasnya harus kompeten sehingga diharapkan pengaruh panas yang terjadi dapat diperkecil dan penyusutan melintang, memanjang, sudut dapat dihindari.

Dalam pelaksanaan pengelasan peran supervisor las mengawasi persiapan awal sampai dengan hasil akhir dari kegiatan pengelasan. Persiapan awal yang tidak tepat dan proses pengelasan yang salah akan menimbulkan kerusakan pada hasil sambungan las dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada material induk. Kerusakan-kerusakan ini dapat berbentuk :

1. Cacat metalurgi, yaitu berupa
  - (1) Terlepasnya sambungan konstruksi antara pelat dan profil,
  - (2) Hilangnya kekedapan sambungan pelat yang terjadi akibat kerusakan atau keretakan pada sambungan
  - (3) Timbulnya slag inclusion, porosity, blow hole, incomplete penetration, incomplete fusion, under cut dan lain-lain yang disebabkan pengelasan yang salah.
2. Timbulnya deformasi dan distorsi pada sambungan antar pelat

Untuk mengetahui hasil pengelasan maka supervisor las melakukan pemeriksaan secara visual maupun dengan bantuan minyak dan kapur serta pada bagian kapal dibawah garis air perlu diadakan pengetesan dengan dye penetrant pada titik-titik yang dianggap rawan.

Metode dye penetrant digunakan untuk mengetahui keretakan dan kededapan yang sangat halus pada kampuh las , terutama pada konstruksi lambung yang berada dibawah garis air yang memerlukan kededapan yang benar-benar harus kedap.

#### IV.1.1 Proses Pembangunan Kapal

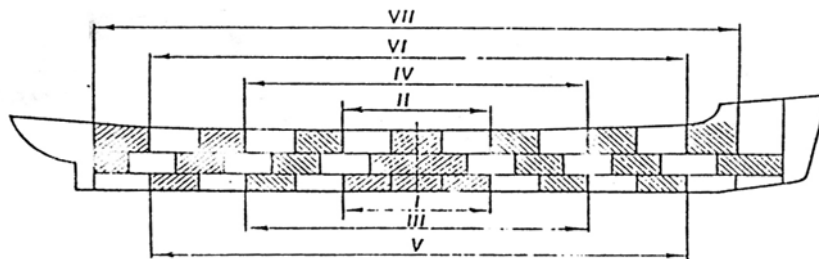
Secara umum metode yang diterapkan dalam pembangunan kapal baru dipengaruhi oleh fasilitas yang dimiliki oleh galangan tersebut. Metode yang biasa digunakan pada dasarnya bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan dan memperluas medan pekerjaan, sehingga mutu pekerjaan dapat dimonitor dengan baik. Metode pembangunan kapal yang sering diterapkan pada galangan kecil maupun besar ada 2 metode, yaitu Pembangunan kapal dengan sistim seksi, dan pembangunan kapal dengan sistim blok

##### IV.1.1.1. Pembangunan Sistim Seksi

Cara ini biasanya diterapkan untuk kapal-kapal yang berukuran relatif kecil dimana konstruksi awal hingga akhir dilaksanakan langsung di dockyard. Melihat proses pembangunan yang terjadi sistim seksi terbagi lagi menjadi 2 (dua) yaitu metode seksi bidang dan metode seksi ruang dimana metode ini banyak menggunakan posisi pengelasan dengan tingkat kesulitan tinggi misal posisi horisontal, vertikal dan posisi diatas kepala, hal ini terjadi dikarenakan saat pelaksanaan penggabungan bagian konstruksi tidak banyak yang dapat dikerjakan dengan mesin las otomatis seperti SAW pada posisi datar. Metode ini merupakan pengembangan dari metode konvensional yang sudah banyak ditinggalkan oleh galangan kapal.

Perbedaan dengan metode konvensional yaitu terdapat tahap perakitan dibengkel fabrikasi, yaitu dirakitnya elemen konstruksi menjadi suatu seksi

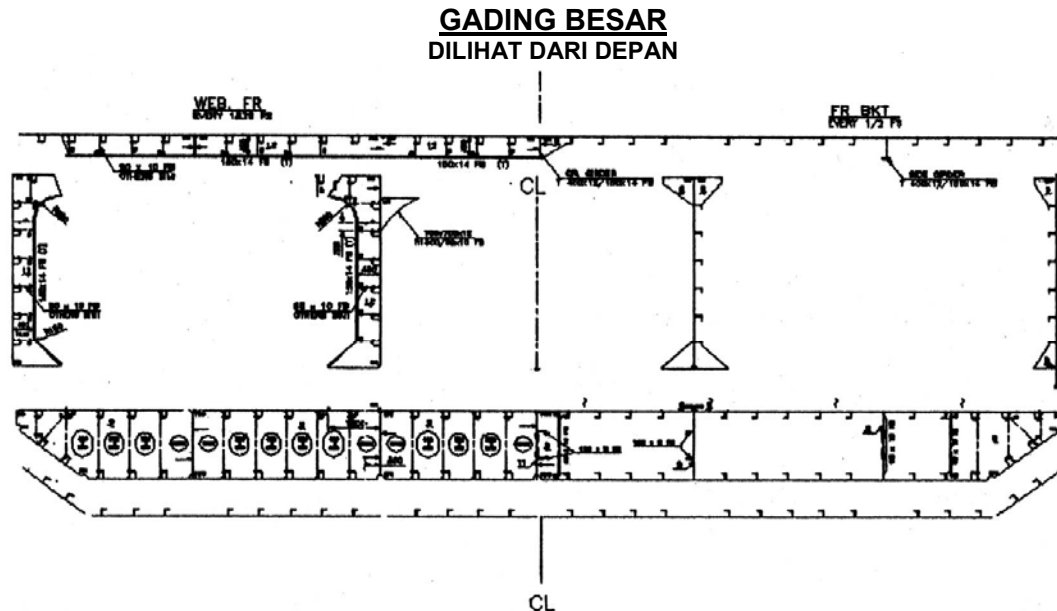
Dengan kondisi yang demikian proses pengelasan banyak mengandalkan juru las yang trampil dan proses pelaksanaan sedikit kurang cepat bila dibandingkan dengan proses las menggunakan mesin las otomatis.



Gambar IV.1 Pembangunan badan kapal sistem seksi

## 1. Metode Seksi Bidang

Dalam pelaksanaan metode ini gambar mutlak diperlukan selain sebagai penunjang kerja juga difungsikan sebagai kontrol pekerjaan, gambar tersebut seperti gambar rencana garis (line Plan), Gambar bukaan (Sheel Expantion) dan gambar kerja (Working Drawing). Garis besar dari metode seksi bidang adalah membuat konstruksi berupa seksi – seksi berbentuk bidang datar misalnya seksi dasar, seksi sekat, seksi lambung sisi dan seksi geladak. Metode seksi bidang dapat digambarkan pada gambar IV.2 dibawah ini.



**Gambar IV.2 Pembagian seksi bidang**

## 2. Metode Seksi Ruang

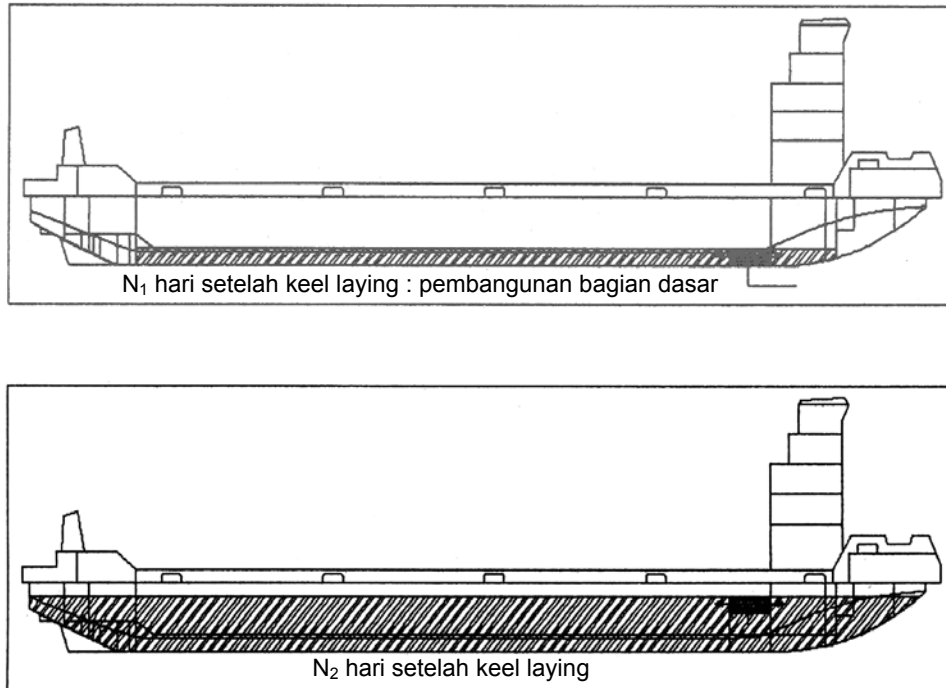
Bila dilihat dari cara kerja penyusunan seksi-seksinya maka metode seksi ruang dibagi menjadi 2 (dua), yaitu dengan metode layer dan metode seksi vertikal dimana kedua metode tersebut menggabungkan beberapa seksi secara horisontal dan vertikal.

### (1) Metode Layer

Dalam metode ini pembangunan badan kapal diarahkan dalam pengembangan arah memanjang atau horisontal dan pengembangan tersebut dimulai dari arah dasar dari depan sampai belakang, selanjutnya diteruskan kebagian atasnya seperti sekat memanjang, sekat melintang, kulit, geladak dan lain - lain. Proses pengelasan pada saat penyambungan diatas landasan pembangunan kapal (building berth) banyak dilakukan dengan posisi horisontal dan posisi vertikal dimana



faktor kesulitannya sangat tinggi dan faktor ketelitian ukuran sangat dituntut mengingat bila urutan pengelasan dari seksi dengan seksi lainnya tidak tepat maka tingkat deformasi dari pengelasan akan menjadi lebih besar sehingga ketepatan ukuran akhir dari bentuk kapal akan terpengaruh pula. Gambaran proses pembangunan dengan metode layer dapat dilihat pada gambar IV.3.

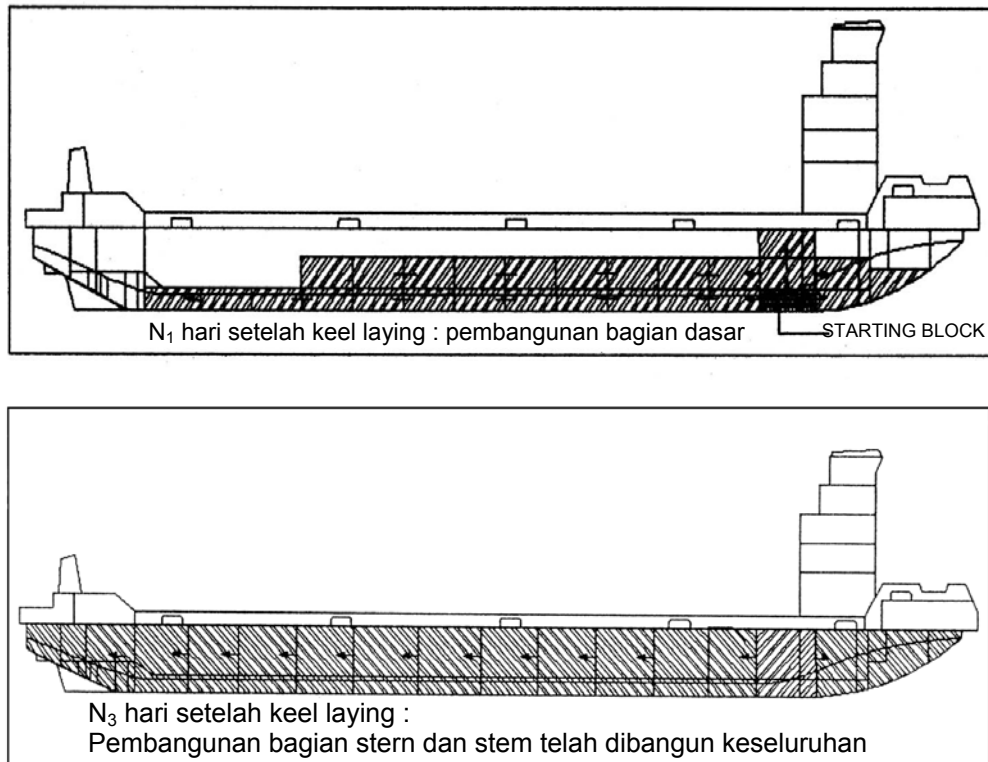


**Gambar IV.3 Penyusunan badan kapal dengan metode layer**

(2) Metode Seksi Vertikal

Metode ini dalam pembangunan kapal menitik beratkan arah vertikal dan pembagian seksinya diorientasikan untuk satu kompartemen dari dasar sampai menuju geladak atas. Dalam metode ini beban pekerjaan bervariasi mulai dari bagian dasar, sekat, pelat kulit dan geladak yang dikerjakan secara bersamaan sehingga kondisi kerja relatif lebih simpang siur dan kenaikan beban kerja menjadi sering terjadi dan proses pengelasan akan banyak menggunakan posisi vertikal dan horisontal serta posisi datar seperti yang terjadi pada metode layer.

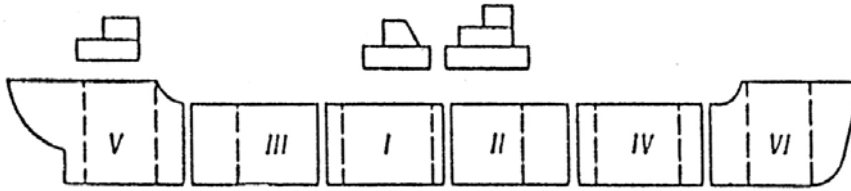
Gambar metode seksi vertikal dapat dilihat pada skema pengerjaan seperti pada gambar IV.4.



**Gambar IV.4 Penyusunan badan kapal dengan metode seksi vertikal**

**IV.1.1.2. Pembangunan Sistim Blok**

Cara ini biasanya diterapkan untuk kapal-kapal yang berukuran besar dimana konstruksi masing-masing blok dapat dibangun dalam waktu yang bersamaan dan dilakukan ditempat yang terpisah serta baru digabung setelah masing-masing blok selesai dibangun. Dengan melihat sifat proses pembangunan ini maka pekerjaan pengelasan dibengkel produksi relatif banyak menggunakan proses las SAW dengan posisi datar, sehingga pekerjaan lebih cepat dilakukan mengingat operator mesin las dapat menjalankan lebih dari satu mesin otomatis dengan posisi datar. Dengan peran lebih ini akan banyak mengurangi jumlah pekerja di bengkel atau dipelataran pembangunan kapal dan akan mendapatkan kecepatan pengelasan lebih cepat.



**Gambar IV.5** Pembangunan badan kapal sistem blok

Ditinjau dari segi pengelasannya maka, proses pembangunan kapal dengan sistim blok mempunyai beberapa keuntungan dibanding dengan sistim seksi antara lain .

1. Waktu pembangunan dapat lebih singkat dan produktifitas lebih tinggi mengingat pekerjaan banyak yang dapat dilakukan dengan mesin las otomatis.
2. Sebagian besar pekerjaan pengelasan dapat dikerjakan dengan posisi datar sehingga lebih cepat dan memudahkan pengelasan.
3. Pekerjaan didalam dok atau diatas pelataran penyambungan kapal lebih singkat, sehingga fasilitas mesin las dapat dioperasikan dengan efektif.
4. Kontrol terhadap proses pembentukan dan teknik pengelasan dapat lebih mudah.
5. Dapat mengurangi pekerjaan las ditempat yang tinggi atau tempat yang sempit, sehingga lingkungan dan keselamatan juru las akan lebih terjamin.

Metode blok merupakan perkembangan dari metode seksi yaitu dengan cara menggabungkan beberapa seksi di bengkel produksi perakitan menjadi satu blok atau ring seksi yang besarnya blok disesuaikan dengan kapasitas alat angkat dan angkut yang dimiliki oleh galangan.

Untuk menggabungkan blok satu dengan yang lainnya dilakukan dengan menggunakan proses las SMAW dan apabila menghendaki kecepatan yang tinggi dapat menggunakan proses las GMAW atau FCAW.

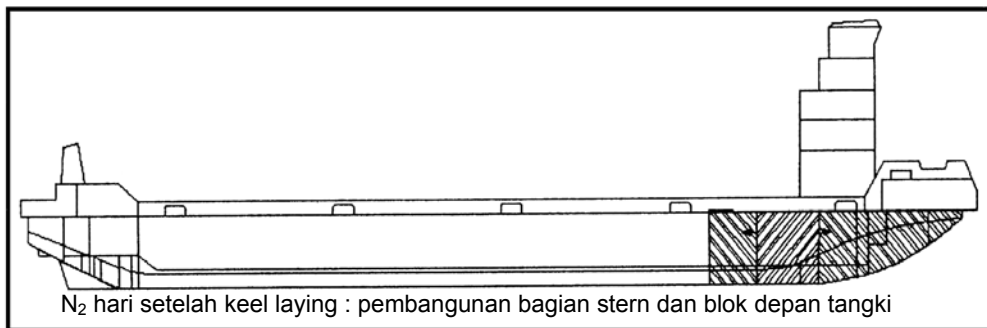
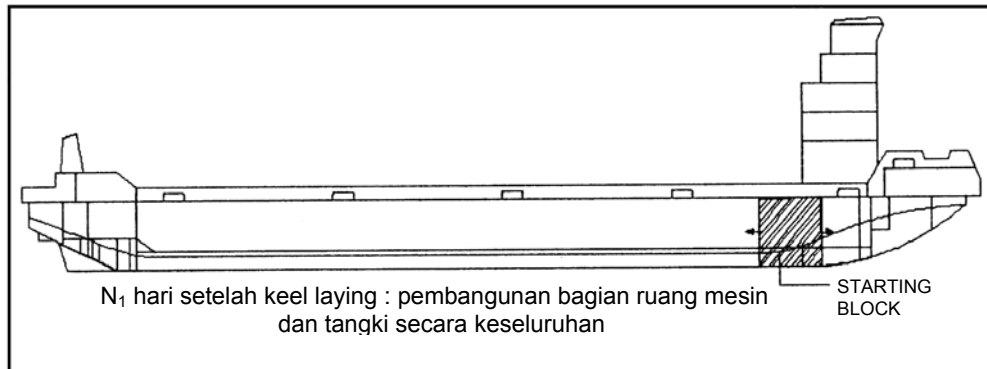
Besarnya kapal yang dibangun mempengaruhi tebalnya pelat yang digunakan sehingga proses pengisian kampuh las makin besar pula, untuk itu proses las semi otomatis GMAW atau FCAW sangat membantu dalam percepatan pengelasan.

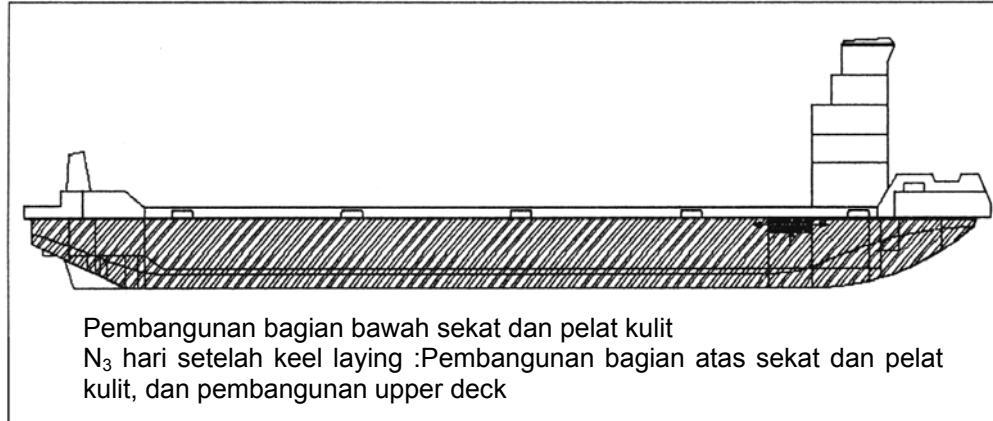
Pembangunan dengan metode blok ini pada prinsipnya adalah :

1. Penggabungan blok yang lengkap yang terdiri atas lambung, sekat dan geladak yang sebelumnya dikerjakan di bengkel produksi perakitan (assembly).
2. Pada saat di landasan pembangunan dilakukan penyambungan blok-blok yang telah membentuk ring seksi menjadi bentuk badan kapal yang berupa grand assembly atau erection. Penurunan blok disambung pada dok kolam (graving dock).

Bentuk blok dan kelengkapannya dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) macam yaitu :

1. Blok biasa (Ordinary Block) yaitu bentuk blok yang belum dilengkapi dengan outfitting kapal
2. Blok setengah lengkap (Semi Outfitting Block) yaitu bentuk blok yang telah sebagian dilengkapi dengan outfitting berupa sistem perpipaan induk.
3. Blok outfitting penuh (Full Outfitting Block System) yaitu bentuk blok yang telah dilengkapi dengan seluruh outfitting yang sifatnya permanen dan dapat terikat secara langsung dengan blok. Bila blok digabung dengan blok yang lain maka sistem yang ada di dalam blok harus tersambung pula, untuk itu toleransi ukuran yang ada harus diperhatikan dengan benar.





**Gambar IV.6 Penyusunan badan kapal dengan metode blok**

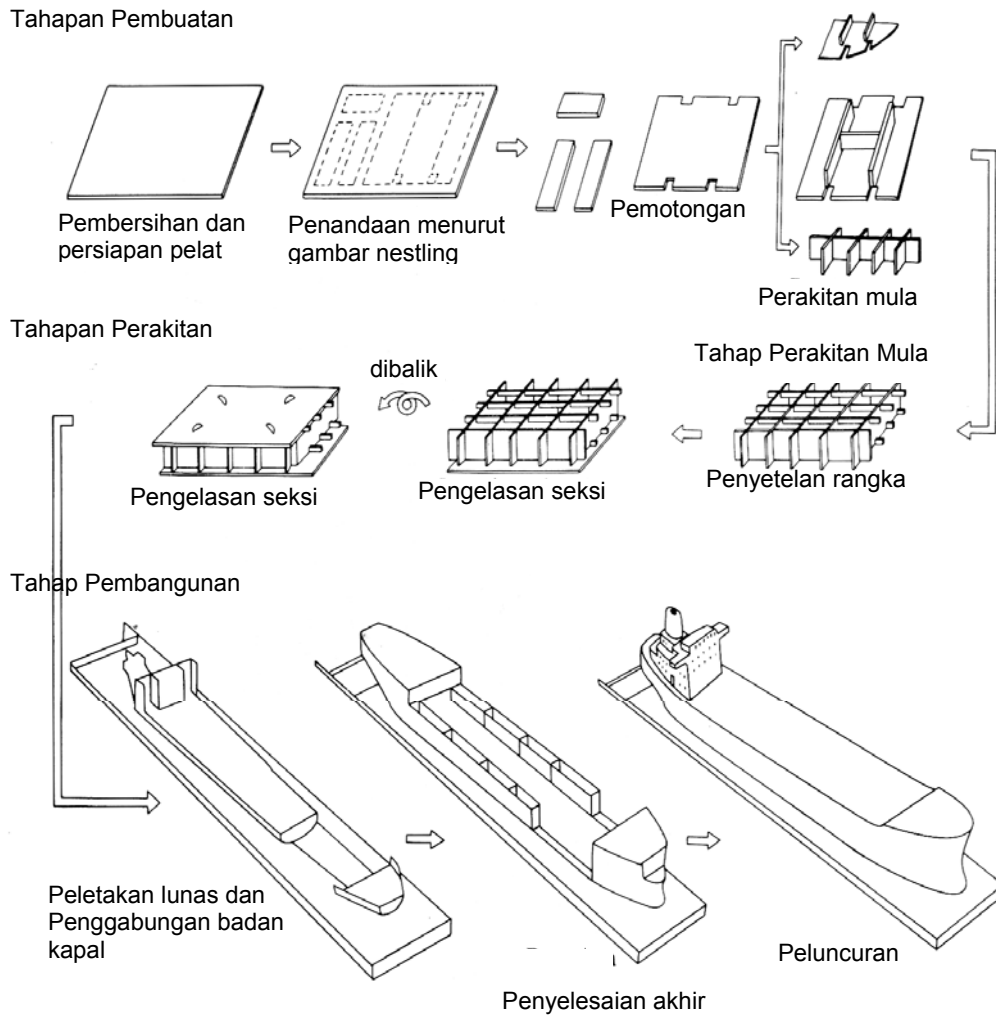
#### IV.1.1.3. Alur Proses Pembangunan Kapal

Dalam pembangunan kapal baja dikenal alur proses yang bertahap dimana tahap satu dengan yang berikutnya selalu ada kaitannya, untuk itu proses demi proses harus dilakukan dengan teliti agar pada tahap proses berikutnya tidak mengalami kesukaran akibat kesalahan dalam penyetelan (fitting) maupun kesalahan dalam pengelasan (welding).

Kombinasi antara penyetelan dan pengelasan dari tahap ke tahap mempunyai sifat dan karakteristik pekerjaan dan jenis pengelasan maupun proses pengelasannya yang berbeda, untuk itu perlu mengikuti tahapan pembuatan konstruksi dan tahapan pembangunan bagian kapal yang lebih besar (seksi dan blok). Proses pembuatan kapal secara umum dapat dilihat pada gambar IV.7.

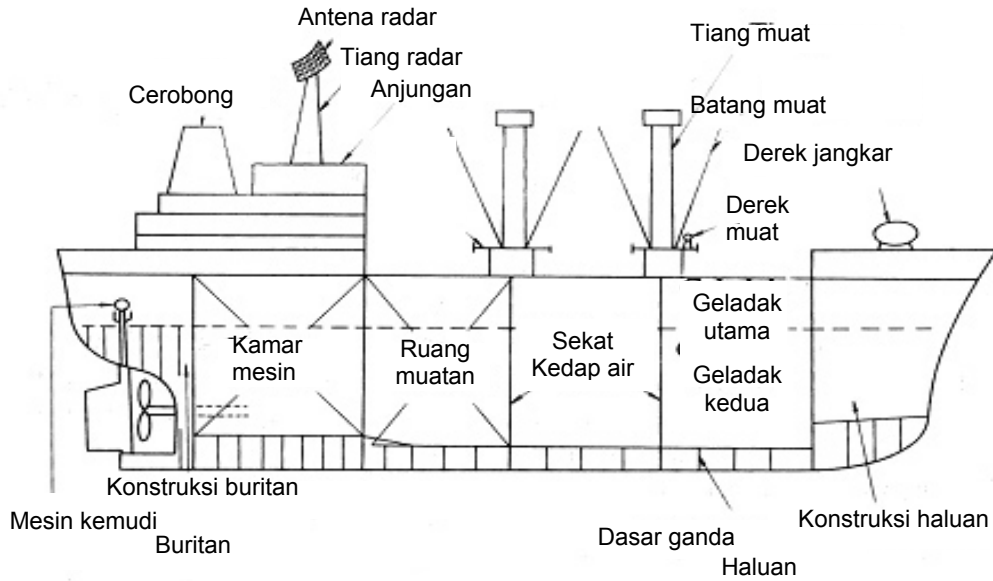
Alur proses pembangunan kapal dapat ditentukan menurut metode pembangunan kapal yang digunakan dimana proses awal pekerjaan berupa pemotongan dan perkitan kecil yang disebut dengan **proses fabrikasi**, dilanjutkan dengan proses perakitan blok kecil yang disebut dengan **proses Sub-Assembly** dan selanjutnya dilakukan penggabungan blok –blok kecil menjadi yang lebih besar dinamakan proses Assembly serta penggabungan blok menjadi badan kapal yang disebut dengan proses grand Assembly atau proses penurunan ke graving dok yang disebut proses erection. Dari setiap proses yang dilakukan penggabungannya menggunakan proses pengelasan SAW, SMAW, FCAW / GMAW dengan posisi pengelasan yang bervariasi mulai dari 1G, 2G, 3G dan 4G tergantung keberadaan dan posisi komponen kapal yang dikerjakan.

Untuk dapat mengenal urutan proses pembangunan kapal dapat dilihat pada gambar IV.7 dimana tahap pembuatan dapat disamakan dengan proses fabrikasi, tahap perakitan dapat disamakan dengan proses Sub- Assembly maupun Assembly sedangkan tahap pembangun dapat disamakan dengan proses Grant Assembly maupun proses Erection.

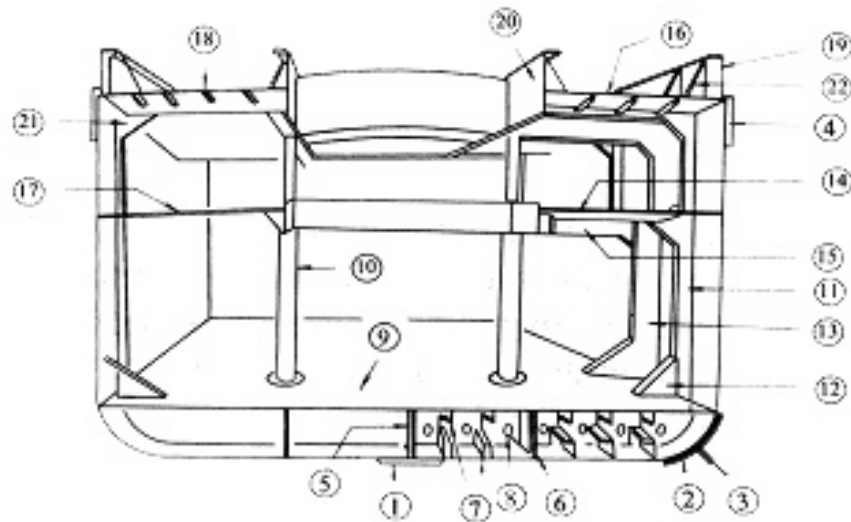


**Gambar IV.7 Tahapan proses pembangunan kapal**

Untuk kapal yang telah dibangun menghasilkan bentuk yang utuh, dimana peran juru las harus dapat membaca gambar konstruksi maupun mengenal bagina – bagian kapal yang akan dilas seperti yang tertera pada Gambar IV.8 dan IV.9.



**Gambar IV.8 Susunan umum kapal barang**



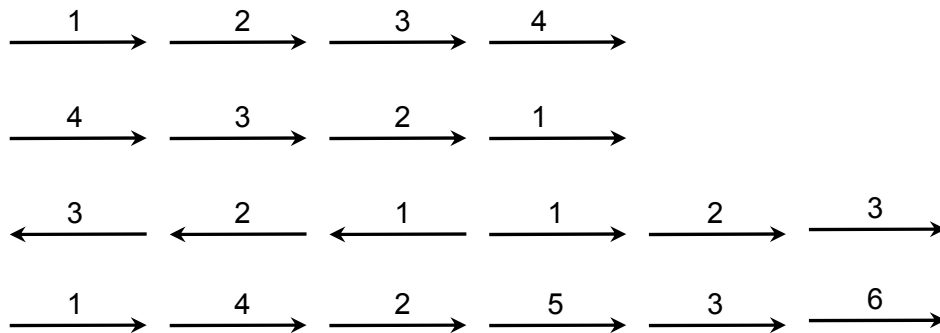
- |                    |                         |                           |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. Lunas           | 9. Atas tangki          | 17. Geladak kedua         |
| 2. Lajur bilga     | 10. Tiang ruang muatan  | 18. Geladak utama         |
| 3. Lunas bilga     | 11. Rangka              | 19. Pagar lambung         |
| 4. Pembujur atas   | 12. Siku samping tangki | 20. Ambang palka          |
| 5. Gelagar tengah  | 13. Rangka utama        | 21. Siku                  |
| 6. Gelagar samping | 14. Balok geladak       | 22. Penahan pagar lambung |
| 7. Pembujur dasar  | 15. Balok geladak utama |                           |
| 8. Lantai          | 16. Pembujur geladak    |                           |

**Gambar IV.9 Penampang tengah dari lambung kapal**

#### IV.1.1.4. Urutan pengelasan pada konstruksi kapal

Untuk mengetahui urutan pengelasan suatu konstruksi kapal terlebih dahulu perlu diketahui bagian dari konstruksi apa dan dimana konstruksi tersebut ditempatkan sehingga juru las dapat melihat dari gambar kerja yang harus dilas serta prosedurnya.

Pekerjaan pengelasan kapal mempunyai peran dan pengaruh terhadap ketelitian akurasi dimensi struktur perakitan, hal ini diakibatkan oleh pengaruh perlakuan panas akibat pekerjaan pengelasan. Masalah ini tak mungkin kita hindari, tetapi dengan perencanaan dan persiapan pengelasan yang tepat terhadap metode dan prosedur pengelasannya, kita dapat memperkecil pengaruh panas terhadap penyimpangan akurasi dimensi struktur kapal. Akibat perlakuan panas pengelasan pada material menyebabkan penyusutan memanjang dan penyusutan melintang serta angular distorsi, sehingga pengurangan penyusutan perlu diusahakan dengan cara mengikuti prosedur urutan pengelasan secara umum, seperti yang ditunjukkan pada gambar IV.10.



**Gambar IV.10 Gambar urutan pengelasan**

Dari urutan pengelasan atau urutan deposit dapat diuraikan maksud dan tujuan dari setiap metode yaitu :

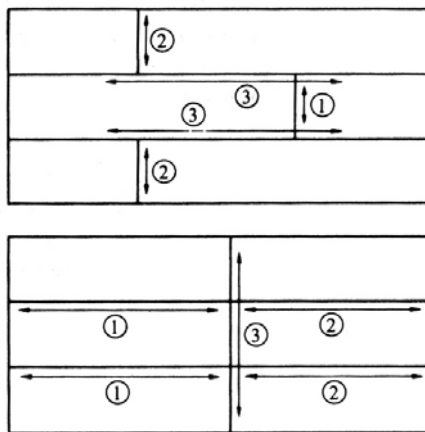
1. Metode pengelasan maju, merupakan metode yang paling efisien dan mudah dikerjakan serta dilakukan secara luas dan umum. Dalam pelaksanaannya pengelasan dimulai dari satu ujung hingga ke ujung lainnya dan biasanya digunakan pada las alur tunggal, urutan ini memberikan efisiensi pengerjaan yang tinggi tetapi akan menyebabkan terjadinya tegangan sisa yang tidak simetri
2. Metode pengelasan mundur, digunakan untuk mengurangi deformasi pengelasan, urutan pengelasan dimulai dari pada beberapa titik dan bergerak pada arah yang berlawanan dengan arah maju pengelasan, sehingga tegangan sisa yang terjadi berbentuk merata serta regangannya rendah. tetapi efisiensinya rendah.



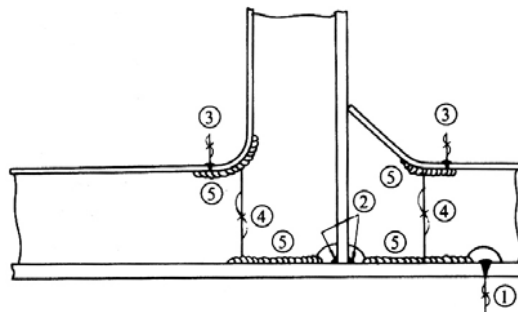
Methode ini awal pengelasan mengikuti kampuh las sebelumnya dan letak titik pengawalannya harus tepat dan harus terpisah dengan bagian akhir sebelumnya karena bila tidak meningkatkan penumpukan titik-titik pengelasan dan menimbulkan kerusakan pada las-lasan.

3. Methode pengelasan simetris, bertujuan untuk mengurangi distorsi pengelasan sehingga methode ini dipakai pada struktur pengelasan yang membutuhkan akurasi akhir dimensinya.
4. Methode urutan loncat, dalam methode ini pengelasan dilakukan secara berselang pada seluruh panjang sambungan las sehingga terjadi residual perubahan bentuk dan tegangan sisa yang merata., sehingga methode ini tak efisien dan banyak menimbulkan cacat las pada tiap permulaan dan akhir lasan.

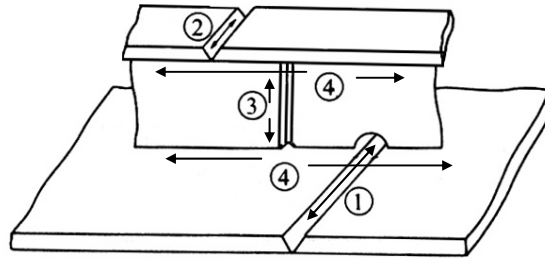
Berikut ditunjukkan beberapa contoh gambar-gambar urutan pengelasan pada bermacam-macam bagian konstruksi kapal.



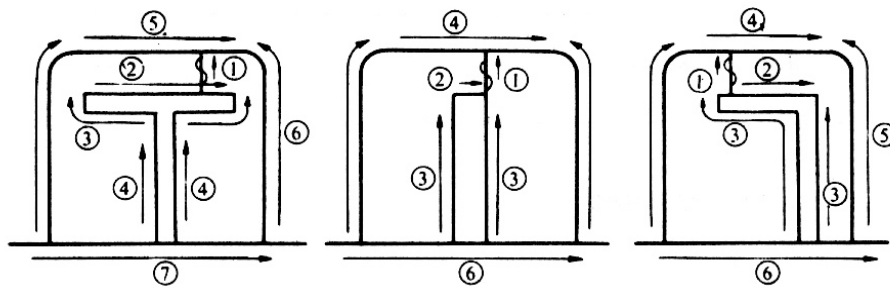
Gambar IV.11 Urutan pengelasan pada penyambungan pelat



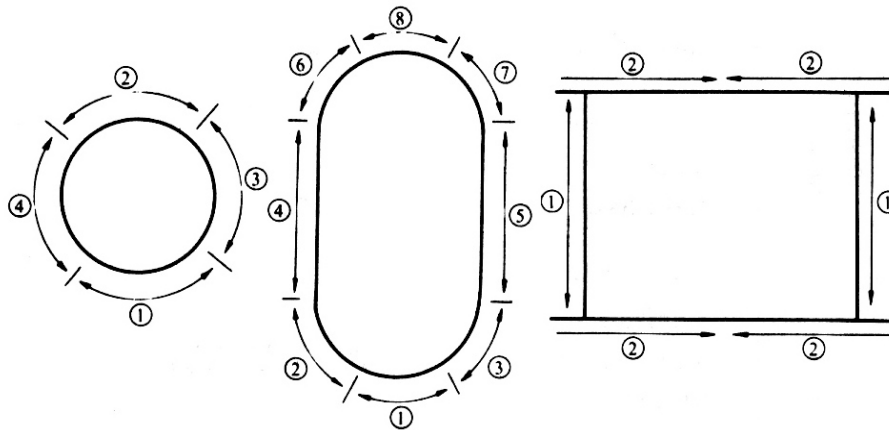
Gambar IV.12 Urutan pengelasan pada penyambungan profil



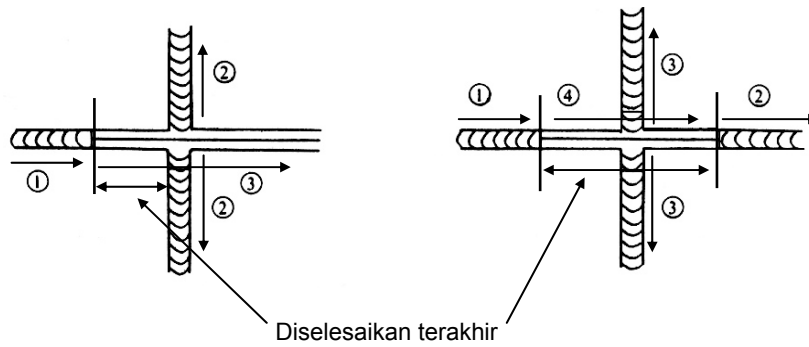
Gambar IV.13 Urutan pengelasan profil terhadap pelat



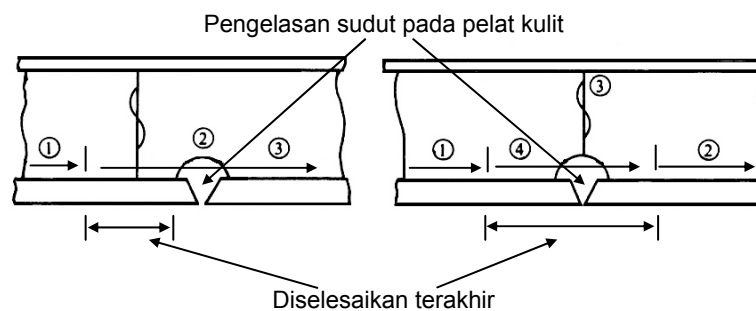
Gambar IV.14 Urutan pengelasan profil menembus pelat



Gambar IV.15 Urutan pengelasan pada pelat hadap



**Gambar IV.16 Sambungan tumpul pada pelat**



**Gambar IV.17 Sambungan campuran antara las tumpul dan las sudut**

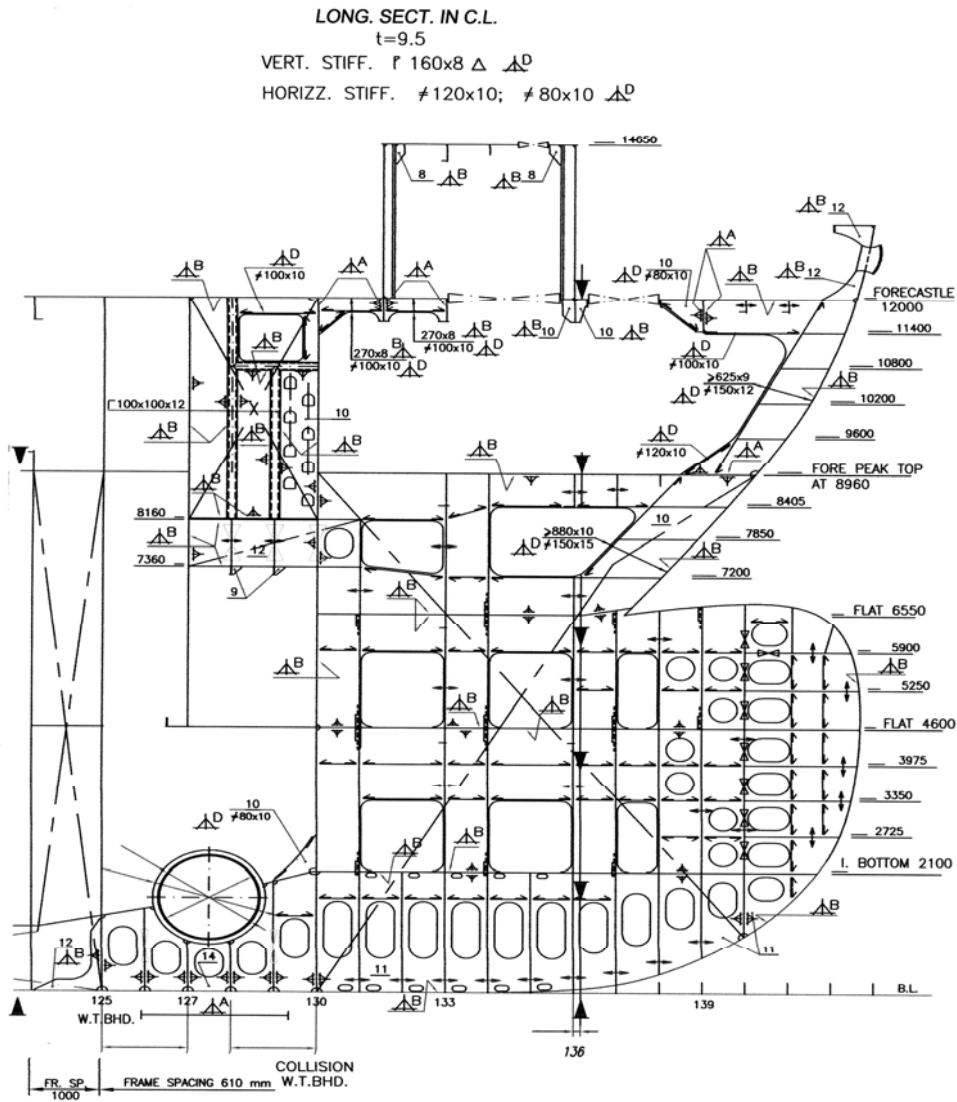
Dari contoh gambar-gambar urutan pengelasan tersebut pada prinsipnya agar deformasi yang terjadi dapat dikurangi dan setelah pengelasan tidak mengakibatkan persoalan baru bagi konstruksi tersebut dan konstruksi disekitarnya akibat pemanasan yang berlebihan. Prosedur urutan pengelasan dapat diaplikasikan pada penyambungan beberapa konstruksi kapal dapat berupa pelat dengan pelat, pelat dengan profil, profil dengan profil dan pelat dengan bilah hadap ( face plate ) dari konstruksi kapal yang ada.

Urutan pengelasan dapat dilakukan dengan mengikuti beberapa dasar pelaksanaan urutan dengan berpedoman pada :

1. Bila dalam satu bidang terdapat banyak sambungan, sebaiknya diusahakan agar penyusutan dalam bidang tersebut tidak terhalang.
2. Sambungan dengan penyusutan yang terbesar dilas terlebih dahulu dan baru sambungan yang penyusutannya lebih kecil.
3. Pengelasan dilakukan sedemikian rupa sehingga mempunyai urutan yang simetris terhadap sumbu netral dari konstruksi agar gaya-gaya kontraksi dalam keadaan berimbang.

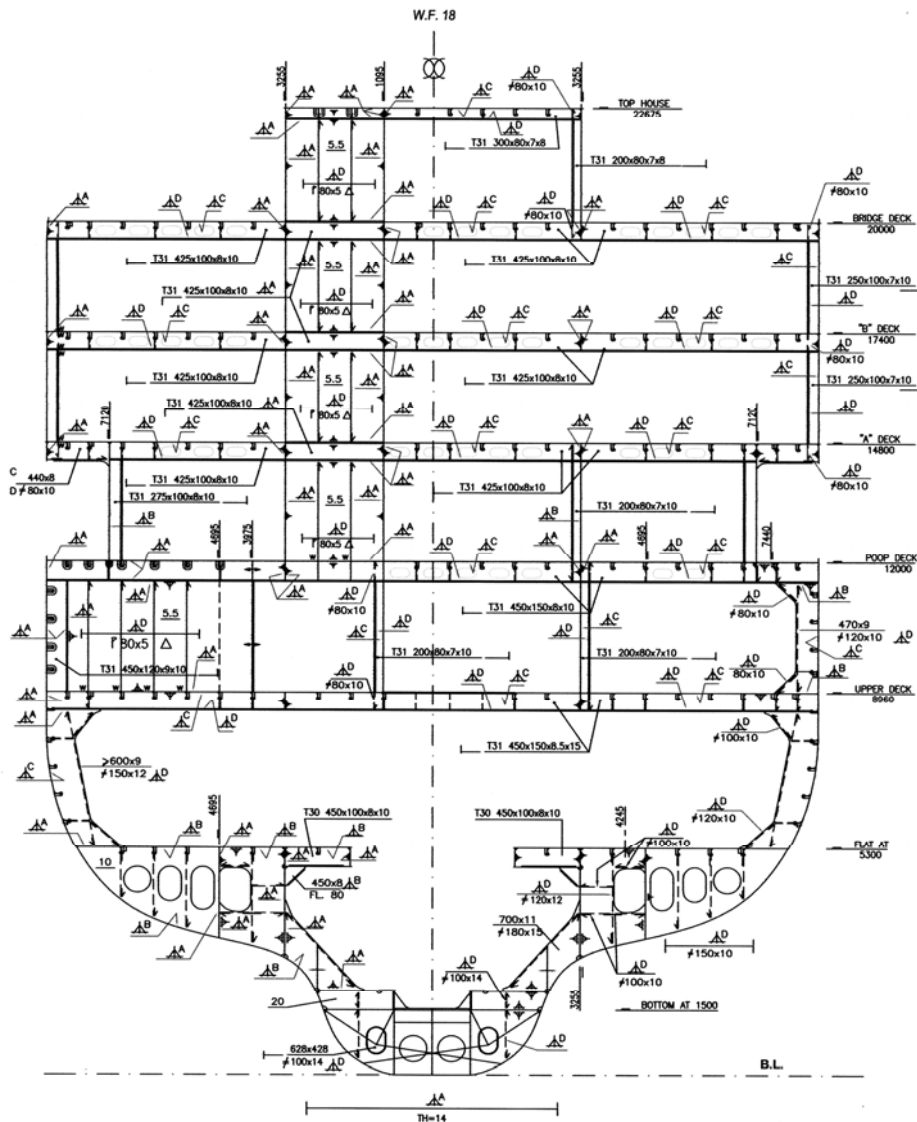
IV.1.2 Konstruksi Penampang Kapal dan Tanda Pengelasan

Kapal dibangun dari gabungan beberapa konstruksi memanjang maupun melintang kapal, dimana konstruksi tersebut dalam penggabungannya satu sama lain menggunakan pengelasan. Pengelasan yang diterapkan menggunakan proses pengelasan, sifat-sifat pengelasan ( proses las yang digunakan, posisi pengelasan dan bentuk sambungannya ) yang berbeda. Untuk mengetahui lebih lanjut apa yang akan dilas terlebih dahulu perlu diketahui nama-nama bagian kapal pada penampang memanjang kapal dan tanda pengelasannya, seperti gambar IV.18 dibawah ini.

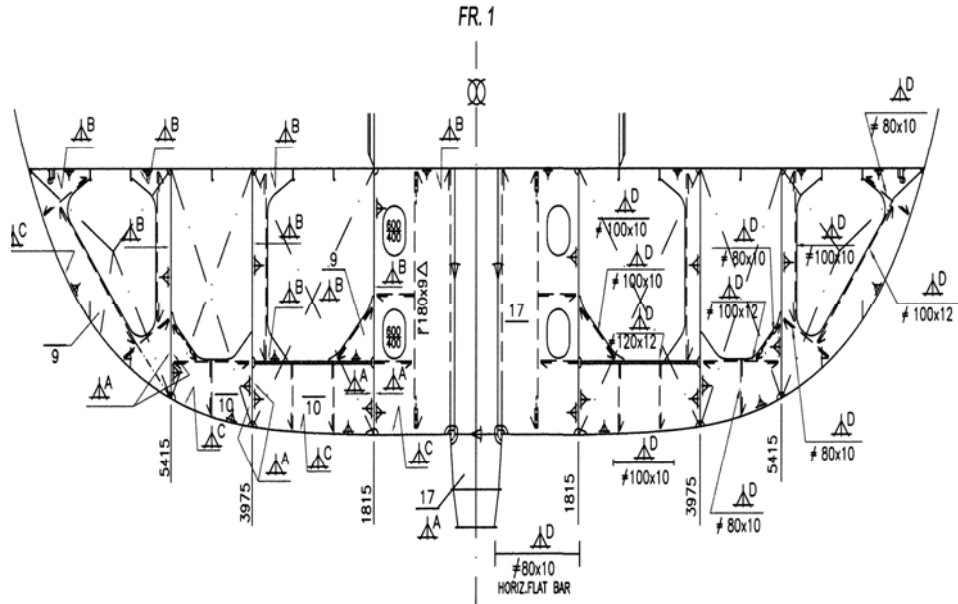


Gambar IV.18 Penampang konstruksi Bagian Depan Kapal

Selain konstruksi memanjang kapal dikenal pula konstruksi melintang kapal untuk mengetahui bagian-bagian kapal yang tidak tampak pada konstruksi memanjang, sehingga dapat diketahui pula jenis pengelasan yang digunakan untuk menggabungkan antar konstruksinya. Dengan menampakan penampang melintang kapal maka akan dapat diketahui sistim konstruksi yang diterapkan pada kapal tersebut seperti sistim konstruksi melintang (untuk kapal kecil) , sistim konstruksi memanjang (kapal ukuran sedang) dan untuk kapal besar biasa menggunakan sistim konstruksi kombinasi dimana konstruksi tersusun atas sistim konstruksi melintang dan memanjang.



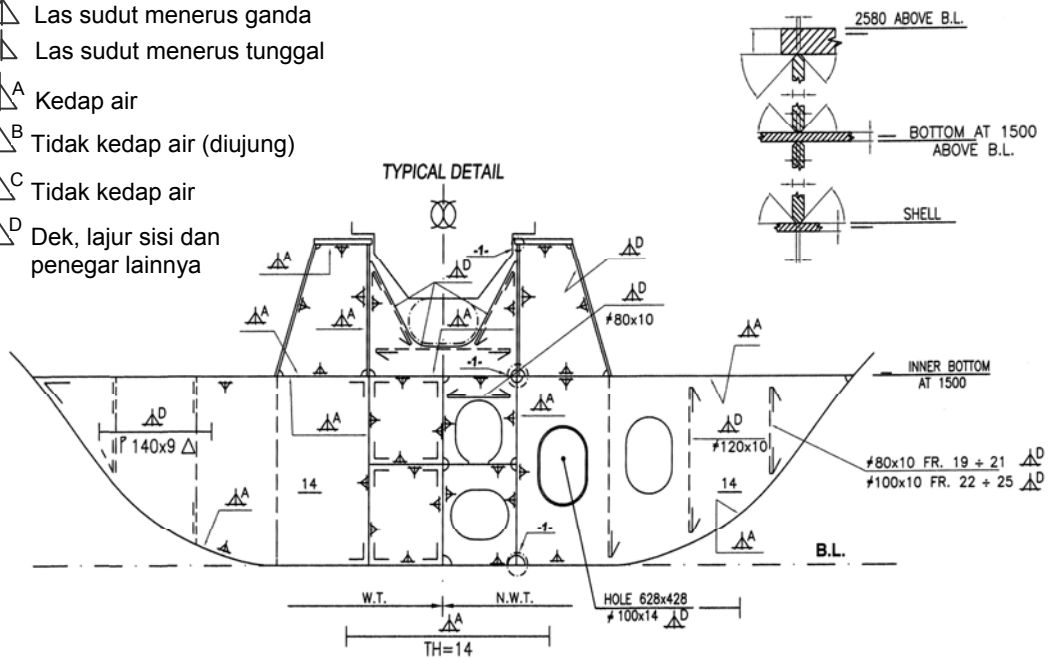
Gambar IV.19 PenampangKonstruksi melintang tengah kapal



Gambar IV.20 Penampang Konstruksi Dasar Kapal

Keterangan Symbol :

- Las sudut menerus ganda
- Las sudut menerus tunggal
- Kedap air
- Tidak kedap air (diujung)
- Tidak kedap air
- Dek, lajur sisi dan penegar lainnya

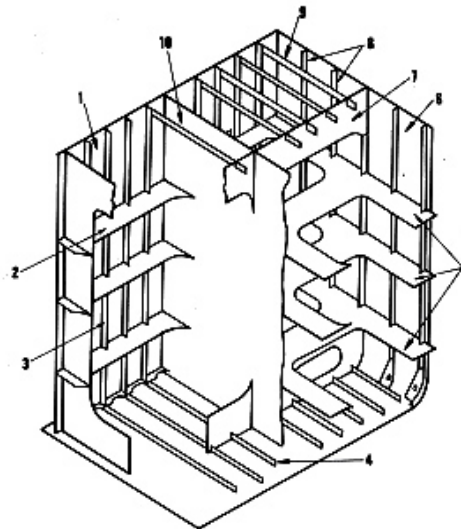


Gambar IV.21 Penampang Konstruksi Pondasi Mesin

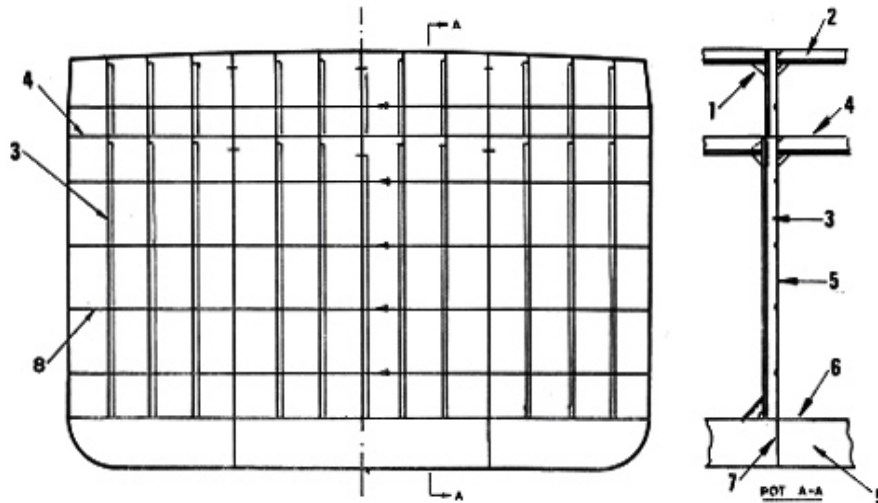
**IV.1.3 Nama-nama Bagian dari Konstruksi Kapal**

Untuk lebih mengenal proses pengelasan pada badan kapal maka perlu mengenal nama-nama bagian konstruksi kapal yang ada.

1. Sekat melintang
2. Senta sekat
3. Penegar sekat
4. Pembujur alas
5. Senta sisi
6. Pelat lambung
7. Pelintang geladak
8. Gading
9. Pembujur geladak
10. Sekat memanjang

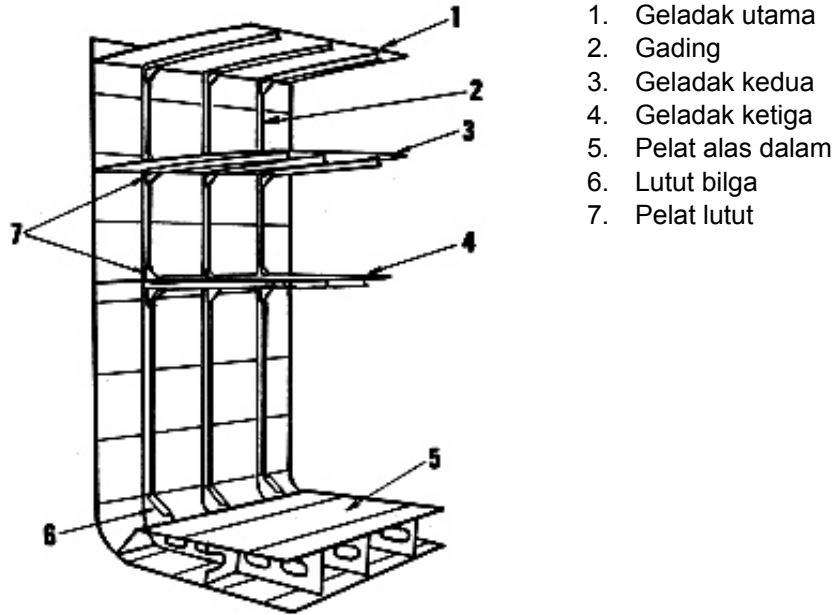


**Gambar IV.22 Sistem Konstruksi Kombinasi**

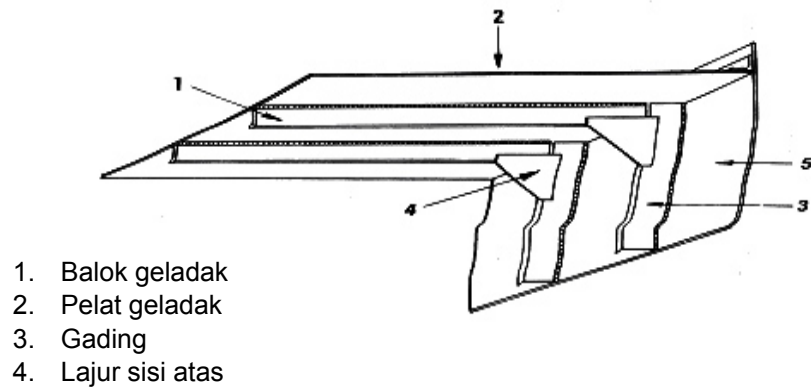


- |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| 1. Lutut           | 6. Dasar ganda           |
| 2. Penumpu geladak | 7. Wrang kedap air       |
| 3. Penegar sekat   | 8. Sambungan pelat sekat |
| 4. Geladak kedua   | 9. Penumpu samping       |
| 5. Sekat kedap air |                          |

**Gambar IV.23 Konstruksi sekat kedap air**

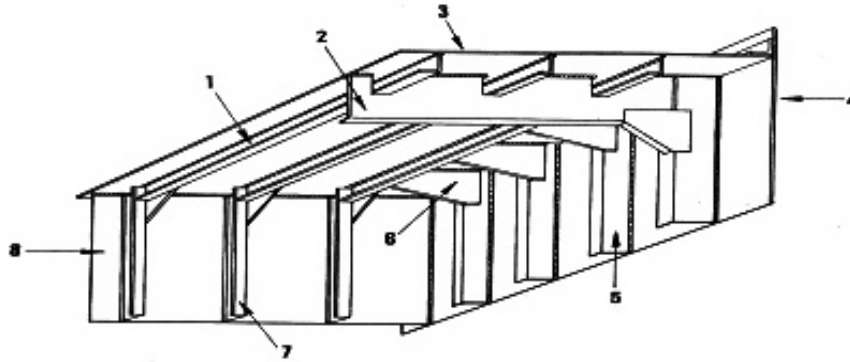


Gambar IV.24 Konstruksi Dasar, Geladak dan Kulit



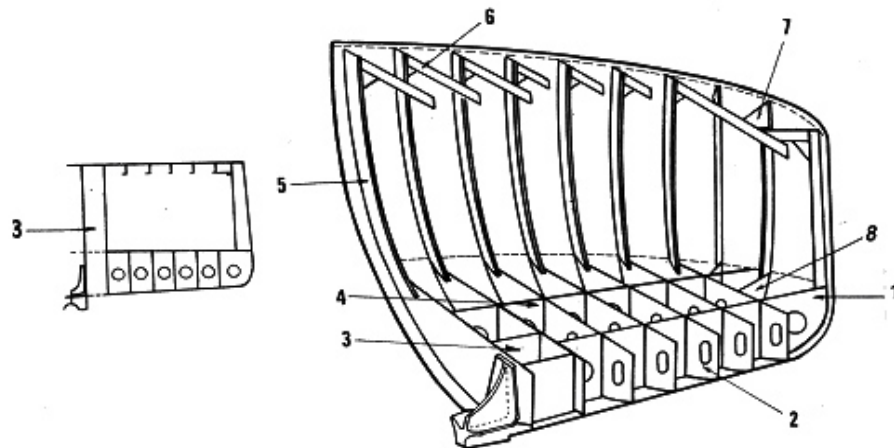
Gambar IV.25 Hubungan balok geladak dengan gading





- |                     |                    |                      |
|---------------------|--------------------|----------------------|
| 1. Pembujur geladak | 4. Lajur sisi atas | 7. Penegar           |
| 2. Pelintang        | 5. Gading          | 8. Dinding kedap air |
| 3. Pelat geladak    | 6. Lutut           |                      |

**Gambar IV. 26 Susunan konstruksi geladak dengan penyangganya**



- |                                |                    |                |
|--------------------------------|--------------------|----------------|
| 1. Penumpu tengah              | 4. Penumpu samping | 7. Pelat lutut |
| 2. Wrang ceruk                 | 5. Gading ceruk    | 8. Pelat lutut |
| 3. Selubung kotak poros kemudi | 6. Balok geladak   |                |

**Gambar IV.27 Konstruksi ceruk buritan bentuk lengkung**

## IV.2. PERSYARATAN KLASIFIKASI

### IV.2.1. Badan Klasifikasi

Untuk las pada kapal diperlukan persyaratan – persyaratan yang diatur oleh Badan Klasifikasi dimana kapal tersebut dikelaskan (dibangun atas pengawasan suatu badan klasifikasi), Badan Klasifikasi tersebut diantaranya antara lain :

1. Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), Indonesia
2. Nippon Kaiji Kyokai (NKK), Jepang
3. Germanischer Lloyd (GL), Jerman
4. Llyod Register (LR), Inggris
5. American Bureau of Shipping (ABS), Amerika
6. Bureau Veritas ( BV ) , Perancis
7. Ded Norske Veritas ( DNV ), Norwegia
8. Dan lain – lain dimana hampir setiap negara yang maju mempunyai badan klasifikasi sebagai institusi yang mewakili negaranya.

Peraturan oleh Badan Klasifikasi dipakai untuk memeriksa kelayakan dari konstruksi kapal, perlengkapan kapal, material dan tak kalah pentingnya adalah pengelasannya. Peraturan las diperuntukkan bagi perusahaan – perusahaan yang melaksanakan pekerjaan kapal dengan metode las sebagai penyambungannya. Demikian pula proses pengelasan maupun elektrode yang digunakan harus mendapat persetujuan dari Badan Klasifikasi ,serta juru las dan ahli las harus diuji sesuai dengan peraturan Badan Klasifikasi yang mengawasinya.

Untuk dapat melakukan pengelasan sesuai dengan persyaratan dan prosedur pengelasan, seorang juru las harus mengetahui gambar dan standar kerja pengelasan sesuai dengan peraturan tentang klasifikasi dan konstruksi serta gambar kerja atau standar kerja yang berisi tentang perencanaan dan jenis sambungan las yang disetujui oleh Badan Klasifikasi sebelum pekerjaan pengelasan dimulai. Untuk pekerjaan pengelasan yang khusus, proses pengelasan, bahan pengisi las dan struktur serta perlakuan setelah dilas harus dilaporkan kepada Biro Klasifikasi yang mengawasinya

Badan klasifikasi tidak membenarkan suatu produksi pengelasan dilaksanakan sebelum prosedur pengelasan ( welding procedure ) yang akan digunakan diuji dan lulus atau sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan sesuai kapal yang akan dibangun. Juru las dan operator las yang telah diuji dan lulus sesuai peraturan / perundang-undangan dari code, standar maupun badan klasifikasi kapal yang dapat diperbolehkan melakukan pengelasan konstruksi utama kapal.

Pada prinsipnya peraturan klasifikasi untuk las kapal mempunyai tujuan untuk mengatur penggunaan teknologi las pada pekerjaan konstruksi kapal secara efisien dalam arti dengan material yang minim didapat kekuatan yang maksimal.

Sangat dianjurkan sejak disain konstruksi, penyiapan pekerjaan, pelaksanaan pekerjaan, koreksi terhadap kesalahan pekerjaan agar diusahakan tidak menyimpang dari peraturan klasifikasi yang dianut, sehingga secara keseluruhan diharapkan akan didapat suatu rekayasa konstruksi yang efisien, kuat dan murah.

Semua pekerjaan pengelasan yang akan melibatkan klasifikasi terlebih dahulu pihak perencana pembangunan diwajibkan untuk menyerahkan welding detail dan welding procedure yang berupa gambar-gambar berisi detail semua sambungan las dari konstruksi pokok (main structural) beserta tipe dan ukuran las termasuk sambungan dengan konstruksi bahan baja tuang, berikut prosedur perbaikan atau koreksi terhadap kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi.

Data-data yang harus dicantumkan didalam detail pengelasan (welding detail) dan prosedur pengelasan (welding procedure) diantaranya :

1. Apakah ukuran las dinyatakan dalam tebal leher (throat thicknesses) atau dengan panjang kaki (leg length).
2. Grade dan tebal dari material yang akan dilas.
3. Lokasi dan tipe sambungan
4. Referensi dari prosedur pengelasan yang dianut.
5. Urutan pengelasan dari sambungan pada proses assembly dan sambungan pada proses erection

#### IV.2.2 Peraturan Las Lambung Kapal

Peraturan ini dipakai untuk mengelas sambungan pada bangunan kapal seperti misalnya lambung, bangunan atas, tutup palka, perlengkapannya dan sebagainya.

Dalam batas berlakunya peraturan las lambung, perusahaan yang melaksanakan pekerjaan las demikian pula proses pengelasan maupun elektrode yang digunakan harus mendapat persetujuan dari badan klasifikasi, juru las dan ahli las harus diuji sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk dapat diakui oleh Badan Klasifikasi.

Struktur detail dari perencanaan las demikian pula proses pengelasan dan bahan pengisi yang secara khusus harus disetujui Badan Klasifikasi adalah proses pengelasan pada baja dengan kekuatan tarik tinggi.

Sesuai dengan peraturan tentang klasifikasi dan konstruksi, gambar kerja atau standart kerja yang berisi seluk beluk perencanaan dan tipe sambungan las harus disetujui Badan Klasifikasi, sebelum pekerjaan las dimulai.

Dalam hal-hal yang luar biasa (misalnya bahan-bahan khusus) proses pengelasan dan bahan-bahan pengisi las demikian pula mengenai struktur dan dimana perlu perlakuan setelah dilas dari las-lasan, harus diberitahukan pula kepada badan klasifikasi.

Bilamana bahan-bahan, persiapan kampuh-kampuh las, proses pengelasan, bahan - bahan pengisi, urutan pengelasan dan pengujian yang menurut kebiasaan dalam praktek pembangunan kapal dipenuhi seperti halnya peraturan-peraturan dan syarat - syarat pengujian dari Badan Klasifikasi, maka bila akan diadakan pembangunan kapal baru yang tidak mempunyai perbedaan daerah berlayar dengan proses pengelasan yang sama dari sebelumnya maka tidak ada hal - hal yang istimewa yang perlu dilengkapi lagi dengan kata lain persyaratan tersebut dapat dipergunakan untuk proses pengelasan yang baru.

### **IV.2.3 Pengakuan kepada Galangan Kapal**

#### **IV.2.3.1 Permohonan mendapatkan pengakuan**

Permohonan mendapatkan pengakuan untuk pengerjaan pengelasan kapal dalam batasan peraturan - peraturan badan klasifikasi, galangan kapal atau bengkel yang bersangkutan harus diakui oleh badan klasifikasi. Untuk badan klasifikasi dari Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) permohonan mendapatkan pengakuan ditujukan ke kantor pusat bersama dengan memberitahu pula surveyor yang berwenang, dan harus memuat detail-detail sebagai berikut : Proses pengelasan, bahan-bahan pengisi las, posisi-posisi pengelasan. Perlengkapan bengkel, sumber arus listrik pengelasan, juru las (jumlah, pelatihannya, ujian ujian). pengawas pengelasan, Fasilitas- pengelasan : las-lasan ( bahan, tebal pelat, jenis baja ) serta pekerjaan lain yang pernah dilaksanakan.

Sebelum menggunakan proses pengelasan yang khusus (misal pengelasan vertikal turun, pengelasan bahan bangunan kapal berkekuatan tarik tinggi dan bahan-bahan khusus seperti baja bangunan khusus, bahan paduan aluminium) harus dibuatkan permohonan untuk pengujian .

Berlakunya pengakuan dari BKI untuk pengelasan akan berlaku untuk jenis proses dan bahan - bahannya yang bersangkutan dan umumnya akan berlaku untuk waktu yang tidak ditentukan kecuali persyaratan yang khusus bagi juru las yang telah diuji dan pengawas las yang mengakibatkan dapat berubahnya pengakuan yang diberikan oleh Biro Klasifikasi Indonesia ( BKI ).

Semua peraturan-peraturan yang berhubungan dengan pengakuan perusahaan/ bengkel oleh BKI berlaku bagi setiap perusahaan/ bengkel. Anak atau cabang perusahaan/ bengkel dan subkontraktor yang bebas, harus diakui/diuji terpisah untuk pengelasan bagian-bagian struktural yang dikenai oleh peraturan BKI.

Pengakuan yang telah diberikan untuk pengelasan baja bangunan ( steel structures ) atau bejana ukur, dapat diakui BKI dengan dasar pengakuan setelah dokumen yang diserahkan telah diperiksa dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya

#### **IV.2.3.2. Fasilitas-fasilitas bengkel dan perlengkapan**

Pekerjaan-pekerjaan yang menggunakan proses pengelasan dimaksud haruslah mempunyai perbengkelan yang cocok, tempat-tempat menyimpan elektrode, mesin-mesin, sumber-sumber arus listrik untuk mengelas, mesin-mesin las dan perlengkapannya, perlengkapan-perengkapan kapal dan proteksi yang memadai terhadap pengaruh udara. Untuk yang demikian BKI akan menginspeksi perlengkapan bengkel dan peralatan-peralatannya.

Apabila perusahaan bengkel tidak mempunyai perlengkapan-perengkapan sendiri untuk pengujian pengelasan yang dibutuhkan sesuai peraturan BKI, maka BKI harus diberitahu dengan pasti tempat-tempat untuk melaksanakan pengujian tersebut dan untuk mempertahankan berlakunya pengakuan, perusahaan-perusahaan bengkel harus menjalankan pemeliharaan-pemeliharaan yang sehubungan dengan fasilitas-fasilitas / perlengkapan perbengkelan yang ada bila pengakuan BKI telah diberikan.

### **IV.2 4 Rancangan Sambungan Las**

#### **IV.2.4.1 Gambar, urutan las dan posisi las**

Tipe dan ukuran las harus ditunjukkan digambar, juga proses las dan bahan las maupun struktur, dan jika perlu perlakuan paska pengelasan. Lambang-lambang yang menggambarkan sambungan las harus dijelaskan kecuali jika dipakai lambang dan istilah menurut standart NI ( Normalisasi Indonesia ).

Dalam taraf rancangan sambungan-sambungan las harus dirancang sedemikian rupa hingga mudah dicapai untuk operasi las dan memungkinkan penggunaan urutan dan posisi las yang paling menguntungkan. Sambungan las dan urutan las harus dirancang sedemikian rupa hingga tegangan sisa diminimalkan.

Jarak yang kecil antar sambungan –sambungan las dan pemusatan setempat dari las haruslah dihindari. Sambungan-sambungan las yang sejajar harus berjarak sedikitnya 250 mm satu sama lain dalam hal las tumpul dan sedikitnya 50 mm satu sama lain dalam hal las sudut. Jika las sudut memotong las lain, pada umumnya las sudut harus dihentikan pada suatu jarak dari las lain itu, dan harus ada skalop. Jika las sudut memotong las las tumpul yang telah selesai dan yang telah dibuat rata dengan pelat ditempat pemotongan, maka las sudut boleh dilas terus tanpa skalop.

#### **IV.2.4.2 Detail konstruksi las**

Pada bagian konstruksi utama dan bagian konstruksi lainnya yang penting, tepi-tepi bebasnya dan pelat hadap harus bebas dari efek takik yang dikarenakan bagian-bagian yang dilaskan. Untuk pengelasan pada pelat tepi teratas / lajur atas ( Sheer strake ). Sambungan las tumpul tak boleh ada pada perpatahan pelat hadap.

Untuk keperluan penyambungan pelat atau bagian konstruksi yang ber dinding tipis pada benda yang cukup atau dari baja tempa , maka pada benda itu haruslah diberikan penirusan (tapering) yang cukup atau flens pengelasan yang dituang atau ditempa dan sambungan las yang kebesaran harus dihindari.

#### **IV.2.4.3 Sambungan Las Tumpul**

##### **1. Persiapan Tepi untuk Las Tangan**

Persiapan tepi untuk sambungan las tumpul (butt joint) ditentukan oleh bahan, proses las yang dipakai dan tebal pelat.

Untuk tebal sampai dengan 5 mm boleh dipakai las tumpul siku (yang dilas dari kedua sisinya). Lebar celah haruslah kurang lebih setengah tebal pelat.

Jika tebal pelat antara 5 dan 16 mm harus dipakai sambungan tumpul V tunggal atau sambungan tumpul Y. Sudut antara bidang-bidang permukaan lebur harus kurang lebih 60°, lebar celah kurang lebih 2 mm dan dalam permukaan-permukaan akar sambungan tumpul Y kurang lebih 2 mm.

Jika tebal pelat lebih dari 16 mm, boleh dipakai sambungan tumpul V tunggal atau sambungan Y atau sambungan tumpul V ganda (sambungan tumpul 2/3 X), dengan sudut yang dilingkupi, lebar celah,

dan dalam permukaan-permukaan akar seperti yang ditentukan untuk sambungan tumpul V tunggal atau Y.

Sambungan tumpul U juga boleh dipakai dalam hal tebal pelat yang lebih besar. Sudut yang dilingkupi harus kurang lebih  $10^\circ$ , lebar celah tak lebih dari 2 mm dan dalam permukaan-permukaan akar kurang lebih 3 mm.

Untuk semua sambungan las tumpul, akar harus dipotong di belakang, dan harus dilaskan sedikitnya satu jalan penutup belakang. Jika kesulitan mencapai membuat tak mungkin melakukan pengelasan dari kedua sisi, sambungan penuh dari penampang yang bersangkutan haruslah dijamin oleh pengelasan sambungan dari satu sisi, celah akar harus diperbesar dan sudut yang dilingkupi diperkecil. Untuk keperluan ini bilah baja datar harus ditempatkan dibelakang dan dipasang pada satu tepi dengan mengelaskannya sebelum pengelasan sambungan dilakukan.

## **2. Persiapan Tepi untuk Las Otomatis**

Persiapan harus sesuai dengan tebal pelat, proses las yang bersangkutan dan posisi las yang dimaksudkan untuk dipakai, dan harus telah disetujui dalam hubungannya dengan prosedur pengujian. Untuk las busur terendam atau las dengan kawat las lilit anyam seperti biasanya dipergunakan di galangan kapal, dan pada umumnya tidak disyaratkan pengujian prosedur, maupun untuk las busur berpelindung gas, persiapan tepinya harus sesuai dengan standar DIN atau peraturan yang setaraf.

Dalam semua proses las otomatis, akar harus dipotong dibelakang dan harus dilaskan sekurang-kurangnya satu jalan penutup belakang, seperti halnya dalam las tangan.

## **3. Sambungan dengan Tebal Pelat yang Berbeda**

Jika pada sambungan las tumpul perbedaan tebal pelat lebih dari seperempat tebal pelat yang lebih kecil dan lebih dari 3 mm dianjurkan untuk mentiruskan tepi pelat yang lebih tebal dalam perbandingan 1 : 3.

Pentirusan ini diharuskan pada bagian konstruksi utama, terutama pada penguatan di pelat lutut dan di geladak. Kekuatan pada ujung bangunan atas dan pada sudut lubang palka pada geladak kekuatan.

## **4. Sambungan Silang dan T yang dilas**

Las tumpul boleh dipergunakan untuk sambungan T dan silang (seperti sambungan pada senta geladak lajur atas), persiapan tepinya berupa sambungan tumpul miring tunggal (sambungan tumpul  $\frac{1}{2}$  V tunggal), sambungan tumpul miring ganda (tipe K), atau sambungan

tumpul miring ganda tak simetris (tipe 2/3 K) dengan sudut yang dilingkupi  $45^{\circ}$  sampai  $60^{\circ}$  dan lebar celahnya sampai dengan 3 mm.



**IV.2.4.4 Sambungan Las Sudut**

**1. Susunan dan Ukuran Las Sudut**

Pada prinsipnya, las sudut harus diterapkan pada kedua sisi bagian-bagian yang bersinggungan. Jika las sudut menerus sebagai pengganti las sudut terputus, maka nilai yang diberikan dalam kolom 2 sampai kolom 4 boleh dikurangi dengan hanya 60 persen dari perbedaan tebal tenggorokan yang dihitung. Dalam hal apapun tebal tenggorokan minimum tak boleh kurang dari harga yang diberikan dalam kolom 5 dari tabel. Tebal tenggorokan minimum haruslah selalu diukur dari titik akar teoritis dari las sudut. Dalam hal proses las, khususnya yang cenderung akan terbentuknya pori-pori misalnya pengelasan dibawah gas lindung atau dengan pemakaian kawat las basa (Zat air rendah) pada cat dasar yang mengandung seng, dapat dianjurkan penambahan tebal tenggorokan sampai dengan 1 mm.

**Tabel IV.1 Sambungan Las Sudut**

a) Tebal tenggorokan, panjang las sudut dan jarak

Tebal pelat (bilah) s	Tebal tenggorokan a				Panjang las sudut l			Tarak t
					Las terputus - putus rantai		Las terputus - putus zig zag	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4-4,5	3	(2,5)	(2,5)	(2,5)	60	50	45	125
5 - 6,5	4	3	3	3	70	60	50	140
7 - 8,5	5	3,5	3	3	80	70	60	170
9 - 10,5	6	4	3	3	95	80	70	200
11 - 12,5	7	5	3,5	3	110	95	80	250
13 - 14,5	8	6	4	3,5	125	105	90	300
15 - 17,5	9	7	5	4	140	115	100	350
18 - 21,5	10	8	6	4,5	160	130	110	400
22 - 25,5	11	9	7	5	180	150	120	450
26 - 29,5	12	10	8	5,5	(200)	(175)	-	(500)
30 -34,5	13	11	9	6	(200)	(175)	-	(500)
35 - 40	14	12	10	7	(200)	(175)	-	(500)

Untuk tebal tenggorokan dan panjang las sudut pada bagian – bagian konstruksi kapal dapat dilihat pada tabel IV.1 bagian (b).

b) Sambungan konstruksi

Bagian – bagian konstruksi yang disambung	Tebal tenggorokan A	Panjang las sudut I
	Menurut bagian a) tabel	
	Kolom	Kolom
Lunas batang dan linggi haluan ke kulit	0.7 s **)	dq 1)
Linggi pelat haluan ke penegar tengah dan kait dada (breast hook)	3	6
Pelat kemudi ke bilah kemudi. Alas tunggal ***)	3	
Wrang ke lunas datar	3	d
Ke pelat tengah (penumpu tengah)	2	d *)
Ke kulit	3	7
Ada di tempat penguatan alas di depan	3	d
Ada di ceruk buritan	3	6
Ke tutup tabung buritan	3	6
Ke pelat hadap	3	8
Sda di ruang mesin dan dibawah ketel	3	6
Ke pelat hadap lunas dalam	3	d
Ke anak lunas – lunas dalam samping (penumpu samping)	2	d
Pelat tengah ke lunas datar atau lunas datang	2	d
Ke pelat hadap lunas dalam	3	6
Sda untuk 1 jarak gading di hadapan sekat	3	
Lunas dalam samping ke kulit	3	7
Ke pelat hadap lunas dalam	3	7
Alas ganda ***)		
Wrang ke lunas datar	3	d
Ke penumpu tengah	3	d *)
Ke penumpu samping	2	d *)
Ke pelat tepi, jika alas bergading lintang	3	d *)
Sda, jika alas bergading bujur	3	d *)
Ke kulit	3	7
Sda, di tempat penguatan alas didepan	3	d
Ke atas dalam	3	
Ada di ruang mesin	3	d
Ke penegar	4	7
Wrang, kedap air atau minyak, ke pelat di dekatnya, pada sisi tangki	3	d
Sda sisi lainnya	4	4
Wrang terbuka		
Gading – gading alas ke kulit	3	7

Keterangan :

d = Las sudut malar (continuous)

\*) Las sudut harus malar (continuous) pada kedua ujung untuk seperempat panjang dari dalamnya (tingginya) bilah. Bilah harus di\_skalop antara las – las.

\*\*) Tebal tenggorokan "a" harus sama dengan 0,7 kali tebal pelat kulit yang didekatnya.

\*\*\*) Untuk sambungan gading – gading, ke lutut bilga, lutut sisi tangki

Bagian – bagian konstruksi yang disambung	Tebal tenggorokan A	Panjang las sudut I
	Menurut bagian a) tabel	
	Kolom	Kolom
Gading – gading alas dalam ke alas dalam	3	7
Lutut Ke penumpu tengah dan pelat tepi	3	d *)
Ke alas dan gading – gading alas dalam	3	6
Sda las tumpang		
Penumpu tengah Ke lunas datar	2	d
Ke alas dalam	3	6
Sda untuk 1 jarak gading dihadapan sekat	4	d
Penumpu samping ke kulit dan alas dalam	3	7
Sda di tempat dudukan mesin	3	d
Pelat tepi ke kulit dan alas dalam	3	d
Alas dalam ke kulit	3	d
Lutut samping tangki ke kulit	3	6
Ke pelat tepi	3	d *)
Ke pelat buhul (gusset)	3	d
Dudukan mesin		
Penumpu bujur dan lintang		
Ke kulit	3	d
Ke pelat atas	2	d
Ada di tempat baut fondasi (sambungan tumpul miring tunggal atau ganda untuk tebal pelat yang tebal – tebal	0,7 s *)	d
Ke alas dalam	3	d
Ke pelat hadap	3	d
Ke lutut dan penegar	4	d
Penumpu bujur dan penumpu lintang	3	d
Penumpu bujur bantalan tekan ke alas dalam	3	d
Gading – gading ***)		
Gading – gading lintang ke kulit	3	8
Sda dalam 0,1 L dari depan	3	7
Sda dalam tangki minyak dan air	3	7
Gading – gading lintang ke kulit di ceruk buritan	3	7
Sda dalam 0,1 L dair belakang	4	d
Pembujur alas ke kulit	3	7
Pembujur samping ke kulit	3	8
Pembujur ke alas dalam	3	7
Sda untuk 0,2 bentang di ujung – ujung	3	6
Sda di kapal bijih dan kapal barang berat	3	6

Bagian – bagian konstruksi yang disambung	Tekan tenggorokan A	Panjang las sudut I
	Menurut bagian a) tabel	
	Kolom	Kolom
Lutut ke pembujur atau ke kulit dan alas dalam las tumpang ke pembujur	2	d *)
Gading – gading besar ke kulit dan ke pelat hadap	3	7
Sda jika dalamnya bilah lebih dari 600 mm	3	6
Sda dalam hubungan dengan kantilever harus diperlakukan sebagai kantilever		
Geladak antara dan gading – gading bangunan atas ke kulit	3	8
Sda di tangki minyak dan air	3	7
Senta sisi ke kulit	3	7
Sda untuk 1 jarak gading yang berhadapan dengan sekat	3	6
Sda di ceruk buritan	3	6
Ke pelat hadap	3	8
Sda untuk 1 jarak gading yang berhadapan dengan sekat	3	7
Penguatan alas di depan pembujur ke kulit	4	d
Kotak laut ke kulit dan pelat atas, di sisi air	2	d
Sda, sisi lainnya	4	d
Lunas bilga ke kulit	3	7
Atau alih – alih (alternatively)	4	d
Geladak		
Senta geladak ke lajur atas (geladak kekuatan), sisi atas	3	d
Sda, sisi lainnya	4	d
Dari geladak lainnya ke kulit	4	d
Ambang selubung (casing), dinding dan ventilator ke geladak	3	d
Balok dan pembujur geladak		
Balok ke geladak	3	8
Ke geladak tangki	3	7
Di ujung – ujung bangunan atas	3	7
Pembujur geladak ke geladak	3	7
Pelintang geladak ke geladak (jika geladak bergading lintang)	3	6
Sda untuk 0,2 bentang di ujung – ujung	3	d
Ke pelat hadap	3	6
Penumpu geladak, balok ujung palka untuk 0,2 bentang yang berhadapan dengan penumpu (sekat, topang) ke geladak	4	d
Ke pelat hadap	3	6
Di bagian lainnya, ke geladak	3	6
Ke pelat hadap	3	7
Ujung penumpu geladak pada penumpu (ke sekat, topang)	3	d
Sda di bawah geladak kekuatan, jika malar (continuous)	2	d

Bagian – bagian konstruksi yang disambung	Tekan tenggorokan A	Panjang las sudut I
	Menurut bagian a) tabel	
	Kolom	Kolom
Topang ke geladak, kepala dan tungkak (heel)	3	d
Kantilever ke kulit, geladak dan pelat hadap	3	d
Diujung kantilever ke penumpu bujur atau ambang	2	d
Ke suku penegar (stiffening member)	3	7
Sekat garis, tengah		
Pelat ke alas dalam, sekat dan geladak	4	d
Ke penegar	3	8
Topang sekat garis tengah ke alas dalam dan geladak	3	d
Ke sekat garis tengah	4	d
Bangunan atas dan rumah geladak		
Sekat ujung ke kulit dan ke geladak (bagian bawah)	3	d
Ke geladak (bagian atas)	4	d
Ke penegar	3	7
Sisi rumah geladak, kedap air	4	d
Sda, tak kedap air	3	7
Ke penegar	3	8
Sekat kedap air, terowongan poros dan sekat tangki, sekat di tangki muatan, sekat koferdam		
Pelat sekat ke kulit, alas dalam, geladak dan sekat lain :		
Satu sisi (di dalam tangki) *)		
Sda, sisi lainnya	3	d
Penegar sekat ke pelat sekat	3	8
Sda di tangki dan di terowongan poros	3	7
Tak berlutut, ke pelat pada 0,15 kali bentang penegar, dari ujung - ujung	3	6
Untuk penumpu dan vertikal pada sekat lihat suku penumpu primer kapal tangki		
Pelat penumpu berlubang (wash plate) ke pelat yang berdekatan	3	6
Ke penegar	3	7
Ada di ceruk buritan	3	6
Lubang palka dan tutup palka		
Ambang ke geladak, sisi atas	3	d
Sda, sisi lainnya	4	d
Sda, di sudut lubang palka, sisi atas dan sisi lainnya	2	d
Ke penegar bujur	4	d
Ke penegar vertikal dan lutut	4	d
Ke profil ambang dan pelat hadap	4	d
Ke pelat hadap di ujung – ujung dan ke pelat wajik (belah ketupat)	2	d

\*) Alih – alih (instead of) tebal tenggorokan yang berlainan, boleh dipakai tebal tenggorokan rata – rata untuk kedua sisi.

Bagian – bagian konstruksi yang disambung	Tekan tenggorokan A	Panjang las sudut I
	Menurut bagian a) tabel	
	Kolom	Kolom
Bilah balok lubang palka ke pelat hadap, sisi atas	4	
Sda, sisi lainnya	3	
Sda, di ujung – ujung di tempat bilah yang diperkuat + 100 mm panjang las, sisi atas dan sisi lainnya	3	
Ke suku penegar	4	
Bilah (flat bar) pada pelat hadap atas	3	
Penegar tutup palka ke pelat dan ke pelat hadap	3	
Sda pada 0,2 kali bentang penegar, dari ujung – ujung	3	
Tutup palka, las sudut kedap air	3	
Suku penumpu primer kapal tangki (penumpu garis tengah geladak dan alas, penumpu samping) pelintang geladak, sekat, sisi dan alas senta)		
Bilah ke kulit, sekat dan geladak	3	
Sda pada 0,2 kali bentang tumpu, dari ujung –ujung	4	
Ke penumpu yang memotong	4	
Ke pelat hadap	3	
Sda pada 0,2 kali bentang penumpu, dari ujung – ujung	3	
Ke suku penegar	3	

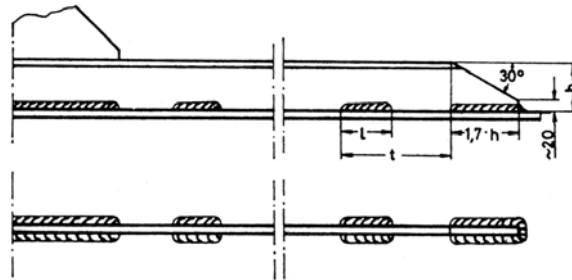
#### IV.2.4.5. Las Sudut Menerus

Las sudut menerus pada konstruksi kapal harus dilaksanakan pada lokasi tersebut dibawah ini atau ditempat lain yang dikehendaki, tempat tersebut antara lain :

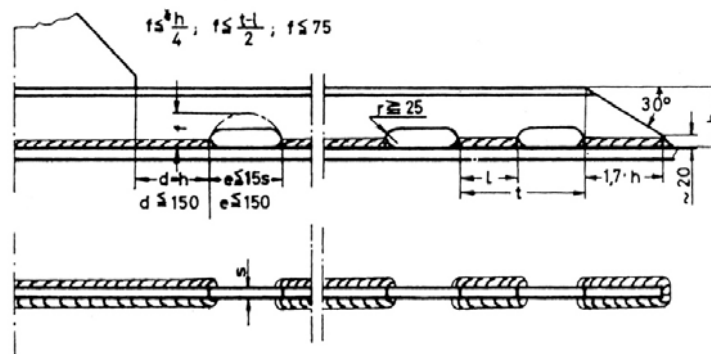
1. Pada daerah geladak kedap air, bangunan atas dan sekat kedap air serta daerah lain yang memerlukan pendedapan.
2. Pada daerah tangki atau ruangan kedap air.
3. Semua konstruksi didaerah ceruk belakang dan pada penguat sekat ceruk belakang.
4. Semua pengelasan didalam tangki yang akan berisi bahan kimia.
5. Semua sambungan lipatan ( overlap ) didalam tangki.
6. Konstruksi utama dan bantu didaerah 0,3 L depan kapal.
7. Konstruksi utama dan bantu terhadap pelat didaerah akhir pengelasan, serta bracket terhadap pelat dimana biasanya terdapat pengelasan overlap.

IV.2.4.6 . Las Sudut yang Terputus – Putus

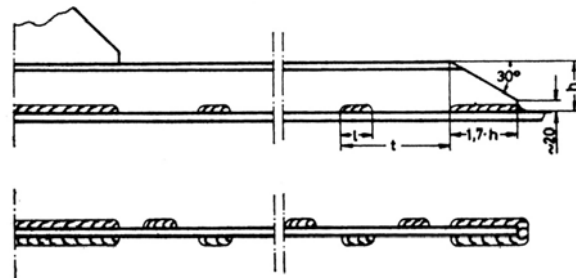
Las sudut terputus-putus pada konstruksi mempunyai susunan las berbentuk las sudut terputus-putus rantai, las sudut terputus-putus akibat adanya skalop, las sudut terputus-putus zig-zag yang aturan penempatannya dan panjang lasnya dapat dilihat pada gambar IV.28 sampai gambar IV.30.



Gambar IV.28 Las sudut terputus-putus rantai



Gambar IV.29 Las sudut terputus-putus scallop



Gambar IV.30 Las sudut terputus-putus zig-zag

### IV.3 STANDAR KUALITAS PENGELASAN LAMBUNG KAPAL

Didalam pelaksanaan pekerjaan suatu konstruksi kapal, sangat mungkin terjadinya penyimpangan-penyimpangan dari rencana yang telah dibuat sebelumnya . Penyimpangan tersebut terjadi dikarenakan kondisi material baku, penandaan yang salah, pemotongan yang kurang baik, penyiapan kampuh las yang kurang baik dan kesalahan pengelasan. Berikut dibawah ini beberapa toleransi yang masih diijinkan terhadap standar yang ditetapkan dalam pengelasan lambung kapal.

#### IV.3.1 Toleransi Bentuk Las - Lasan

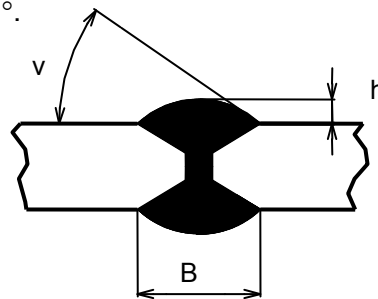
##### 1. Tinggi, Lebar, dan Sudut Lasan

Bila hasil las membentuk sudut ( $\theta$ ) lebih dari  $60^\circ$ , hal tersebut, harus diperbaiki dengan penggerindaan atau pengelasan pembentukan untuk membuat  $\theta \leq 60^\circ$ .

Batas toleransinya :

$$v \leq 60^\circ$$

$$h \leq 0,2 B$$

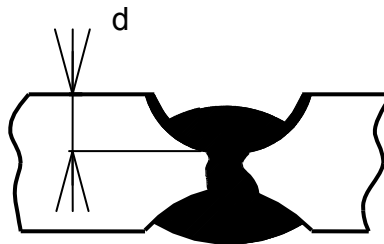


Gambar IV.31 Toleransi tinggi, lebar dan sudut lasan

##### 2. Takik Las (undercut) Las Tumpul

Untuk material yang digunakan adalah plat kulit dan pelat hadap (face plate) pada daerah kapal diantara 0,6 L dari tengah kapal (midship.) Batas toleransinya lebih 90 mm menerus  $d \leq 0,5$ . Selain material diatas batas toleransinya  $d \leq 0,8$ .

Diperbaiki dengan memakai elektrode yang sesuai (hindari las pendek untuk higher tensile steel)

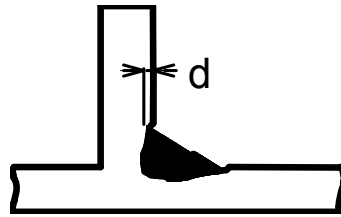


Gambar IV.32 Toleransi takik las tumpul



### 3. Takik Las (under cut)

Batas toleransinya  $d \leq 0,8 \text{ mm}$

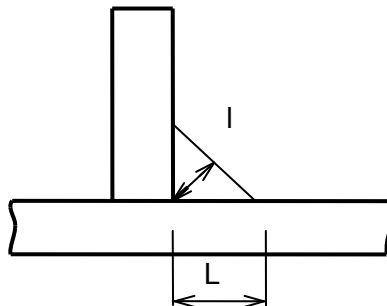


Gambar IV.33 Toleransi takik las

### 4. Panjang Kaki (leg length)

Dibandingkan dengan yang benar (  $L$  ,  $I$  ). Bila hal tersebut melebihi batas toleransi, harus ditambah las ditempat yang kurang (hindari short bead untuk higher tensile steel).

$L$  = Panjang kaki  
 $I$  = Ketinggian hasil las / leher las  
 $\geq 0,9 L$   
 $\geq 0,9 I$

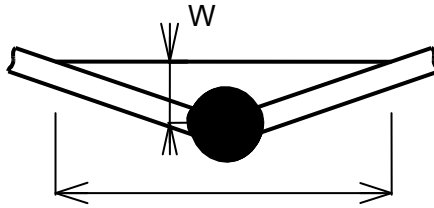


Gambar IV.34 Toleransi panjang kaki las

## IV.3.2 Toleransi Puntiran akibat Pengelasan

### 1. Distorsi sudut pada sambungan las

- Pelat kulit pada daerah diantara  $0,6 L$  tengah kapal (midship.) Jarak gading (frame) atau balok (beam)  $W \leq 6 \text{ mm}$ . Bila melebihi batas toleransi, harus diperbaiki dengan line heating atau dilas kembali setelah pemotongan dan pemasangan kembali.



**Gambar IV.35 Toleransi sudut distorsi**

- Pelat kulit haluan & buritan serta komponen kekuatan melintang. Batas toleransi  $W \leq 7$  mm. Bila melebihi batas toleransi, harus diperbaiki dengan line heating atau dilas kembali setelah pemotongan dan pemasangan kembali.
- Material ditempat lain selain yang disebutkan diatas, batas toleransi yang diijinkan  $W \leq 8$  mm.

### IV.3.3 Toleransi Las Pendek

#### 1. Hasil Las Tali-tali Perbaikan dari Scar (cacat bekas stopper)

- 50T, Cast steel, TMCP type 50 HT( Ceq.  $> 0,36$  % ). Batas toleransi  $\geq 50$ . Bila las pendek tidak bisa dihindarkan penggunaannya yaitu pemanasan awal perlu sampai  $100 \pm 25^\circ$ . Bila las pendek salah dibuat maka dihilangkan dengan gerinda dan diperiksa bila ada retak.
- Grade E Mild steel, batas toleransinya  $\geq 30$
- TMCP type 50 HT (ceq.  $\leq 0,36$  %), batas toleransinya  $\geq 10$

#### 2. Perbaikan Hasil Las

- 50T, Cast steel, TMCP type 50 HT( Ceq.  $> 0,36$  % ), batas toleransi  $\geq 50$ .
- Grade E Mild steel, batas toleransinya  $\geq 30$
- TMCP type 50 HT (ceq.  $\leq 0,36$  %), batas toleransinya  $\geq 30$

### 3. Busur Las (arc strike)

50 HT, Cast steel, Grade E Mild steel dan TMCP type 50 HT tidak ada toleransi. Bilamana arc-strike dibuat salah, dihilangkan daerah keras dengan gerinda atau panjang las lebih yang ditoleransi dari las pendek pada arc-strike.

### 4. Pemanasan Awal (Pre – heating)

#### (1). Temperatur pre-heating

- TMCP type 50 HT (ceq.  $\leq 0,36\%$ ), batas toleransinya  $T \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- 50 HT, Cast steel, TMCP type 50 HT (ceq.  $> 0,36\%$ ), batas toleransinya  $T \leq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Mild steel, batas toleransinya  $T \leq -5\text{ }^{\circ}\text{C}$

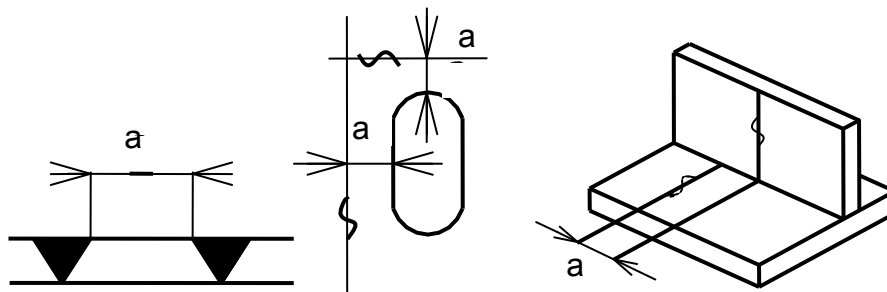
Bilamana ceq. pada setiap plat berbeda pada penyambungannya, toleransi tertinggi ceq. yang digunakan.

#### IV.3.4 Toleransi Jarak Minimum antar Las

##### 1. Las Tumpul ke Las Tumpul

a. Batas toleransinya :  
 $a \geq 30$

b. Batas toleransinya :  
 $a \geq 0$

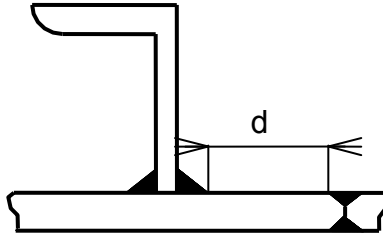


Gambar IV.36 Toleransi jarak antar las tumpul

2. Las Tumpul ke Las Fillet

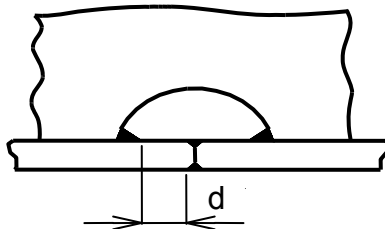
- Batas toleransinya yaitu
  - Struktur utama :  $d \geq 10$
  - Struktur lain :  $d \geq 0$

Bila alur las paralel / sejajar



Gambar III.37 Toleransi jarak las tumpul ke fillet

- Batas toleransinya yaitu
  - Struktur utama :  $d \geq 5$
  - Struktur lain :  $d \geq 0$

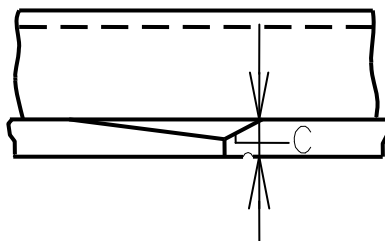


Gambar IV.38 Toleransi jarak las tumpul ke ujung skalop

IV.3.5 Toleransi Celah (gap) antara Komponen

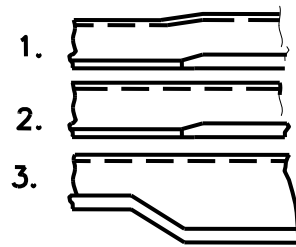
1. Celah (gap) antara Plat dan Penegar (stiffening)

Bagian-bagian penegar diletakkan tegak lurus plat dengan batas toleransi  $C \leq 3$ .



Gambar IV.39 Celah antara pelat dan penegar

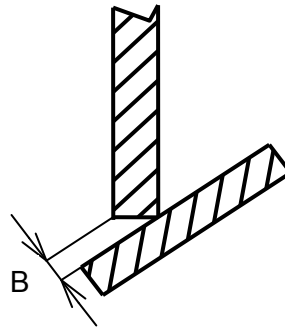
Bila  $c > 3$  mm dapat digunakan cara-cara ini :



**Gambar IV.40 Penegar dengan permukaan tidak rata**

Gap antara bagian – bagian tidak lebih 3 mm, bila tidak dipakai penegar maka permukaan plat akan tidak rata.

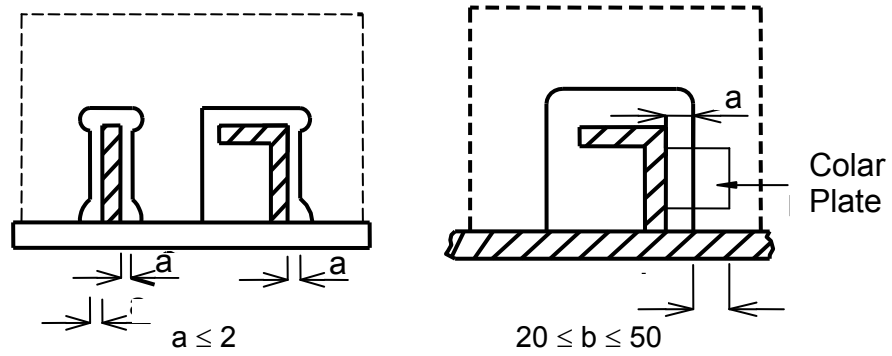
Untuk penegar yang diletakkan miring terhadap plat (tanpa bevel), maka batas toleransinya  $B \leq 3$ .



**Gambar IV.41 Toleransi kemiringan penegar**

## 2. Celah (gap) pada Penegar yang Menembus Plat

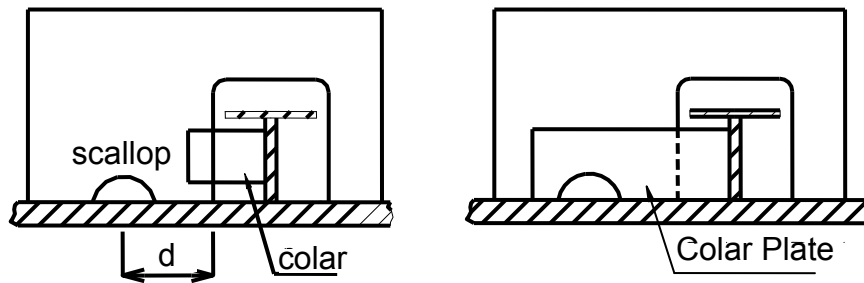
- Bila  $2 < a \leq 5$   
Leg length/kaki las ditambah lebar celah/gap.
- Bila  $5 < a \leq 10$   
Gap/celah dibuilt up dengan las.
- Bila  $a > 10$   
Dipotong diberi collar plate.



Gambar IV.42 Toleransi celah penegar terhadap pelat

3. Posisi Scallop

Bila  $d < 75$  Diperbaiki dengan memasang collar plate menutup scallop.

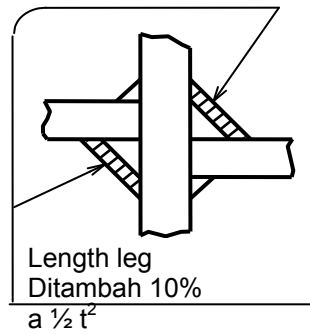


Gambar IV.43 Posisi scallop terhadap tepi lubang penembus

IV.3.6 Toleransi Ketepatan Pemasangan

1. Kelurusan Sambungan Fillet

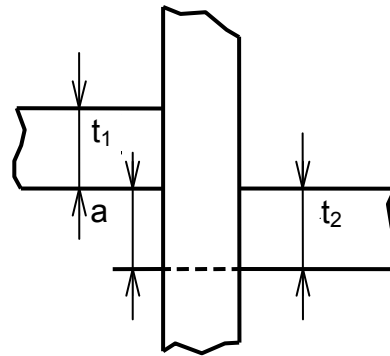
- Bagian-bagian yang menerima beban, dengan batas toleransi  $a \leq 1/3 t_2$ .  
Bila batas toleransi  $1/3 t_2 \leq a \leq 1/2 t_2$ , maka dipasang ulang.



**Gambar III.44 Penambahan length leg**

- Bagian-bagian lainnya dengan standar toleransi  $a \leq 1/3 t_2$   
Bila batas toleransi batas toleransi  $a \leq 1/2 t_2$ , maka dipasang kembali.

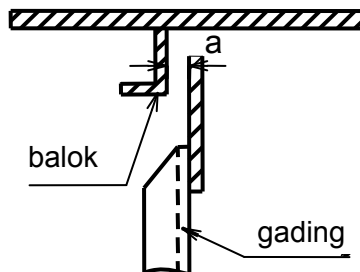
a : perbedaan  
t : tebal  
 $t_1 > t_2$



**Gambar IV.45 Toleransi perbedaan dan tebal**

## 2. Kelurusan antara Balok dan Gading

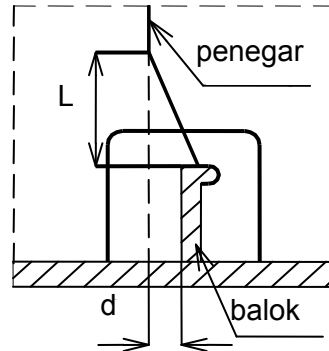
Standar toleransi  $a \leq 2$



**Gambar IV.46 Kelurusan antara balok dan gading**

3. Kelurusan Penegar / Stiffener dengan Balok

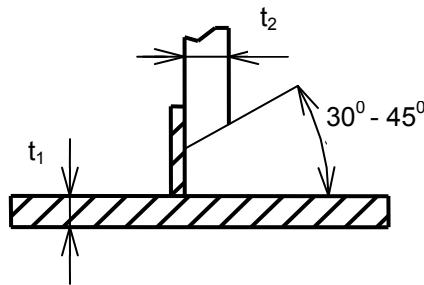
Standar toleransi  $d \leq L / 50$



Gambar IV.47 Toleransi kelurusan penegar dengan balok

4. Gap Sebelum Pengelasan

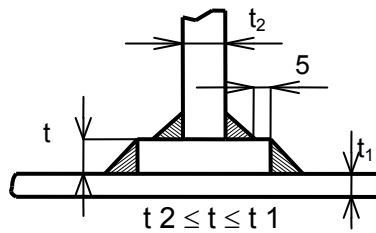
- Las fillet dengan standar toleransi  $a \leq 2$ , batas toleransinya  $a \leq 3$   
 Jika  $3 < a \leq 5$ , maka kaki las harus sesuai rule  $+ ( a - 2 )$  dan jika  $5 < a \leq 16$ , maka pengelasan harus dengan menyiapkan bevel atau menggunakan plat sisipan / doubling.



Gambar IV.48 Toleransi celah sebelum pengelasan

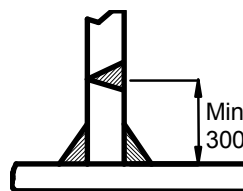
Bevel dibuat  $30^\circ - 45^\circ$  dan dipasang backing strip, setelah pengelasan backing strip dibuang, dan sisi yang lain di las. Dengan plat sisipan / doubling. (Harus seijin klas)





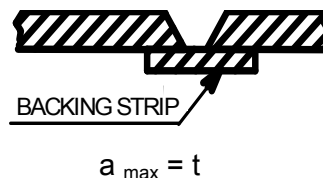
**Gambar IV.49 Toleransi tebal pelat sebelum pengelasan**

Jika  $a > 16$ , maka Sebagian plat dipotong dan diganti baru.



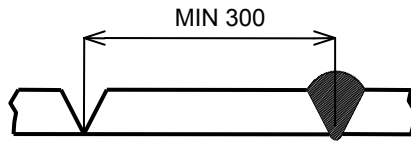
**Gambar IV.50 Jarak pemotongan penggantian pelat**

- Las tumpul (Manual welding) dengan standar toleransi  $2 \leq a \leq 3,5$ , batas toleransinya  $a \leq 5$ . Jika  $5 < a < 16$ , maka gunakan backing strip, setelah pengelasan backing strip dibuang dan dilas setelah dilaksanakan chipping.



**Gambar IV.51 Las tumpul dengan bantuan penumpu belakang**

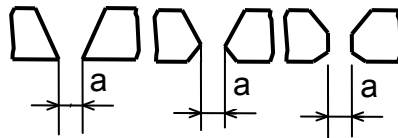
Standar toleransi  $2 \leq a \leq 3,5$  atau batas toleransi  $a \leq 5$ . Jika  $16 < a < 25$ , maka dilas built up dengan persiapan bevel atau diganti baru sebagian.



**Gambar IV.52 Jarak minimum antar sambungan las tumpul**

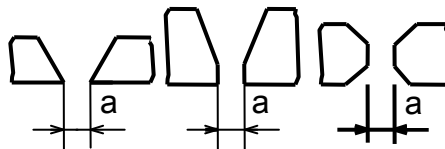
Jika  $a > 25$ , maka diganti baru sebagian.

- Las tumpul (las otomatis) maka
  - Kedua sisi dilas otomatis, dengan standar toleransi  $0 \leq a \leq 0,8$  dan batas toleransi  $a \leq 5$ . Menyesuaikan dengan karakteristik mesin las.
  - Las otomatis dengan manual atau las  $\text{CO}_2$  dengan standar toleransi  $0 \leq a \leq 3,5$  atau batas toleransi  $a \leq 5$



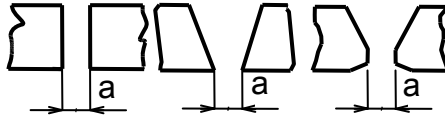
**Gambar IV.53 Toleransi jarak celah las otomatis**

- Satu sisi las otomatis dengan flux copper backing atau flux backing dengan standar toleransi  $0 \leq a \leq 1,0$  atau batas toleransi  $a \leq 3$ .



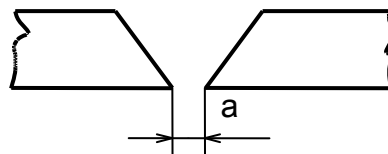
**Gambar IV.54 Toleransi jarak las otomatis dengan flux copper**

- Satu sisi las otomatis dengan fiber asbestos backing dengan standar toleransi  $0 \leq a \leq 4$  atau batas toleransi  $a \leq 7$ .



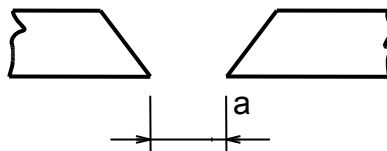
**Gambar IV.55 Toleransi jarak las otomatis dengan fiber asbestos backing**

- Las CO<sub>2</sub> satu sisi (dengan backing strip) dengan standar toleransi  $2 \leq a \leq 8$  atau batas toleransi  $a \leq 16$  (Lihat las manual).



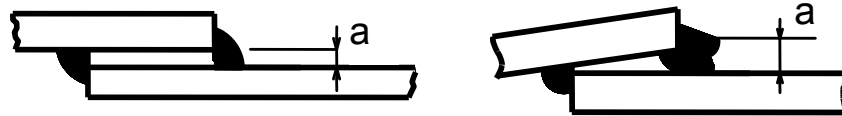
**Gambar IV.56 Toleransi celah las CO<sub>2</sub> dengan penumpu belakang**

- Las Elektro gas, dengan standar toleransi  $9 \leq a \leq 16$  atau batas toleransi  $a \leq 22$ . Built up dengan persiapan tepi atau dipotong sebagian.
- Las Elektro gas sederhana dengan standar toleransi  $2 \leq a < 8$  atau batas toleransi  $a \leq 10$ . Built up dengan persiapan tepi atau dipotong sebagian.



**Gambar IV.57 Toleransi celah las Elektro gas**

- Lap weld dengan standar toleransi  $a \leq 2$  atau batas toleransi  $a \leq 3$ . Jika  $3 < a \leq 5$ , maka Leg length ditambah besarnya gap dan jika  $a > 5$  maka dipasang ulang.



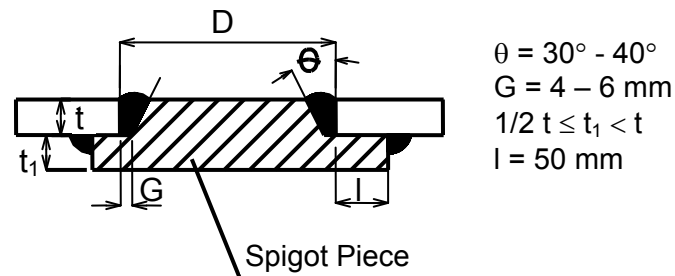
Gambar IV.58 Toleransi Leg length las tumpang

- Kelurusan las tumpul, dengan item Komponen Kekuatan, batas toleransinya  $a \leq 0,15 t$  (max 3). Jika  $a > 0,15 t$  atau  $a > 3$  maka dipasang ulang

#### IV.3.7 Toleransi Perbaikan Lubang yang Salah

##### 1. Konstruksi Utama Berdiameter $D < 200$

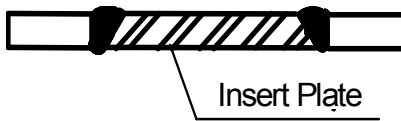
Cara perbaikannya dengan dibuat lubang dengan diameter minimum 75 dan ditutup dengan spigot piece, seperti gambar dibawah ini



Gambar IV.59 Toleransi perbaikan lubang yang salah

Atau

Dibuat lubang lebih  $300 \theta$  dan ditutup dengan insert plate, seperti gambar dibawah ini.



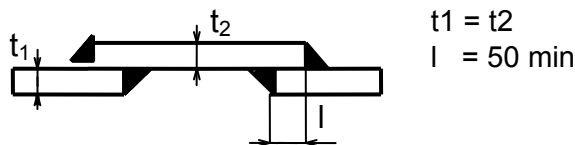
**Gambar IV.60 Perbaikan ditutup dengan insert plate**

Dengan keterangan :

1. Las fillet dilaksanakan setelah las butt/tumpul selesai.
2. Pemasangan spigot piece pada daerah yang bertegangan tinggi atau fatigue perlu persetujuan klas.

## 2. Konstruksi Lainnya Berdiameter $D < 200$

Cara perbaikannya dengan dibuat lubang lebih  $300 \theta$  dan ditutup dengan insert plate atau lap plate, seperti gambar dibawah ini.



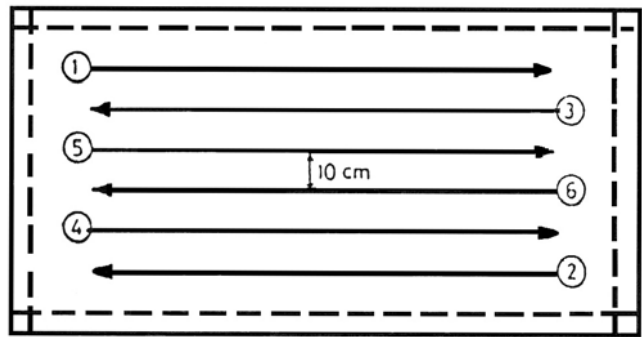
**Gambar IV.61 Cara perbaikan pelat dengan dibuat lubang**

## IV.4. PELURUSAN AKIBAT DEFORMASI

Pengelasan yang terjadi pada konstruksi dapat mengakibatkan permukaan pelat menjadi tidak datar, hal ini diakibatkan terjadinya deformasi akibat pemanasan dari pengelasan. Untuk dapat diterima oleh kelas atau pemilik kapal konstruksi tersebut perlu mendapatkan perlakuan khusus agar permukaan dapat rata seperti semula, proses pelurusan ini dinamakan **Firing**. Pelurusan akibat deformasi dapat diselesaikan dengan metode pemanasan maupun metode penarikan (proses panas dan proses dingin), proses panas dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa pemanasan secara garis lurus, pemanasan menyilang, pemanasan arah melintang dan membujur, pemanasan titik, pemanasan segi tiga, pemanasan melingkar, dan pemanasan model panah ganda. Untuk lebih jelasnya dapat diikuti penjelasan dibawah ini.

**IV.4.1. Pelurusan dengan Methode Pemanasan Garis**

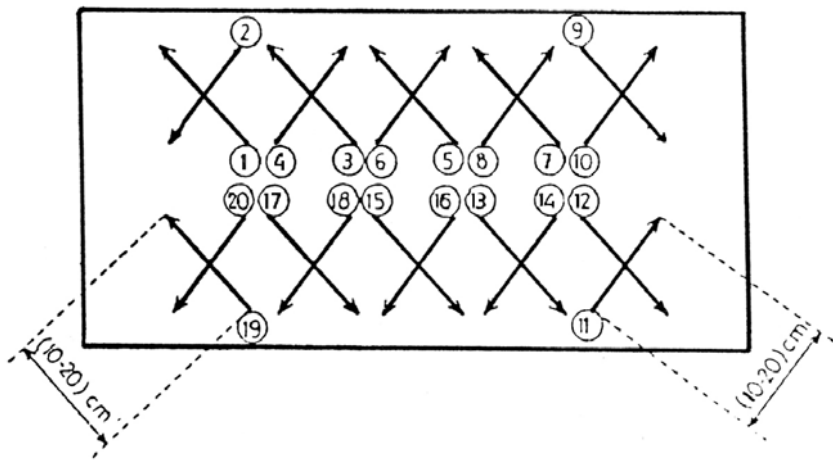
Pelurusan dengan pemanasan garis ( line heating ) dilakukan hampir 90 % perbaikan deformasi menggunakan method ini, karena hasilnya memuaskan. Pemanasan garis digunakan pada daerah gading-gading atau pada pelat yang tebal dengan deformasi yang besar dsan arah deformasi keluar. Pemanasan dan pendinginan dilakukan pada pelat sisi luar dengan urutan pemanasan garis seperti gambar : IV.62.



**Gambar IV. 62 Pemanasan garis ( line heating )**

**IV.4.2. Pelurusan dengan Sistim Melintang.**

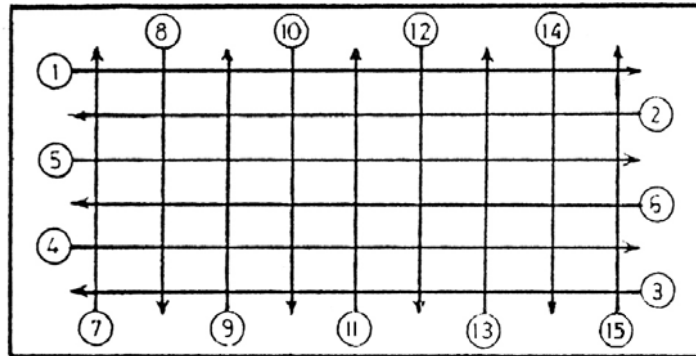
Pelurusan dengan pemanasan melintang (Cross heating) digunakan untuk memperbaiki deformasi yang kecil dan hasilnya sangat baik. Cara ini tidak tergantung dari arah deformasi, namun perlu mengikuti urutan proses yang tertera pada gambar : IV. 63, sedangkan proses pendinginan mengikuti urutan proses pemanasan.



**Gambar IV.63 Pemanasan sistim melintang (cross heating)**

**IV.4.3. Pelurusan dengan Pemanasan Melintang dan Membujur**

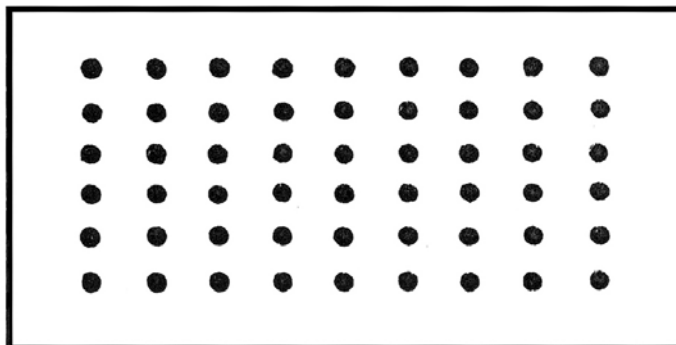
Pelurusan dengan pemanasan melintang dan membujur (lattice heating) ditujukan untuk memperbaiki deformasi yang besar dan tidak tergantung dari arah deformasi yang terjadi . Hasil yang terjadi kurang bagus dan biasanya terjadi pemanasan lebih. Angka pada gambar menunjukkan urutan pemanasan dan pendinginan.

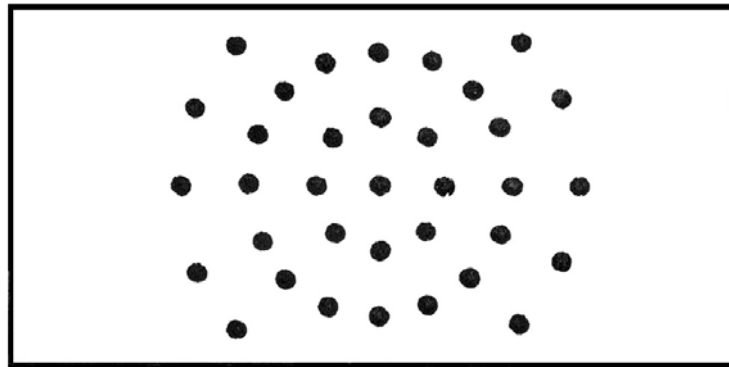


**Gambar IV.64 Pemanasan melintang dan membujur**

**IV.4.4. Pelurusan dengan Pemanasan Titik**

Pelurusan dengan pemanasan titik (spot heating) diterapkan bersamaan dengan pelurusan dengan menggunakan metode garis lurus karena bila tidak akan menyebabkan pengkerutan yang besar. Metode ini diterapkan pada pelat tipis yaitu untuk memperbaiki deformasi diantara dua gading yang berdekatan. Urutan pemanasan, ukuran dan jarak titik-titik tidak ada ketentuannya, metode pemanasan titik dapat dilihat pada gambar :IV.65.

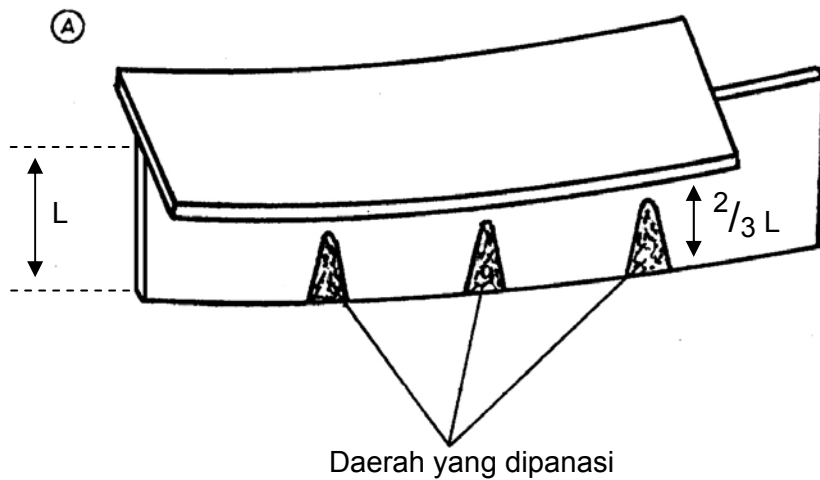




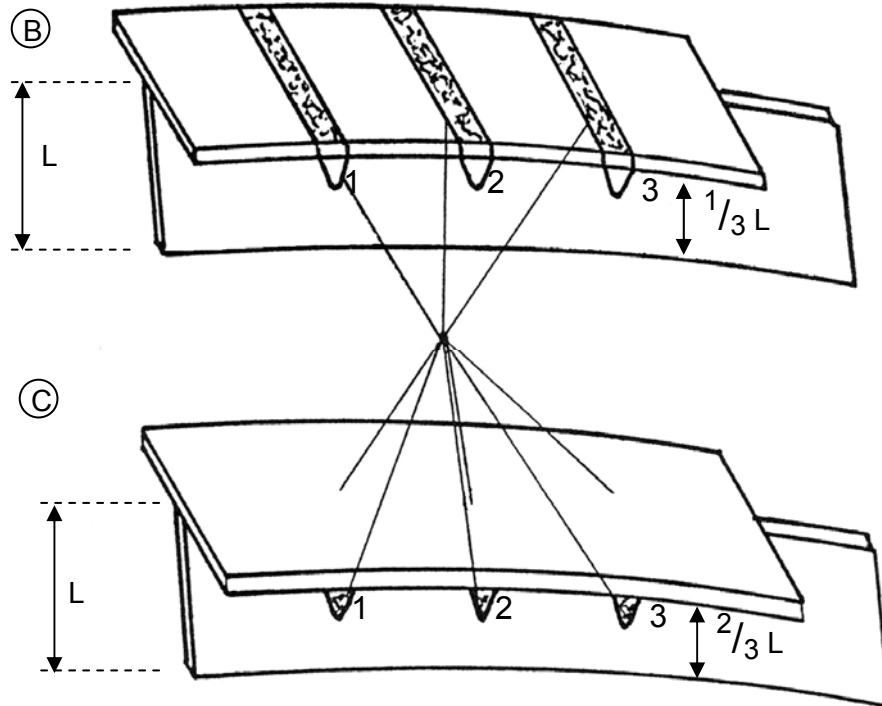
Gambar IV.65 Pelurusan dengan pemanasan segi tiga

**IV.4.5. Pelurusan dengan Ppemanasan Segitiga**

Pelurusan dengan pemanasan segitiga ( triangle heating ) diterapkan untuk memperbaiki deformasi curve (memanjang), model pemanasan ini dapat dipergunakan pada profil yang sifatnya memanjang . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV. 66.







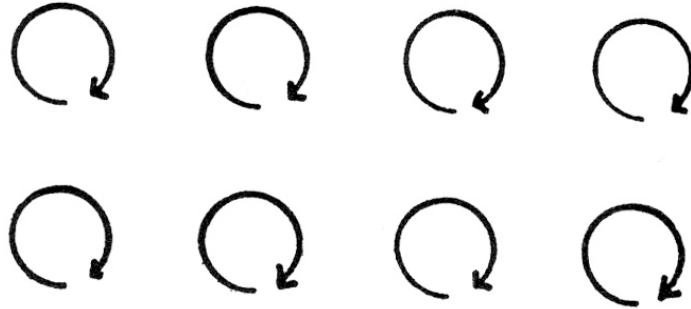
**Gambar :IV.66 Pelurusan dengan pemanasan segi tiga (triangle heating)**

Cara A. Digunakan untuk memperbaiki deformasi curve dengan arah lengkungan kedalam (kebawah).

Cara B dan C digunakan untuk memperbaiki deformasi curve dengan lengkungan keatas. Angka-angka menunjukkan urutan pengelasan

#### IV.4.6. Pelurusan dengan Pemanasan Melingkar

Pelurusan dengan pemanasan melingkar (ring heating) ipergunakan bersamaan dengan methode pemanasan lurus dan merupakan pemanasan akhir. Hasil dari pemanasan ini sangat baik, biasanya digunakan untuk memperbaiki deformasi yang besar. Model dari pemanasan melingkar dapat dilihat pada gambar : IV.67 dengan urutan pengelasan tidak ditentukan.



**Gambar IV.67 Pelurusan dengan pemanasan melingkar**

#### **IV.4.7. Pelurusan dengan Dua Anak Panah**

Pelurusan dengan dua anak panah (pine needle heating) digunakan untuk memperbaiki deformasi yang kecil dan hasilnya cukup baik, cara ini tidak tergantung dari arah deformasi. Model pemanasan ini dapat dilihat pada gambar IV.68 Pelurusan dengan dua anak panah dibawah ini.

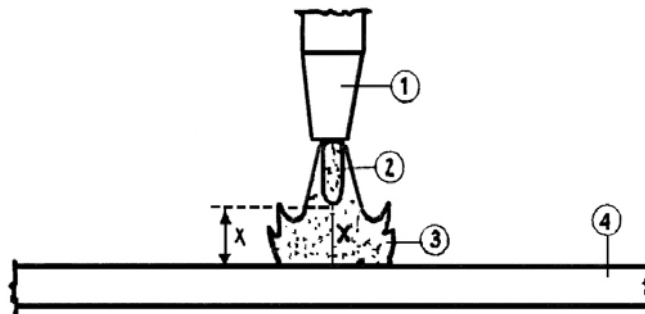


**Gambar : IV.68 Pelurusan dengan dua anak panah**

Jarak pemanasan nyala api dari brander terhadap permukaan pelat dapat dilihat dalam tabel tebal pelat terhadap jarak pemanasan dibawah ini.

Tabel IV.2 Jarak Pemanasan

Tebal plat (mm)	Jarak Pemanasan : x (mm)
3 – 4,5	-2 – 0
6 – 8	0
10 – 14	0 – 3
16 – 22	3 – 4
24 – 28	4 – 5
30 – ....	6 – 10



- 1. Brander pemanas
- 2. Nyala api inti
- 3. Nyala api
- 4. Plat

Gambar : IV.69 Pelurusan dengan pemanasan

Kecepatan pemanasan dan nomor brander dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel IV.3 Kecepatan pemanasan

Tebal Plat (mm)	Nomor Brander	Kecepatan pemanasan (mm/mt)
3 – 4,5	0,500	0,800 – 1,500
5 – 8	1,000	0,700 – 1,000
9 – 12,7	1,600	0,500 – 1,000
13 – 16	2,000	0,400 – 0,800
17 – 22	2,500	0,350 – 0,800
23 – 28	3,150	0,300 – 0,600
29 – .....	3,500	0,250 – 0,500

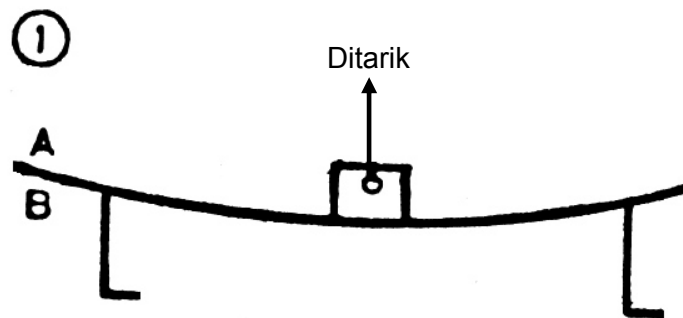
#### IV.4.8. Pendinginan

Pendinginan dilakukan sesaat setelah dilakukan pemanasan, dapat dipergunakan tiga macam pendinginan yaitu : Pendinginan dengan air tawar, pendinginan dengan menggunakan udara dan pendinginan dengan bantuan air dan udara, dimana dapat diuraikan seperti dibawah ini .

1. Pendinginan dengan air : Digunakan untuk pelat dengan temperatur maksimal  $650^{\circ}\text{C}$  , dengan ketebalan pelat antara 9 mm sampai 12 mm.
2. Pendinginan dengan udara : Digunakan untuk pelat dengan temperatur maksimal  $900^{\circ}\text{C}$ , dengan ketebalan pelat lebih besar dari 12 mm
3. Pendinginan kombinasi antara air dan udara : Digunakan untuk pelat dengan temperatur maksimal  $900^{\circ}\text{C}$  , dengan pendinginan udara sampai  $500^{\circ}\text{C}$ , kemudian didinginkan dengan air. Metode ini digunakan untuk pelurusan pelat-pelat tipis.

#### IV.4.9. Pelurusan dengan Bantuan Gaya Luar

Pelurusan dengan bantuan gaya luar digunakan untuk memperbaiki deformasi setempat saja atau bila cara pemanasan dan pendinginan tidak dapat dilakukan. Misalnya untuk deformasi yang tajam pada pelat yang tebal maka perbaikan dengan cara thermal tidak mampu lagi, sehingga harus dilakukan dengan gaya dari luar. Lihat gambar :IV.66.



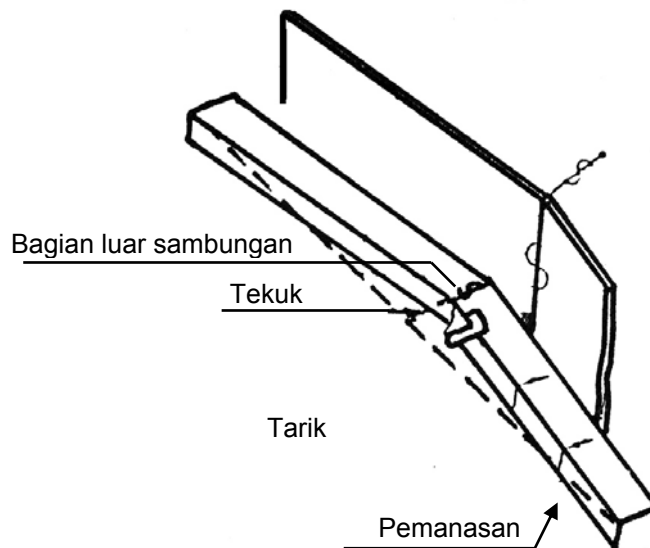
Gambar IV.70 Pelurusan pelat dengan proses penarikan



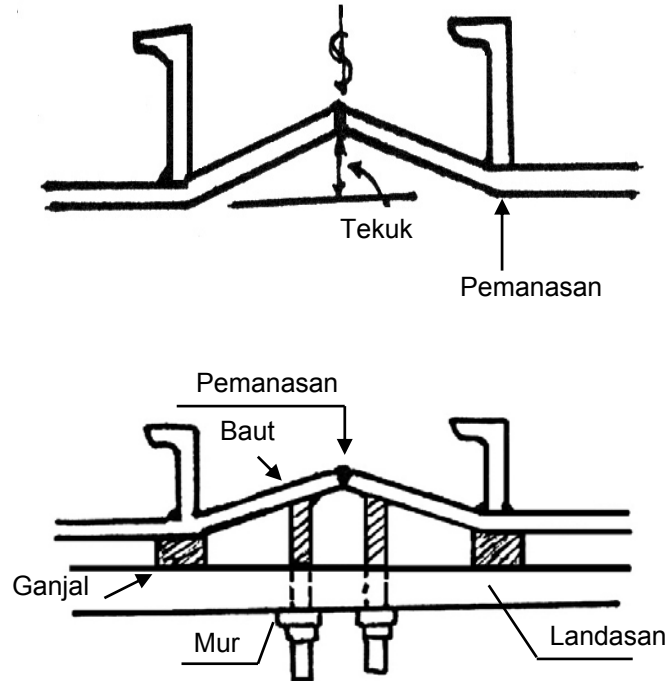
**Gambar IV.71 Pelurusan dengan bantuan gaya luar**

Dari pelurusan dengan bantuan gaya luar menggunakan dua sisi yaitu sisi A (bagian dalam) yang mengalami deformasi dipasang suatu pelat untuk tempat kaitan penarik. Alat penarik yang digunakan dapat berupa dongkrak, tracker dan alat penarik yang lain. Setelah proses ini biasanya masih terdapat deformasi sisa, yaitu pada tempat tumpuan, oleh sebab itu cara ini jarang dipergunakan.

Pelurusan pelat dapat pula dilakukan dengan bantuan kombinasi yaitu pemanasan, pendinginan dan dengan bantuan gaya luar. Metode ini dilakukan bila dengan cara pemanasan atau dengan gaya luar tidak dapat dilakukan perbaikan. Cara ini jarang digunakan karena efisiensinya rendah dan hasilnya kurang baik. Contoh perbaikan dengan cara ini dapat dilihat pada gambar : IV.72.



**Gambar IV.72 Pembebasan bengkok pada sambungan dari frame**



**Gambar IV.73 Pembebasan bengkok sambungan tumpul**

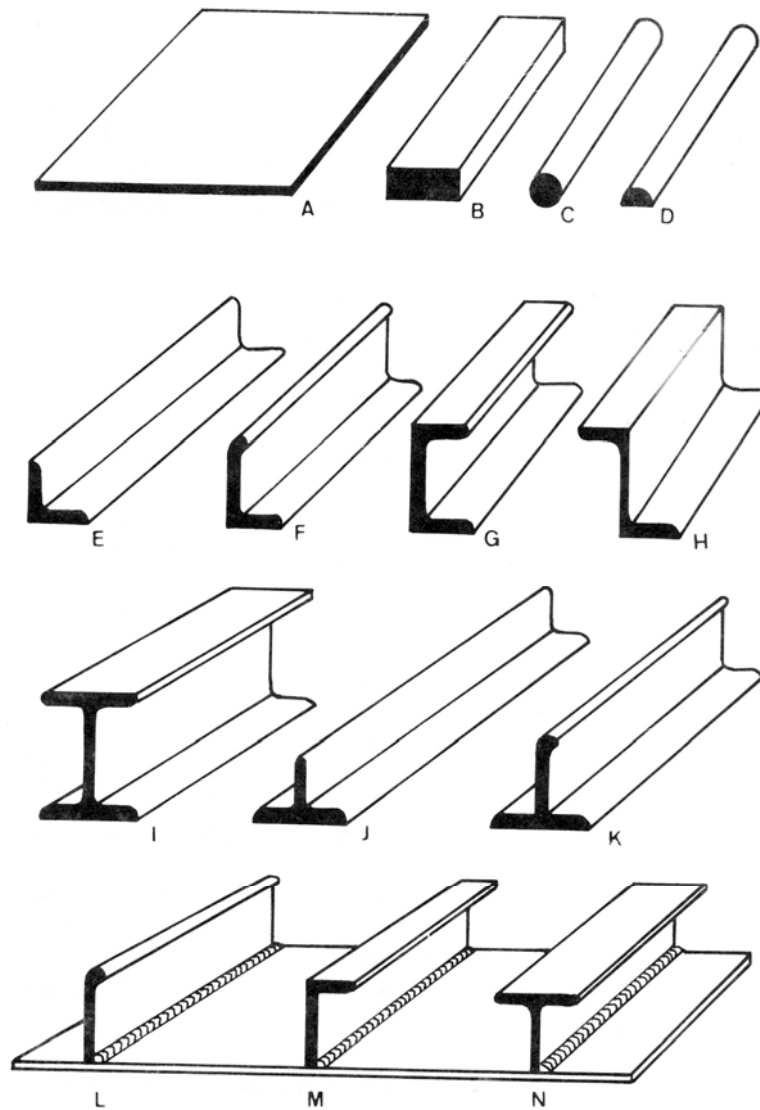
#### IV.5. MATERIAL UNTUK PERKAPALAN

Kapal terbuat dari penggabungan beberapa pelat yang disambung menjadi satu kesatuan dilengkapi dengan profil-profil sebagai penguatnya menjadi bentuk seksi (bagian kecil dari blok). Selanjutnya bentuk seksi disambung lagi menjadi satu kesatuan berupa blok, kemudian digabung membentuk kesatuan kapal yang utuh. Penguatan kapal didapat dari profil baja berpenampang L, I, U dan H yang dipasang pada tempat tempat pada jarak tertentu sesuai perencanaan dan perhitungan konstruksi kapal, selanjutnya disambung dengan cara pengelasan.

Didalam konstruksi kapal akan ditemui beberapa jenis profil dari hasil pabrikan maupun hasil pembuatan sendiri yang disesuaikan dengan bentuk dan penampang profil yang ditetapkan oleh klas / Badan Klasifikasi yang mengawasinya.

**IV.5.1. Bentuk Pelat dan Profil.**

Bentuk pelat dan profil untuk perkapalan dapat dilihat pada gambar IV.68 dimana setiap bagian kapal menggunakan pelat dan profil yang berbeda beda sesuai yang ditetapkan oleh perencana dan disetujui oleh pemilik kapal serta didukung oleh pengakuan sertifikat yang diterbitkan oleh pabrikan sebagai jaminan spesifikasi teknisnya.



**Gb. IV.74 Bentuk Pelat dan Profil**

#### IV.5.2. Penggunaan Pelat dan Profil untuk Kapal

Penggunaan pelat dan profil-profil tersebut disesuaikan dengan fungsi, jenis konstruksi dan tempat dimana konstruksi tersebut disusun pada kapal. Penggunaannya adalah sebagai berikut :

- a. Pelat, sebagai bahan utama untuk membangun badan kapal , biasanya dipergunakan untuk lembaran lambung kapal, geladak, sekat-sekat , bangunan atas dan tangki-tangki .
- b. Balok berpenampang bujur sangkar biasanya digunakan untuk balok-balok penegar, linggi, lunas dan konstruksi penguat yang lain.
- c. Profil berpenampang bulat pada umumnya dipergunakan untuk topang-topang penyangga kecil dan juga dapat dipergunakan untuk pegangan tangan (railing).
- d. Profil setengah bulat pada umumnya dipakai pada tepi-tepi pelat sehingga sisi pelat menjadi kaku dan tidak tajam, misal dipergunakan pada tepi ambang palka , bagian atas dari kubu-kubu.
- e. Profil siku sama kaki dipergunakan untuk penegar pelat atau penguatan pada lembaran pelat yang lebar, seperti pada atap bangunan atas, penegar sekat dan penegar tangki-tangki.
- f. Profil siku gembung ( bulb ) merupakan profil siku yang salah satu sisinya diperkuat dengan pembesaran tepi bentuk menggembung .fungsi dan penempatannya hampir sama dengan profil siku sama kaki.
- g. Profil bentuk U adalah profil yang mempunyai kekuatan besar, profil ini dipergunakan untuk kekuatan konstruksi yang lebih besar dari pada yang dipersyaratkan.
- h. Profil berbentuk penampang Z sama halnya dengan profil U, profil ini jarang dipergunakan pada konstruksi kapal.
- i. Profil H adalah profil yang sangat kuat, profil ini dipasang pada konstruksi yang memerlukan kekuatan khusus .
- j. Profil T dipergunakan untuk keperluan penumpu geladak ,dan bangunan atas serta pembujur lambung sisi kapal.
- k. Profil I adalah profil yang dalam prakteknya dipergunakan untuk pembentukan lingkaran bagian depan seperti pada lubang haluan orang, pintu-pintu dan dapat pula digabung dengan pelat hadap membentuk profil T.

Spesifikasi pelat dan profil yang dihasilkan oleh pabrik pengecoran baja sangat bervariasi dan ada ukuran mengikuti standar yang berlaku seperti SNI, DIN, JIS, ASME dan lain-lain.



Tabel IV.4 Klasifikasi Baja untuk Perkapalan

Kelas	Komposisi kimia(%)						Uji tarik		Uji tekuk	Uji tumbuk	
	C	Mn	Si	P	S	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Suhu (°C)		Energi terserap (kg-m)	
Baja lunak	A	—	2,5 × %C bila tebal lebih dari 12,5 mm	—	0,05 atau kurang	0,05 atau kurang	41   50	22 atau lebih	Sudut tekuk 180° Jari-jari dalam 1,5 r	—	—
	B	0,21 atau kurang	0,80 atau lebih	—	0,05 atau kurang	0,05 atau kurang	41   50	22 atau lebih	Sudut tekuk 180° Jari-jari dalam 1,5r	—	—
	C	0,23 atau kurang	0,60   1,40	0,15   0,30	0,05 atau kurang	0,05 atau kurang	41   50	22 atau lebih	Sudut tekuk 180° Jari-jari dalam 1,5r	—	—
	D	0,21 atau kurang	0,60   1,40	0,35 atau kurang	0,05 atau kurang	0,05 atau kurang	41   50	22 atau lebih	Sudut tekuk 180° Jari-jari dalam 1,5r	0	4,84 atau lebih
	E	0,18 atau kurang	0,70   1,50	0,10   0,35	0,05 atau kurang	0,05 atau kurang	41   50	22 atau lebih	Sudut tekuk 180° Jari-jari dalam 1,5r	-10	6,22 atau lebih

Pemilihan jenis material yang akan digunakan untuk setiap konstruksi kapal ditentukan berdasarkan fungsi dan keberadaan dari konstruksi kapal tersebut oleh bagian perencana serta proses pengelasan yang akan dilakukan dari penyambungan dua material yang mempunyai spesifikasi yang berbeda atau sama.

Penyambungan/pengelasan diantara bahan baja lunak tidak terlampau menimbulkan masalah, namun perlu diperhatikan untuk bagian tertentu dari kapal yang memang direncanakan untuk menggunakan material baja lunak selain grade A seperti konstruksi bilga, pelat lajur atas, tepi ambang palka, maka bila terjadi pekerjaan reparasi nantinya material tersebut hanya dapat diganti dengan material dari grade yang sama untuk dapat dianggap sebagai reparasi permanen.

Selain hal tersebut diatas, bila pada bagian kapal diragukan hasil pekerjaannya secara maksimal maka perlu dilakukan pengujian dengan simulasi dilaboratorium uji material berupa uji mekanik (welding procedure test). Material baja tuang (steel casting) sering dijumpai pada bagian-bagian kapal antara lain gading linggi buritan, pelat kemudi, tabung poros baling-baling, pipa rantai jangkar.

Proses penentuan dan pemilihan material telah direncanakan sebelum proses produksi dilakukan hal ini agar pada saat pelaksanaan material telah siap sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Dalam pelaksanaan dilapangan sering terjadi material yang datang mengalami cacat akibat proses pengangkutan maupun penyimpanan.

Cacat yang sering terjadi pada material antara lain berupa :  
Pitting, lekuk-lekuk, scores dan laminasi.

1. Pitting merupakan cacat yang diakibatkan oleh korosi yang terjadi pada saat material berada dalam penyimpanan, cacat ini sulit diperkirakan karena tidak tampak secara menyeluruh bila dilihat secara visuil. Cacat ini ditandai dengan hilangnya sebagian secara lokal sehingga terbentukkan lubang yang sangat kecil.

Pitting dapat terjadi pada saat material disimpan dalam kondisi lingkungan yang tidak baik

2. Lekuk-lekuk atau takik (scores) sering timbul pada saat proses transportasi atau pada penampungan yang diletakkan mendatar dan ditumpuk.
3. Laminasi merupakan cacat yang sering timbul pada lembar pelat karena adanya gelembung-gelembung gas yang terperangkap dan adanya pengkerutan pada saat pembuatan baja pada tanur tinggi yang tidak hilang pada saat proses pengerolan berlangsung.

Cacat laminasi sulit diketahui karena berada didalam material sehingga cacat ini cukup berbahaya karena akan mengurangi kekuatan material sebagai konstruksi kapal

## RANGKUMAN

1. Dalam pelaksanaan pengelasan, peran supervisor las mengawasi persiapan awal sampai dengan hasil akhir dari kegiatan pengelasan. Persiapan awal yang tidak tepat dan proses pengelasan yang salah akan menimbulkan kerusakan pada hasil sambungan las dan bahkan dapat menyebabkan kerusakan pada material induk
2. Ditinjau dari segi pengelasannya, proses pembangunan kapal dengan sistem blok mempunyai beberapa keuntungan dibanding dengan sistem seksi antara lain : ① Waktu pembangunan dapat lebih singkat dan produktifitas lebih tinggi mengingat pekerjaan banyak yang dapat dilakukan dengan mesin las otomatis, ② Sebagian besar pekerjaan pengelasan dapat dikerjakan dengan posisi datar sehingga lebih cepat dan memudahkan pengelasan, ③ Pekerjaan didalam dok atau diatas pelataran penyambungan kapal lebih singkat, sehingga fasilitas mesin las dapat dioperasikan dengan efektif, ④ Kontrol terhadap proses pembentukan dan teknik pengelasan dapat lebih mudah, ⑤ Dapat mengurangi pekerjaan las ditempat yang tinggi atau tempat yang sempit, sehingga lingkungan dan keselamatan juru las akan lebih terjamin.
3. Besarnya kapal yang dibangun mempengaruhi tebalnya pelat yang digunakan sehingga proses pengisian kampuh las makin besar pula, untuk itu proses las semi otomatis GMAW atau FCAW sangat membantu dalam percepatan pengelasan.
4. Pada prinsipnya peraturan klasifikasi untuk las kapal mempunyai tujuan untuk mengatur penggunaan teknologi las pada pekerjaan konstruksi kapal secara efisien dalam arti dengan material yang minim didapat kekuatan yang maksimal.
5. Sesuai dengan peraturan tentang klasifikasi dan konstruksi, gambar kerja atau standart kerja yang berisi seluk beluk perencanaan dan tipe sambungan las harus disetujui Badan Klasifikasi, sebelum pekerjaan las dimulai.
6. Kapal terbuat dari penggabungan beberapa pelat yang disambung menjadi satu kesatuan dilengkapi dengan profil-profil sebagai penguatnya menjadi bentuk seksi. Selanjutnya bentuk seksi disambung lagi menjadi satu kesatuan berupa blok, kemudian digabung membentuk kesatuan kapal yang utuh. Penguatan kapal didapat dari profil baja berpenampang L, I, U dan H yang dipasang pada tempat - tempat pada jarak tertentu sesuai perencanaan dan perhitungan konstruksi kapal, selanjutnya disambung dengan cara pengelasan.

**LATIHAN SOAL**

- I. Berilah tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d dan e pada jawaban yang benar !
1. Bila kita mengelasa plat dengan tebal 12 mm maka tinggi penguatannya maksimal adalah .....
    - a. 1 mm
    - b. 2 mm
    - c. 3 mm
    - d. 4 mm
    - e. 5 mm
  2. Proses pengelasan yang sesuai untuk mengelas baling – baling yang terbuat dari tembaga paduan adalah .....
    - a. Grade A
    - b. Grade B
    - c. Grade C
    - d. Grade D
    - e. Grade E
  3. Sebutkan grade material plat yang tidak boleh digunakan untuk konstruksi kapal .....
    - a. SMAW
    - b. GMAW
    - c. SAW
    - d. GTAW
    - e. FCAW
  4. Untuk mengetahui berat material plat dibutuhkan rumus antara lain :
    - a. Panjang x lebar x tebal
    - b. Panjang x lebar x tebal x tinggi
    - c. Panjang x lebar x tebal x BJ
    - d. Panjang x lebar x tebal x BJ x tinggi
    - e. Panjang x lebar x BJ
  5. Dalam proses pekerjaan marking steel plate kita membutuhkan beberapa bahan marking, kecuali .....
    - a. Kapur sipatan
    - b. Kapur baja
    - c. Cat
    - d. Pensil
    - e. Steel marker

6. Langkah operasional dalam mengendalikan mutu produk atau jasa, lazim disebut dengan istilah .....
  - a. Quality Assurance
  - b. Third Party Inspection
  - c. Inspeksi Independent
  - d. Quality Control
  - e. Obyek Inspeksi
  
7. Ada beberapa jenis material profil yang digunakan untuk konstruksi antara lain .....
  - a. Profil U
  - b. Profil L (siku)
  - c. Profil I (I beam)
  - d. Profil H
  - e. Semua benar
  
8. Pada proses tack weld (las ikat) untuk ketebalan plat 8 mm pada las manual diameter kawat las (elektrode) yang dibutuhkan adalah .....
  - a. 2,5 mm
  - b. 3,2 mm
  - c. 4 mm
  - d. 5 mm
  - e. 6 mm
  
9. Bagaimana cara penyimpanan plat yang baik ?
  - a. Posisi tegak di lingkungan yang tidak lembab
  - b. Posisi tegak di udara luar
  - c. Penempatan pada posisi yang menumpuk
  - d. Harus terhindar dari air
  - e. Posisi tidur ditutup plastik
  
10. Untuk mempermudah proses penyelesaian suatu block diperlukan urutan yang benar antara lain :
  - a. Bidang yang rata kita tempatkan diatas jig
  - b. Bidang yang luas dan rata kita tempatkan diatas jig dan bidang cembung / cekung kita rakit kemudian
  - c. Bidang yang cembung dan cekung kita tempatkan diatas jig, bidang yang luas dan rata dirakit kemudian
  - d. Bidang yang cembung dan cekung kita rakit terakhir
  - e. Bidang yang cembung / cekung dan bidang yang luas dan rata kita rakit secara bersamaan

11. Apa tujuan diadakan akurasi dalam proses produksi?
  - a. Supaya tidak terjadi penyimpangan berikutnya
  - b. Mengurangi biaya produksi
  - c. Pekerjaan cepat selesai
  - d. Mempermudah pekerjaan
  - e. Supaya tidak terjadi deformasi
  
12. Untuk melaksanakan proses pelurusan plat (deformasi) diperlukan media pendukung antara lain :
  - a. Solar
  - b. Oli
  - c. Minyak tanah
  - d. Air dan udara
  - e. Air dicampur kimia
  
13. Untuk melaksanakan proses pelurusan plat (deformasi) diperlukan media pendukung antara lain :
  - a. Solar
  - b. Oli
  - c. Minyak tanah
  - d. Air dan udara
  - e. Air dicampur kimia

**II. Jawablah pertanyaan – pertanyaan dibawah ini dengan jelas dan benar !**

1. Sebutkan kerusakan – kerusakan yang timbul akibat proses pengelasan yang salah !
2. Jelaskan perbedaan proses pembangunan sistim seksi dengan proses pembangunan sistim blok !
3. Jelaskan alur proses pembangunan kapal !
4. Sebutkan data – data yang harus dicantumkan pada Welding Detail dan Welding Procedure !
5. Sebutkan 2 (dua) metode pelurusan akibat deformasi dan jelaskan !
6. Jelaskan penggunaan pelat dan profil – profil untuk kapal !



## BAB V

### PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN HASIL LAS

#### V.1 PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

##### V.1.1 Pengujian dan Pemeriksaan Daerah Las

Hasil pengelasan pada umumnya sangat bergantung pada keterampilan juru las. Kerusakan hasil las baik di permukaan maupun di bagian dalam sulit dideteksi dengan metode pengujian sederhana. Selain itu karena struktur yang dilas merupakan bagian integral dari seluruh badan material las maka retakan yang timbul akan menyebar luas dengan cepat bahkan mungkin bisa menyebabkan kecelakaan yang serius. Untuk mencegah kecelakaan tersebut pengujian dan pemeriksaan daerah-daerah las sangatlah penting.

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk menentukan kualitas produk-produk atau spesimen-spesimen tertentu, sedangkan tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan apakah hasil pengujian itu relatif dapat diterima menurut standar-standar kualitas tertentu atau tidak dengan kata lain tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas.

Untuk program pengendalian prosedur pengelasan, pengujian dan pemeriksaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok sesuai dengan pengujian dan pemeriksaan dilakukan yaitu sebelum, selama atau setelah pengelasan.

Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan sebelum pengelasan meliputi: pemeriksaan peralatan las, material pengelasan yang akan digunakan; pengujian verifikasi prosedur pengelasan yang harus sesuai dengan prosedur pengelasan yang memadai; dan pengujian kualifikasi juru las sesuai dengan ketrampilan juru las.

Pemeriksaan untuk verifikasi pemenuhan standar pengelasan meliputi pemeriksaan kemiringan baja yang dilas, dan pemeriksaan galur-galur las pada setiap sambungan.

Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan selama proses pengelasan meliputi: pemeriksaan tingkat kekeringan dan kondisi penyimpanan elektrode pengelasan; pemeriksaan las ikat; pemeriksaan kondisi-kondisi pengelasan terpending (arus listrik, tegangan listrik, kecepatan proses pengelasan, urutan proses pengelasan, dsb.); pemeriksaan kondisi-kondisi sebelum dilakukan pemanasan; dan pemeriksaan status sumbing-belakang.

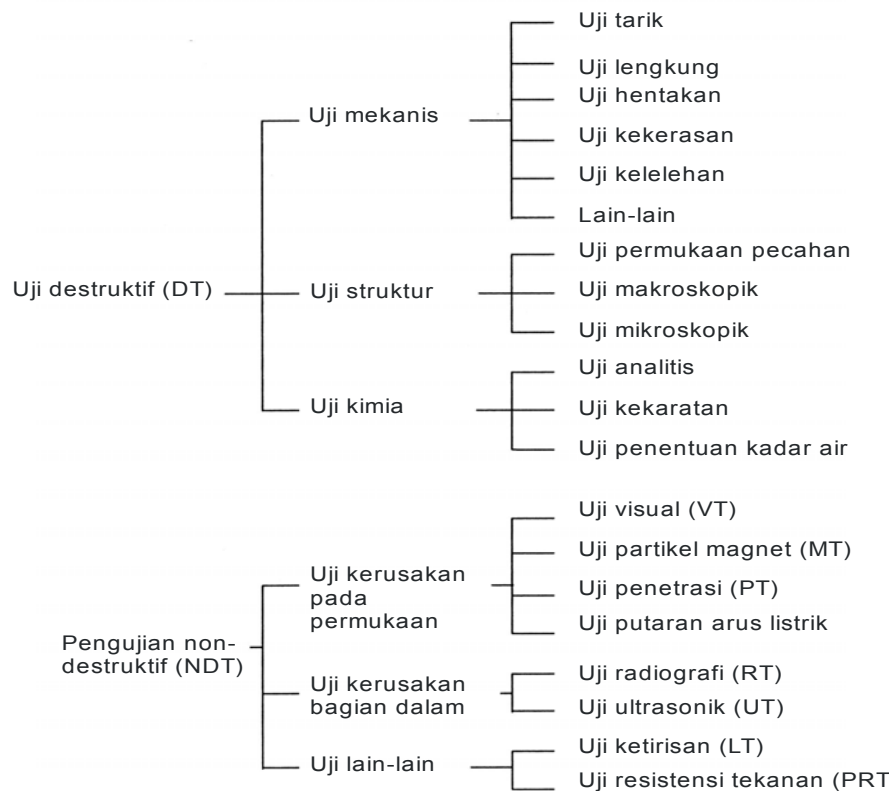


Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan setelah proses pengelasan meliputi: pemeriksaan temperatur pemanasan dan tingkat pendinginan sesudah proses pemanasan dan pelurusan; pemeriksaan visual pada ketelitian ukuran; dan pemeriksaan pada bagian dalam dan permukaan hasil las yang rusak.

**V.1.2 Klasifikasi Metode Pengujian Daerah Las**

Seperti tampak pada Tabel V.1, metode pengujian daerah las secara kasar dapat diklasifikasikan menjadi pengujian merusak / destruktif (DT) dan pengujian tidak merusak / non-destruktif (NDT). Dalam pengujian destruktif, sebuah spesimen atau batang uji dipotongkan dari daerah las atau sebuah model berukuran penuh dari daerah las yang diuji dilakukan perubahan bentuk dengan dirusak untuk menguji sifat-sifat mekanik dan penampilan daerah las tersebut. Dalam pengujian non-destruktif, hasil pengelasan diuji tanpa perusakan untuk mendeteksi kerusakan hasil las dan cacat dalam. Tabel V.2 merangkum manfaat-manfaat pengujian destruktif dan non-destruktif.

**Tabel V.1 Klasifikasi metode pengujian daerah las**



**Tabel V.2 Manfaat pengujian destruktif (DT) dan pengujian non-destruktif (NDT)**

Metode pengujian	Destruktif	Non - Destruktif
Manfaat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kerusakan di bagian dalam dapat dideteksi dengan mudah.</li> <li>2. Sifat-sifat mekanis dapat ditentukan secara akurat.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemeriksaan 100% bisa dilakukan.</li> <li>2. Sampel pengujian dapat dipakai sebagai hasil pengelasan.</li> </ol>

**V.2 PENGUJIAN DENGAN CARA MERUSAK /DT**

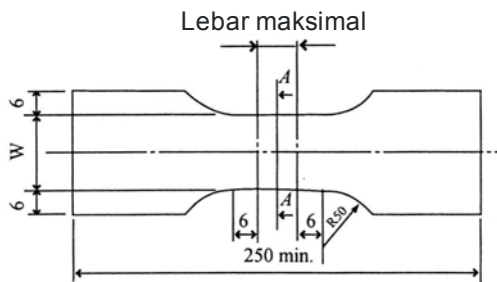
**V.2.1 Pengujian mekanik**

**1. Uji tarik**

Uji tarik dilaksanakan untuk menentukan kekuatan tarik, titik mulur (kekuatan lentur) las, pemanjangan dan pengurangan material las. Spesimen bentuk material tertentu dan ukuran tertentu seperti tampak pada Gb. V.1 dapat digunakan sebagai material tes. Spesimen tersebut ujung-ujungnya dipegang dengan jepitan alat penguji, dan ditarik dengan menggunakan beban tarik. Berat beban itu ditingkatkan sedikit demi sedikit sampai spesimen itu patah. Penguji secara otomatis menghasilkan diagram pemanjangan beban, yang menunjukkan hubungan antara beban tarik dengan pemanjangan spesimen. Gambar V.2 menunjukkan diagram pemanjangan beban pada baja lunak.

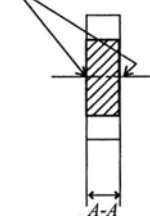
Spesimen uji tarik yang digunakan untuk sambungan las harus diambil dari hasil sambungan las yang dianggap dapat mewakili dari proses pengelasan . Untuk menentukan sifat-sifat mekanis dari daerah las, spesimen tersebut harus diambil dari porsi logam yang dilas.

Spesimen No. 1 dari porsi permukaan logam las



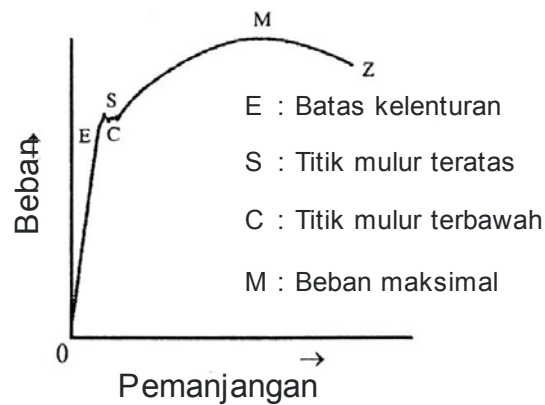
Satuan: mm

Penguatan harus rata dengan permukaan plat baja



Tebal plat (t)	Lebar plat (W)
Kurang dari 20	40
20 atau lebih	25

**Gambar V.1 Uji tarik pada sambungan las tumpul (JIS Z 3121)**



**Gb. V.2 Diagram pemanjangan beban pada baja lunak dan perhitungannya**

Dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Kekuatan tarik} = \frac{P}{A} \text{ (N/mm}^2\text{) (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\text{Pemanjangan} = \frac{l' - l}{l} \times 100 \text{ (\%)}$$

$$\text{Pengurangan daerah las} = \frac{A - A'}{A} \times 100 \text{ (\%)}$$

Dimana :

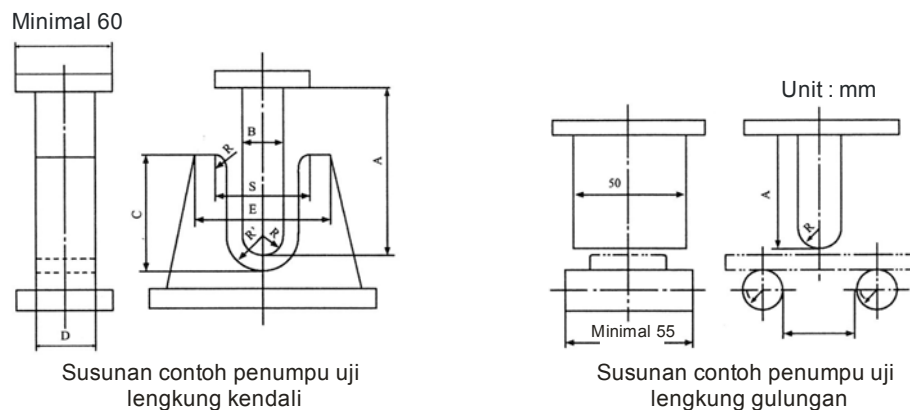
- P = Beban maksimal (N) (g)
- A = Irisan melintang awal spesimen (mm)
- l = Panjang tera awal spesimen (mm)
- l' = Panjang tera bagian yang patah (mm)
- A' = Irisan melintang bagian spesimen yang patah

**2. Uji lengkung**

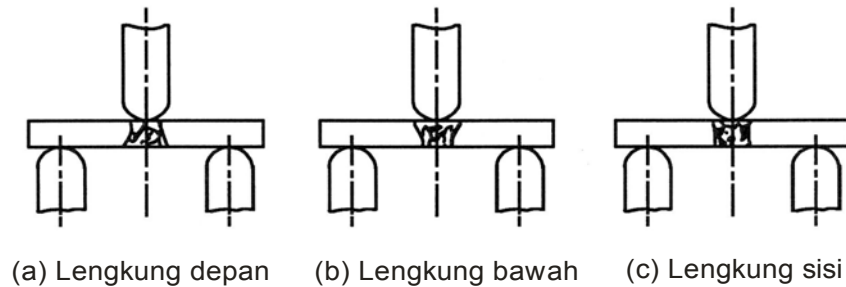
Uji lengkung dilaksanakan untuk memeriksa pipa saluran dan keutuhan mekanis dari material las. Seperti tampak pada Gb. V.3, ada dua jenis uji lengkung, yaitu: uji lengkung kendali dan uji lengkung gulungan. Pada tiap-tiap jenis uji lengkung itu, sebuah spesimen dalam bentuk dan ukuran tertentu dilengkungkan sampai radius bagian dalam tertentu dan sudut lengkung tertentu, kemudian diperiksa keretakan dan kerusakannya. Uji lengkung pada rigi-rigi las dilakukan untuk menentukan pipa saluran pada daerah pemanasan dan menilai keutuhan mekanis pada daerah pengelasan, dan seringkali digunakan sebagai bagian dari uji kualifikasi juru las. Tabel V.3 menunjukkan jenis-jenis spesimen yang digunakan untuk uji lengkung dan arah percontohan dari tiap-tiap spesimen. Uji lengkung dapat digolongkan menjadi uji lengkung depan, uji lengkung bawah dan uji lengkung sisi sesuai dengan arah pemberian tekanan pada spesimen, seperti terlihat pada Gb. V.4.

**Tabel V.3 Jenis – jenis spesimen dan arah percontohan**

Jenis – jenis spesimen	Arah percontohan	Keterangan
Spesimen lengkung depan Spesimen lengkung bawah Spesimen lengkung sisi	Arah membujur spesimen harus berada pada sudut kanan dan garis las	Spesimen lengkung sisi digunakan sebagai penggaris apabila plat atau pipa yang akan diuji ketebalannya 19 mm atau lebih
Spesimen lengkung bawah membujur Spesimen lengkung depan membujur	Arah membujur spesimen harus paralel dengan garis pengelasan	Spesimen – spesimen ini digunakan apabila logam dasar dan logam las dari plat yang akan diuji tingkat pemanjangan yang berbeda



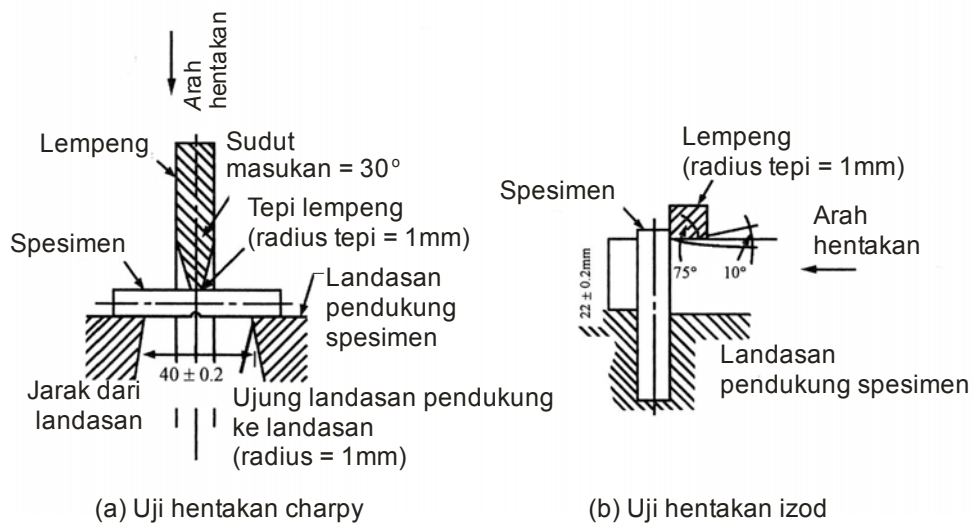
**Gambar V.3 Jenis-jenis uji lengkung (JIS Z 3122)**



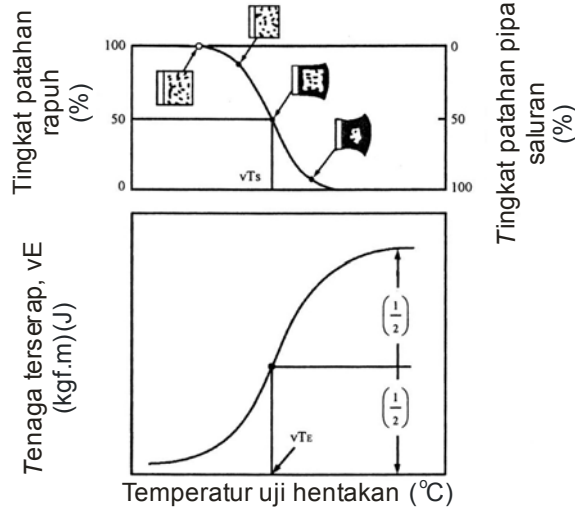
**Gambar V.4 Metode uji lengkung**

**3. Uji Hentakan**

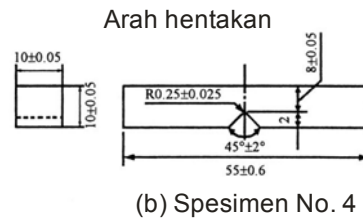
Jenis-jenis logam tertentu dapat menahan beban statis yang berat tetapi mudah patah walaupun berada di bawah tekanan beban dinamis yang ringan sekalipun. Uji hentakan dilaksanakan untuk menentukan kekuatan material las. Sebagai sebuah metode uji hentakan yang digunakan di dalam dunia industri, JIS menetapkan secara khusus uji hentakan charpy dan uji hentakan izod seperti terlihat pada Gb. V.5. Kedua-duanya menggunakan spesimen yang mempunyai derajat berbentuk V. Temperatur peralihan, yaitu hubungan antara temperatur uji hentakan (katakanlah, 0°C, -20°C, -40°C, dan seterusnya) dengan tenaga yang diperlukan untuk menghasilkan patahan (tenaga yang terserap), diperoleh melalui uji hentakan. Ketika temperatur peralihan semakin rendah atau tenaga yang diserap semakin tinggi, maka material las akan menghasilkan kekerasan dengan derajat yang lebih tinggi dan ketahanan yang lebih tinggi untuk patahan yang rapuh.



**Gambar V.5 Metode dukungan spesimen dan arah hentakan pada uji hentakan**



**Gambar V.6** Temperatur peralihan dalam uji hentakan charpy



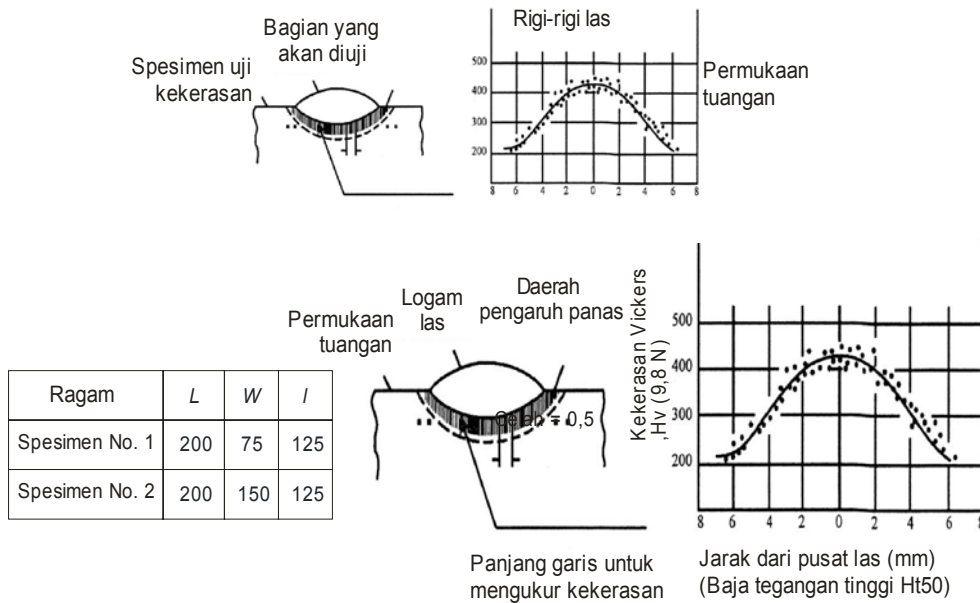
**Gambar V.7** Spesiman rapuh uji hentakan charpy

#### 4. Uji Kekerasan

Kekerasan material logam merupakan faktor penting dalam menentukan sifat-sifat mekanis dari material tersebut. Uji kekerasan, seperti halnya uji tarik, seringkali dilaksanakan. Pada sebagian besar dari bermacam-macam metode uji kekerasan seperti tampak pada Tabel. V.4, spesimen bergantung pada tekanan dari unsur lain (intan atau bola baja), dan ukuran lekukan yang terbentuk di dalam spesimen diukur dan dikonversikan dengan menghitung kekerasannya. Karena daerah las dipanaskan dan didinginkan dengan cepat, maka daerah yang terkena panas akan menjadi keras dan rapuh. Kekerasan maksimal pada daerah las yang diukur dengan uji kekerasan digunakan sebagai dasar penentuan kondisi-kondisi sebelum dan sesudah pemanasan yang akan dilakukan untuk mencegah retakan hasil pengelasan. Gb. V.8 menunjukkan kekerasan maksimal pada daerah las yang telah dipanasi pada baja dengan kuat tarik tinggi yang diukur dengan uji Vickers. Retakan las dapat dicegah jika kondisi-kondisi pengelasan diatur sehingga nilai kekerasan maksimalnya tidak melebihi 350Hv.

Tabel V.4 Berbagai metode uji kekerasan

Penggolongan	Lambang	Jenis	Material dan bentuk alat pelekuk atau palu
Uji Brinell (JIS Z 2213)	H <sub>B</sub>	Pelekukan	Bola baja yang dikeraskan
Uji Rockwell	H <sub>R</sub>		Bola baja yang dikeraskan
Skala B	H <sub>R</sub> B		
Skala C (JIS X 2245)	H <sub>R</sub> C		
Uji Vickers (JIS Z 2244)	H <sub>V</sub>		
Uji Shore (JIS Z 2246)	H <sub>S</sub>	Jenis hantakan	Palu dengan intan di ujungnya



Gambar V.8 Metode pengukuran kekerasan maksimal dan distribusi kekerasan

**5. Uji struktur**

Uji struktur mempelajari struktur material logam. Untuk keperluan pengujian, material logam dipotong-potong, kemudian potongan-potongan diletakkan di bawah dan dikikis dengan material alat penggores yang sesuai. Uji struktur ini dilaksanakan secara makroskopik atau mikroskopik.

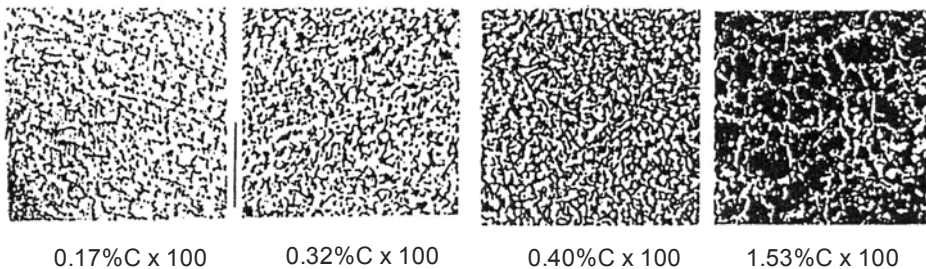
Dalam uji makroskopik, permukaan spesimen diperiksa dengan mata telanjang atau melalui loupe untuk mengetahui status penetrasi, jangkauan yang terkena panas, dan kerusakannya.

Dalam pemeriksaan mikroskopik, permukaan spesimen diperiksa melalui mikroskop metalurgi untuk mengetahui jenis struktur dan rasio komponen-komponennya, untuk menentukan sifat-sifat materialnya.

Untuk baja, zat nital (asam nitrat 1-5cc plus alkohol 100cc) atau pikral (asam pikrat 4g plus alkohol 100cc) digunakan sebagai zat penggores (lihat Tabel V.5).

**Tabel V.5 Contoh material alat penggores**

Besi, baja, besi tuang	Nital (Alkohol nitrat)	Asam nitrat ..... 1-5 cc Alkohol..... 100 cc
	Pikral (Alkohol pikrat)	Asam pikrat ..... 4 g Alkohol..... 100 cc
Aluminium, aluminium campuran	Larutan encer hidrogen florida	Hidrogen florida ..... 0,5 cc Air ..... 9,5 cc
	Larutan encer sodium hidroksida	Sodium hidroksida ..... 1 g Air ..... 90 cc
Tembaga, tembaga campuran	Larutan amonium sulfat	Amonium persulfat ..... 10 g Air ..... 90 cc





### V.3 PENGUJIAN DENGAN CARA TAK MERUSAK / NDT

Uji Non-Destruktif secara kasar dapat dibagi menjadi dua jenis sesuai dengan tempat terjadinya kerusakan, yaitu pengujian kerusakan pada bagian permukaan (uji kerusakan luar) dan pengujian kerusakan pada bagian dalam (uji kerusakan dalam).

#### V.3.1 Uji Kerusakan Permukaan

##### 1. Uji visual (VT)

Uji visual merupakan salah satu metode pemeriksaan terpenting yang paling banyak digunakan. Uji visual tidak memerlukan peralatan tertentu dan oleh karenanya relatif murah selain juga cepat dan mudah dilaksanakan.

Sasaran pengujian yang dilaksanakan meliputi :

- (a) Sebelum dan selama dilakukannya pengelasan adalah jenis dan bentuk material, bentuk sambungan, dan pemanasan sebelum pengelasan, pemanasan setelah pengelasan serta temperatur antar-lapisan.
- (b) Setelah pengelasan adalah ketepatan ukuran hasil pengelasan, selain itu juga penguatan, panjang kaki, tampilan rigi-rigi, penembusan, perlakuan terhadap lubang-lubang dan kerusakan pada bagian luar, misalnya retakan pada permukaan dan potongan-bawah, dari logam las.

##### 2. Uji Partikel Magnet (MT)

Pengujian terhadap partikel magnet merupakan metode yang benar-benar efisien dan mudah dilaksanakan untuk mendeteksi secara visual kerusakan-kerusakan halus yang tidak teridentifikasi pada atau di dekat permukaan logam. Pengujian ini banyak dilakukan di dalam dunia industri, walaupun tidak dapat digunakan untuk material non-magnetik seperti logam anti-karat austenitik dan aluminium.

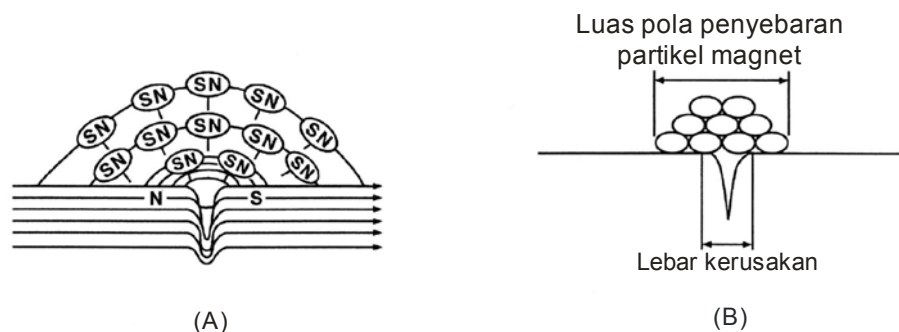
Prinsip kerja uji partikel magnet adalah sebagai berikut. Arus listrik dapat mengalir ke dalam, atau elektromagnet dapat digunakan pada, bagian tertentu dari spesimen, untuk menghasilkan fluksi magnetik yang akan mengalir di dalam spesimen. Jika terjadi kerusakan pada lapisan permukaan, maka fluksi tersebut sebagian akan mengarah ke sekitar daerah kerusakan sedangkan sebagian lagi akan tiris ke udara. Busa yang tiris ke udara itu akan membentuk dua kutub magnet, yaitu kutub utara (N) dan kutub selatan (S), pada kedua sisi daerah kerusakan, seperti tampak pada Gb. IV.9 (A). Karena kedua kutub magnet tersebut memiliki daya tarik lebih besar daripada permukaan material di

sekelilingnya, maka partikel-partikel magnet akan ditarik oleh dan mengikuti kedua kutub tersebut sambil juga tarik-menarik satu sama lain.

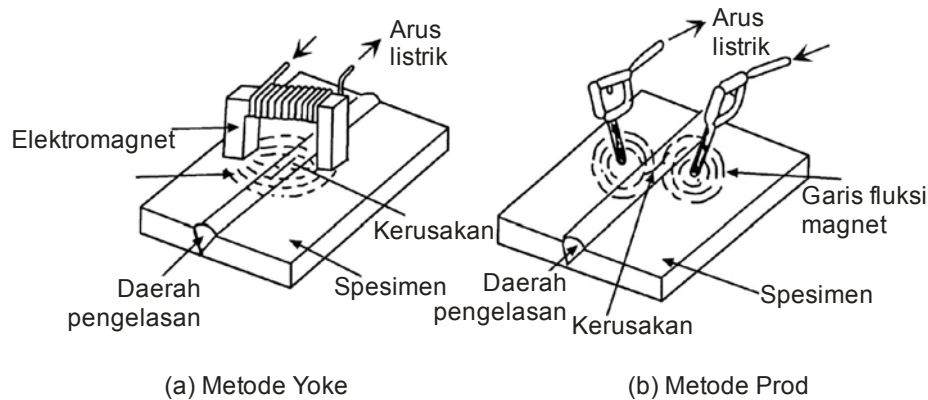
Sebagai hasilnya, pola magnetik partikel-partikel yang lebih luas daripada daerah kerusakan itu akan terbentuk pada bagian permukaan, di sekitar daerah kerusakan, seperti tampak pada Gb. IV.9 (B). Agar formasi pola partikel magnet yang benar mampu menunjukkan indikasi kerusakan, maka orientasi-orientasi kerusakan dan medan magnet harus diperhitungkan.

Ada dua metode magnetisasi pada daerah pengelasan, yaitu "metode yoke", menggunakan elektromagnet seperti tampak pada Gb. IV.3.10, dan "metode prod", menggunakan elektrode pada spesimen agar arus listrik dapat mengalir di dalam spesimen.

Metode prod tidak dapat diterapkan pada baja yang berkekuatan tarik tinggi, karena dapat menimbulkan hubungan arus pendek antara spesimen dengan elektrode sehingga menimbulkan kerusakan menyerupai pukulan pada busur las. Metode ini efektif untuk mendeteksi kerusakan yang tidak terpapar tetapi ada di dekat permukaan. Ada dua jenis partikel, yaitu partikel floresen dan partikel non-floresen. Adalah penting menentukan pilihan jenis partikel magnet yang tepat, karena keberhasilan deteksi kerusakan bergantung pada jenis partikel magnet yang digunakan selain juga metode magnetisasi. Partikel magnet bisa dipasok dengan metode kering atau metode basah. Dalam metode kering, partikel-partikel magnet kering ditebarkan di udara. Sedangkan dalam metode basah, partikel-partikel magnet ditebarkan di dalam air atau minyak tanah, dan dilakukan suspensi terhadap permukaan spesimen.



**Gambar V.9 Prinsip kerja pengujian partikel magnet**



**Gambar V.10 Metode pengujian partikel magnet pada daerah pengelasan**

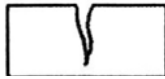

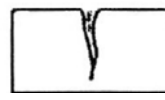

### 3. Uji Zat Penetran (PT)

Untuk menguji zat penetran, digunakan cairan berdaya penetrasi tinggi terhadap spesimen. Cairan tersebut menembus celah-celah kecil atau daerah-daerah kerusakan serupa yang terbuka terhadap permukaan spesimen, karena adanya daya kapiler. Daerah yang terkena zat penetran itu kemudian diproses untuk mengungkapkan kerusakan secara visual. Berbeda dengan uji partikel magnet, uji zat penetran dapat digunakan untuk hampir semua material, dan pengujian ini akan efektif jika spesimennya memiliki kerusakan pada rongga yang dapat dimasuki oleh zat penetran.

Pada umumnya, uji zat penetran ini dilakukan secara manual, sehingga dapat tidaknya kerusakan itu berhasil dideteksi sangat bergantung pada ketrampilan penguji.

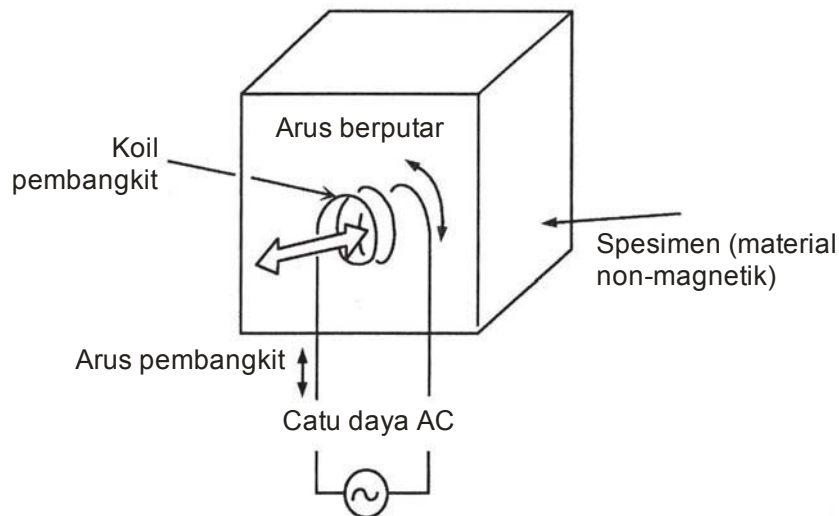
Jika dilaksanakan oleh seorang penguji yang kurang berpengalaman, maka keberhasilan uji zat penetran ini bisa bervariasi. Biasanya pengujian ini menggunakan bahan celup kering sebagai zat penetran, walaupun zat penetran floresen bisa digunakan sebagai gantinya. Zat penetran floresen mengandung unsur floresen, yang memancarkan cahaya floresen berwarna hijau muda apabila disinari dengan sinar ultraviolet. Tabel V.6 menentukan urutan proses uji zat penetran.

Tabel V.6 Urutan proses uji zat penetran

Proses		Uraian
Kerusakan terbuka terhadap permukaan spesimen		Celah kecil, lubang kecil dsb, pada permukaan spesimen
(1) Sebelum pelaksanaan		Bersihkan permukaan spesimen dengan larutan pembersih organik untuk menghilangkan seluruh minyak, lemak dsb.
(2) Penetrasi		Gunakan zat penetran pada permukaan spesimen dengan semprotan dsb. Agar zat tersebut dapat menembus kerusakan.
(3) Pembersihan		Setelah menembus seluruhnya, hilangkan zat penetran pada permukaan spesimen dengan cairan.
(4) Pencucian		Gunakan bahan pencuci pada permukaan spesimen. Kemudian zat penetran akan muncul ke permukaan, membentuk pola cahaya berwarna merah atau hijau limau yang menunjukkan adanya kerusakan.
(5) Pengeringan		Keringkan permukaan spesimen dengan alat pengering.
(6) Pengamatan		Amati daerah uji dengan cahaya putih atau cahaya hitam kemudian catat hasilnya.
(7) Setelah pelaksanaan		Hilangkan bahan pencuci dengan air atau abu gosok.

#### 4. Uji elektromagnet

Seperti tampak pada Gb. V.11, apabila koil yang dialiri arus listrik AC didekatkan ke spesimen non-magnetik, maka akan dihasilkan medan magnet, termasuk putaran arus listrik di dalam spesimen. Putaran arus listrik itu menghasilkan medan magnet baru yang arahnya berlawanan dengan arah medan magnet yang pertama. Sebagai akibatnya, tegangan listrik AC baru terinduksi ke dalam koil. Pada saat ini, jika terdapat kerusakan pada spesimen itu di dekat permukaan, maka putaran arus listrik itu akan berubah besaran dan arahnya, yang menyebabkan induksi tegangan listrik pada koil akan berubah. Pengujian terhadap putaran arus listrik akan menentukan lokasi kerusakan dengan mendeteksi perubahan pada induksi tegangan listrik tersebut. Metode pengujian ini dapat diterapkan pada material konduktif non-magnetik, misalnya baja anti-karat austenitik.



**Gambar V.11 Pengujian elektromagnet**

#### V.3.2. Pengujian Kerusakan Dalam

##### 1. Uji Ultrasonik (UT)

Gelombang ultrasonik bergerak lurus melalui suatu unsur dan direfleksikan dari bawah unsur itu atau pada permukaan pembatas suatu materi asing didalam unsur itu.

Uji ultrasonik memanfaatkan sifat gelombang ultrasonik untuk mendeteksi kerusakan las di bagian dalam. Frekuensi gelombang ultrasonik yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada logam secara umum adalah antara 0,5 sampai 10 MHz. Untuk mendeteksi kerusakan pada logam ini, frekuensi yang biasa digunakan adalah antara 2 sampai 5 Mhz.

Untuk membangkitkan dan menerima, digunakan sebuah oskilator berupa sebuah irisan tipis material piezoelektrik. Kwarsa, keramik titanium barium, porselin zirkon titanium timah, dsb. merupakan material pengantar induksi yang umum dipakai untuk keperluan tersebut.

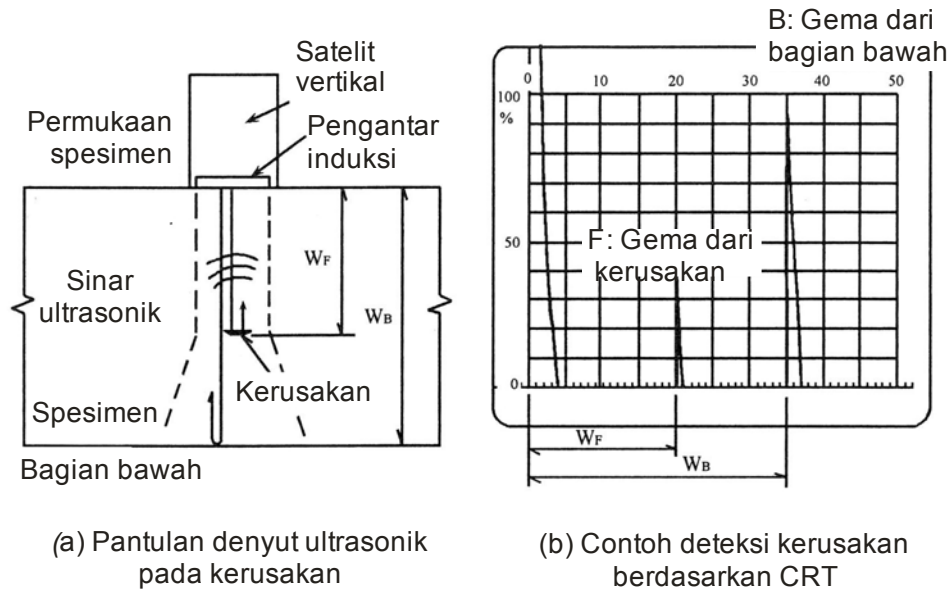
Prosedur kerjanya adalah sebagai berikut. Sebuah satelit diarahkan ke permukaan spesimen, agar gelombang ultrasonik yang dibangkitkan oleh oskilator di dalam satelit itu dapat bergerak di dalam spesimen. Jika terdapat kerusakan atau bagian bawah spesimen berada dimuka gelombang ultrasonik, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kesana, dipancarkan kembali ke satelit dan diterima oleh satelit. Jarak dan intensitas gelombang yang dipancarkan itu dapat diukur berdasarkan CRT, untuk menentukan lokasi dan ukuran kerusakan.

Metode uji ultrasonik dapat diklasifikasikan menjadi metode sinar normal dan metode sinar sudut sesuai dengan arah penyebaran gelombang ultrasonik pada permukaan spesimen.

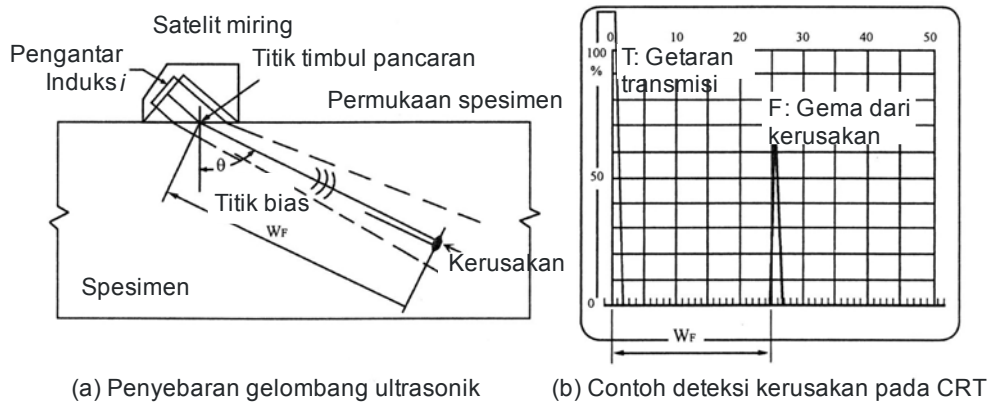
Dalam metode sinar normal, gelombang ultrasonik disebarkan dengan arah vertikal ke permukaan spesimen yang dikenai pancaran gelombang satelit, seperti tampak pada Gb. V.12.

Dalam metode sinar sudut, gelombang ultrasonik disebarkan pada suatu sudut ke permukaan spesimen yang dikenai pancaran gelombang satelit, seperti tampak pada Gb. V.13. Apabila gelombang yang dibangkitkan oleh oskilator menimpa permukaan spesimen, maka akan dipantulkan komponen gelombang longitudinal, kemudian komponen gelombang melintang akan ditransmisikan sendirian ke dalam spesimen. Uji ultrasonik pada daerah las ini biasanya dilaksanakan dengan menggunakan metode sinar sudut ini, karena gelombang ultrasonik tidak terganggu oleh rigi-rigi las.

Peralatan uji ultrasonik lebih sederhana untuk dioperasikan daripada peralatan uji radiografi. Uji ultrasonik bahkan dapat digunakan untuk plat tebal. Uji ultrasonik sangat efektif dalam mendeteksi kerusakan las tetapi tidak efektif pada kerusakan las bulat seperti pada lubang cacing. Dengan metode pengujian ini, secara maya dimungkinkan untuk mengidentifikasi jenis kerusakan.



**Gambar V.12 Kerangka kerja uji ultrasonik (metode sinar normal)**



**Gambar V.13 Kerangka kerja uji ultrasonik (metode sinar sudut)**

**2. Uji Radiografi (RT)**

Sinar radiasi, misalnya sinar X dan sinar gamma, ditransmisikan suatu unsur. Daya transmisinya bergantung pada jenis, kepadatan dan ketebalan unsur tersebut. Uji radiografi menggunakan sifat sinar tersebut dan fungsi fotografis radiasi untuk mendeteksi benda asing dan perubahan ketebalan materialnya, sehingga dapat mengidentifikasi kerusakan pada bagian dalam.



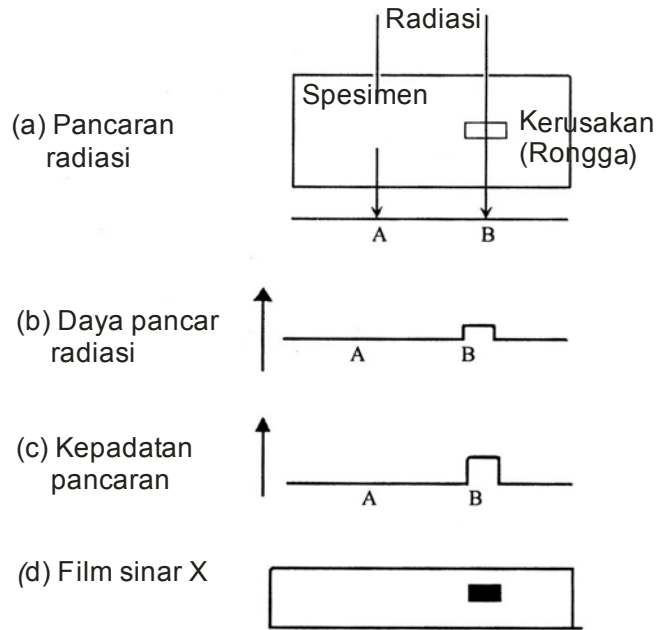
Gb. V.14 menunjukkan prinsip kerja uji radiografi. Dengan metode pengujian ini, kerusakan tiga dimensi pada suatu spesimen, misalnya lubang cacing dan pemasukan terak, dapat divisualisasikan seperti rongga-rongga kecil. Spesimen tersebut pada satu sisi terkena sinar radiasi, yaitu selebar film sinar X yang digunakan pada bagian belakang spesimen. Jumlah radiasi yang dipancarkan dan sampai ke titik A dan B pada sisi lain spesimen yang berasal dari sumber radiasi pasti berbeda, karena daerah yang mengalami kerusakan memancarkan radiasi lebih banyak daripada daerah lainnya. Meningkatnya radiasi yang terpancar menyebabkan meningkatnya kepadatan pada film itu, yang divisualisasikan seperti sebuah bercak hitam ketika film itu dicuci. Karena daerah yang terkena masukan sinar tungsten pada daerah las TIG memancarkan radiasi lebih sedikit daripada daerah lainnya, maka daerah tersebut divisualisasikan seperti pola bercak putih film itu.

Uji radiografi dapat diklasifikasikan sesuai dengan metode pendeteksian radiasi yang digunakan, yaitu radiografi langsung, radiografi tidak langsung, dan fluros kopi seperti tampak pada Gb. V.15 Metode radiografi yang paling umum digunakan untuk sambungan las adalah radiografi langsung, yaitu gambar difoto radiografi secara langsung ke lembaran film sinar X. Dalam uji radiografi, karena setiap kerusakan difoto radiografi untuk divisualisasikan, maka jenis kerusakan dapat diidentifikasi dengan relatif mudah. Namun demikian, karena film sinar X harus diletakkan pada spesimen di bagian belakang daerah pengelasan, maka film itu sulit digunakan pada jenis-jenis sambungan las tertentu.

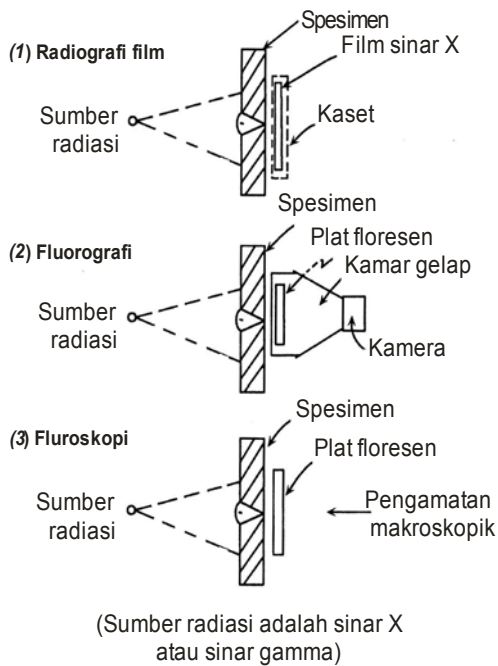
Film sinar X untuk industri yang tersedia secara komersial dapat digunakan untuk uji radiografi. Metode pemrosesan film setelah dilakukan radiografi hampir sama dengan proses fotografi biasa. Sinar X memiliki daya pancar yang tinggi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kepekaan film, digunakanlah secara ketat kertas floresen yang sensitif atau kertas foil logam yang sensitif pada film selama proses radiografi.

Sumber-sumber radiasi sangat berbahaya dan membahayakan apabila tidak ditangani sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, ketika melakukan uji radiografi, setiap peralatan harus dijaga agar menerima paparan radiasi seminimal mungkin bukan hanya oleh mereka yang menangani sumber radiasi melainkan juga oleh siapa saja yang berada di dekat tempat uji radiografi.

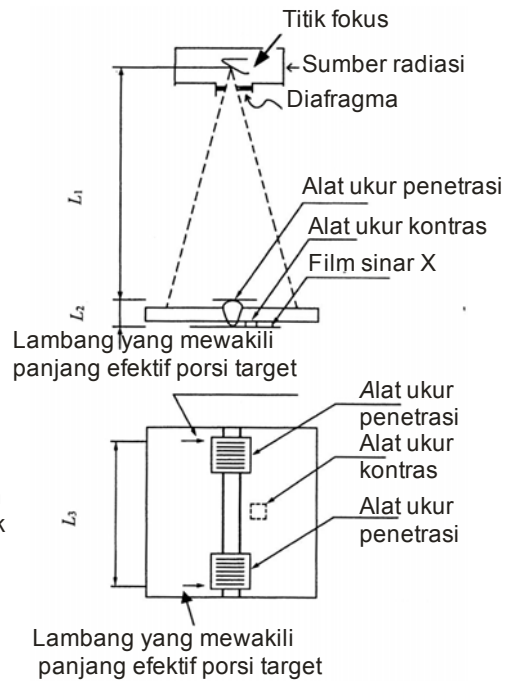
Gb. V.14 menunjukkan contoh susunan uji radiografi.



Gambar V.14 Prinsip kerja uji radiografi



Gambar V.15 Klasifikasi uji radiografi menurut metode pendeteksian radiasi



Gambar V.16 Contoh susunan uji radiografi

## 2.1. Pembacaan hasil uji radiografi



**Gambar V.17 Pembacaan hasil uji radiografi**

Tahapan yang perlu dilakukan dan hal-hal penting yang harus diperhatikan meliputi :

### 1. Memeriksa penetrameter yang digunakan



**Gambar V.18 X-Ray film hasil las**

- (1) Periksa apakah penentuan jenis penetrameter sudah sesuai untuk ketebalan las bidang yang ditest .

Periksa apakah penetrameter yang digunakan untuk test itu sudah sesuai dengan kondisi/syarat seperti ditunjukkan tabel V.7.

**Tabel V.7. Jenis penetrameter dan penerapannya pada ketebalan las**

Jenis	Rentang ketebalan las yang bisa digunakan	
F 02	20 / kurang	30 / kurang
F 04	10 ~ 40	15 ~ 60
F 08	20 ~ 80	30 ~ 130
F 16	40 ~ 160	60 ~ 300
F 32	80 ~ 320	130 ~ 500

Identifikasi jenis penetrameter F02

- (2) Periksalah apakah penetrameter diatur dengan benar.
  - a. Apakah 2 alat ukuran meter akan digunakan?
  - b. Apakah meteran-meteran tersebut di letakkan di dekat kedua ujung film ?
  - c. Apakah meteran-meteran tersebut diletakan pada sisi sumber radiasi bahan yang ditest dan di kedua sisi las yang membujur?
  - d. Apakah garis-garis yang bagus dari meteran-meteran tersebut terletak diluar atau tidak?
  
- (3) Periksalah apakah sensitivitas penetrameter yang didapat dari nomor garis-garis meter yang diidentifikasi pada film sinar-X kualitas gambar yang diminta sudah memuaskan .
  - a. Periksalah jumlah garis-garis penetrameter yang diperoleh dari pengamatan visual pada sinar-X (ada 2 meteran periksalah nomer-nomer kedua meteran tsb)
  - b. Tentukan jumlah garis dengan mengambil jumlah garis yang lebih sedikit diantara dua garis penetrameter yang dinyatakan dengan pengamatan visual.
  - c. Periksalah apakah jumlah yang dimaksud pada b memenuhi nilai sesuai yang ditunjukkan dalam tabel V.8.

Tabel V.8 Jumlah garis yang ditunjukkan penetrameter

Tebal las (mm) (Kelas umum)	Tipe dari parameter				
	F02	F04	F08	F16	F32
Dibawah 6.25	7				
6.25 s/d kurang dari 8.0	6				
8.0 s/d kurang dari 10.0	5				
10.0 s/d kurang dari 12.5	4	7			
12.5 s/d kurang dari 16.0	3	6			
16.0 s/d kurang dari 20.0	2	5			
20.0 s/d kurang dari 25.0	1	4	7		
25.0 s/d kurang dari 32.0		3	6		
32.0 s/d kurang dari 40.0		2	5		
40.0 s/d kurang dari 50.0		1	4	7	
50.0 s/d kurang dari 62.5			3	6	
62.5 s/d kurang dari 80.0			2	5	
80.0 s/d kurang dari 100			1	4	7
100 s/d kurang dari 125				3	6
125 s/d kurang dari 160				2	5
160 s/d kurang dari 200				1	4
200 s/d kurang dari 250					3
250 s/d kurang dari 320					2
Minimal 320					1

## 2. Mengukur kepekaan bagian test fotografi.

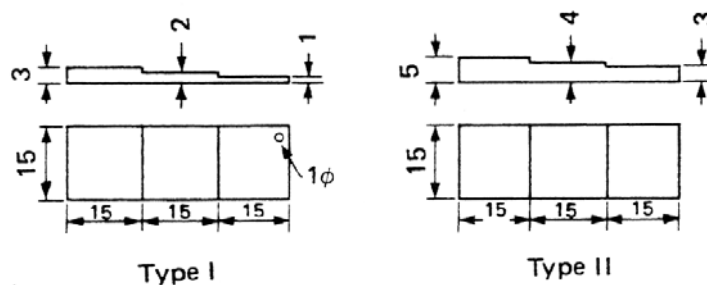
- (1) Ukurlah kepekaan maksimum film (saat ini, jangan mengukur kepekaan takik atau cacat-cacat lainnya)
- (2) Ukurlah kepekaan minimum pada film (jangan mengukur kepekaan cacat-cacatnya)
- (3) Periksa apakah pengukuran kepekaan maksimum dan minimum tadi sesuai dengan yang ditunjukkan di tabel V.9 untuk tiap-tiap ketebalan las.

Tabel V.9 Ketebalan las dan batasan kepekaan fotografi

Ketebalan las (mm)	Kepekatan fotografi
50 atau kurang	1.0 s/d 3.5
Diatas 50 sampai 100 inci	1.5 s/d 3.5
Diatas 100	2.0 s/d 3.5

### 3. Mengecek kepekatan perbedaan kontras meter

Unit: mm



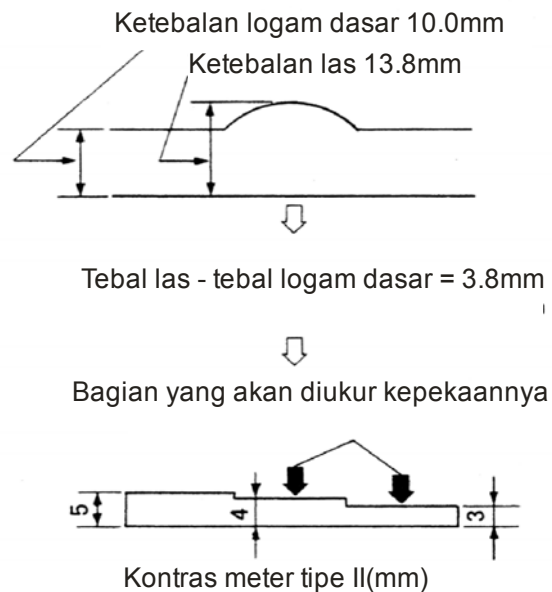
Gambar V.19 Kontrasmeter

- (1) Periksalah apakah kontrasmeternya sudah cocok dengan ketebalan logam dasar dan ketebalan las (Ketebalan bagian yang di test)
  - a. Ukurlah kekuatan lasnya dan kemudian periksalah apakah nilai pengukurannya sudah berada diantara ketebalan maksimum dan minimum dari kontrasmeternya yang digunakan.
  - b. Bilamana ketebalan las itu didapat dari tabel tanpa ukuran yang sebenarnya, maka kontrasmeter type I akan bisa digunakan jika lasnya punya kekuatan pada sisi atau kontrasmeter type II bisa digunakan jika kekuatan lasnya berada di dua sisi.

Tabel V.10 Tipe kontrasmeter yang dapat dipakai

Tipe	Bila ketebalan las dan logam dasar tidak terukur dengan tepat	Tipe	Bila ketebalan las dan logam betul – betul terukur dengan tepat
I	Tida dada kekuatan atau tidak ada kekuatan pada satu sisinya	I	Perbedaan antara ketebalan logam dasar dan ketebalan las berada di bawah 3.0 mm
II	Ada kekuatan di kedua sisinya	II	Bila perbedaan antara ketebalan logam dasar dan ketebalan las adalah 3.0 – 5.0

- (2) Periksa bagian yang manakah dari kontras meter yang akan diukur kepekaannya.
- a) Kontras meter harus diukur kepekaannya pada dua bagian dimana langkah yang paling mendekati nilai ketebalan diperoleh dengan mengurangkan ketebalan material dasar dari ketebalan material las.
- Contoh: Bila tebal las adalah 13,8 mm dan tebal logam dasar adalah 10,0 mm, karena bedanya adalah 3,8 mm, maka kontras meter yang harus digunakan adalah tipe II dan kepekatan dari dua bagian tersebut adalah 3,0 mm dan 4,0 mm harus diukur.



Gambar V.20 Kontrasmeter Tipe II

- b) Bila tebal las diperoleh dari tabel tanpa pengukuran yang benar, maka kepekatan 2,0 mm dan 3,0 mm pada bagian kontras meter harus diukur jika kekuatan lasnya ada pada salah satu sisi.
- (3) Ukurlah kepekatan pada dua bagian kontras meter yang teridentifikasi dan hitunglah perbedaannya.

**Tabel V.11 Perbedaan kepekatan kontras meter**

Ketebalan las (mm)		Maksimal 3.0	3.0 < atau <6.0	6.0 ≤ atau ≤ 10.0	10.0 < atau <15.0	15.0 < atau < 20.0
Perbedaan kepekatan	Kelas umum	0.45	0.30	0.20	0.13	0.10
	Kelas khusus	0.60	0.40	0.25	0.17	0.13

- (4) Periksalah jika perbedaan kepekatan yang didapat tidak kurang dari 80% dari nilai tertentu pada ketebalan las tersebut.

**4. Menentukan apakah radiographnya bagus/tidak**

- (1) Catatlah hasil-hasil pemeriksaan diatas pada tabel V.12.
- (2) Jika semua catatan tersebut lolos/berhasil,maka radiographnya bisa digunakan untuk mengelas. Jika ada yang tidak layak/tidak lolos,maka tidak boleh diadakan pengetesan.

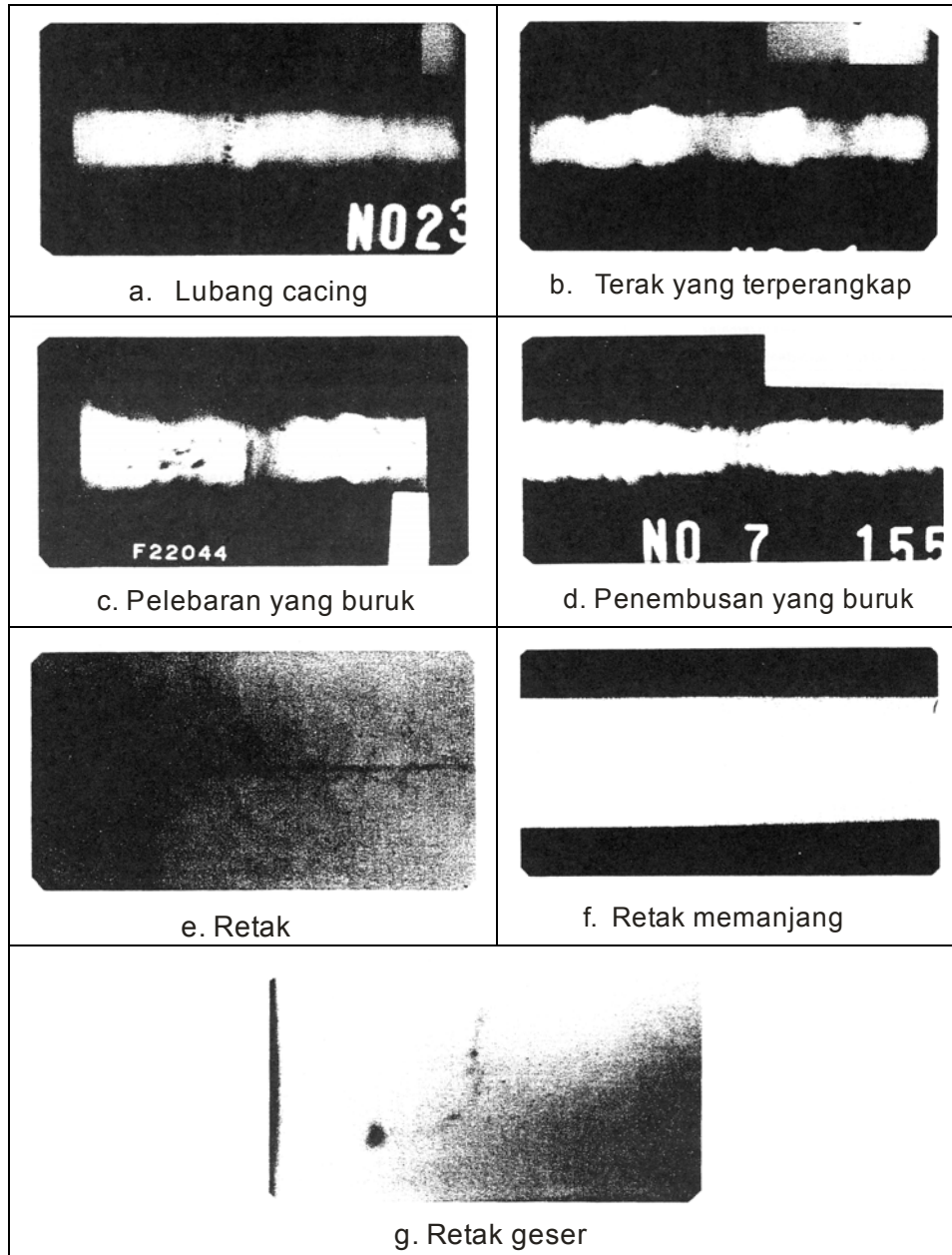
**Tabel V.12 Lembar pemeriksaan persyaratan radiografi**

Bagian pemeriksaan			Keputusan
1	Penetrameter	Penentuan jenis penetrameter	
		Pengaturan penetrameter	
		Jumlah garis yang teridentifikasi pada penetrameter	
2	Kepekatan fotografi dari bagian yang dilas	Rentang kepekatan maksimum dan minimum	
3	Perbedaan kepekatan dari kontras meter	Penentuan jenis kontras meter	
		Perbedaan kepekatan dari kontras meter	



**5. Pemeriksaan keberadaan dan jenis cacat pengelasan**

Radiograph menunjukkan beberapa cela/cacat dalam pengelasan. Keputusan akan adanya cacat dan jenis cacat pengelasan diambil dengan mempelajari radiograph yang diambil, yang mengacu pada radiograph yang diberikan.



**Gambar V.21** Macam-macam cacat las

**6. Mengkonfirmasi syarat-syarat radiograf**

Kualitas gambar pada radiograf harus cukup bagus untuk menunjukkan kondisi pengelasan dengan jelas. Untuk mengetahui sejauh mana kemampuan radiograf untuk pemeriksaan cacat/kerusakan pada hasil pengelasan, beberapa hal harus diperiksa antara lain diameter garis penetrameter, kepekatan fotografik dan perbedaan kepekatan kontras meter.

**7. Sensitifitas/kepekaan penetrameter.**

Pada radiograf yang diambil, sensitivitas penetrameter harus kurang dari nilai yang diberikan pada tabel V.13.

$$\text{Sensitivitas penetrameter} = \frac{\text{Diameter garis penetrameter terbaik yang diakui dalam bagian pengujian}}{\text{Ketebalan las (mm)}} \times 100\%$$

**Tabel V.13 Sensitivitas penetrameter**

Kualitas gambar	Ketebalan las (mm)	Sensitivitas penetrameter %
Kelas umum	--	2.0 atau kurang
Kelas khusus	Maksimal 100	1.5 atau kurang
	Lebih dari 100	1.3 atau kurang

Bagaimanapun juga, sensitivitas penetrameter akan cukup bagus jika sebuah garis dengan diameter 0,1 mm dapat dikenali untuk ketebalan las maksimal 5 mm di kelas biasa dan 6,6 mm di kelas khusus

## RANGKUMAN

1. Tujuan pengujian dan pemeriksaan adalah untuk menjamin kualitas dan memberikan kepercayaan terhadap konstruksi yang dilas.
2. Pengujian dan pemeriksaan dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok sesuai dengan pengujian dan pemeriksaan dilakukan yaitu
  - Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan **sebelum** pengelasan
  - Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan **selama** proses pengelasan
  - Pengujian/pemeriksaan yang dilakukan **setelah** proses pengelasan
3. Uji tarik dilaksanakan untuk menentukan kekuatan tarik, titik mulur (kekuatan lentur) las, pemanjangan dan pengurangan material las.
4. Uji lengkung dilaksanakan untuk memeriksa pipa saluran dan keutuhan mekanis dari material las.
5. Uji hentakan dilaksanakan untuk menentukan kekuatan material las.
6. Kekerasan material logam merupakan faktor penting dalam menentukan sifat-sifat mekanis dari material. Kekerasan maksimal pada daerah las yang diukur dengan uji kekerasan digunakan sebagai dasar penentuan kondisi-kondisi sebelum dan sesudah pemanasan yang akan dilakukan untuk mencegah retakan hasil pengelasan.
7. Sasaran uji visual meliputi :
  - Sebelum dan selama dilakukannya pengelasan adalah jenis dan bentuk material, bentuk sambungan, dan pemanasan sebelum pengelasan, pemanasan setelah pengelasan serta temperatur antar-lapisan.
  - Setelah pengelasan adalah ketepatan ukuran hasil pengelasan, selain itu juga penguatan, panjang kaki, tampilan rigi-rigi, penembusan, perlakuan terhadap lubang-lubang dan kerusakan pada bagian luar.

8. Ada dua metode magnetisasi pada daerah pengelasan, yaitu "metode yoke", menggunakan elektromagnet dan "metode prod", menggunakan elektrode pada spesimen agar arus listrik dapat mengalir di dalam spesimen.
9. Pada umumnya uji zat penetran dilakukan secara manual, sehingga dapat tidaknya kerusakan itu berhasil dideteksi sangat bergantung pada ketrampilan penguji. Jika dilaksanakan oleh seorang penguji yang kurang berpengalaman, maka keberhasilan uji zat penetran bisa bervariasi.
10. Sumber-sumber radiasi sangat berbahaya dan membahayakan apabila tidak ditangani sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, ketika melakukan uji radiografi, setiap peralatan harus dijaga agar menerima paparan radiasi seminimal mungkin bukan hanya oleh mereka yang menangani sumber radiasi melainkan juga oleh siapa saja yang berada di dekat tempat uji radiografi



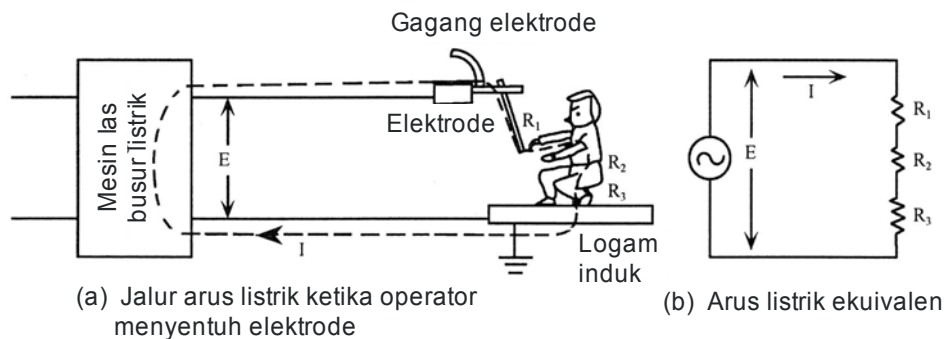
## BAB VI

### BAHAYA-BAHAYA DALAM PELAKSANAAN PENGELASAN DAN PENCEGAHANNYA

Karena menggunakan sumber energi panas dan nyala api gas bertemperatur tinggi, pengelasan bisa menimbulkan berbagai macam bahaya yang berkaitan dengan alat-alat dan lingkungan kerja di sekelilingnya.

Bahaya-bahaya itu meliputi kejutan listrik selama pelaksanaan pengelasan dengan mesin las busur listrik, ledakan karena adanya kebocoran pada gas-gas yang mudah terbakar seperti gas asetilin, cedera pada mata akibat penyinaran, silau nyala api gas, cedera karena asap dan gas yang dihasilkan selama proses pengelasan, kebakaran, ledakan dan luka bakar akibat percikan terak pengelasan serta ledakan tabung asetilin, oksigen, gas CO<sub>2</sub> dan gas argon. Oleh karena itu, juru las tidak hanya harus mengetahui teknik pengelasan tetapi harus mengetahui masalah-masalah yang berpotensi bisa terjadi.

#### VI.1 BAHAYA LISTRIK DAN PENCEGAHANNYA



**Gambar VI.1 Jalur arus listrik ketika operator menyentuh elektrode las dan rangkaian listrik ekuivalen**

##### VI.1.1. Bahaya Kejutan listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik

Jika operator mesin las busur listrik AC secara kebetulan menyentuh batang las pada sisi arus keluar (sisi sekunder), kabel gagang elektrode atau kabel pada sisi logam dasar, dan terkena kejutan listrik seperti terlihat pada Gb. V.1, maka arus listrik yang menjalari tubuh operator dapat dihitung dengan rumus.

Untuk mesin las busur listrik AC, sisi arus masuk (sisi pertama) sesuai dengan tegangan 200-220V satu fase, sedangkan arus keluar sesuai dengan tegangan 65-95V tanpa beban.

Menurut hukum Ohm:

$$E = I \times (R_1 + R_2 + R_3)$$

Di mana,

- I : Arus yang mengalir ke dalam tubuh operator
- E : Tegangan (V) tanpa beban dari mesin las busur listrik; sekitar 80V untuk mesin las nilai arus keluar 300A
- R1 : Tahanan hubungan arus antara tangan dengan gagang elektrode atau batang las (W)
- R2 : Tahanan arus pada tubuh manusia (W)
- R3 : Tahanan hubungan arus antara kaki dan bumi (W)

Walaupun demikian, tahanan arus R1, R2 dan R3 bergantung pada situasi. Misalnya, tahanan arus listrik pada tubuh R2 dibagi menjadi tahanan pada kulit dan tahanan pada tubuh manusia. Tahanan arus listrik pada kulit, dengan kulit yang kering dan keras, kira-kira 10000W. Namun demikian, jika kulit itu berkeringat, maka nilainya berkurang setengahnya dan jika kulit itu basah, maka nilainya turun drastis menjadi 1/25. Secara umum, sesuai dengan situasinya, tahanannya adalah sekitar 500W.

Dengan demikian:

- (a) Jika kulit operator kering dan ia mengenakan sarung tangan pelindung serta sepatu pengaman, maka tahanannya dihitung sebagai berikut:
  - R1 = 20.000 W
  - R2 = 500~1.000 W
  - R3 = 30.000 W
  - I = Kurang lebih 1,6 A. Arus listrik dianggap tidak berbahaya bagi tubuh manusia.
- (b) Jika tubuh manusia berkeringat, I = kurang lebih 17,1mA, yang bisa menimbulkan bahaya bagi nyawa manusia. Walaupun demikian, otot-otot dan urat syaraf yang dialiri arus listrik dapat dianalisis tetapi tidak dapat dipindahkan, sehingga operator tidak dapat melepaskan batang las yang disentuhnya.

- (c) Jika operator menyentuh batang las dengan tangan telanjang tanpa mengenakan kaus tangan pelindung atau jika plat bajanya basah, maka dalam kondisi terburuk  $R1 = 0$ ,  $R3 = 0$  dan  $R2 = 500\Omega$ ,  $I$  meningkat menjadi 160mA, yang dapat menimbulkan risiko kematian karena berhentinya detak jantung.

Keadaan ketika terjadi kejutan listrik bergantung pada:

1. Nilai arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia
2. Jalur arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia dan
3. Jenis-jenis sumber tenaga listrik (AC atau DC)

Akibat-akibatnya terhadap nilai-nilai arus listrik tertentu dapat dilihat pada Tabel VI.1.

**Tabel VI.1 Nilai arus listrik di dalam tubuh manusia dan tingkat kejutan listriknya**

Jalur arus listrik dalam satu detik	Reaksi tubuh manusia dan akibatnya
1mA	Jalur arus ke seluruh tubuh terasa (arus minimum yang dapat diserap)
5mA	Arus maksimum melalui tangan atau kaki yang dapat ditoleransi (arus maksimum yang dapat ditoleransi)
10mA-20mA	Batas arus yang dapat dilakukan oleh manusia untuk melepaskan diri (arus pelepasan)
50mA	Cedera, pingsan, kelelahan, rangsangan jantung dan sistem pernapasan
100mA-3A	Serangan jantung
6A ke bawah	Penyempitan pembuluh darah jantung berkelanjutan, berhentinya pernapasan sementara dan luka bakar

(Wanita dan anak-anak: 2/3 dan 1/2 dari nilai masing-masing)



### **VI.1.2. Sebab-Sebab Utama Kejutan Listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik**

Sebab-sebab utama terjadinya kejutan listrik adalah sebagai berikut:

1. Karena perlu menyalakan kembali dan menjaga kestabilan busur las, maka tegangan listrik AC pada mesin las busur listrik harus dijaga agar tetap tinggi.
2. Isolasi yang tidak efektif karena adanya kerusakan pada pembungkus kabel las.
3. Isolasi yang tidak efektif dari mesin las busur listrik dan terbukanya bidang pengisian pada terminal penghubung kabel mesin las.
4. Isolasi yang tidak efektif pada gagang batang las.
5. Pengelasan busur listrik pada lokasi dikelilingi oleh material konduksi seperti bejana tekan atau struktur dasar ganda dari kapal.

### **VI.1.3. Cara-Cara Mencegah Bahaya Kejutan Listrik selama Pengelasan dengan Busur Listrik**

- (a) Cara-cara untuk mencegah arus listrik mengalir ke seluruh tubuh manusia adalah :
  1. Pakaian kerja harus kering dan tidak boleh basah oleh keringat atau air.
  2. Sarung tangan harus terbuat dari kulit, kering dan tanpa lubang pada ujung jari.
  3. Harus memakai sepatu karet yang seluruhnya terisolasi.
  4. Mesin las busur listrik AC harus memiliki alat penurun tegangan otomatis atau mesin las busur listrik DC tegangannya harus relatif rendah, sekitar 60V.
- (b) Memastikan tidak adanya kebocoran arus listrik.
  1. Mesin-mesin las busur listrik itu sendiri, meja kerja las dan lembar kerja yang akan dilas harus benar-benar “membali”.

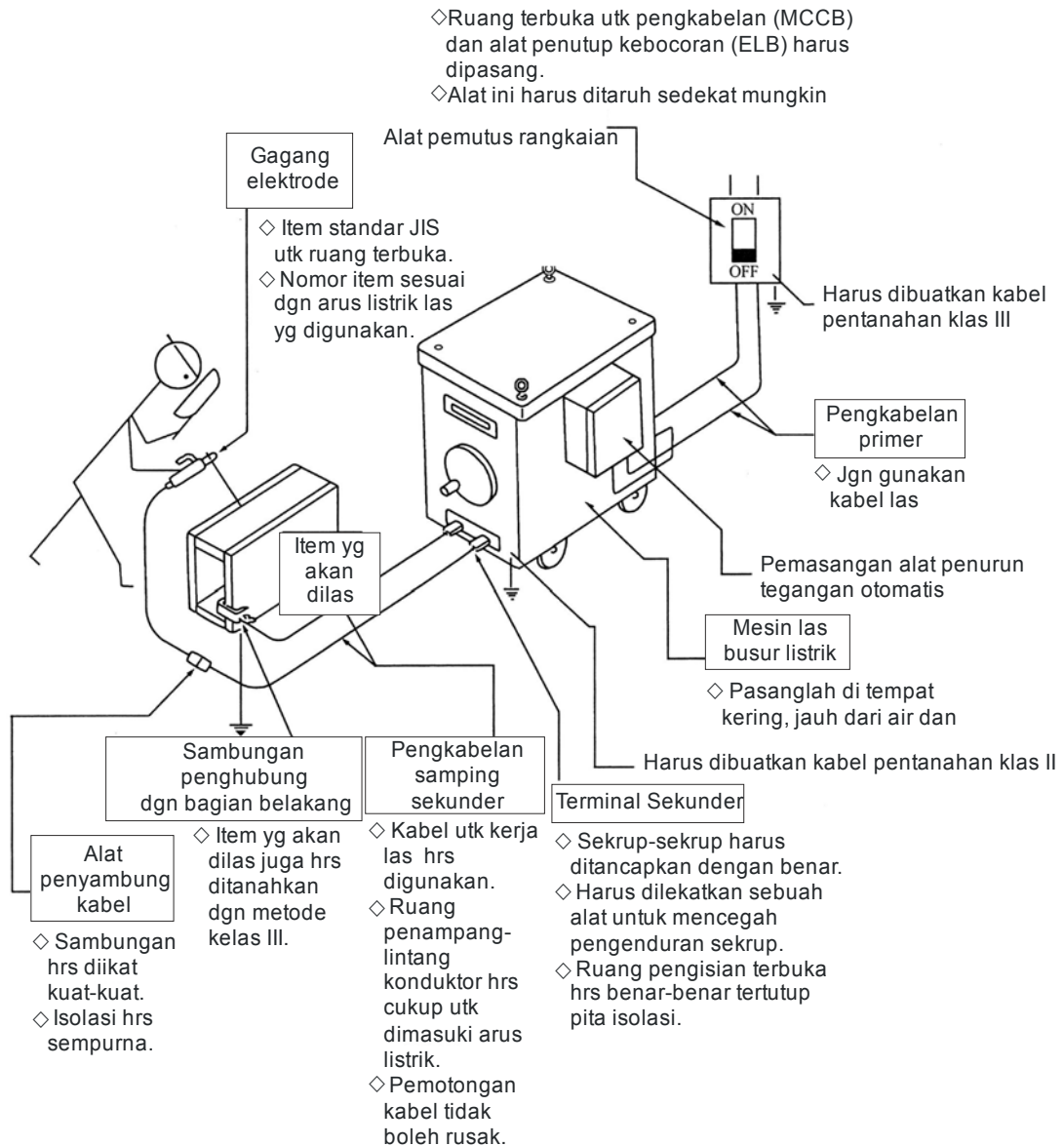
2. Jika pembungkus kabel-kabel input atau output sobek dan kawatnya terbuka, maka tutuplah dengan pita isolasi atau ganti seluruh kabelnya.
3. Isolasi terminal-terminal kabel pada sisi input/output, kabel pada gagang elektrode dan sisi gagang elektrode, dan hubungan pada konektor kabel harus sempurna.
4. Hubungan kabel-kabel yang ada di meja kerja las, lembar kerja yang akan dilas dan logam dasar dengan benar menggunakan penjepit-penjepit khusus.
5. Ketika meninggalkan bengkel pengelasan untuk beristirahat, pastikan bahwa batang elektrode las telah dilepaskan dari gagang elektrode(holder) . Penting juga diperhatikan agar mematikan tombol mesin las busur listrik dan tombol sumber tenaga listrik terdekat serta tombol pemutus rangkaian listrik pada panel listrik. Alat pemutus rangkaian listrik dengan alat penyumbat kebocoran juga harus dipasang.

Juru Las diwajibkan untuk memasang alat penurun tegangan listrik otomatis apabila menggunakan mesin busur listrik AC pada ketinggian melebihi dua meter untuk konstruksi rangka besi atau lokasi-lokasi sempit yang dikelilingi oleh bahan-bahan konduktif seperti misalnya bagian bawah kapal atau bejana tekan. Sabuk pengaman juga harus dikenakan untuk kerja las di tempat-tempat tinggi.

Sebelum memulai kerja las, alat pelindung keselamatan kerja dan alat penurun tegangan listrik otomatis harus diverifikasi oleh pengawas agar dapat bekerja secara normal.

Apabila seorang pekerja mengalami kejutan listrik, maka matikanlah sumber tenaga listrik sesegera mungkin dan panggilah dokter atau ambulan. Jangan pernah mencoba mengangkat korban, karena Anda pun dapat terkena kejutan listrik.

Apabila pernapasan dan denyut jantungnya telah terhenti, harus dilakukan pernapasan buatan atau pijat jantung sebelum dokter atau ambulan datang, sehingga para pekerja harus mempersiapkan diri untuk menghadapi kemungkinan terkena kejutan listrik. Gb. VI.2 memperlihatkan contoh-contoh persiapan pelaksanaan pengelasan las busur listrik.



**Gambar VI.2 Contoh hubungan listrik yang aman untuk las busur listrik**

## VI.2 BAHAYA-BAHAYA SINAR BUSUR LAS DAN NYALA API GAS SERTA PENCEGAHANNYA

### VI.2.1. Akibat Sinar-Sinar Berbahaya

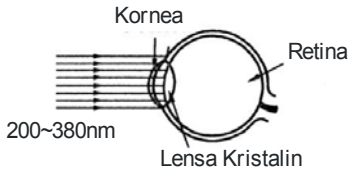
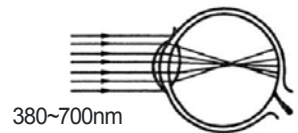
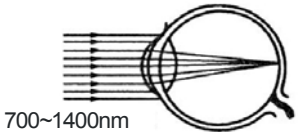
Temperatur busur las sama tingginya dengan temperatur permukaan matahari, kira-kira 5000 - 6000<sup>0</sup> C, sedangkan temperatur

nyala api gas asetilin adalah kira-kira 3100<sup>0</sup> C. Kedua-duanya menimbulkan radiasi sinar yang kuat sehingga berbahaya bagi mata. Sinar-sinar tersebut meliputi, sinar-sinar yang kasat mata, juga sinar ultraviolet (gelombang elektromagnetik) dan sinar inframerah (thermal) yang tidak kasat mata.

Sinar yang ada pada las busur listrik kebanyakan adalah sinar ultraviolet, sedangkan nyala api las memancarkan sinar infrared. Sinar ultraviolet dan sinar infrared menimbulkan kerusakan pada mata.

Seperti terlihat pada Tabel VI.2. Terutama, kulit yang terkena sinar ultraviolet dapat terbakar seperti terbakar sinar matahari.

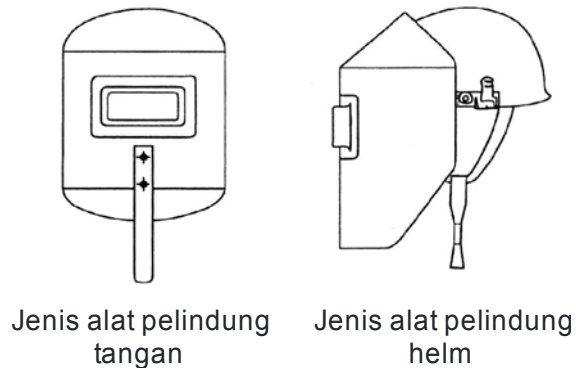
**Tabel VI.2 Contoh hubungan listrik yang aman untuk las busur listrik**

Sinar yang berbahaya	Keadaan penetrasi ke dalam mata	Kerusakan pada mata
Sinar ultraviolet		Kornea dan lensa kristalin menyerap sebagian besar sinar, menyebabkan optamilitus.
Sinar kasat mata		Semua sinar yang kasat mata masuk melalui kornea dan lensa kristalin dan sampai ke retina seperti apa adanya. Karena itu, paparan yang berlebihan terhadap sinar (sorotan) yang kasat mata dapat menyebabkan kelelahan mata yang parah, menyebabkan meningkatnya efisiensi kerusakan pada retina.
Sinar infrared		Sinar infrared tidak menimbulkan akibat yang akut. Karena itu, paparan (sinar infrared) dalam jangka panjang sangat berbahaya. Karena itu, dapat menyebabkan kerusakan pada retina dan berbagai gangguan fungsi visual, termasuk katarak, amblyopia dan sulit menyesuaikan diri.

**VI.2.2. Alat-alat Pelindung dari Sinar yang Berbahaya**

Alat-alat berikut ini dianjurkan untuk melindungi diri dari sinar busur las dan sinar termal (panas) nyala api gas.

1. Kaus tangan atau masker pelindung wajah sejenis helm dengan plat-plat baja anti-cahaya dilengkapi dengan jumlah penyaring yang cukup memadai serta kacamata pelindung digunakan ketika mengerjakan las busur listrik atau las gas. Lihat Gb.VI.3.

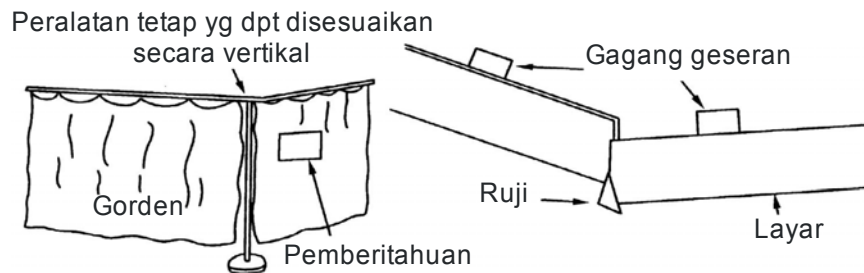


Jenis alat pelindung tangan

Jenis alat pelindung helm

**Gambar VI.3 Masker pelindung wajah**

2. Untuk melindungi lingkungan pekerja dari sinar-sinar yang berbahaya tersebut, perlu digunakan layar pelindung cahaya.

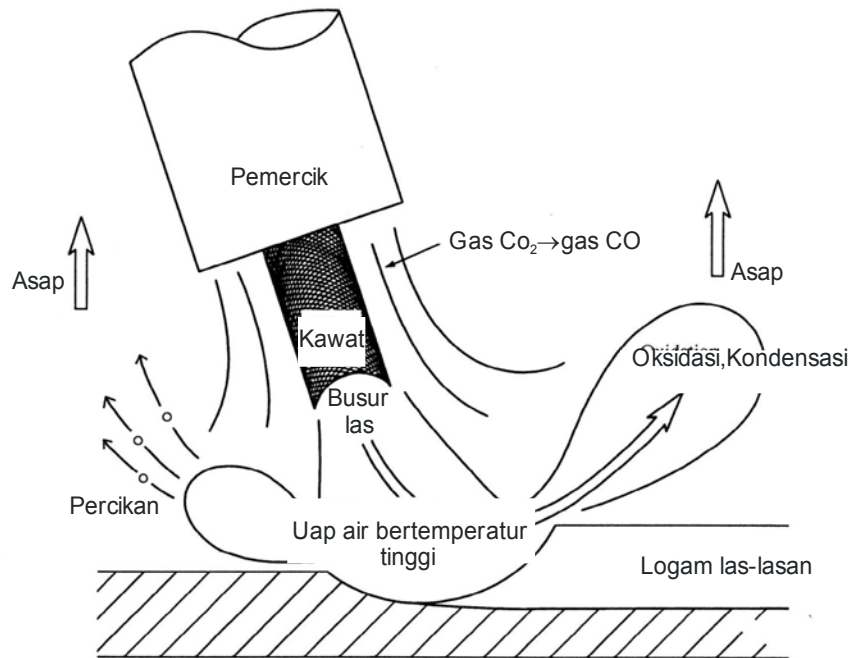


**Gambar VI.4. Contoh-contoh alat pelindung sinar**

3. Pekerja las harus memakai pakaian kerja lengan panjang dan menutupi leher dengan handuk sehingga kulit terlindung dari paparan sinar busur las.

4. Pekerja harus merawat kedua matanya dengan meneteskan obat tetes mata dan menggunakan kompres pendingin. Kedua mata bisa menderita pendarahan yang parah dengan air mata berlinang-lintang akibat terkena sinar ultraviolet. Gejala ini disebut optalmia listrik. Walaupun hal ini merupakan gejala sesaat, dianjurkan agar penderitanya berobat ke dokter spesialis mata.

### VI.3 BAHAYA ASAP DAN GAS LAS SERTA PENCEGAHANNYA



**Gambar VI .5 Sebab-sebab timbulnya asap (contoh dari las MAG)**

#### VI.3.1. Akibat Asap Las terhadap Tubuh Manusia

Temperatur busur las tingginya kira-kira  $5000-6000^{\circ}\text{C}$ , yang berarti sama dengan temperatur permukaan matahari, sedangkan temperatur nyala api oksiasetilin adalah kira-kira  $3200^{\circ}\text{C}$ . Penguapan logam peleburan terjadi dari ujung batang elektrode las atau kawat las, tetesan-tetesan kecil yang berpindah dan permukaan genangan yang meleleh, sehingga uap air logam bertemperatur tinggi disebarkan ke sekeliling titik pengelasan. Uap air itu cepat menjadi dingin dan melebur di dalam partikel-partikel kecil berdiameter  $0,1-10\mu\text{m}$ . Walaupun kelihatannya seperti asap biasa, asap gas las ini sebenarnya mengandung partikel-partikel murni.

Ukuran dan unsur-unsur di dalam partikel-partikel ini bergantung pada material yang terkandung di dalam batang las, kawat las dan jenis material dasarnya. Karena ukuran partikel-partikel ini memungkinkan untuk mudah masuk ke dalam paru-paru, maka alat-alat perlindungan harus digunakan.

Menurut Tabel VI.3, apabila pengelasan dengan gas CO<sub>2</sub> menggunakan kawat padat dan elektrode terbungkus ilmenit (oksida besi dan titanium), maka unsur utama asapnya adalah oksida besi, tetapi asap las pada umumnya bergantung pada kandungan material pembungkusnya dan kawat lasnya.

**Tabel VI.3 Komposisi kimia asap las**

Jenis	Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F
Jenis hidrogen rendah	13.69	3.70	3.82	0.25	0.32	12.25	0.97	10.11	25.20	17.50
Jenis hidrogen rendah tidak berbahaya	19.55	5.95	4.49	0.57	0.36	13.35	6.76	24.90	3.65	11.54
Jenis ilmenit	46.54	19.35	11.24	2.14	0.41	1.72	0.53	6.20	6.44	--
Pengelasan dengan gas CO <sub>2</sub>	75.47	10.69	12.57	--	--	--	--	--	--	--
Penegelasan tanpa gas	16.22	1.33	2.14	--	7.83	18.30	42.10	0.30	tr	11.12

Jika sejumlah besar volume asap las diisap, maka gejala penyakit akut yang disebut "demam logam" dapat terjangkit, ditandai dengan sakit kepala, demam, menggigil, dan kelelahan yang terjadi dalam waktu singkat. Gejala-gejala ini terlihat apabila digunakan batang elektrode las hidrogen rendah. Walaupun demikian, ini hanyalah gejala penyakit sesaat, dan pasien akan pulih kembali kesehatannya setelah beberapa jam. Namun apabila asap las itu diisap dalam waktu lama, maka partikel-partikel murni akan terakumulasi di dalam paru-paru dan dapat menyebabkan kondisi kronis yang disebut "pneumokoniosis" (radang paru-paru).

Radang paru-paru pada tahap awal hampir tidak menunjukkan gejala penyakit yang subyektif, tetapi fungsi paru-paru semakin memburuk seiring dengan berkembangnya gejala penyakit itu, ditandai dengan kesulitan bernapas. Sampai sekarang masih belum ada pengobatan yang dapat mengembalikan paru-paru seperti dalam kondisi kesehatan semula, selain itu dalam beberapa kasus pasien meninggal dunia karena berbagai komplikasi.

Di Jepang, pengelasan di dalam ruangan digolongkan sebagai pekerjaan pembersih debu, sehingga upaya pencegahan asap las dan juga pemeriksaan kesehatan wajib dilakukan secara teratur untuk mencegah radang paru-paru .

Bila material baja berlapis seng dilas, maka penghisapan asap seng menyebabkan demam dan panas-dingin yang tinggi. Walaupun gejala penyakit ini terjadi sesaat, perlu dilakukan perawatan kesehatan.

**Tabel VI.4 Pengaruh asap logam terhadap tubuh manusia**

Oksida besi	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan
Mangan	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, terutama cabang tenggorokan Gangguan syaraf sebagai akibat kronis Peningkatan refleks urat kulit, pengerasan otot dan tremor
Oksida kadmium	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, radang paru-paru, gangguan ginjal dan tumor paru-paru
Kobalt	Radang paru-paru karena zat kimia
Nikel	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, penyakit kulit
Khrom	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, penyakit kulit, bisul-bisul di kulit, radang hidung, bisul-bisul pada sekat hidung
Tembaga	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, terutama cabang tenggorokan, radang selaput lendir pada hidung dan batang tenggorokan, diare dan demam
Oksida seng	Demam akibat asap
Molibdenum	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan



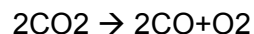
Oksida besi	Demam akibat asap
Timah	Keracunan di seluruh tubuh, bisul-bisul di perut, kelumpuhan syaraf, anemia, tumor paru-paru, insomnia, sakit perut, sembelit dan nyeri persendian
Fluorida	Radang mata, hidung, tenggorokan selaput lendir mulut, masalah gigi, gangguan ginjal, masalah tulang, pendarahan berkepanjangan, dan gangguan liver
Titanium	Enzim
Aluminium	Rangsangan terhadap organ-organ pernapasan, jaringan serabut paru-paru

Sumber : Jurnal teknologi pengelasan “ Keselamatan dan kesehatan”

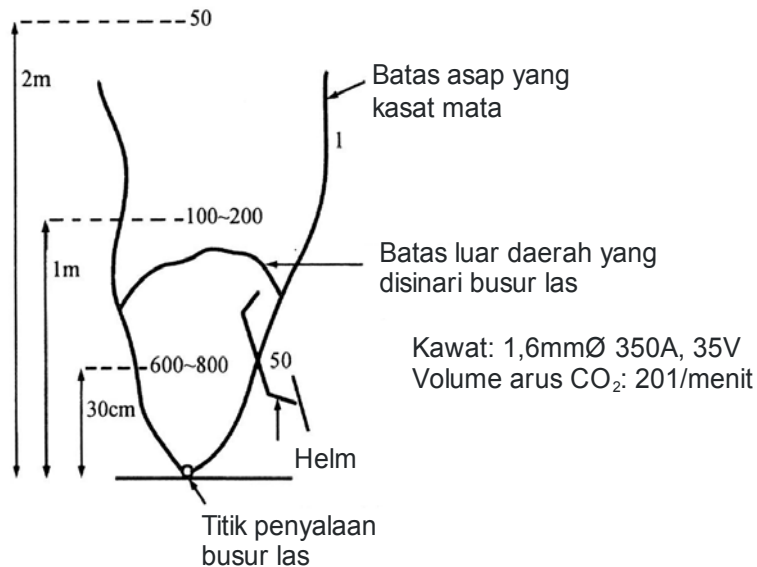
### VI.3.2. Pengaruh Gas-gas yang Timbul selama Pengelasan

Selama pengelasan, gas-gas yang beracun bagi tubuh manusia bisa timbul selain asap-asap las. Misalnya:

- (a) Bila 100% gas CO<sub>2</sub> digunakan sebagai gas pelindung untuk las MAG, maka gas CO<sub>2</sub>, yang dipanaskan dengan temperatur tinggi pada busur las, akan larut dengan formula sebagai berikut untuk menghasilkan CO (karbon monoksida):



Kepadatan CO ini bergantung pada jarak dari titik kejadian seperti tampak pada Gb. VI.6, dan 700ppm di luar helm serta 50ppm di dalam helm pada titik 30 cm dari titik kejadian.

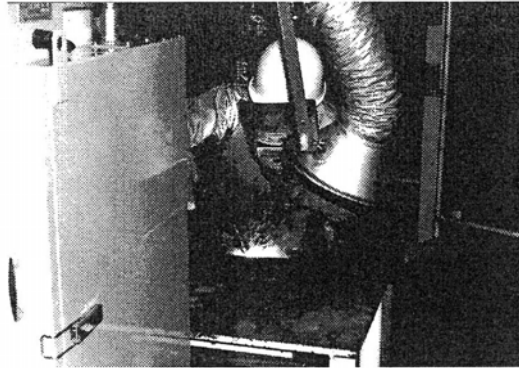


**Gambar VI.6** Keapatan berbagai titik selama las MAG

- (b) Oksigen dan nitrogen bereaksi dengan busur las panas terhadap oksigen dan dikonversikan menjadi Nox (NO-NO<sub>2</sub>).
- (c) Sinar ultraviolet yang ditimbulkan dari reaksi busur las terhadap oksigen, menghasilkan ozon (O<sub>2</sub>).
- (d) Oli dan cat yang melekat pada daerah las-lasan, yang dilarutkan oleh busur las dan nyala api gas, menghasilkan gas-gas organik.

### VI.3.3. Cara Mengatasi Asap dan Gas Las

- a. Asap las harus dibuang dengan alat lebih dari sekadar ventilasi alami; seperti tampak pada Gb.VI.7, alat penyedot asap las lokal dan alat pembuang gas harus dipasang untuk melenyapkan secara paksa gas dan asap las. Walaupun kepadatan CO yang dapat ditolerir adalah 50ppm, hindari pengelasan dengan wajah dekat dengan titik pengelasan, sebagaimana penghisapan CO 200ppm selama beberapa jam juga harus dihindari apabila terlihat ada gas CO beracun.



**Gambar VI.7 Contoh penggunaan alat penyedot asap las local dan alat pembuang gas**

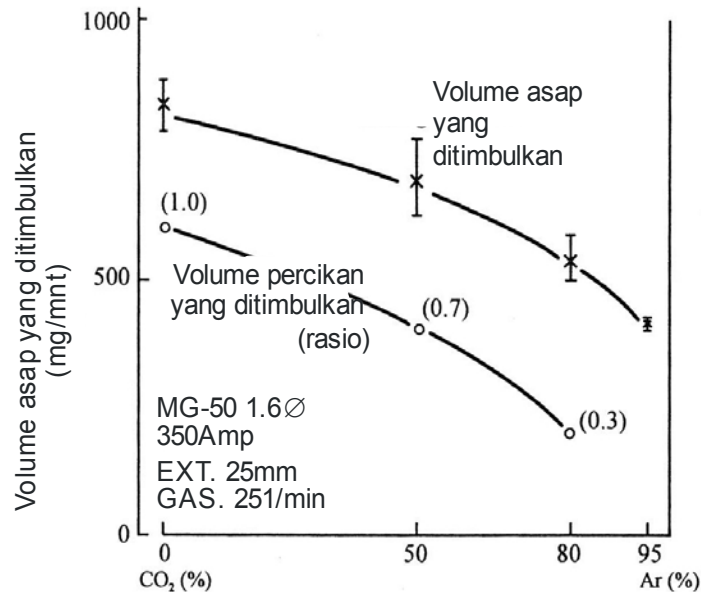
- b. Jika alat penyedot asap dan pembuang gas tidak dapat dipasang, maka gunakanlah alat bantu pernapasan seperti tampak pada Gb. VI.8. Bila pengelasan dilakukan pada lokasi yang sempit dan kurang ventilasi, gunakanlah masker pengisi udara (oksigen).



**Gambar VI.8 Contoh penggunaan alat bantu pernafasan**

- c. Gunakanlah metode pengelasan, elektrode las atau kawat las yang menghasilkan sedikit asap las. Misalnya, jika campuran gas Ar+Co<sub>2</sub> digunakan untuk las MAG sebagai las pelindung, maka jumlah asap lasnya dapat dikurangi banyak seperti tampak pada Gb. VI.9

Belakangan beberapa pabrik pembuat elektrode las telah mulai memasarkan elektrode terbungkus dan kawat tanpa fluks di bagian tengah yang dapat menghasilkan jauh lebih sedikit asap daripada produk-produk konvensional. Lampiran berikut menunjukkan uraian tentang paket-paket produk tersebut.



**Gambar VI.9** Volume asap las jika menggunakan gas campuran

- d. Sedapat mungkin gunakanlah mesin las otomatis, sehingga operator mesin dapat mengambil jarak lebih jauh dari daerah pengelasan.

## VI.4 BAHAYA LETUPAN DAN TERAK SERTA PENCEGAHANNYA

### VI.4.1. Bahaya Letupan atau Terak

Letupan yang disebabkan oleh percikan selama pengelasan, serta terak yang ditimbulkan oleh alat potong las atau alat ukur udara busur las, menimbulkan berbagai risiko, antara lain cedera pada mata, luka bakar, kebakaran, dan percikan. Alat-alat pencegahan yang dapat digunakan dapat dipelajari dari alat pelindung diri bidang las.

**VI.4.2. Cara untuk Mengatasi Letupan dan Terak**

- a. Jangan menggulung lengan baju dan jangan mengeluarkan kulit lengan Anda. Hindari pemakaian katelpak dari bahan campuran poliester; lebih baik memakai katelpak dari bahan katun yang tidak terlalu mudah terbakar. Hal ini juga penting untuk menghindari ledakan karena adanya letupan listrik statis. Seperti tampak pada Gb. VI.10, pastikan bahwa Anda memakai alat-alat pelindung seperti kaus tangan kulit, penutup lengan, katelpak, penutup kaki (striwel), dan kacamata pelindung.
- b. Jangan menaruh di dekat tempat kerja pengelasan atau pemotongan, barang-barang yang mudah terbakar atau dapat menimbulkan kebakaran dan ledakan. Misalnya, ketika bekerja menggunakan tabung gas, jauhkan semua benda cair dari tabung itu dan cuci bersih serta bersihkan udaranya sebelum mulai mengelas atau memotong tabung itu. Juga efektif jika membilas gas di dalam tabung dengan nitrogen atau argon setelah bejana itu diisi air.



**Gambar VI.10** Perlengkapan pelindung untuk dipakai pada waktu mengelas

## VI.5. BAHAYA TABUNG GAS DAN CARA PENANGANANNYA

### VI.5.1. Cara Menangani Tabung Gas

Gas-gas yang digunakan untuk mengelas biasanya disebut gas bertekanan tinggi, dan biasanya terkandung didalam tabung gas bertekanan. Misalnya, gas oksigen yang digunakan untuk las gas atau pemotongan dengan gas dan gas argon yang digunakan untuk las busur listrik logam dengan pelindung gas, terkandung di dalam tabung gas bertekanan 35°C dan 150kg/cm<sup>2</sup> (15MPa), sedangkan gas asetilin larut terkandung di dalam gas bertekanan 15oC dan 15,5kg/cm<sup>2</sup> (1,55MPa).

Dilarang keras menyalakan api di dalam ruangan di tempat penyimpanan gas-gas yang mudah terbakar seperti asetilin atau hidrogen atau gas yang mendukung kebakaran seperti oksigen.

Walaupun gas-gas yang lamban seperti argon, nitrogen dan CO<sub>2</sub> serta gas-gas yang tidak mudah terbakar jauh lebih aman, semuanya cenderung dapat menggantikan udara apabila disimpan di dalam ruangan tertutup yang kurang ventilasi, sehingga oksigen menjadi cepat habis.

Peringatan tentang cara penggunaan gas, penyimpanan tabung gas dan tempat penyimpanannya dapat dirangkum sebagai berikut.

1. Jangan meletakkan tabung gas yang mudah terbakar dan tabung yang mendukung kebakaran di dalam ruangan yang sama.
2. Simpan atau jagalah tabung gas di dalam ruangan yang berventilasi baik, yang dibangun dari bahan-bahan yang tidak mudah terbakar.
3. Ruangan tersebut tidak boleh terkena sinar matahari secara langsung dan temperatur tabung gas yang disimpan tidak boleh melebihi 40<sup>o</sup>C.
4. Pada waktu memindahkan tabung gas, jangan menarik, menumpahkan, mendorong atau menggelindingkannya dengan kaki atau membiarkannya bertabrakan dengan benda-benda lain yang dapat menyebabkan guncangan pada tabung gas.
5. Ketika menggunakan gas, gunakanlah gas tersebut di tempat yang berventilasi baik, dan jagalah jangan sampai merobohkan tabung gas.
6. Ketika membuka katup tabung gas, lakukanlah perlahan-lahan untuk menghindari desakan gas tiba-tiba dan usahakan agar kunci Inggris atau kunci pas tetap melekat pada katup tabung gas.
7. Gunakanlah tabung gas yang sesuai untuk gas-gas yang mudah terbakar seperti untuk gas gas asetilin larut atau gas LP
8. Tutuplah katup tabung gas apabila gas tidak digunakan.
9. Gantilah tabung gas dengan tekanan tertentu yang masih tersisa.

10. Periksalah kebocoran yang mungkin ada sebelum mulai mengelas dan pasang penahan tekanan balik pada tabung gas asetilin yang sesuai.

Penting untuk diketahui bahwa juru las sendiri harus memahami risiko-risiko sinar busur las listrik, asap dan gas las, letupan atau percikan las; memakai perlengkapan pencegahan dan keamanan; dan memastikan bahwa fasilitas dan lingkungannya sudah sesuai sebelum mulai melakukan pengelasan.

### VI.5.2. Penyimpanan Tabung Gas

Beberapa kegiatan yang perlu dilakukan dan hal-hal yang harus diperhatikan dalam penanganan botol gas antara lain :

1. Semua botol gas harus dilindungi dari penyerapan panas yang berlebihan.
2. Semua botol gas yang digunakan harus diletakan dengan mantap atau dimasukan dalam rak besi yang dapat dipindah agar tidak jatuh atau terguling.
3. Saat pengangkatan botol gas harus dimasukan kedalam rak besi dan tidak boleh diangkat memakai magnit , tali, kabel atau rantai.
4. Botol gas tidak boleh diletakan ditempat yang memungkinkannya menjadi bagian dari pengantar listrik.
5. Oksigen atau botol gas lain tidak boleh disimpan didekat tempat yang sangat mudah terbakar atau berdekatan dengan bahan yang mudah terbakar.
6. Botol harus diletakan dalam posisi tegak dan pelindung katup harus terpasang ditempatnya.
7. Perlengkapan harus selalu bersih , bebas dari minyak dan dalam keadaan yang baik. Katup, kopling , pengatur tekanan, pipa dan perlengkapannya tidak boleh dimampatkan karena akan mudah terbakar.
8. Pemadaman api bahan kimia kering atau karbon dioksida harus selalu berada didekat tempat kerja yang menggunakan gas pembakar dalam botol.
9. Penahan nyala balik (flashback arrestor ) harus dilengkapi pada setiap saluran oksigen dan acetylene untuk menghindari nyala

## **VI.6. KESELAMATAN KESEHATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP**

### **VI.6.1. Keselamatan Kesehatan Kerja**

Bekerja dengan menggunakan media pengelasan semakin berkembang , sehingga disetiap kesempatan kerja selalu diikuti dengan potensi terjadinya kecelakaan kerja akibat kurangnya perhatian manusia, cara penggunaan peralatan yang salah atau tidak semestinya, pemakaian pelindung diri yang kurang baik dan kesalahan lain yang terjadi dilingkungan kerja bidang pengelasan. Keselamatan kesehatan kerja paling banyak membicarakan adanya kecelakaan dan perbuatan yang mengarah pada tindakan yang mengandung bahaya.

Untuk menghindari atau mengeliminir terjadinya kecelakaan perlu penguasaan pengetahuan keselamatan kesehatan kerja dan mengetahui tindakan tindakan yang harus diambil agar keselamatan kesehatan kerja dapat berperan dengan baik. Untuk membahas hal tersebut faktor yang paling dominan adalah kecelakaan, perbuatan yang tidak aman, dan kondisi yang tidak aman.

#### **1. Kecelakaan**

Faktor yang paling banyak terjadi dilingkungan kerja adalah adanya kecelakaan, dimana kecelakaan merupakan :

- (1) Kejadian yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan cedera fisik seseorang bahkan fatal sampai kematian / cacat seumur hidup dan kerusakan harta milik
- (2) Kecelakaan biasanya akibat kontak dengan sumber energi diatas nilai ambang batas dari badan atau bangunan
- (3) Kejadian yang tidak diinginkan yang mungkin dapat menurunkan efisiensi operasional suatu usaha

Hal-hal dalam kecelakaan dapat meliputi :

- (1) Kecelakaan dapat terjadi setiap saat ( 80 % Kecelakaan akibat kelalaian )
- (2) Kecelakaan tidak memilih cara tertentu untuk terjadi
- (3) Kecelakaan selalu dapat menimbulkan kerugian.
- (4) Kecelakaan selalu menimbulkan gangguan
- (5) Kecelakaan selalu mempunyai sebab
- (6) Kecelakaan dapat dicegah / dieliminir

#### **2. Perbuatan tidak aman (berbahaya)**

- (1) Tidak memakai APD (Alat Pelindung Diri) standard yaitu : Helm dengan tali, sabuk pengaman, stiwel dan sepatu tahan pukul, pakaian kerja, sarung tangan kerja dan APD sesuai kondisi bahaya kerja yang dihadapi saat bekerja pengelasan.



- (2) Melakukan tindakan ceroboh / tidak mengikuti prosedur kerja yang berlaku bidang pengelasan.
- (3) Pengetahuan dan ketrampilan pelaksana yang tidak sesuai dengan pekerjaan yang dibebankan padanya.
- (4) Mental dan fisik yang belum siap untuk tugas-tugas yang diembannya

**3. Kondisi tidak aman (berbahaya)**

- (1) Lokasi kerja yang kumuh dan kotor
- (2) Alokasi personil / pekerja yang tidak terencana dengan baik, sehingga pada satu lokasi dipenuhi oleh beberapa pekerja. Sangat berpotensi bahaya
- (3) Fasilitas / sarana kerja yang tidak memenuhi standard minimal, seperti scaffolding/perancah tidak aman, pada proses pekerjaan dalam tangki tidak tersedia exhaust blower
- (4) Terjadi pencemaran dan polusi pada lingkungan kerja, misal debu, tumpahan oli, minyak dan B3 (bahan berbahaya dan beracun)

Aman / selamat merupakan : Kondisi yang tidak ada kemungkinan malapetaka

Tindakan tidak aman merupakan : Suatu pelanggaran terhadap prosedur keselamatan yang memberikan peluang terhadap terjadinya kecelakaan

Kondisi tidak aman merupakan : Kondisi fisik atau keadaan yang berbahaya yang mungkin dapat langsung mengakibatkan terjadinya kecelakaan.

**4. Waspadai kondisi berbahaya sebagai berikut :**

- (1) Saat berada didalam ruang tertutup / tangki waspadailah gas hasil pengelasan;
- (2) Gas mulia / Inert gas : gas yang mendesak oksigen sehingga kadar oksigen berkurang dibawah 19,5 % sehingga berbahaya bagi pernapasan manusia. Gas tersebut yaitu; Argon (Ar) hasil las TIG, Co<sub>2</sub> hasil las FCAW.

Tabel VI.5 Jenis – jenis alat pelindung diri

No	Jenis APD	Jenis pekerjaan			
		Welder	Fitter	Brander	Op. Gerinda
1	Helm Pengaman Dengan Tali Terikat Kuat	X	X	X	X
2	Ketelpak Kerja	X	X	X	X
3	Sabuk Pengaman Untuk Ketinggian >2M	X	X	X	X
4	Stiwel	X	X	X	X
5	Sepatu Tahan Pukul	X	X	X	X
6	Sarung Tangan Kulit Panjang	X	X		
7	Sarung Tangan Kulit Pendek			X	X
8	Apron Kulit	X	X	X	
9	Jaket dan Celana Las	X			
10	Welding Respirator	X			
11	Selubung Tangan	X			
12	Toxid Respirator		X	X	X

## VI.6.2. Lingkungan Hidup :

### 1. Definisi

Kesatuan ruang dengan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya

## **2. Sistim Manajemen Lingkungan**

Bagian dari keseluruhan sistem manajemen yang mencakup struktur organisasi, kegiatan perencanaan, tanggung jawab, praktik, prosedur, proses dan sumberdaya untuk mengembangkan, melaksanakan, mencapai, mengkaji dan memelihara kebijakan lingkungan.

## **3. Tujuan pengelolaan lingkungan hidup**

- (1) Tercapainya keselarasan hubungan antara manusia dan lingkungan hidup
- (2) Terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana.
- (3) Terwujudnya manusia sebagai pembina lingkungan hidup.
- (4) Terlaksananya pembangunan berwawasan lingkungan.
- (5) Terlindunginya negara terhadap dampak kegiatan negara lain yang menyebabkan kerusakan dan pencemaran lingkungan

## **4. Pencemaran lingkungan hidup**

Pencemaran lingkungan hidup sangat mempengaruhi kesehatan, untuk itu perlu diwaspadai dan dicegah hal-hal sebagai berikut :

- (1) Pengaruh perubahan pada Lingkungan hidup yang diakibatkan oleh suatu usaha dan / atau kegiatan
- (2) Masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

## RANGKUMAN

1. Bahaya pengelasan dapat dipengaruhi oleh beberapa aspek antara lain :
  - a) Manusia sebagai pelaku pengelasan
  - b) Mesin sebagai media perantara
  - c) Lingkungan sebagai faktor pendukung
  - d) Alat / kelengkapan pengelasan sebagai faktor penunjang
2. Bahaya pengelasan terjadi dikarenakan adanya sumber energi panas dan nyala api gas yang bertemperatur tinggi.
3. Keadaan ketika terjadi kejutan listrik bergantung pada :
  - Nilai arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia
  - Jalur arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia
  - Jenis-jenis sumber tenaga listrik (AC atau DC)
4. Sebab-sebab utama terjadinya kejutan listrik adalah ① Karena perlu menyalakan kembali dan menjaga kestabilan busur las maka tegangan listrik AC pada mesin las busur listrik harus dijaga agar tetap tinggi, ② Isolasi yang tidak efektif karena adanya kerusakan pada pembungkus kabel las, ③ Isolasi yang tidak efektif dari mesin las busur listrik dan terbukanya bidang pengisian pada terminal penghubung kabel mesin las, ④ Isolasi yang tidak efektif pada gagang batang las, ⑤ Pengelasan busur listrik pada lokasi yang dikelilingi oleh material konduksi.
5. Cara-cara untuk mencegah kejutan listrik selama pengelasan dengan busur listrik :
  - Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD) seperti pakaian kerja yang kering, sarung tangan kulit yang kering dan sepatu karet yang seluruhnya terisolasi.
  - Memastikan mesin las busur listrik AC harus memiliki alat penurun tegangan otomatis, sedangkan mesin las busur listrik DC tegangannya harus relatif rendah.
  - Memastikan tidak adanya kebocoran arus listrik.

6. Apabila seorang pekerja mengalami kejutan listrik, maka matikanlah sumber tenaga listrik sesegera mungkin dan panggilah dokter atau ambulan. Jangan pernah mencoba mengangkat korban, karena Anda pun dapat terkena kejutan listrik
7. Sinar yang ada pada las busur listrik kebanyakan adalah sinar ultraviolet, sedangkan nyala api las memancarkan sinar infrared. Sinar ultraviolet dan sinar infrared menimbulkan kerusakan pada mata
8. Alat – alat pelindung dari sinar yang berbahaya antara lain :
  - Kaus tangan, masker pelindung wajah sejenis helm dan kaca mata pelindung dengan plat-plat baja anti-cahaya
  - Layar pelindung cahaya
  - Pakaian kerja lengan panjang dan menutupi leher
  - Pekerja harus merawat kedua matanya dengan meneteskan obat tetes mata dan menggunakan kompres pendingin
9. Jika sejumlah besar volume asap las diisap, maka gejala penyakit akut yang disebut “demam logam” dapat terjangkit, ditandai dengan sakit kepala, demam, menggigil, dan kelelahan yang terjadi dalam waktu singkat. Gejala-gejala ini terlihat apabila digunakan batang elektrode las hidrogen rendah. Walaupun demikian, ini hanyalah gejala penyakit sesaat, dan pasien akan pulih kembali kesehatannya setelah beberapa jam. Namun apabila asap las itu diisap dalam waktu lama, maka partikel-partikel murni akan terakumulasi di dalam paru-paru dan dapat menyebabkan kondisi kronis yang disebut “pneumokoniosis” (radang paru-paru).
10. Seorang juru las harus memahami risiko-risiko sinar busur las listrik, asap dan gas las, letupan atau percikan las; memakai perlengkapan pencegahan dan keamanan; dan memastikan bahwa fasilitas dan lingkungannya sudah sesuai sebelum mulai melakukan pengelasan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Harsono Wiryosumarto , Prof.Dr. Ir,dan Toshie Okumura,Prof.Dr. Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta 2000.
2. Senji Ohyabu dan Yoshikazu Kubokawa, Politeknik Pusat Chiba , Welding Textbook , Lembaga Pelatihan Luar Negeri (OVTA ), Chiba 261-0021 Jepang 1990.
3. Katsuhiko Yasuda, Lembaga Pelatihan Kejuruan, Instruction Manual Welding Techniques ,1-1 Hibino, Chiba 260 Jepang 1985,
4. Takuo Araki, Pusat Pelatihan Kejuruan Lanjut Narita, Workshop Manual Welding, 1-1, Hibino, Chiba 260 Jepang 1985.
5. A.C. Suhardi, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Teknik, Las Busur Listrik Terendam, Surabaya 1990.,
6. Trisno, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Teknik, Pedoman untuk Inspektur Las, Surabaya 1990.
6. Sentot Rahardjono, M.H. Achmaniar Parathon, M. Husni Sohar, Konstruksi Bangunan Kapal Baja, Jakarta 1998.
7. Anonim, Biro Klasifikasi Indonesia, Peraturan Las (Lambung), Jakarta 1998.
8. R. L. Soehita, Penggunaan Las dalam Konstruksi Bangunan Kapal, Jakarta 1990.

---

---

## DAFTAR ISTILAH

### A

**Alur** (*Groove*)

**Alur las** (*Welding groove*)

**Ambang palka** (*Head coaming*)

### B

**Baja bangunan** (*Steel Structure*)

**Baja cor** (*Cast steel*)

**Baja kuat** (*High tension steel*)

**Baja paduan** (*Alloy steel*)

**Baja tahan karat** (*Stainless steel*)

**Balok geladak** (*Deck beam*)

**Batang uji** (*Speciment*)

**Batas las** (*Weld bound*)

**Besi tempa** (*Wrought iron*)

**Besi tuang** (*Cast iron*)

**Bilah hadap** (*Face Plate*)

### C

**Cacat las** (*Weld defect*)

**Cor** (*Cast*)

### D

**Daerah las** (*Weld Zone*)

**Dasar ganda** (*Double bottom*)

**Deformasi las** (*Weld deformation*)

**Dok kolam** (*Graving Dock*)

### E

**Elektroda** (*Electrode*)

**Elektroda pejal** (*Solid electrode*)

**Elektroda terbungkus** (*Covered electrode*)

**Elektrode terumpan** (*Nonconsumable electrode*)

### F

**Fluks** (*Flux*)

### G

**Gading** (*frame*)

**Gel agar samping** (*Side Girder*)

**Geladak kedua** (*Second deck*)

**Gelagar** (*Girder*)  
**Gelagar tengah** (*Centre Girder*)

## H

**Haluan kapal** (*Fore*)  
**Hidrogen rendah** (*Low hydrogen*)  
**Hidrostatik** (*Hydrostatic*)

## I

**Inspektur Las** (*Welding Inspector*)  
**Instruktur Las** (*Welding Instructor*)

## J

**Juru Las** (*Welder*)

## K

**Kaki Las** (*Throat*)  
**Kampuh** (*Groove*)  
**Kawat batangan** (*Wire Rod*)  
**Kawat elektroda** (*Electrode wire*)  
**Kawat gulungan** (*Wire Roll*)  
**Kawat inti** (*Wire Core*)  
**Kawat padat** (*Wire Solid*)  
**Kawat pengumpan** (*Wire Feeder*)  
**Kekentalan** (*Viscositas*)  
**Kekuatan fatik** (*Fatigue strength*)  
**Kekuatan luluh** (*Yield strength*)  
**Kekuatan tarik** (*Tensile strength*)  
**Kekuatan tekuk** (*Buckling strength*)  
**Ketangguhan** (*Toughness*)  
**Kurang penembusan** (*Lack of Penetration*)

## L

**Lajur atas** (*Sheet Strake*)  
**Lajur bilga** (*Bilge strick*)  
**Lajur sisi atas** (*Side stringer*)  
**Lambung** (*Hull*)  
**Landasan pembangunan kapal** (*Building Berth*)  
**Lapis** (*Layer*)  
**Lapis banyak** (*Multi layer*)  
**Lapis tunggal** (*Single layer*)  
**Las berselang seling** (*Staggered Weld*)  
**Las busur** (*Arc welding*)  
**Las busur gas** (*Gas shielded arc welding*)



**Las busur listrik** (*Electric arc welding*)  
**Las busur pelindung gas** (*Gas shielded arc welding*)  
**Las busur rendam** (*Submerged arc welding*)  
**Las cair** (*Fusion welding*)  
**Las ikat** (*Tack welding*)  
**Las oksasi asetilen** (*Oxy acetylen welding*)  
**Las putus-putus** (*Intermittent Weld*)  
**Las rantai** (*Chain Weld*)  
**Las sudut** (*Fillet welding*)  
**Las tumpul** (*Butt welding*)  
**Lasan** (*Welded*)  
**Leher** (*Throat*)  
**Linggi buritan** (*Stern*)  
**Linggi haluan** (*Stem*)  
**Lipatan** (*Overlap*)  
**Logam besi** (*Ferro metal*)  
**Logam las** (*Weld metal*)  
**Logam pengisi** (*Filler Metal*)  
**Lubang cacing** (*Blow hole*)  
**Lubang tembus las** (*Schalop*)  
**Lunas** (*Keel*)  
**Lunas bilga** (*Bilge keel*)  
**Lutut** (*Bracket*)

## **M**

**Maju** (*Forehand*)  
**Mampu las** (*Weldability*)  
**Manik** (*Bead*)  
**Merakit** (*Assembly*)  
**Muka akar** (*Root Face*)  
**Muka galur** (*Groove Face*)  
**Mundur** (*Backhand*)

## **N**

**Naik** (*Upward*)  
**Nyala pemotongan** (*Flame cutting*)

## **P**

**Paduan** (*Alloy*)  
**Pagar lambung** (*Bulwork*)  
**Panas** (*Thermal*)  
**Pelat** (*Plate*)  
**Pelat geladak** (*Deck plate*)  
**Pelat lambung** (*Sheel plate*)  
**Pelintang geladak** (*Transversal deck beam*)

**Pemanasan awal** (*Preheating*)  
**Pembakar** (*Torch*)  
**Pembujur atas** (*Side stringer*)  
**Pembujur dasar** (*Longitudinal bottom*)  
**Pembujur geladak** (*Longitudinal deckbeam*)  
**Pembungkus** (*Coating*)  
**Pemotongan dengan gas** (*Gas cutting*)  
**Pemotongan panas** (*Thermal Cutting*)  
**Penahan balik keramik** (*Backing Ceramic*)  
**Penetrasi** (*Penetration*)  
**Pengawas Las** (*Welding Supervisor*)  
**Pengelasan maju** (*Progressive Welding*)  
**Pengelasan meloncat** (*Skip Welding*)  
**Pengelasan mundur** (*Back step Welding*)  
**Pengerasan** (*Hardening*)  
**Penghalang** (*Restrainer*)  
**Pengkoakan bagian belakang** (*Back Chipping*)  
**Penguatan** (*Reinforcement*)  
**Pengujian fatik** (*Fatigue test*)  
**Pengujian kekerasan** (*Hardness test*)  
**Pengujian merusak** (*Destructive test*)  
**Pengujian tak merusak** (*Non destructive test*)  
**Pengujian tarik** (*Tensile test*)  
**Pengujian tekuk** (*Bending test*)  
**Pengumpanan** (*Feeding*)  
**Penirusan** (*Tapering*)  
**Penumpu las** (*Welding Jig*)  
**Penumpukan penuh** (*Full-length Stacking*)  
**Penyetelan sambungan** (*Joint Fit-up*)  
**Penyusutan melintang** (*Transverse Shrink*)  
**Perakitan** (*Assembly*)  
**Percikan** (*Splatter*)  
**Perlakuan** (*Treatment*)  
**Polaritas** (*Polarity*)  
**Polaritas balik** (*Reverse polarity*)  
**Polaritas lurus** (*Straight polarity*)  
**Posisi atas kepala** (*Overhead position*)  
**Posisi datar** (*Flat position*)  
**Posisi horisontal** (*Horizontal position*)  
**Posisi tegak** (*Vertical position*)

**R**

**Radiasi** (*Radiation*)  
**Retak akar** (*Root cracking*)  
**Retak dingin** (*Cold Cracking*)

**Retak kawah** (*Crater cracking*)

**Retak rapuh** (*Brittle Fracture*)

**Rigi-rigi las** (*Bead Weld*)

**Rutil** (*Rutile*)

## **S**

**Sambungan dengan penguat** (*Strapped joint*)

**Sambungan las** (*Welded joint*)

**Sambungan pojok** (*Corner joint*)

**Sambungan silang** (*Cross joint*)

**Sambungan sisi** (*Edge joint*)

**Sambungan sudut** (*Fillet joint*)

**Sambungan tumpang** (*Lap joint*)

**Sambungan tumpul** (*Butt joint*)

**Sekat kedap air** (*Watertight bulkhead*)

**Sekat melintang** (*Transversal Bulkhead*)

**Sekat membujur** (*Longitudinal bulkhead*)

**Sifat mekanis** (*Mechanical property*)

**Siklus** (*Cycle*)

**Skalop** (*Scallop*)

**Struktur** (*Structure*)

**Sudut galur** (*Groove Angle*)

## **T**

**Tak terumpan** (*Non consumable*)

**Takik** (*Notch*)

**Takik las** (*Undercut*)

**Tegangan** (*Stress*)

**Tegangan sisa** (*Residual stress*)

**Terak** (*Slag*)

**Timbal** (*Lead*)

**Titik mulur** (*Yield Point*)

**Turun** (*Downward*)

## **U**

**Ukuran lasan** (*Size of weld*)

**Unsur** (*Element*)

**Urutan pengelasan** (*Welding sequence*)

**Urutan pengerjaan** (*Deposition Sequence*)

**DAFTAR SINGKATAN**

<b>AC</b>	(Alternating Current)
<b>DC</b>	(Direct current)
<b>DT</b>	(Destructive Testing)
<b>DCEP</b>	(DirectCurrent Electrode Positive)
<b>DCEN</b>	(Direct Current Electrode Negative)
<b>DCRP</b>	(DirectCurrent Reserve Polarity)
<b>DCSP</b>	(Direct Current Straight Polarity)
<b>DIN</b>	(Deutsche Industrie Normen)
<b>FCAW</b>	(Fluxs Cored Arc Welding)
<b>GMAW</b>	(Gas Metal Arc Welding)
<b>GTAW</b>	(Gas Tungsten Arc Welding )
<b>ISO</b>	(International Organization for Standardization)
<b>LPG</b>	(Liquit Petroleum Gas)
<b>LNG</b>	(Liquit Natural Gas)
<b>MAG</b>	(Metal Active Gas)
<b>MIG</b>	(Metal Inert Gas)
<b>NC</b>	(Numerical Control)
<b>NDT</b>	(Non Destructive Testing)
<b>PQR</b>	(Procedure Qualification Record)
<b>SAW</b>	(Submerged Arc Welding)
<b>SMAW</b>	(Shielded Metal Arc Welding)
<b>TIG</b>	(Tungsten Inert Gas)
<b>V</b>	(Voltage)
<b>WPS</b>	(Welding Procedure Standard)
<b>AWS</b>	(American Welding Sosaity)
<b>JIS</b>	(Japan Industrial Standard)
<b>ASTM</b>	(American Sosiety for Testing Meterial)
<b>ASME</b>	(American Sosiety for Mechanical Engineers)
<b>AWS</b>	(American Welding Sosiety)
<b>ABS</b>	(American Bureau of Shipping )
<b>HAZ</b>	(Heat Affected Zone)
<b>DNV</b>	(Det Norske Veritas)
<b>NKK</b>	(Nippon Kaiji Kyokai)
<b>BKI</b>	(Biro Klasifikasi Indonesia)
<b>QC</b>	(Quality Control)
<b>QA</b>	(Quality Assurance)
<b>NCR</b>	(Non Conformity Report)
<b>QCD</b>	(Quality Cost Delivery)
<b>PCCL</b>	(Process Control Check List)

**WES**..... (Welding Engineering Standards)  
**HAZ** ..... (Heat Affected Zone)  
**PWHT** ..... (Post Weld Heat Treatment)  
**UT** ..... (Ultrasonic Testing)  
**RT** ..... (Radiographic Testing)  
**PT** ..... (Penetrant Testing)  
**VT** ..... (Visual Test)  
**PRT**..... (Pressure Resistance Test)  
**LT** ..... (Leak Test)  
**SNI**..... (Standar Nasional Indonesia)  
**WI** ..... (Welding Inspector)  
**WE**..... (Welding Engineer)

**DAFTAR GAMBAR****BAB I**

I.1	Hubungan antara kandungan karbon dan sifat mekanis.....	7
I.2	Diagram Proses Pembuatan Baja.....	9
I.3	Percikan bunga api .....	12
I.4	Mistar baja lurus.....	18
I.5	Mistar siku .....	18
I.6	Mistar gulung.....	19
I.7	Calipers outside .....	19
I.8	Calipers inside.....	19
I.9	Jangka sorong.....	20
I.10	Micrometer dan pengukur standart .....	20
I.11	Penunjuk ukuran dan tonggak penunjuk ukuran.....	21
I.12	Tonggak magnet .....	21
I.13	Siku (mistar sudut kanan) .....	21
I.14	Busur baja .....	22
I.15	Busur bevel universal.....	22
I.16	Pengukur jarak / celah .....	22
I.17	Pengukur sudut .....	23
I.18	Pengukur jari – jari .....	23
I.19	Pengukur lubang .....	23
I.20	Pengukur kerataan tipe segiempat.....	24
I.21	Meja penandaan permukaan plat.....	24
I.22	Meja penyetelan permukaan plat .....	24
I.23	Blok paralel .....	25
I.24	Blok V.....	25
I.25	Kotak blok V .....	25
I.26	Pelat siku.....	26
I.27	Alat penggores .....	26
I.28	Penyangga mistar .....	27

I.29	Jangka biasa .....	27
I.30	Jangka ulir.....	27
I.31	Hermaphro-dite calipers.....	28
I.32	Pena penandaan.....	28
I.33	Penitik .....	28
I.34	Palu single.....	29
I.35	Pahat datar.....	29
I.36	Pahat lancip .....	29
I.37	Ragum.....	30
I.38	Ragum paralel (Ragum horisontal) .....	30
I.39	Ragum kaki (ragum vertikal) .....	31
I.40	Ragum squill (klem C) .....	31
I.41	Bagian - bagian kikir.....	32
I.42	Bentuk – bentuk kikir .....	32
I.43	Gagang kikir .....	32
I.44	Sikat kawat.....	33
I.45	Tap tangan .....	33
I.46	Pegangan tap.....	33
I.47	Tap luar .....	34
I.48	Pegangan tap luar.....	34
I.49	Gergaji potong metal .....	35
I.50	Swage block.....	35
I.51	Landasan jenis Perancis .....	35
I.52	Landasan jenis Inggris .....	35
I.53	Jenis tang tempa .....	36
I.54	Palu besar .....	36
I.55	Pahat dengan gagang .....	37
I.56	Palu tempa .....	37
I.57	Gunting plat tipis .....	38
I.58	Pemotongan dengan gunting .....	38
I.59	Besi solder .....	38

I.60	Jenis – jenis kunci .....	39
I.61	Obeng .....	40
I.62	Tang potong .....	40
I.63	Tang .....	40
I.64	Tang catok .....	41
I.65	Kacamata pelindung debu .....	41
I.66	Bor dengan mata bor miring.....	41
I.67	Bor dengan mata bor lurus.....	41
I.68	Cekam bor .....	42
I.69	Sleeve / lengan penghubung .....	42
I.70	Soket .....	42
I.71	Drift / pasak .....	43
I.72	Alat penyekat dengan air .....	43
I.73	Regulator oksigen (tipe Jerman) .....	44
I.74	Regulator oksigen (tipe Perancis) .....	44
I.75	Bagian regulator asetilin.....	45
I.76	Tabung penyalur .....	45
I.77	Torch tekanan rendah .....	46
I.78	Brander potong dengan gas (jenis Perancis).....	47
I.79	Kacamata pelindung untuk las .....	48
I.80	Korek / pematik .....	48
I.81	Kap las tangan .....	49
I.82	Helm las .....	49
I.83	Sepatu keska .....	49
I.84	Selubung tangan las .....	49
I.85	Apron / pelindung dada .....	49
I.86	Sarung tangan.....	49
I.87	Palu tetek .....	50
I.88	Stang las untuk Las Busur Listrik.....	50
I.89	Prinsip Pemotongan gas .....	52



I.90	Pengaruh kemurnian oksigen pada kecepatan potong (Standar drag 0, tebal plat 50 mm) .....	54
I.91	Efek perlakuan oksigen dari nyala preheating.....	56
I.92	Efek nyala preheating pada saat oksigen potong dinyalakan .....	56
I.93	Faktor-faktor yang menentukan kualitas pemotongan permukaan .....	58
I.94	Pemotongan busur plasma .....	59
I.95	Bentuk elektroda dan sistim suplai gas orifice .....	62
I.96	Plasma injeksi air .....	63
I.97	Faktor-faktor yang menentukan kualitas permukaan potong busur plasma.....	65
I.98	Sistim aliran ganda.....	66
I.99	Kepala potong laser .....	67
I.100	Hubungan antara ketebalan plat dan kecepatan potong untuk baja lunak pada pemotongan sinar laser .....	68
I.101	Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dari pemotongan sinar laser.....	69
I.102	Alat potong gas manual .....	70
I.103	Alat potong manual dan nama bagiannya.....	71
I.104	Nozzle potong .....	72
I.105	Nama dan fungsi bagian-bagian brander pemotong .....	72
I.106	Nyala api pemanasan awal .....	74
I.107	Pemotongan manual .....	75
I.108	Pemeriksaan hasil pemotongan.....	76
I.109	Persiapan pemotongan dengan gas manual.....	77
I.110	Nyala busur api potong .....	77
I.111	Posisi material induk pada meja potong.....	78
I.112	Pemotongan material .....	78
I.113	Pengosongan tabung gas oksigen.....	79
I.114	Langkah pemotongan .....	79
I.115	Proses Pemotongan Otomatis dengan Gas.....	80

I.116	Pemotongan lurus dengan alat pemotong otomatis.....	84
I.117	Pengaturan arus gas oksigen .....	85
I.118	Pengaturan posisi pucuk alat potong ke garis potong.....	85
I.119	Gas oksigen menembus plat baja.....	86
I.120	Pemotongan pinggiran miring .....	88
I.121	Hubungan antara kondisi pemotongan dengan permukaan potong .....	88
I.122	Ujung alat potong otomatis.....	89

**BAB II**

II.1	Contoh-contoh penyambungan mekanis.....	124
II.2	Penyambungan dengan pengelasan.....	125
II.3	Pengelasan plasma dengan bantalan serbuk .....	129
II.4	Perbedaan antara sambungan las dan sambungan tumpul yang dikeling .....	130
II.5	Perbandingan distribusi tegangan antara sambungan keling dan las.....	131
II.6	Deformasi dan deformasi sudut yang disebabkan oleh penyusutan.....	134
II.7	Pengelasan tumpul plat.....	134
II.8	Distribusi tegangan sisa pada plat las tumpul .....	135
II.9	Perbandingan terjadinya retak pada sambungan keling .....	136
II.10	Permukaan retak rapuh (Panah menunjukkan arah perambatan retak).....	137
II.11	Aliran Tegangan Sambungan .....	137
II.12	Pengaruh ketinggian pengisian las pada kekuatan fatik (lelah) dari las sambungan tumpul (baja lunak : $2 \times 10^6$ cycle) .....	138
II.13	Struktur busur dan distribusi tegangannya.....	140
II.14	Hubungan antara panjang busur dan tegangan busur.....	142
II.15	Karakteristik arus – tegangan pada busur.....	144
II.16	Busur DC.....	144
II.17	Busur AC.....	144
II.18	Efek Polaritas pada Las TIG .....	146

II.19	Las TIG AC .....	147
II.20	Bentuk tip kawat las MIG .....	148
II.21	Las MAG (100% CO <sub>2</sub> ) .....	148
II.22	Pembersihan (contoh pada aluminium (campuran) .....	148
II.23	Aliran gas .....	151
II.24	Las maju (turun), las mundur (naik) .....	151
II.25	Hembusan busur.....	152
II.26	Tiga jenis perpindahan butiran logam .....	153
II.27	Transfer sirkuit pendek dan perubahan arus.....	154
II.28	Kondisi terjadinya percikan pada las MAG (100% CO <sub>2</sub> ) .....	155
II.29	Hubungan rasio campuran gas argon, CO <sub>2</sub> dengan transfer butiran logam .....	156
II.30	Kemuluran Mn dan Si pada kawat las.....	157
II.31	Perubahan sifat mekanis dari logam las .....	157
II.32	Karakteristik eksternal dari mesin las busur.....	158
II.33	Karakteristik menurun dan titik aksi busur.....	159
II.34	Titik gerak busur dari sumber daya tegangan konstan .....	160
II.35	Mesin las busur AC tipe inti bergerak.....	163
II.36	Kontrol Thyristor .....	165
II.37	Kontrol inverter .....	165
II.38	Prinsip operasi dari alat penurun tegangan otomatis .....	166
II.39	Tabel toleransi siklus kerja .....	169
II.40	Pembumian yang benar dan pengkabelan sisi output .....	174
II.41	Contoh sisi pengkabelan output untuk dok galangan Kapal .....	175
II.42	Pembumian dan pengkabelan sisi output yang buruk.....	176
II.43	Kondisi kabel las dan penurunan tegangan .....	176
II.44	Nama-nama dari bagian-bagian sambungan las .....	184
II.45	Pertumbuhan dendrit pada las lapis banyak .....	185
II.46	Struktur dan kekerasan maksimum dari daerah las ( SM 490 A ) .....	187
II.47	Konstruksi dari elektrode bersalut.....	190

II.48	Garis keterangan.....	226
II.49	Contoh perintah pengelasan dengan simbol.....	227
II.50	Sisi atas dan sisi bawah dari garis dasar .....	227
II.51	Penunjukan dengan menggunakan garis penunjuk yang patah .....	228
II.52	Sambungan las yang baik atau buruk berdasarkan bending momen .....	230
II.53	Sambungan las yang baik atau buruk berdasarkan konsentrasi garis las .....	230
II.54	Sambungan las tumpul antara dua logam yang berbeda ketebalan.....	230
II.55	Sambungan las .....	231
II.56	Macam-macam las .....	231
II.57	Macam-macam las sudut .....	232
II.58	Bentuk geometri kampuh .....	232
II.59	Nama dari tiap-tiap bagian kampuh untuk sambungan tumpul .....	232
II.60	Contoh-contoh penumpu las .....	235
II.61	Daerah las ikat yang benar .....	236
II.62	Diagram karakteristik sebagai jaminan kualitas pengelasan.....	238
II.63	Macam-macam posisi pengelasan.....	242
II.64	Penyerapan kelembaban pada elektrode las .....	242
II.65	Prosedur teknik menarik kembali awalan.....	244
II.66	Macam-macam bentuk deformasi las .....	245
II.67	Metode pengaturan penyimpangan .....	246
II.68	Urutan pengerjaan .....	247
II.69	Macam-macam cacat las .....	248
 <b>BAB III</b>		
III.1	Mesin Las Busur Listrik .....	260
III.2	Sirkuit utama .....	260
III.3	Sambungan kabel .....	261

III.4	Pemasangan elektrode .....	261
III.5	Penyiapan tang ampere .....	261
III.6	Pengaturan arus mesin las busur listrik .....	262
III.7	Pemeriksaan arus mesin las busur listrik .....	262
III.8	Kaca pelindung mata .....	264
III.9	Pakaian pelindung kerja .....	265
III.10	Peralatan kerja .....	265
III.11	Posisi tubuh saat penyalaan busur listrik .....	266
III.12	Proses Penyalaan busur .....	267
III.13	Menghentikan busur.....	267
III.14	Penyalaan busur pada pengelasan posisi datar .....	268
III.15	Posisi elektrode .....	268
III.16	Posisi Batang Las .....	268
III.17	Posisi alur busur.....	269
III.18	Penampang sambungan las .....	269
III.19	Cara pemutusan arus.....	269
III.20	Hasil pengelasan.....	270
III.21	Takik & overlap .....	270
III.22	Ayunan las saat pembuatan manik – manik posisi datar ....	271
III.23	Menyambung manik – manik las.....	271
III.24	Menyalakan dan mematikan busur .....	272
III.25	Poin pemeriksaan .....	272
III.26	Persiapan permukaan logam pengelasan tumpul posisi datar.....	273
III.27	Las ikat pada pengelasan tumpul posisi datar .....	273
III.28	Pembuatan busur.....	274
III.29	Pengaturan las .....	274
III.30	Gerakan tangkai Las .....	274
III.31	Pemeriksaan hasil las .....	275
III.32	Persiapan awal pengelasan tumpul kampuh V posisi datar dengan penahan belakang.....	275
III.33	Pemberian las ikat.....	276

III.34	Pembuatan busur pada ujung lempeng penahan belakang.....	276
III.35	Pengelasan pertama .....	277
III.36	Pengelasan kedua .....	277
III.37	Pengelasan ketiga.....	278
III.38	Pengelasan terakhir .....	278
III.39	Proses pembukaan sudut .....	279
III.40	Pemeriksaan las.....	279
III.41	Persiapan permukaan logam pada pengelasan sudut posisi horisontal.....	280
III.42	Las ikat pada pengelasan sudut posisi horisontal.....	280
III.43	Penyalan busur .....	281
III.44	Mengelas sudut untuk alur tunggal .....	281
III.45	Mengelas lajur kedua .....	282
III.46	Mengelas lajur ketiga .....	282
III.47	Contoh las T yang buruk .....	283
III.48	Persiapan permukaan las pada pengelasan vertikal rigi las lurus .....	284
III.49	Posisi pengelasan saat pengelasan vertikal .....	284
III.50	Penyalan busur .....	285
III.51	Pengelasan rigi – rigi.....	286
III.52	Pematian busur las .....	286
III.53	Pengisian kawah .....	286
III.54	Pemeriksaan hasil las .....	287
III.55	Penyalan busur las pada pengelasan vertikal dengan ayunan .....	288
III.56	Pengelasan rigi – rigi.....	289
III.57	Pematian busur las .....	290
III.58	Pengisian kawah .....	290
III.59	Persiapan awal Pengelasan Sambungan Tumpul Kampuh V dengan Penguat Belakang.....	291
III.60	Las ikat.....	292
III.61	Penyalan busur .....	292

III.62	Pengelasan pertama .....	293
III.63	Pengisian kawah las .....	293
III.64	Pengelasan lajur kedua.....	294
III.65	Pengelasan alur kedua dan alur yang lain .....	294
III.66	Pengelasan lajur terakhir .....	295
III.67	Pemeriksaan hasil las .....	295
III.68	Persiapan awal pada Pengelasan sudut vertikal (ke atas) .....	296
III.69	Las ikat.....	296
III.70	Penyalan busur .....	297
III.71	Pengelasan alur pertama .....	297
III.72	Pengelasan alur kedua .....	298
III.73	Penyalan busur pada pengelasan sudut vertikal (ke bawah) .....	299
III.74	Pengelasan alur pertama .....	300
III.75	Pengisian kawah las .....	300
III.76	Persiapan permukaan las pada pengelasan lurus posisi horisontal.....	301
III.77	Posisi elektrode pada penjepit .....	301
III.78	Posisi badan saat pengelasan .....	302
III.79	Penyalan busur .....	302
III.80	Pengelasan rigi – rigi.....	303
III.81	Pematian Busur.....	304
III.82	Pengisian kawah las .....	304
III.83	Pemeriksaan hasil las .....	304
III.84	Persiapan bahan Pengelasan Tumpul Posisi Horisontal dengan Penahan Belakang.....	305
III.85	Pengikiran sisi logam .....	305
III.86	Las ikat.....	306
III.87	Penyalan busur .....	306
III.88	Pengelasan alur pertama .....	307
III.89	Mematikan busur.....	307

III.90	Pengisian kawah .....	308
III.91	Pengelasan alur kedua .....	308
III.92	Pembuatan Rigi – rigi las .....	309
III.93	Pengelasan alur ketiga dan lainnya .....	310
III.94	Hasil las rigi-rigi.....	310
III.95	Pengelasan sudut datar dan horisontal.....	311
III.96	Pemeriksaan kelurusan dan kesikuan.....	312
III.97	Penggabungan dua plat dengan las ikat.....	312
III.98	Las tumpul pada plat dasar .....	313
III.99	Perakitan kotak plat.....	314
III.100	Pengelasan sambungan .....	315
III.101	Penggerindaan penguat rigi- rigi plat dasar .....	315
III.102	Las ikat pada plat dasar .....	316
III.103	Las sudut menumpang.....	316
III.104	Pengelasan sambungan filet bagian dalam .....	316
III.105	Pengelasan sambungan filet bagian luar .....	317
III.106	Peralatan untuk pengelasan busur listrik dengan gas pelindung CO <sub>2</sub> .....	317
III.107	Bagian-bagian torch las .....	318
III.108	Penekanan remote kontrol .....	319
III.109	Regulator gas CO <sub>2</sub> dan botol gas CO <sub>2</sub> .....	319
III.110	Penyentuhan kawat elektrode pada baja .....	321
III.111	Posisi memegang welding torch.....	321
III.112	Proses pembersihan .....	321
III.113	Penyetelan kondisi pengelasan.....	322
III.114	Penyalaaan busur .....	322
III.115	Proses pelelehan .....	323
III.116	Proses pengelasan lurus (tanpa ayunan).....	323
III.117	Pengisian kawah las .....	324
III.118	Pemeriksaan hasil las .....	324
III.119	Penyetelan kondisi pengelasan lurus ( dengan ayunan ) .....	325



III.120	Penyalaaan busur .....	326
III.121	Gerakan ayunan.....	326
III.122	Mematikan busur.....	327
III.123	Pemeriksaan hasil las .....	327
III.124	Posisi pengelasan posisi datar.....	328
III.125	Gerakan ayunan.....	329
III.126	Penyetelan pelat penahan belakang dengan logam induk.....	330
III.127	Las ikat pelat penahan belakang.....	330
III.128	Posisi welding torch .....	331
III.129	Kondisi arus dan tegangan .....	332
III.130	Las ikat Las ikat pada pengelasan sambungan tumpang pada posisi horisontal .....	332
III.131	Posisi material diatas meja kerja.....	332
III.132	Posisi pengelasan tumpang pada posisi horisontal .....	333
III.133	Penyalaaan busur .....	333
III.134	Mematikan nyala busur .....	334
III.135	Proses pembersihan dan pemeriksaan hasil las.....	334
III.136	Pemotongan hasil las.....	335
III.137	Las ikat sambungan tumpul .....	335
III.138	Penyetelan pra tarik .....	336
III.139	Posisi material secara mendatar diatas meja kerja.....	336
III.140	Kondisi arus dan tegangan .....	337
III.141	Posisi pengelasan sambungan tumpul pada posisi datar .....	337
III.142	Penyalaaan busur .....	338
III.143	Mematikan busur las .....	338
III.144	Pembersihan hasil las – lasan.....	339
III.145	Pemotongan hasil las.....	339
III.146	Persiapan permukaan logam .....	340
III.147	Penyetelan kondisi pengelasan.....	340
III.148	Penyalaaan busur .....	341

III.149	Proses pengelasan sudut posisi horisontal.....	341
III.150	Pengisian kawah las .....	342
III.151	Pemeriksaan hasil las .....	342
III.152	Penyalan busur dan pengelasan.....	343
III.153	Pengelasan kedua .....	343
III.154	Pemeriksaan kelurusan permukaan material.....	344
III.155	Proses pembuatan sudut bevel.....	345
III.156	Perakitan material dengan las ikat .....	345
III.157	Pengelasan lapis kedua .....	346
III.158	Proses las ikat.....	347
III.159	Pengelasan sambungan pojok.....	348
III.160	Pengelasan sudut arah vertikal turun.....	348
III.161	Pengelasan pojok untuk penyambungan plat dasar .....	349
III.162	Pengelasan fillet untuk penyambungan plat dasar.....	349
III.163	Rangkaian Mesin Las TIG.....	350
III.164	Saklar Las argon dan las manual.....	350
III.165	Saklar pengatur AC dan DC.....	351
III.166	Tombol power utama .....	351
III.167	Saklar kontrol .....	351
III.168	Kran aliran air.....	352
III.169	Pengaturan aliran gas .....	352
III.170	Pengaturan saklar .....	352
III.171	Penyetelan after flow.....	353
III.172	Pemasangan kolet dan nosel.....	353
III.173	Pemasangan elektrode dan tutup .....	354
III.174	Penyalan busur .....	354
III.175	Awal pengelasan.....	355
III.176	Pelelehan .....	355
III.177	Mematikan busur.....	355
III.178	Pengelasan mematikan busur.....	356
III.179	Pengisian kawah las .....	357

III.180	Pemeriksaan las.....	357
III.181	Sakelar AC dan DC .....	358
III.182	Penyalaan busur pengelasan aluminium dengan las TIG... 358	
III.183	Proses pengelasan aluminium dengan las TIG.....	359
III.184	Pemeriksaan pengelasan.....	359
III.185	Mesin Las Busur Listrik Terendam Otomatik .....	360
III.186	Penetrasi Las .....	365
III.187	Pengaruh arus dalam proses SAW .....	365
III.188	Pengaruh dari diameter kawat elektrode.....	366

**BAB IV**

IV.1	Pembangunan badan kapal sistem seksi.....	375
IV.2	Pembagian seksi bidang .....	376
IV.3	Penyusunan badan kapal dengan metode layer .....	377
IV.4	Penyusunan badan kapal dengan metode seksi vertikal.....	378
IV.5	Pembangunan badan kapal sistem blok .....	379
IV.6	Penyusunan badan kapal dengan metode blok .....	381
IV.7	Tahapan proses pembangunan kapal.....	382
IV.8	Susunan umum kapal barang .....	383
IV.9	Penampang tengah dari lambung kapal .....	383
IV.10	Gambar urutan pengelasan .....	384
IV.11	Urutan pengelasan pada penyambungan pelat .....	385
IV.12	Urutan pengelasan pada penyambungan profil .....	385
IV.13	Urutan pengelasan profil terhadap pelat .....	386
IV.14	Urutan pengelasan profil menembus pelat .....	386
IV.15	Urutan pengelasan pada pelat hadap .....	386
IV.16	Sambungan tumpul pada pelat .....	387
IV.17	Sambungan campuran antara las tumpul dan las sudut.....	387
IV.18	Penampang konstruksi Bagian Depan Kapal.....	388
IV.19	PenampangKonstruksi melintang tengah kapal.....	389

IV.20	Penampang Konstruksi Dasar Kapal .....	390
IV.21	Penampang Konstruksi Pondasi Mesin.....	390
IV.22	Sistem Konstruksi Kombinasi.....	391
IV.23	Konstruksi sekat kedap air .....	391
IV.24	Konstruksi Dasar, Geladak dan Kulit.....	392
IV.25	Hubungan balok geladak dengan gading.....	392
IV.26	Susunan konstruksi geladak dengan penyangganya .....	393
IV.27	Konstruksi ceruk buritan bentuk lengkung .....	393
IV.28	Las sudut terputus-putus rantai.....	406
IV.29	Las sudut terputus-putus scallop .....	406
IV.30	Las sudut terputus-putus zig-zag .....	406
IV.31	Toleransi tinggi, lebar dan sudut lasan .....	407
IV.32	Toleransi takik las tumpul.....	407
IV.33	Toleransi takik las .....	408
IV.34	Toleransi panjang kaki las.....	408
IV.35	Toleransi sudut distorsi .....	409
IV.36	Toleransi jarak antar las tumpul .....	410
IV.37	Toleransi jarak las tumpul ke fillet .....	411
IV.38	Toleransi jarak las tumpul ke ujung scallop.....	411
IV.39	Celah antara pelat dan penegar.....	411
IV.40	Penegar dengan permukaan tidak rata .....	412
IV.41	Toleransi kemiringan penegar.....	412
IV.42	Toleransi celah penegar terhadap pelat.....	413
IV.43	Posisi scallop terhadap tepi lubang penembus .....	413
IV.44	Penambahan length leg .....	414
IV.45	Toleransi perbedaan dan tebal .....	414
IV.46	Kelurusan antara balok dan gading.....	414
IV.47	Toleransi kelurusan penegar dengan balok .....	415
IV.48	Toleransi celah sebelum pengelasan.....	415
IV.49	Toleransi tebal pelat sebelum pengelasan.....	416
IV.50	Jarak pemotongan penggantian pelat.....	416

IV.51	Las tumpul dengan bantuan penumpu belakang .....	416
IV.52	Jarak minimum antar sambungan las tumpul.....	417
IV.53	Toleransi jarak celah las otomatis .....	417
IV.54	Toleransi jarak las otomatis dengan flux copper .....	417
IV.55	Toleransi jarak las otomatis dengan fiber asbestos backing .....	418
IV.56	Toleransi celah las CO <sub>2</sub> dengan penumpu belakang .....	418
IV.57	Toleransi celah las Elektro gas .....	418
IV.58	Toleransi Leg length las tumpang .....	419
IV.59	Toleransi perbaikan lubang yang salah .....	419
IV.60	Perbaikan ditutup dengan insert plate.....	420
IV.61	Cara perbaikan pelat dengan dibuat lubang .....	420
IV.62	Pemanasan garis ( line heating ).....	421
IV.63	Pemanasan sistim melintang (cross heating).....	421
IV.64	Pemanasan melintang dan membujur.....	422
IV.65	Pelurusan dengan pemanasan segi tiga .....	423
IV.66	Pelurusan dengan pemanasan segi tiga (triangle heating) .....	424
IV.67	Pelurusan dengan pemanasan melingkar.....	425
IV.68	Pelurusan dengan dua anak panah .....	425
IV.69	Pelurusan dengan pemanasan .....	426
IV.70	Pelurusan pelat dengan proses penarikan.....	427
IV.71	Pelurusan dengan bantuan gaya luar .....	428
IV.72	Pembebasan bengkok pada sambungan dari frame.....	428
IV.73	Pembebasan bengkok sambungan tumpul.....	429
IV.74	Bentuk Pelat dan Profil.....	430

**BAB V**

V.1	Uji tarik pada sambungan las tumpul .....	440
V.2	Diagram pemanjangan beban pada baja lunak dan perhitungannya .....	441
V.3	Jenis-jenis uji lengkung (JIS Z 3122) .....	442

V.4	Metode uji lengkung .....	443
V.5	Metode dukungan spesimen dan arah hentakan pada uji hentakan .....	443
V.6	Temperatur peralihan dalam uji hentakan charpy .....	444
V.7	Spesiman rapuh uji hentakan charpy .....	444
V.8	Metode pengukuran kekerasan maksimal dan distribusi kekerasan.....	445
V.9	Prinsip kerja pengujian partikel magnet .....	448
V.10	Metode pengujian partikel magnet pada daerah pengelasan.....	449
V.11	Pengujian elektromagnet .....	451
V.12	Kerangka kerja uji ultrasonic (metode sinar normal) .....	453
V.13	Kerangka kerja uji ultrasonic (metode sinar sudut) .....	453
V.14	Prinsip kerja uji radiografi .....	455
V.15	Klasifikasi uji radiografi menurut metode pendeteksian radiasi.....	455
V.16	Contoh susunan uji radiografi .....	455
V.17	Pembacaan hasil uji radiografi .....	456
V.18	X-Ray film hasil las.....	456
V.19	Kontrasmeter.....	459
V.20	Kontrasmeter Tipe II.....	460
V.21	Macam-macam cacat las .....	462

**BAB VI**

VI.1	Jalur arus listrik ketika operator menyentuh elektrode las dan rangkaian listrik ekuivalen .....	466
VI.2	Contoh hubungan listrik yang aman untuk las busur listrik .	471
VI.3	Masker pelindung wajah .....	473
VI.4	Contoh-contoh alat pelindung sinar .....	473
VI.5	Sebab-sebab timbulnya asap (contoh dari las MAG).....	474
VI.6	Kepadatan berbagai titik selama las MAG .....	478
VI.7	Contoh penggunaan alat penyedot asap las local dan alat pembuang gas .....	479

VI.8	Contoh penggunaan alat bantu pernafasan.....	479
VI.9	Volume asap las jika menggunakan gas campuran.....	480
VI.10	Perlengkapan pelindung untuk dipakai pada waktu mengelas.....	481

## DAFTAR TABEL

### BAB I

I.1	Karakteristik dari 5 elemen pada besi .....	3
I.2	Klasifikasi baja karbon .....	7
I.3	Perlakuan panas terhadap aluminium paduan.....	16
I.4	Jenis logam pengisi yang digunakan pada proses logam aluminium pada pengelasan MIG.....	17
I.5	Besar sudut pahat terhadap benda kerja .....	29
I.6	Standar ukuran ragum paralel.....	30
I.7	Perbedaan antara jenis tekanan tetap dan jenis tekanan variabel.....	46
I.8	Ketebalan nosel dan pelat.....	47
I.9	Nilai kalori dari oksida besi.....	53
I.10	Konstruksi mesin potong busur plasma .....	60
I.11	Metode pemotongan busur plasma, keistimewaan dan material dasar yang dapat digunakan .....	64
I.12	Contoh-contoh kondisi pemotongan dengan sinar laser untuk berbagai material .....	69
I.13	Kondisi gas potong.....	73
I.14	Kondisi pemotongan .....	80
I.15	Kualitas permukaan potong dan kondisi pemotongan .....	83
I.16	Kapasitas Standar Ujung Alat Potong (Menggunakan Gas Asetilin) .....	87
I.17	Jenis Pengelasan dan Posisi Las.....	96
I.18	Kondisi Penyimpanan dan Pemanasan Ulang (Rebake) untuk Elektroda Las Terbungkus Baja Karbon Rendah .....	114

### BAB II

II.1	Jenis mesin las busur.....	161
II.2	Perbedaan antara mesin busur AC dan mesin las busur DC .....	162
II.3	Contoh keterangan yang ditampilkan pada papan nama....	167



II.4	Standar untuk pemilihan arus dan ukuran kabel.....	171
II.5	Contoh pemeriksaan mesin las MAG.....	178
II.8	Baja roll untuk struktur umum (JIS G 3101) .....	179
II.9	Baja roll untuk struktur las (JIS G 3106).....	180
II.10	WES Plat Baja berkekuatan tarik tinggi untuk struktur las (WES) 3001) .....	182
II.11	Plat baja karbon untuk bejana tekan untuk servis temperatur rendah .....	183
I.12	Klasifikasi struktur dari daerah terkena pengaruh panas las dari baja .....	186
II.13	Hubungan antara ekivalen karbon dan temperatur pemanasan awal.....	188
II.14	Elektrode bersalut dan kawat inti .....	191
II.15	Komponen utama dari fluks dan fungsinya .....	193
II.16	Contoh perbandingan campuran fluks dari elektrode bersalut untuk baja lunak .....	194
II.17	Tipikal seluruh sifat-sifat logam las dari bermacam-macam jenis Elektroda.....	199
II.18	Standar elektroda bersalut untuk baja kuat tarik tinggi (JIS Z 3212) .....	203
II.19	Arti simbol yang digunakan dalam standar .....	205
II.20	Metode las busur semi otomatis dan material las .....	207
II.21	Karbon dioksida cair (JIS K 1106).....	208
II.22	Standar untuk gas campuran (WES 5401).....	208
II.23	Perbandingan karakteristik dari berbagai kawat las MAG...	211
II.24	Elemen campuran untuk elektroda tungsten.....	212
II.25	Kawat las TIG dan kawat untuk baja lunak dan baja campuran rendah (JIS Z 3316) .....	213
II.26	Jenis elektroda tungsten dan komposisi kimianya .....	214
II.27	Perbedaan warna dari elektrode tungsten .....	215
II.28	Diameter elektrode tungsten dan arus yang dapat dipakai .	215
II.29	Kawat inti fluks las busur berpelindung sendiri (JIZ Z 3313).....	217
II.30	Spesifikasi Elektroda berdasarkan komposisi kimia.....	218

II.31	Kawat las busur terendam untuk baja karbon dan baja campuran rendah (JIS 3351) .....	220
II.32	Fluks las busur terendam untuk baja karbon dan baja campuran rendah (JIS Z 3352) .....	222
II.33	Simbol dasar pengelasan.....	224
II.34	Simbol pengelasan tambahan.....	228
II.35	Bentuk geometri kampuh standar untuk las tumpul busur terlindung (Asosiasi Struktur Baja Jepang) .....	233
II.36	Pengaruh arus las .....	239
II.37	Pengaruh panjang busur .....	240
II.38	Pengaruh kecepatan pengelasan .....	240

**BAB III**

III.1	Jenis dan karakteristik mesin las busur listrik arus bolak – balik .....	262
III.2	Jarak dan ukuran (penampang, mm <sup>2</sup> ) dari kabel las.....	263
III.3	Standar ukuran elektrode .....	263
III.4	Jenis – jenis kaca mata pelindung .....	264
III.5	Batas – batas arus untuk kawat elektrode yang dipakai dalam proses SAW .....	364

**BAB IV**

IV.1	Sambungan Las Sudut.....	400
IV.2	Jarak Pemanasan .....	426
IV.3	Kecepatan pemanasan .....	426
IV.4	Klasifikasi Baja untuk Perkapalan .....	432

**BAB V**

V.1	Klasifikasi metode pengujian daerah las.....	439
V.2	Manfaat pengujian destruktif (DT) dan pengujian non-destruktif (NDT).....	440
V.3	Jenis – jenis spesimen dan arah percontohan.....	442
V.4	Berbagai metode uji kekerasan.....	445

V.5	Contoh material alat penggores .....	446
V.6	Urutan proses uji zat penetran .....	450
V.7	Jenis penetrometer dan penerapannya pada ketebalan las .....	457
V.8	Jumlah garis yang ditunjukkan penetrometer .....	458
V.9	Ketebalan las dan batasan kepekaan fotografi .....	459
V.10	Tipe kontrasmeter yang dapat dipakai .....	460
V.11	Perbedaan kepekatan kontrasmeter .....	461
V.12	Lembar pemeriksaan persyaratan radiografi.....	461
V.13	Sensitivitas penetrometer.....	463

**BAB VI**

VI.1	Nilai arus listrik di dalam tubuh manusia dan tingkat kejutan listriknya .....	468
VI.2	Contoh hubungan listrik yang aman untuk las busur listrik .	472
VI.3	Komposisi kimia asap las .....	475
VI.4	Pengaruh asap logam terhadap tubuh manusia .....	476
VI.5	Jenis – jenis alat pelindung diri .....	486

---

---

**DAFTAR RUMUS****BAB I**

1. Rumus kimia dari reaksi bentuk oksidasi ..... 52

**BAB II**

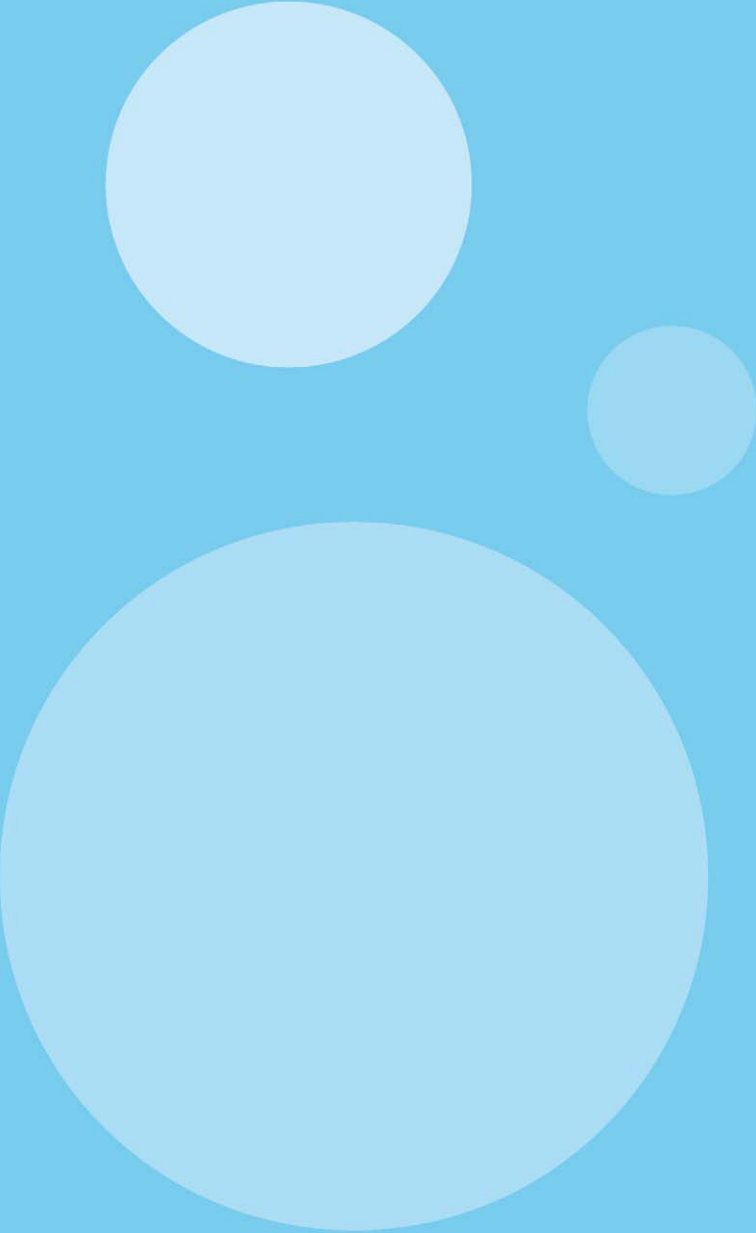
2. Rumus kimia dari reaksi deoksidasi ..... 127
3. Rumus perbandingan distribusi tegangan antara sambungan keling dan las ..... 131
4. Rumus untuk menghitung daya listrik ..... 141
5. Rumus perpanjangan busur tidak menaikkan laju pelelehan ..... 142
6. Rumus kecepatan pengelasan ..... 143
7. Rumus arus pengelasan ..... 162
8. Rumus toleransi siklus kerja ..... 169
9. Rumus arus las terus menerus ..... 169
10. Rumus output sekunder ..... 170
11. Rumus arus input kabel sisi primer ..... 170
12. Rumus daya input terukur ..... 171
13. Rumus faktor daya ..... 171
14. Rumus daya listrik dari arus ..... 171
15. Rumus daya listrik mesin las dengan arus 200A ..... 172
16. Rumus daya input terpakai (kVA) mesin las busur DC ..... 172
17. Rumus daya input terpakai (kW) mesin las busur DC ..... 172
18. Rumus efisiensi las dengan arus output terukur ..... 173
19. Rumus konsumsi daya listrik ..... 173
20. Rumus kapasitas rasional dari peralatan penerima listrik ..... 173
21. Rumus energi panas dari las busur ..... 184

**BAB V**

- 21. Rumus pemanjangan beban pada baja lunak..... 441
- 22. Rumus sensitifitas / kepekaan penetrometer ..... 463

**BAB VI**

- 23. Rumus tegangan tanpa beban..... 469



ISBN 978-979-060-126-0  
ISBN 978-979-060-128-4

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 21.538,00