



## **BUKU INFORMASI**

**MEMBUAT SAMBUNGAN LAS KAMPUH (*GROOVE*)  
SESUAI *WELDING PROCEDURE SPECIFICATION*  
(WPS) UNTUK PENGELASAN PIPA KE PIPA DAN  
SESUAI DENGAN PROSES LAS YANG DIGUNAKAN  
C.24LAS01.030.1**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	2
BAB I PENDAHULUAN .....	4
A. Tujuan Umum .....	4
B. Tujuan Khusus .....	4
BAB II MELAKUKAN PERSIAPAN PENGELASAN LAS KAMPUH ( <i>GROOVE</i> ) PELAT KE PELAT .....	5
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pipa Ke Pipa .....	5
1. Melakukan Kegiatan Pengelasan Sesuai Prosedur K3.....	5
2. Mengidentifikasi Gambar Teknis .....	13
3. Mengidentifikasi Welding Prosedur Standart (WPS) .....	19
4. Memastikan Kesiapan Mesin Las Sesuai WPS.....	23
5. Memastikan Kesiapan Peralatan bantu Sesuai Prosedur .....	28
6. Memastikan Kesiapan Material Induk Sesuai WPS .....	31
7. Memastikan Kesiapan Bahan Tambah ( consumable ) Sesuai WPS-	33
8. Memastikan Kesiapan <i>Root Gap</i> dan <i>Root Face</i> Sesuai WPS .....	44
9. Memastikan Kesiapan Permukaan bidang lasan bebas kotoran dan karat .....	45
10. Melakukan <i>Setting</i> parameter las pada mesin las sesuai WPS .....	46
11. Melakukan <i>Tack welding</i> (las cantum) sesuai prosedur .....	50
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pipa Ke Pipa .....	52
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pelat Ke Pelat .....	52
BAB III MELAKUKAN PROSES PENGELASAN LAS KAMPUH ( <i>GROOVE</i> ) PIPA KE PIPA	53
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pipa Ke Pipa .....	53
1. Menghilangkan Tack Welding (Las Cantum) Sesuai Prosedur .....	53
2. Memastikan Arah Pergerakan Las Sesuai Prosedur .....	54

3. Menjaga Kestabilan Arc (Busur Las) Sesuai Prosedur Pada Posisi Kualifikasi Las Kampuh (Groove) Pipa Ke Pipa -----	59
4. Menjaga kestabilan Sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (groove) pipa ke pipa -----	62
5. Membersihkan Slag (Kotoran) -----	70
6. Memastikan Sambungan Lasan Pada Start Stop Bebas Dari Cacat Las -----	71
7. Menjaga Interpass Temperature Sesuai Prosedur -----	73
8. Memastikan Ukuran Penetrasi (Root) Dan Reinforcement (Cap) Lasan Sesuai Acceptance Criteria Pada Prosedur -----	75
9. Memastikan Hasil Lasan Sesuai Acceptance Criteria Pada Prosedur-	76
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pipa Ke Pipa -----	81
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh ( <i>Groove</i> ) Pipa Ke Pipa -----	81
DAFTAR PUSTAKA -----	82
A. Dasar Perundang-undangan -----	82
B. Buku Referensi -----	82
C. Majalah atau Buletin -----	82
D. Referensi Lainnya -----	82
DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN -----	83
A. Daftar Peralatan/Mesin -----	83
B. Daftar Bahan-----	85
LAMPIRAN -----	86
Lampiran 1 Daftar Istilah-----	86
Lampiran 2 Daftar Singkatan -----	94
Lampiran 3 Nomor Indicator Proses Pengelasan -----	96
DAFTAR PENYUSUN -----	97

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Tujuan Umum**

Setelah mempelajari modul ini peserta latih diharapkan mampu membuat sambungan las kampuh (*groove*) sesuai *welding procedure specification* (wps) untuk pengelasan pipa ke pipa dan sesuai dengan proses las SMAW, GMAW, FCAW, GTAW.

#### **B. Tujuan Khusus**

Adapun tujuan mempelajari unit kompetensi melalui buku informasi Menyiapkan Informasi dan Laporan Pelatihan ini guna memfasilitasi peserta latih sehingga pada akhir pelatihan diharapkan memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Melakukan persiapan pengelasan las kampuh (*groove*) pipa ke pipa sesuai dengan prosedur K3, mampu mengidentifikasi gambar teknis, mampu mengidentifikasi WPS, mampu menyiapkan mesin las dan alat bantu sesuai dengan WPS, mampu menyiapkan material sesuai dengan WPS, bahan tambah, root gap dan root face sesuai dengan WPS.
2. Melakukan proses pengelasan las kampuh (*groove*) pipa ke pipa; mampu menghilangkan *tack welding* (las cantum) sesuai prosedur, memastikan arah pergerakan las sesuai prosedur, menjaga kestabilan *arc* (busur las) sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (*groove*) pipa ke pipa, menjaga kestabilan sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (*groove*) pipa ke pipa, membersihkan *slag* (kotoran), memastikan sambungan lasan pada *start stop* bebas dari cacat las, menjaga *interpass temperature* dijaga sesuai prosedur, memastikan ukuran penetrasi (*root*) dan *reinforcement* (*cap*) lasan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur, dan memastikan hasil lasan dipastikan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur

## **BAB II**

### **MELAKUKAN PERSIAPAN PENGELASAN LAS KAMPUH (*GROOVE*) PIPA KE PIPA**

#### **A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa**

##### **1. Melakukan Kegiatan pengelasan sesuai prosedur K3**

Demi keamanan dan kesehatan pada pekerja las harus menggunakan peralatan keselamatan kerja yang mampu melindungi tubuh dari bahaya-bahaya yang ditimbulkan akibat pengelasan. Sebaiknya seorang pekerja las menggunakan perlengkapan keselamatan kerja. Perlengkapan keselamatan ini tidak hanya memberikan perlindungan bagi tubuh. Tetapi juga memberikan sebagai alat bantu bagi pekerja las sewaktu mengerjakan pekerjaannya. Sehingga sedapat mungkin mengurangi resiko kecelakaan kerja yang berakibat fatal baik bagi pekerja las maupun lingkungannya.

Secara umum ada beberapa resiko kalau bekerja sebagai seorang welder baik dilapangan maupun di workshop, yaitu :

- Kejutan listrik ( *electric shock* )
- Sinar las
- Debu dan asap las
- Luka bakar dan kebakaran

##### **a. Kejutan Listrik**

Kecelakaan akibat kejutan listrik dapat terjadi setiap saat, baik itu pada saat pemasangan peralatan, penyetelan atau pada saat pengelasan. Resiko yang akan terjadi dapat berupa luka bakar, terjatuh, pingsan serta dapat meninggal dunia

Oleh sebab itu perlu hati-hati waktu menghubungkan setiap alat yang dialiri listrik, umpamanya meja las, tang elektroda, elektroda dan lain-lain. Hal ini dapat menyebabkan kejutan listrik, terutama bila yang bersangkutan tidak menggunakan sarung tangan.

Untuk mempermudah pertolongan kepada penderita, penolong harus dapat membedakan kecelakaan ini satu sama lain. Bagaimanapun keterlambatan

pertolongan akan dapat mengakibatkan fatal kepada penderita. Cara-cara untuk menolong bahaya akibat kecelakaan listrik yaitu :

- Matikan stop kontak (*switch off*) dengan segera
- Berikan pertolongan pertama sesuai dengan kecelakaan yang dialami oleh penderita.

Apabila tidak sempat mematikan stop kontak dengan segera, maka hindarkanlah penderita dari aliran listrik dengan memakai alat-alat kering yang tidak bersifat konduktor (jangan gunakan bahan logam).



**Gambar 2.1.1 : Pertolongan pada Kecelakaan Akibat Listrik**

***Cara-caranya adalah sebagai berikut :***

- Tarik penderita dengan benda kering (karet, plastik, kayu, dan sejenisnya) pada bagian-bagian pakaian yang kering.
- Penolong berdiri pada bahan yang tidak bersifat konduktor (papan, sepatu karet)
- Doronglah penderita dengan alat yang sudah disediakan.
- Bawalah kerumah sakit dengan segera.

**PERHATIAN !**

***Luka-luka akan menjadi lebih parah dengan pemindahan ( pertolongan ) yang terburu-buru.***

**Upaya mencegah kecelakaan pada mesin las busur manual :**

- Kabel primer harus terjamin dengan baik, mempunyai isolasi yang baik.
- Kabel primer usahakan sependek mungkin

- Hindarkan kabel elektroda dan kabel masa dari goresan, loncatan bunga api dan kejatuhan benda panas
- Periksa sambungan-sambungan kabel, apakah sudah ketat, sebab persambungan yang longgar dapat menimbulkan panas yang tinggi.
- Jangan meletakkan tang elektroda pada meja las atau pada benda kerja
- Perbaikilah segera kabel-kabel yang rusak
- Pemeliharaan dan perbaikan mesin las sebaiknya ditangani oleh orang yang telah ahli dalam teknik listrik
- Jangan mengganggu komponen-komponen dari mesin las.

## **b. Sinar las**

Dalam proses pengelasan timbul sinar yang membahayakan operator las dan pekerja lain di daerah pengelasan.

Sinar yang membahayakan tersebut adalah :

- Cahaya tampak
- Sinar infra merah
- Sinar ultra violet

### ***b1. Cahaya Tampak :***

Benda kerja dan bahan tambah yang mencair pada las busur manual mengeluarkan cahaya tampak. Semua cahaya tampak yang masuk ke mata akan diteruskan oleh lensa dan kornea mata ke retina mata. Bila cahaya ini terlalu kuat maka mata akan segera menjadi lelah dan kalau terlalu lama mungkin menjadi sakit. Rasa lelah dan sakit pada mata sifatnya hanya sementara.

### ***b2. Sinar Infra Merah :***

Sinar infra merah berasal dari busur listrik. Adanya sinar infra merah tidak segera terasa oleh mata, karena itu sinar ini lebih berbahaya, sebab tidak diketahui, tidak terlihat.

Akibat dari sinar infra merah terhadap mata sama dengan pengaruh panas, yaitu akan terjadi pembengkakan pada kelopak mata, terjadinya penyakit kornea dan kerabunan.

Jadi jelas akibat sinar infra merah jauh lebih berbahaya dari pada cahaya tampak. Sinar infra merah selain berbahaya pada mata juga dapat menyebabkan terbakar pada kulit berulang-ulang (mula-mula merah kemudian memar dan selanjutnya terkelupas yang sangat ringan).

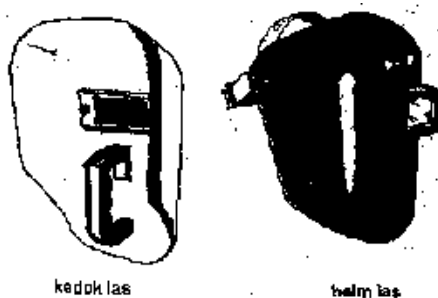
### ***b3. Sinar Ultra Violet***

Sinar ultra violet sebenarnya adalah pancaran yang mudah terserap, tetapi sinar ini mempunyai pengaruh yang besar terhadap reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh. Bila sinar ultra violet yang terserap oleh lensa melebihi jumlah tertentu , maka pada mata terasa seakan-akan ada benda asing didalamnya dalam waktu antara 6 sampai 12 jam, kemudian mata akan menjadi sakit selama 6 sampai 24 jam. Pada umumnya rasa sakit ini akan hilang setelah 48 jam.

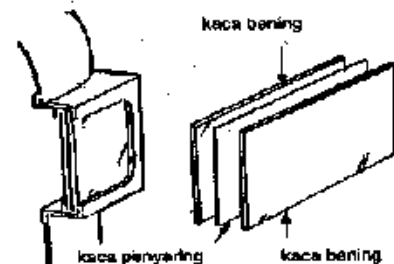
### ***Pencegahan Kecelakaan karena Sinar Las :***

- Memakai pelindung mata dan muka ketika mengelas, yaitu kedok atau helm las.
- Memakai peralatan keselamatan dan kesehatan kerja ( pakaian pelindung ) pakaian kerja , apron / jaket las, sarung tangan , sepatu keselamatan kerja ).
- Buatlah batas atau pelindung daerah pengelasan agar orang lain tidak terganggu (menggunkan kamar las yang tertutup, menggunakan tabir penghalang.

Kedok las dan helm las dilengkapi dengan kaca penyaring (*filter*) untuk menghilangkan dan menyaring sinar infra merah dan ultra violet ( *Gambar 3* ) . Filter dilapisi oleh kaca bening atau kaca plastik yang ditempatkan disebelah luar dan dalam, fungsinya untuk melindungi *filter* dari percikan-percikan las.



***Gambar 2.1.2 : Kedok dan Helm Las***



***Gambar 2.1.3 : Kaca Penyaring***



Adapun ukuran ( tingkat kegelapan / *shade* ) kaca penyaring tersebut berbanding lurus dengan besarnya amper pengelasan.

Berikut ini ketentuan umum perbandingan antara ukuran penyaring dan besar amper pengelasan pada proses las busur manual :

**TABEL 2.1.1. Ukuran Penyaring Kaca Hitam Pada Helm Las**

AMPER	UKURAN PENYARING
Sampai dengan 150 Amper	10
150 – 250 Amper	11
250 – 300 Amper	12
300 – 400 Amper	13
Lebih dari 400 Amper	14

### c. Debu dan Asap Las

#### ***c1. Sifat fisik dan akibat debu dan asap terhadap paru-paru***

Debu dan asap las besarnya berkisar antara 0,2 um sampai dengan 3 um jenis debu ialah eternit dan hidrogen rendah. Butir debu atau asap dengan ukuran 0,5 um dapat terhisap, tetapi sebagian akan tersaring oleh bulu hidung dan bulu pipa pernapasan, sedang yang lebih halus akan terbawa ke dalam dan ke luar kembali.

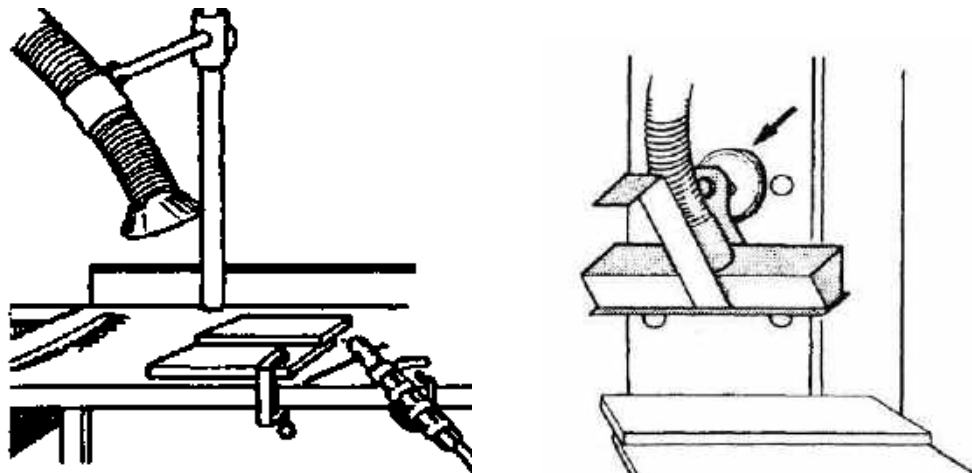
Debu atau asap yang tertinggal dan melekat pada kantong udara diparu-paru akan menimbulkan penyakit, seperti sesak napas dan lain sebagainya. Karena itu debu dan asap las perlu dapat perhatian khusus.

#### ***c2. Harga bata kandungan debu dan asap las***

Harga bata ( ukuran ) kandungan debu dan asap pada udara tempat pengelasan disebut Threshold Limited Value ( TLV ) oleh International Institute of Welding ( IIW) ditentukan besarnya 10 mg/m<sup>2</sup> untuk jenis elektroda karbon rendah dan 20 mg/m<sup>2</sup> untuk jenis lain.

Pencegahan kecelakaan karena debu dan asap las :

1. Peredaran udara atau ventilasi harus benar-benar diatur dan diupayakan, di mana setiap kamar las dilengkapi dengan pipa pengisap debu dan asap yang penempatannya jangan melebihi tinggi rata-rata / posisi wajah ( hidung ) operator las yang bersangkutan.
2. Menggunakan kedok/ helm las secara benar, yakni pada saat pengelasan berlangsung harus menutupi sampai di bawah wajah ( dagu ), sehingga mengurangi asap/ debu ringan melewati wajah.
3. Menggunakan baju las (Apron) terbuat dari kulit atau asbes.
4. Menggunakan alat pernafasan pelindung debu, jika ruangnya tidak ada sirkulasi udara yang memadai ( sama sekali tidak ada ).



**Gambar 2.1.4 : Penempatan Alat Pengisap Asap Las/ Debu**

#### **d. Luka Bakar**

Luka bakar dapat terjadi karena :

- Logam panas
- Busur cahaya
- Loncatan bunga api

Luka bakar dapat diakibatkan oleh logam panas karena adanya pencairan benda kerja antara  $1200^{\circ}\text{C}$  –  $1500^{\circ}\text{C}$  , sinar ultra violet dan infra merah, hal ini dapat mengakibatkan luka bakar pada kulit.

Luka bakar pada kulit dapat menyebabkan kulit melepuh / terkelupas, dan yang sangat fatal dapat menyebabkan kanker kulit.

Luka bakar pada mata mengakibatkan iritasi ( kepedihan, silau ) yang sangat fatal menyebabkan katarak pada mata. Luka bakar yang diakibatkan oleh loncatan bunga api adalah loncatan butiran logam cair yang ditimbulkan oleh cairan logam. Walaupun bunga api itu kecil, tapi dapat melubangi kulit melalui pakaian kerja, lobang kancing yang lepas atau pakaian kerja yang longgar.

Pencegahan Luka Bakar :

Untuk mencegah luka bakar, operator las harus memakai baju kerja yang lengkap yang meliputi :

- Baju kerja (*overall*) dari bahan katun
- Apron / jaket kulit
- Sarung tangan kulit
- Topi kulit ( terutama untuk pengelasan posisi di atas kepala )
- Sepatu kerja
- Helm / kedok las
- Kaca mata bening, terutama pada saat membuang terak.



**Gambar 2.1.5 : Sarung Tangan Las**



**Gambar 2.1.6 : Sepatu Kerja**



**Gambar 2.1.7. Pakain Kerja Welder Lengkap**

## 2. Mengidentifikasi Gambar Teknis

Membaca gambar teknik adalah suatu kompetensi yang sangat dibutuhkan dalam dunia teknologi secara umum dan khususnya pada kegiatan industri manufaktur di dalam hal ini ada dua komponen pokok yang saling tergantung pada *Membaca Gambar Teknik* yaitu seorang perencana (*designer*) dan pelaksana (*teknisi*).






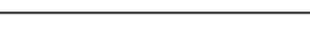
Komponen yang tersebut di atas akan berinteraksi satu sama lainnya melalui media gambar teknik, gambar teknik adalah suatu media yang akan menjembatani dua komponen tersebut. Biasanya antara perencana dengan pelaksana tidak akan berhubungan langsung, dimana satu sama lainnya mempunyai tugas masing-masing, namun demikian keduanya haruslah memahami apa yang menjadi ketentuan atau aturan yang ada di gambar teknik. Oleh karena itu maka kedua komponen tersebut di atas harus mengerti dan memahami apa yang menjadi aturan atau ketentuan sehingga komunikasi tidak lagi dibutuhkan suatu komunikasi lisan yang di definisikan → ***Gambar teknik adalah suatu alat komunikasi antara perencana dengan pelaksana.***

Beberapa Hal yang harus dipahami oleh seorang welder untuk bisa mengidentifikasi gambar teknis, yaitu :

### a. Macam – macam garis

Didalam gambar teknik terdapat macam-macam garis dan perbedaan penggunaannya, dalam tabel dibawah ini akan dijelaskan hal tersebut.

**TABEL 2.2.1. Tabel Macam-macam Garis dan Penggunaannya**

Tipe garis	Nama garis	Tebal (mm)	Penggunaan
	Garir kontinu (tebal)	0.7 0.5	Garis benda, garis batas ulir
	Garir kontinu (tipis)	0.35 0.25	Garis ukuran; garis bantu; diagonal ulir dan arsir
	Garir putus-putus (tebal sedang)	0.5 0.35	Garis bayang-bayang
	Garir titik garis (tebal)	0.7 0.5	Garis potong
	Garir titik garis (tipis)	0.35 0.25	Garis sumbu; garis lipatan
	Garir bebas (tipis)	0.35 0.25	Garis potong

## **b. Bentuk-bentuk Sambungan Las**

Beragam bentuk pekerjaan las dan fabrikasi logam, menuntut agar suatu sambungan yang dikerjakan dapat sesuai dengan kekuatan yang diharapkan. Karena itu bentuk-bentuk sambungan dirancang sedemikian rupa supaya memenuhi kebutuhan tersebut

### **b1. Bentuk-bentuk Sambungan Las**

Secara umum sambungan las ada dua macam, yaitu sambungan sudut ( *fillet* ) dan sambungan tumpul ( *butt* ).

Adapun macam-macam bentuknya adalah sebagai berikut :

- Sambungan sudut dalam (T-joint atau L)
- Sambungan sudut luar ( Corner joint)
- Sambungan tumpang (lap joint)
- Sambungan sumbat (Plug joint)
- Sambungan celah (Slot joint)
- Sambungan tumpul (Butt joint)

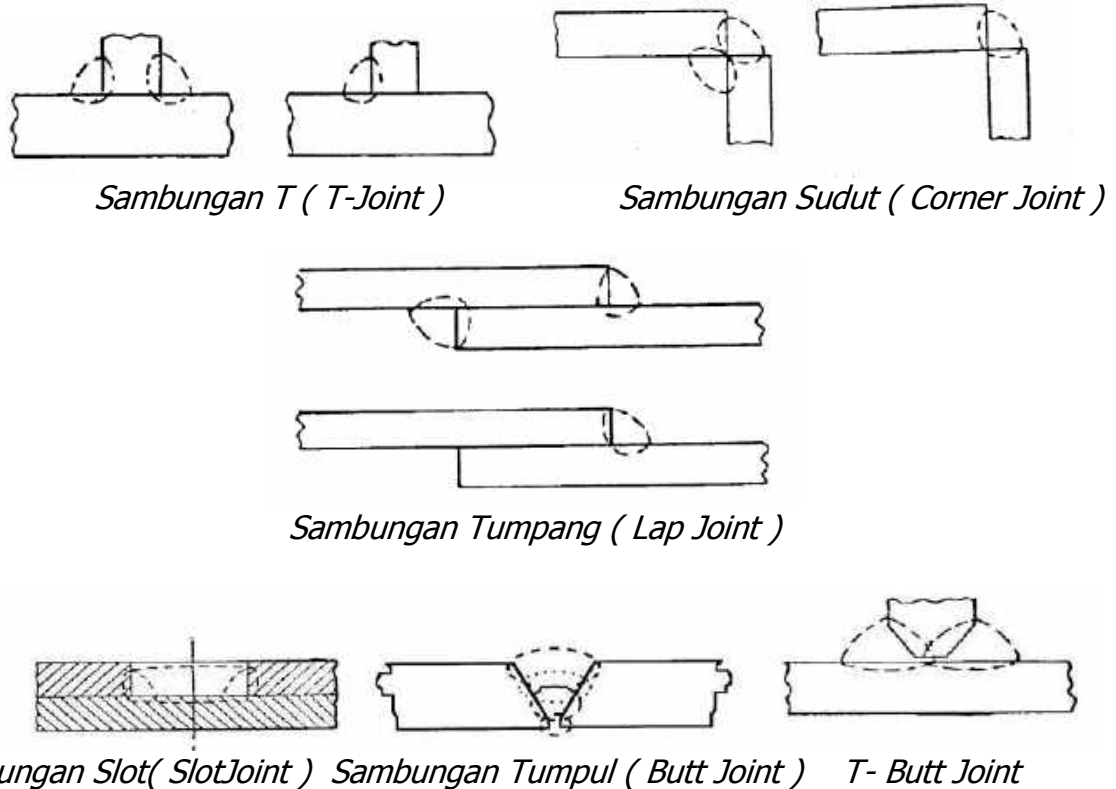
### **b2. Bentuk-bentuk Kampuh Las.**

Kampuh las adalah bentuk persiapan pada suatu sambungan. Umumnya hanya ada pada sambungan tumpul, namun ada juga pada beberapa bentuk sambungan sudut tertentu, yaitu untuk memenuhi persyaratan kekuatan suatu sambungan sudut.

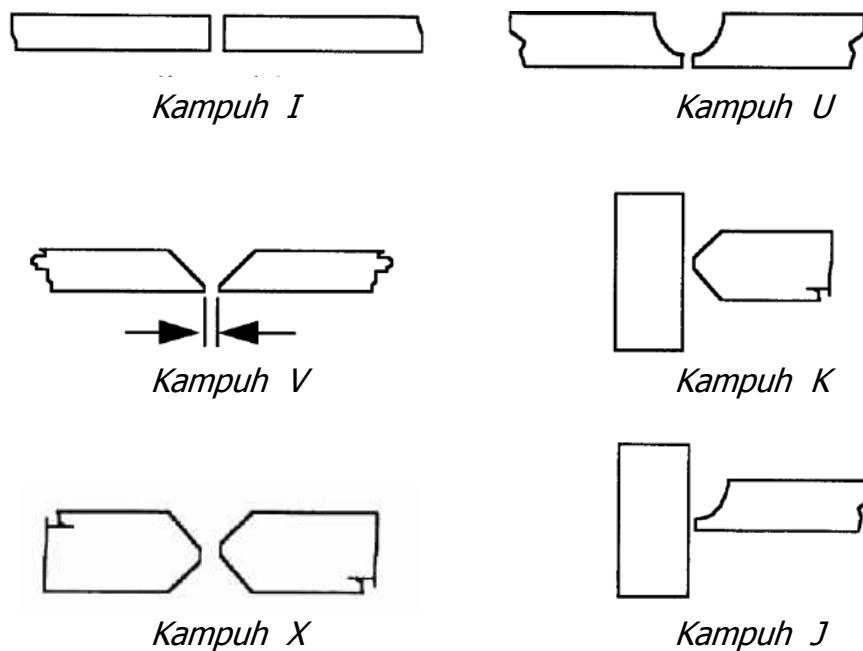
Bentuk kampuh las yang banyak dipergunakan pada pekerjaan las dan fabrikasi logam adalah :

- Kampuh I (Open square butt)
- Kampuh V (Single Vee butt)
- Kampuh X (Duoble Vee butt)
- Kampuh U (Single U butt)
- Kampuh K/ Sambungan T dengan penguatan pada kedua sisi ( *Reinforcement on T-butt weld* )
- Kampuh J/ Sambungan T dengan penguatan satu sisi ( *Single J-butt weld* )

Berikut ini adalah gambar bentuk-bentuk sambungan dan kampuh las.



**Gambar 2.2.1 : Bentuk-bentuk Sambungan**

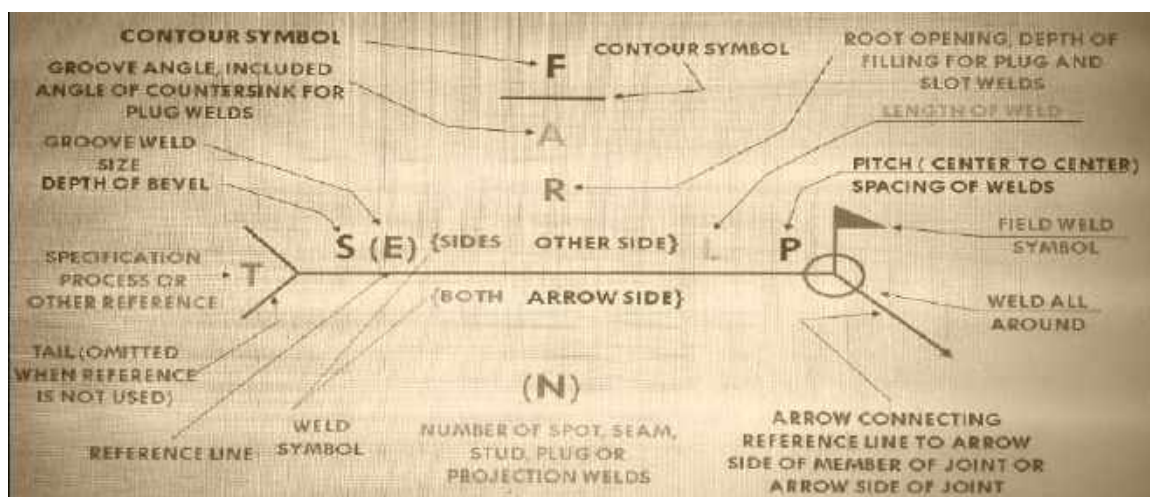


**Gambar 2.2.2 : Kampuh Las**

### c. Simbol Las

Pada pekerjaan las dan fabrikasi logam gambar kerja sangat memegang peranan penting, terutama tentang simbol las, karena dengan adanya simbol las seorang welder akan dapat menentukan konstruksi sambungan yang akan dikerjakan. Oleh karena itu pemahaman tentang simbol-simbol las sangat perlu dikuasai oleh seseorang yang bekerja di bidang las dan fabrikasi logam.

Berikut ini adalah macam-macam simbol las secara umum/ dasar yang digunakan dalam berbagai konstruksi pengelasan :




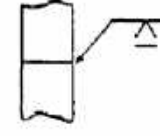


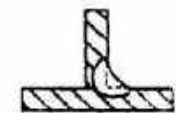
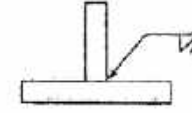
Bentuk Las	Simbol	Penjelasan
Edge flange		
Corner flange		
Square groove		Upset welding, flash welding, friction welding, dll
Single-V groove, Double-V groove		Simbol V digambar simetris terhadap reference line. Upset welding, flash welding, friction welding, dll
Single-bevel groove, Double bevel groove (K groove)		Simbol double bevel groove digambar simetris terhadap reference line. Garis vertikal harus digambar pada bagian kiri. Upset welding, flash welding, friction welding, dll
Single-J groove, Double-J groove		Simbol double-J groove digambar simetris terhadap reference line. Garis vertikal harus digambar pada bagian kiri.
Single-U groove, Double-U groove (H groove)		Simbol double-U groove digambar simetris terhadap reference line.
Single-flare-V groove, Double-flare-V groove		Simbol double-flare-bevel groove digambar simetris terhadap reference line.
Single-flare-bevel groove, Double-flare-bevel groove		Simbol double-flare-bevel groove digambar simetris terhadap reference line. Garis vertikal harus digambar pada bagian kiri.
Fillet		Garis vertikal dari simbol harus digambar pada bagian kiri. Simbol untuk chain intermittent filed weld digambar simetris terhadap reference line. Simbol pada bagian bawah ini dapat digunakan untuk straggled intermittent fillet weld.

**Gambar 2.2.3. Petunjuk dan Penempatan Simbol Las**


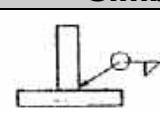


Bentuk Pengelasan	Gambar	Simbol
Sambungan Sudut ( Fillet )		
Jalur Las		
Penebalan Permukaan		
Sambungan Tumpul ( <i>umum</i> )	( <i>Penetrasi penuh pada sambungan tumpul</i> )	
Sambungan Tumpul ( <b>Kampuh I</b> )		
Sambungan Tumpul ( <b>Kampuh V</b> )		
Sambungan T ( <b>di bevel</b> )		
Sambungan Tumpul ( <b>Kampuh U</b> )		
Sambungan T ( <b>Kampuh J</b> )		

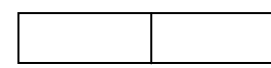
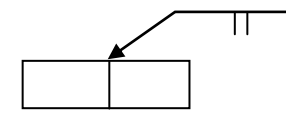
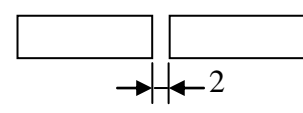
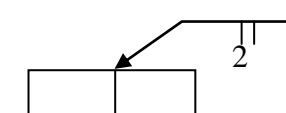
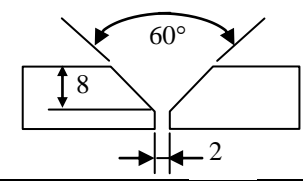
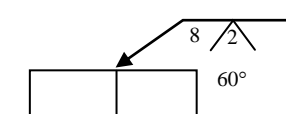
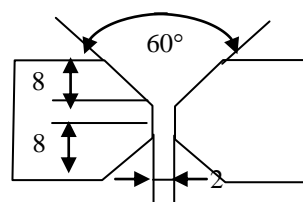
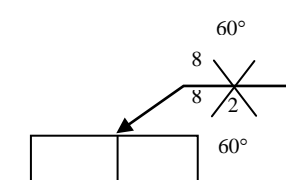
**Gambar 2.2.4. Contoh Aplikasi Simbol Las Terhadap Bentuk Pengelasan**

Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Rata		
Cembung		
Cekung		

**Gambar 2.2.5. Bentuk Permukaan Jalur Las ( *capping* )**

Tipe Pengelasan	Gambar	Simbol
Fillet		

**Gambar 2.2.6. Simbol Tambahan ( Suplemen )**

No.	Bentuk Sambungan	Gambar	Simbol
1.	Kampuh I tertutup		
2.	Kampuh I terbuka		
3.	Kampuh V		
4.	Kampuh X		

**Gambar 2.2.7. Contoh Penerapan Simbol Las pada Sambungan Tumpul**

### 3. Mengidentifikasi Welding Prosedur Standart (WPS)

**WPS** adalah Spesifikasi Prosedur Pengelasan yang digunakan untuk acuan kerja seorang Juru Las (welder) dalam melaksanakan pekerjaan pengelasan. WPS ini dibuat dan dikualifikasi / diuji dengan uji tak merusak (NDT) dan uji merusak (DT) sehingga sifat mekanikalnya sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh aturan yang ditetapkan (Code atau Rule). Didalam pembuatannya, WPS ini dicatat sejak awal pelaksanaan sampai dengan hasil pengujiannya. Catatan ini disebut **PQR** (Catatan Kualifikasi Prosedur).

Welding Procedure Specification (WPS) adalah prosedur tertulis yang telah terqualifikasi yang disiapkan sebagai panduan untuk operator las dalam melakukan pengelasan yang memenuhi semua persyaratan standard maupun code. Welding Procedure Specification (WPS) merupakan standar wajib yang harus dipenuhi dalam proses pengelasan pada pengelolaan peralatan atau mesin-mesin industri yang berhubungan dengan pengelasan. Welding Procedure Specification wajib harus dipersiapkan sebelum dilakukannya proses pengelasan produk peralatan atau mesin-mesin industri tersebut yang antara lain adalah pressure vessel, heat exchanger, dan alat-alat lainnya.

Standard Code Pembuatan Welding Procedure Specification (WPS) ada beberapa macam antara lain :

- ASME IX, Digunakan pada boiler dan pressure vessel
- AWS D1.1, Digunakan pada struktural welding
- API 1104 , Digunakan pada pipe line
- EN288 (DIN), Digunakan pada metalic material

Dalam pembuatan sebuah WPS terdapat banyak variabel yang harus diketahui, agar saat pelaksanaan pengelasan hasil yang didapat sesuai dengan kriteria atau acceptance criteria yang telah ditentukan oleh Code. Variabel yang terdapat dalam WPS terbagi dalam tiga bagian yaitu Essential Variable, Supplement Essential Variable dan Non Essential Variable. Anda dapat melihatnya di ASME Section IX (9) QW-250-265.

#### a. **Essensial Variable**

Pengertian *Essensial Variable* adalah jenis variabel atau parameter pengelasan yang wajib dilakukan saat pembuatan sebuah WPS, karena jika variabel ini

dirubah akan membuat sifat mekaniknya juga berubah oleh karena itu harus dilakukan kualifikasi ulang jika variabel ini dirubah. Contoh *Essensial Variable* : P Number, F Number, A Number, Thickness atau ketebalan material, Proses pengelasan, PWHT.

**b. Supplement Essensial Variable**

Pengertian Supplement Essensial Variable adalah merupakan variabel yang akan mempengaruhi hasil sambungan las jika dilakukan pengujian impact. Jadi variabel ini akan menjadi essential jika dalam pengujiannya dilakukan uji impact dan menjadi non essential jika tidak dilakukan uji impact. Contoh Supplement Essensial Variable : Group Number, Filler metal classification.

**c. Non Essensial Variable**

Pengertian Non Essensial Variable adalah jenis variabel yang tidak mempengaruhi sifat mekanik dari sambungan lasan. Jadi variabel ini dirubah maka tidak perlu melakukan kualifikasi ulang atau membuat WPS baru. Contoh Non Essensial Variable : Tipe sambungan las atau bentuk groove, Backing, Lebar gap (root spacing), posisi pengelasan.

**WPS** dan **PQR** ini bila sudah lulus uji sesuai aturan yang ditetapkan akan di *approve* (disahkan) oleh Badan / Instansi yang Berwenang misalnya, Class (BKI, NK, BV, LR dsb), Depnaker, Migas dll. sehingga sah sebagai acuan kerja bagi welder dan hanya berlaku untuk Pabrik / Galangan pembuat WPS tersebut dalam melaksanakan produksinya Dalam pengujiannya meliputi : Uji tak merusak (NDT) yaitu : uji visual, uji ultrasonic (UT), uji radorafi (X-ray / RT) dan Uji merusak (DT) yaitu : uji tarik (tensile test), uji lengkung (bending test), uji makro (macro etching), uji pukul (impact test). Pengujian ini tidak seluruhnya dilaksanakan, hanya yang disyaratkan oleh rule / code saja yang dilaksanakan Bila ada perubahan spesifikasi WPS yang esensial (variable esensial) maka harus dibuat WPS baru dan dikualifikasi ulang juga, adapun perubahan variable esensial tersebut al : proses las, material, desain sambungan, posisi, tebal material diluar range, AWS No of electrode.

<b>WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)</b>							
Company's Name		Examiner of Test Body					
WPS No		Date					
Revision No							
Welder's Name							
Joint Type							
Reference Code		Type					
Welding Process		<input type="checkbox"/> Automatic <input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine or Semi Auto					
<b>Joint</b>		<b>Filler Metal</b>					
Joint Design		Classification					
Backing Yes / No		Trade Name					
Backing Material		Wire Size					
		Consumable Insert					
<b>Base Material</b>		<b>Technique</b>					
Specification		String / Weave					
Plate Thickness		Single / Multi pass					
Type Grade		Single / Multi Elect					
Plate Thickness Range		Interpass Cleaning					
Pipe Outside dia Range		Back Cleaning					
Preheat Temp		<b>Shielding</b>					
Interpass Temp		Type of gas					
PWHT		Percent Composition (Mixture)					
<b>Position</b>		Flow Rate					
Position		Flux					
Welding		Other					
Progression							
Current Type							
<b>Joint Detail</b>							
Joint Design		Unit : mm		Welding Sequence			
<b>Welding Detail</b>							
Run	Process	Size Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current / Polarity	Travel Speed Cm/min	HI <sup>1</sup> KJ/cm
Manufacturer PT .....				Examiner of Test Body			
Date :				Date :			

**Gambar 2.3.1. Contoh WPS**

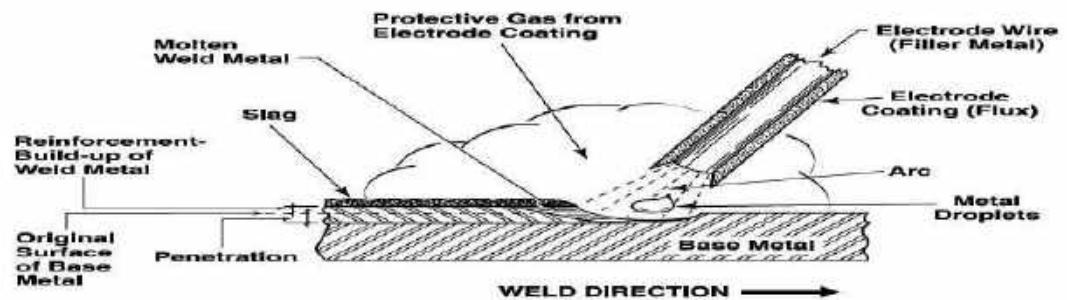
<b>WELDING PROCEDUR QUALIFCATION RECORD (PQR)</b>							
<b>PROCEDURE SPECIFICATION</b>							
Procedure No.	:	_____					
Revision No	:	_____					
Material Specification	:	_____					
Welding Process	:	_____					
Manual or Machine	:	_____					
Position of Welding	:	_____					
Filler Metal Specification	:	_____					
Filler Metal Classification	:	_____					
Weld Metal Grade	:	_____					
Shielding Gas	:	_____					
Single / Multi pass	:	_____					
Single / Multi Arc	:	_____					
Welding Current	:	_____					
Welding Progression	:	_____					
Preheat Temp	:	_____					
Interpass Temp	:	_____					
Welder's Name	:	_____					
Reference Code	:	_____					
<b>VISUAL INSPECTION</b>							
Appearance	:	_____					
Undercut	:	_____					
Piping Porosits	:	_____					
Test Date	:	_____					
Witnessed by	:	_____					
<b>JOINT DETAIL</b>							
Joint Design		Unit : mm	Welding Sequence				
<b>Welding Detail</b>							
Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current /Polarity	Travel Sped Cm/min	Heat Input KJ/cm
MANUFACTURER PT .....			CLASSIFICATION APROVAL		WINESSED BY		

**Gambar 2.3.2. Contoh PQR**

#### 4. Memastikan Kesiapan Mesin Las Sesuai WPS

##### a. Mesin dan Peralatan Las SMAW

Las busur nyala listrik terlindung (SMAW), kadang-kadang disebut "*stick welding*," dan pada umumnya disebut dengan las busur listrik. Peralatan las busur nyala listrik terlindung pada umumnya digunakan di bengkel, konstruksi, saluran pemipaan, pabrik, dan institusi pelatihan. Sumber arus mesin las busur listrik dapat berupa arus bolak-balik (AC) maupun arus searah (DC)



**Gambar 2.4.1 Proses Las SMAW**

##### a1. Mesin Las SMAW

Mesin las busur metal manual berdasarkan arus listrik dibagi dalam 2 (dua) macam yaitu ;

1. Mesin las arus bolak balik ( AC/alternating current )
2. Mesin las arus searah ( DC/direct current)

Catatan : Namun dalam dunia perdagangan dijual juga mesin las kombinasi yaitu mesin las arus bolak balik dan searah ( AC-DC )



Mesin las AC

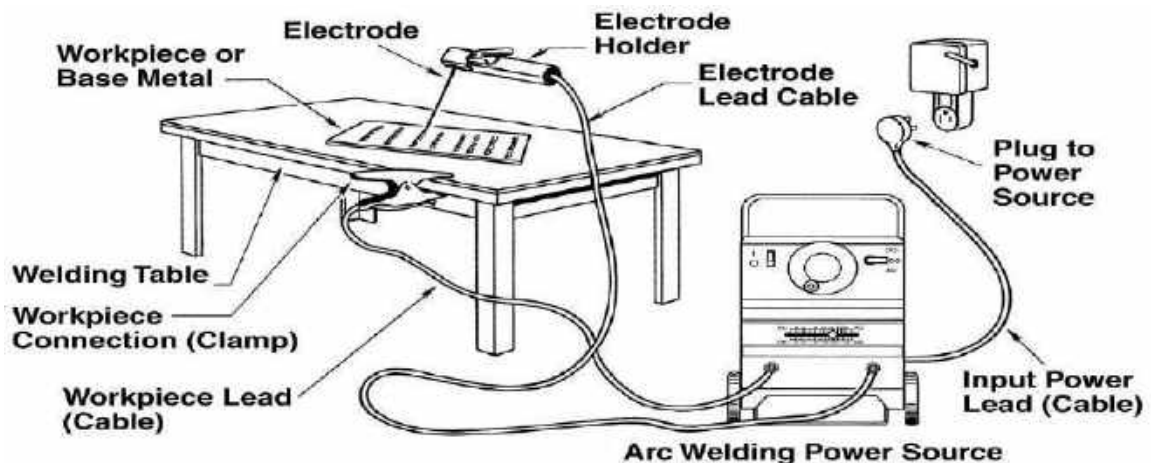


Mesin las DC



Mesin las AC-DC

**Gambar 2.4.2. Jenis Mesin Las**

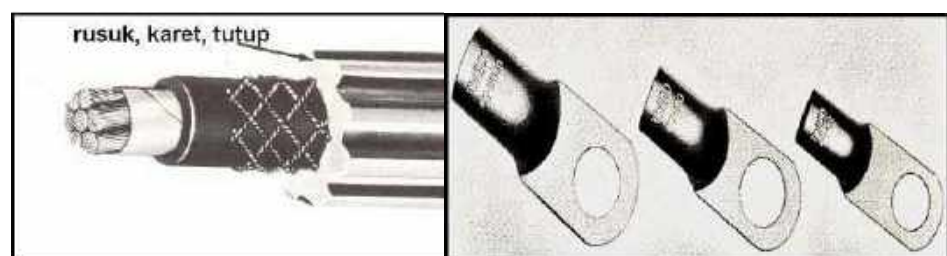


**Gambar 2.4.3 Instalasi Las SMAW**

### a2. Kabel

Kabel las biasanya dibuat dari tembaga yang dipilin dan dibungkus dengan karet isolasi. Yang disebut kabel las ada tiga macam, yaitu :

- Kabel elektroda , yaitu kabel yang menghubungkan pesawat las dengan elektroda.
- Kabel masa, yaitu yang menghubungkan pesawat las dengan benda kerja.
- Kabel tenaga, yaitu kabel yang menghubungkan sumber tenaga atau jaringan listrik dengan pesawat las.



**Gambar 2.4.4. Kabel dan kabel skun**

### a3. Pemegang Elektroda dan Klem Arde

Ujung yang berselaput dari elektroda dijepit dengan pemegang elektroda. Ini terdiri dari mulut penjepit dan pemegang yang dibungkus oleh bahan penyekat (biasanya dari embonit) sedang Klem Massa adalah alat untuk menghubungkan kabel masa ke benda kerja. Terbuat dari bahan yang menghantar dengan baik (tembaga). Klem Arde dilengkapi dengan pegas



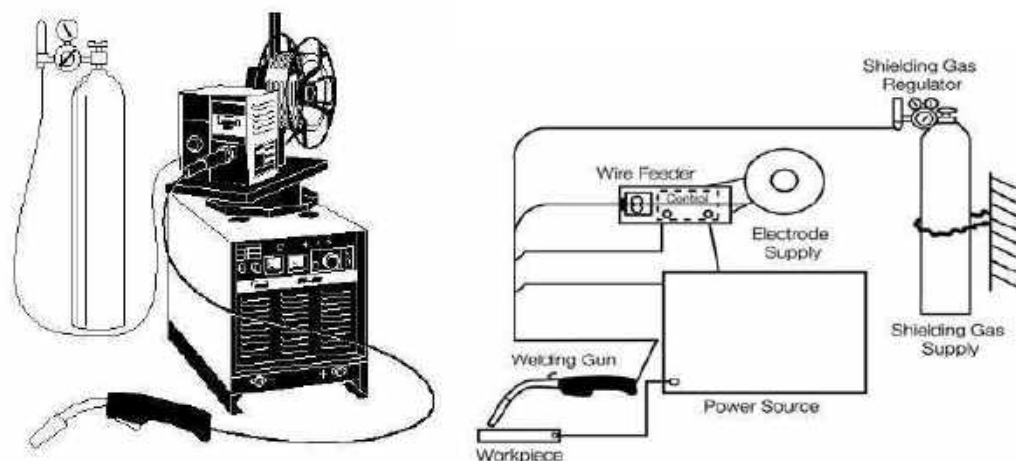
yang kuat, yang dapat menjepit benda kerja dengan baik. Tempat yang dijepit harus bersih dari kotoran (karet, cat, minyak dan sebagainya)



**Gambar 2.4.5. Tang las dan klem arde**

### b. Mesin dan Peralatan Las GMAW/FCAW

Pengelasan busur gas logam (GMAW/FCAW) adalah proses pengelasan di mana sebuah busur terjadi antara elektroda logam consumable dan benda kerja logam. Kawat elektroda consumable dimasukkan ke *torch* pengelasan dari kumparan kawat besar yang menahan beberapa ratusmeter kawat. Elektroda consumable adalah logam bahan tambah. daerah las dilindungi dengan gas pelindung tak aktif. Proses ini digunakan pada produksi, di bengkel las, dan dalam bengkel perbaikan body automobile. Mempunyai kemampuan membuat las yang istimewa secara terus menerus. Keterampilan pengelasan manual yang diperlukan untuk proses ini tidak sebesar keterampilan yang diperlukan untuk beberapa proses pengelasan manual lain. Proses ini juga dikenal sebagai pengelasan gas logam mulia (*inert*) atau MIG

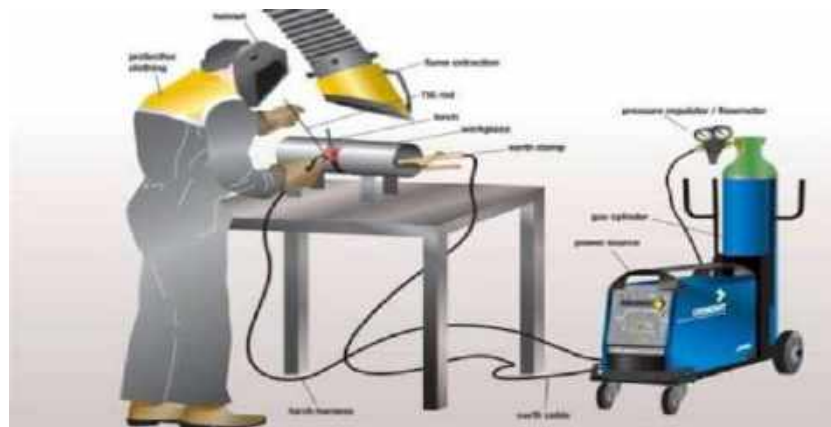


**Gambar 2.4.6. Instalasi Las GMAW dan FCAW-G**

Perlengkapan khusus pengelasan busur gas logam (GMAW/FCAW) terdiri dari peralatan sebagai berikut ini :

1. Mesin las busur berarus DC yang konstan
2. Mekanisme pemakanan kawat elektroda (*wire feeder*)
3. Tabung silinder gas pelindung *inert gas* atau *active gas*
4. Regulator gas pelindung *inert gas* atau *active gas*
5. *Torch/Gun* GMAW/FCAW lengkap
6. *Contactive*

### c. Mesin dan Peralatan Las GTAW



**Gambar 2.4.7. Instalasi Las GTAW**

Pengelasan busur gas tungsten (GTAW) adalah proses pengelasan di mana busur terjadi di antara elektroda tungsten *nonconsumable* dan benda kerja logam. Daerah las dilindungi dengan gas mulia untuk mencegah kontaminasi. Las jenis ini dapat digunakan dengan logam bahan tambah maupun tidak menggunakan logam bahan tambah. Pada dasarnya sebagian besar logam dapat dilas dengan GTAW. Proses ini biasanya digunakan untuk mengelas *root pass* pada logam berat. Proses ini juga dikenal sebagai pengelasan gas mulia tungsten atau TIG. Perlengkapan pengelasan busur gas tungsten (GTAW) terdiri dari :

1. Mesin las busur AC atau DC
2. Tabung Silinder gas pelindung (*Inert gas*)
3. Regulator pelindung gas (*Inert gas*)

4. *Torch* GTAW
5. *Collet* dan *Body Collet*
6. Keramik

**d. *Duty Cycle***

Semua tipe mesin las diklasifikasikan/ diukur berdasarkan besarnya arus yang dihasilkannya ( *current output* ) pada suatu besaran tegangan ( *voltage* ). Ukuran ini ditetapkan oleh pabrik pembuatnya sesuai dengan standar yang berlaku pada negara pembuat tersebut atau standar internasional, di mana standar tersebut menetapkan kemampuan maksimum mesin las untuk beroperasi secara aman dalam batas waktu tertentu.

Salah satu ukuran dari mesin las adalah persentase dari "***duty cycle***".

*Duty cycle* adalah persentase penggunaan mesin las dalam periode 10 menit, di mana suatu mesin las dapat beroperasi dalam besaran arus tertentu secara efisien dan aman tanpa mengalami beban lebih ( *overload* ).

Sebagai contoh, jika suatu mesin las berkemampuan 300 Amper dengan *duty cycle* 60%, maka artinya mesin las tersebut dapat dioperasikan secara aman pada arus 300 Amper pengelasan selama 60% per 10 menit penggunaan ( 6/10 ).

Jika penggunaan mesin las tersebut dibawah 60% ( *duty cycle* diturunkan ), maka arus maksimum yang diizinkan akan naik. Dengan demikian, jika misalnya '*duty cycle*' nya hanya 35% dan besar arusnya tetap 300 Amper, maka mesin las akan dapat dioperasikan pada 375 Amper.

Hal tersebut berdasarkan perhitungan :

- Selisih :  $60\% - 35\% = 25\%$
- Peningkatan :  $25/60 \times 300 = 125$ , sehingga  $60\% \times 125 = 75$  Amper.
- Arus maksimum yang diizinkan =  $75 + 300 = 375$  Amper.

## 5. Memastikan Kesiapan Peralatan bantu Sesuai Prosedur

Peralatan bantu las SMAW, GMAW, FCAW dan GTAW antara lain :

### a. Palu terak



**Gambar 2.5.1. Palu Terak**

Peralatan ini digunakan untuk mengupas terak pada proses las SMAW atau FCAW.

### b. Sikat baja/wire brush



**Gambar 2.5.2. Sikat baja/wire brush**

Peralatan ini umumnya digunakan untuk membersihkan permukaan hasil las-lasan baik untuk proses las SMAW, GMAW, FCAW dan GTAW, tetapi bisa juga untuk membersihkan benda kerja bila dalam keadaan kotor atau terkorosi. Untuk wire brush didalam penggunaannya diperlukan mesin gerinda tangan.

### c. Palu konde/palu besi



**Gambar 2.5.3. Palu besi**

Peralatan ini digunakan untuk membantu membersihkan spatter dari hasil las-lasan berpasangan dengan pahat. Bisa juga digunakan untuk memukul untuk memperbaiki benda kerja yang terkena distorsi.

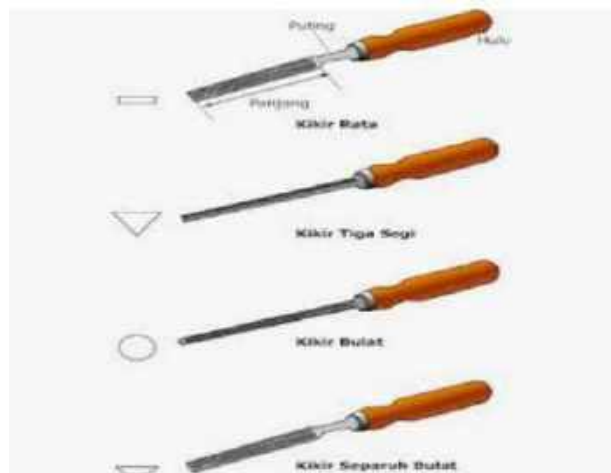
#### d. Pahat besi/baja



**Gambar 2.5.4. Pahat besi**

Digunakan bersama-sama dengan palu konde atau palu besi untuk membersihkan spatter.

#### e. Kikir.



**Gambar 2.5.5. Kikir**

Digunakan untuk memperhalus revarasi benda kerja khususnya dibagian root face (untuk sambungan butt-joint kampuh V).

#### f. Tang panas



**Gambar 2.5.6. Tang panas**

Digunakan untuk memegang benda panas hasil las-lasan.

#### g. Tang potong.

Digunakan untuk memotong wire pada proses GMAW dan FCAW.



**Gambar 2.5.7. Tang Potong**

**h. Oven elektroda**



**Gambar 2.5.8. Oven elektroda**

Digunakan untuk memanaskan atau mengeringkan elektroda, terutama elektroda jenis low hidrogen. Alat ini hanya dibutuhkan untuk proses las SMAW.

**i. Mesin Gerinda tangan**



**Gambar 2.5.9. Mesin Gerinda Tangan**

Peralatan ini sangat dibutuhkan didalam persiapan, pelaksanaan dan paska pengelasan. Pada umumnya mesin gerinda tangan yang dipakai adalah mesin gerinda tangan 4" atau mesin gerinda tangan 5".

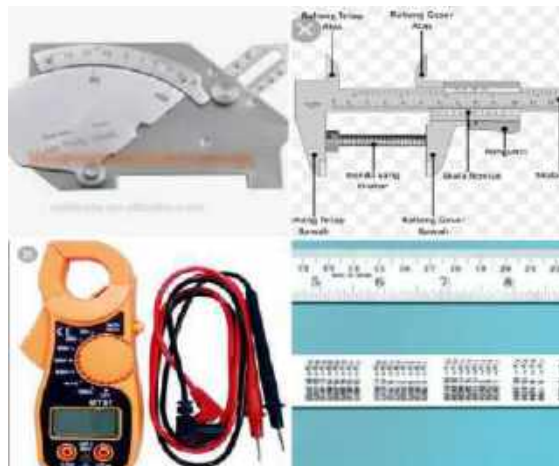
### j. Meja las dan Jig.

Meja las digunakan sebagai meja untuk melakukan pengelasan dan Jig digunakan sebagai alat pemegang benda kerja untuk posisi 5G dan 6G.



**Gambar 2.5.10. Meja las dan Jig**

### k. Alat-alat ukur (welding gouge, tang ampere, jangka sorong, mistar baja dll)



**Gambar 2.5.10. Alat-alat Ukur**

Digunakan untuk mengecek parameter pengelasan, hasil las-lasan, dimensi benda kerja, dll

## 6. Memastikan Kesiapan Material Induk Sesuai WPS

Juru las harus dapat memastikan bahwa material yang diperlukan telah tersedia dan sesuai dengan persyaratan antara lain:

- Bersertifikat bila diperlukan dan sudah teridentifikasi
- Daerah yang akan dilas bersih dan sudah direvarasi sesuai dengan kebutuhan dan petunjuk di WPS.

Juru Las diwajibkan paham mengenai jenis material yang akan dilakukan pengelasan sesuai WPS. Pemahaman yang dimaksud meliputi pengetahuan

tentang material tersebut mengandung besi (ferro) atau tidak mengandung besi (non ferro). Selain itu juga harus memperhatikan mengenai material tersebut merupakan bahan paduan atau bahan murni, dengan memiliki pemahaman jenis bahan dan paduannya, maka selanjutnya bisa menentukan bagaimana proses pengelasan akan dilakukan, meliputi persiapan, pelaksanaan proses dan juga finishing.

Pada tahap persiapan dilakukan proses memutuskan hal-hal penting sebagai berikut :

- Teknik proses las yang akan digunakan yang pilihannya antara lain adalah SMAW, GTAW, GMAW dan FCAW.
- Gas pelindungnya
- Jenis elektroda/filler/wire yang digunakan
- Pengaplikasian pre heating/post heating
- Jenis polaritas yang digunakan (AC/DC+/DC-)
- Besarnya arus pengelasan
- Tindakan-tindakan lainnya yang diperlukan

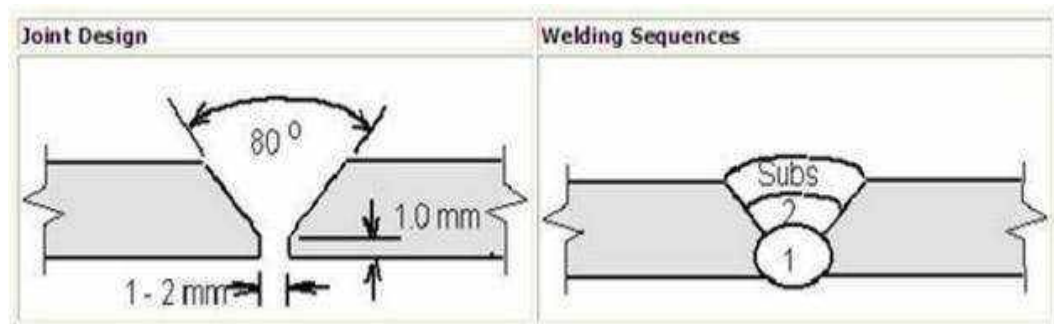
Persiapan tersebut perlu dilakukan agar menghasilkan hasil pengelasan yang maksimal dengan kriteria memiliki kekuatan mekanis, kimiawi ataupun syarat lainnya yang pada intinya memiliki sifat relatif sama dengan bahan material yang dilakukan pengelasan. Hasil pengelasan yang maksimal tersebut akan mempengaruhi keselamatan kerja dan umur konstruksi mesin.

Material yang digunakan pada proses pengelasan harus dipersiapkan secara serius sebelum dilakukan pengelasan karena akan memberikan kemungkinan keberhasilan jauh lebih besar dibandingkan pengelasan tanpa persiapan yang baik. Persiapan material untuk proses pengelasan harus sesuai dengan Welder Procedure Specification (WPS) atau gambar kerja yang digunakan. WPS merupakan prosedur standar persiapan pengelasan yang didesain khusus melalui pengujian-pengujian di laboratorium oleh para ahli las yang sudah profesional, pengujian tersebut yang dimaksud dapat berupa radiography test, uji tarik, bend test, atau juga structure/micro.

Langkah-langkah persiapan material pengelasan terdiri dari :



- Apabila tebal pipa yang akan dilas lebih dari atau sama dengan 4 mm, maka harus disiapkan bentuk bevelnya, sudut bevel (apabila kampuh V) antara  $30^{\circ}$  s.d.  $35^{\circ}$  sedangkan untuk proses pengelasan FCAW sudut bevelnya (apabila kampuh V) antara  $40^{\circ}$  s.d.  $45^{\circ}$ .
- Kegiatan penggerindaan untuk membersihkan benda kerja dari kotoran, korosi, bekas pemotongan dgn flame cutting dan lain-lain.
- Membuat root face dengan menggunakan mesin gerinda tangan atau dengan kikir.
- Mempersiapkan Jig untuk melakukan tack weld pada benda kerja (membantu kegiatan men- tack weld 2 buah pipa yang akan disambung)



**Gambar 2.6.1. Contoh Persiapan Benda Kerja Dengan Desain Join Kampuh V**

## 7. Memastikan Kesiapan Bahan Tambah ( consumable ) Sesuai WPS

### a. Bahan Tambah ( *Consumable* ) SMAW

#### a1. Fungsi Elektroda

Elektroda secara umum mempunyai fungsi :

- Inti elektroda :
  - Sebagai penghantar arus listrik dari tang elektroda ke busur yang terbentuk, setelah bersentuhan dengan benda kerja.
  - Sebagai bahan tambah.

Adapun bahan inti elektroda dibuat dari logam ferro dan non ferro misalnya :

- Baja karbon
- Baja paduan
- Alumunium

- Kuningan, dll
- Salutan elektroda :
  - Untuk memberikan gas pelindung pada logam yang dilas, melindungi kontaminasi udara pada waktu logam dalam keadaan cair.
  - Membentuk lapisan terak, yang melapisi hasil pengelasan dari oksidasi udara selama proses pendinginan.
  - Mencegah proses pendinginan agar tidak terlalu cepat.
  - Memudahkan penyalaan.
  - Mengontrol stabilitas busur.

Salutan elektroda peka terhadap lembab, oleh karena itu elektroda yang telah dibuka dari bungkusnya disimpan dalam kabinet pemanas ( *oven* ) yang bersuhu kira-kira 15° C lebih tinggi dari suhu udara luar. Apabila tidak demikian, maka kelembaban akan menyebabkan hal-hal sebagai berikut :

- Salutan mudah terkelupas, sehingga sulit untuk menyalakan
- Percikan yang berlebihan.
- Busur tidak stabil.
- Asap yang berlebihan

## **a2. Ukuran Elektroda**

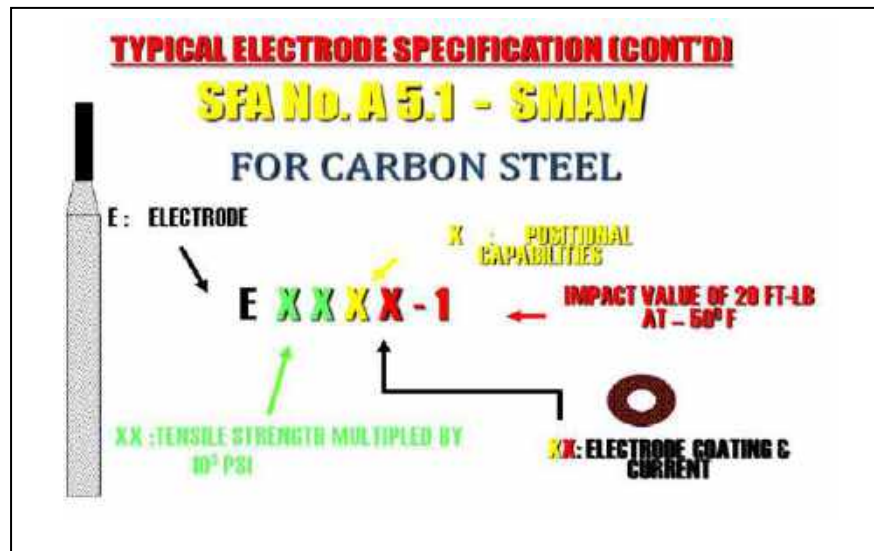
Elektroda diproduksi dengan standar ukuran panjang dan diameter. Diameter elektroda diukur pada kawat intinya. Ukuran diameter elektroda secara umum berkisar antara 1,5 sampai dengan 7 mm, panjang antara 250 – 450 mm serta dengan tebal salutan antara 10% - 50% dari diameter elektroda.

Dalam perdagangan elektroda tersedia dengan beratnya 25 kg, 20 kg, atau 5 kg; dibungkus dalam dus atau kemasan yang terbuat dari kertas dan lapisan plastik pada bagian luarnya.

Biasanya pada tiap kemasan dituliskan ukuran elektroda, yaitu : berat per kemasan/ kotak dan diameter elektrodanya, disamping identitas atau keterangan lain, antara lain : merk / pabrik pembuat, kode produksi dan kode elektroda, ketentuan-ketentuan penggunaan, dll.

### a3. Kode dan Penggunaan Elektroda

Kode elektroda digunakan untuk mengelompokkan elektroda dari perbedaan pabrik pembuatnya terhadap kesamaan jenis dan pemakaiannya. Kode elektroda ini biasanya dituliskan pada salutan elektroda dan pada kemasan/ bungkusnya.



**Gambar 2.7.1. Cara Mengartikan Kode Pada Elektroda SMAW**

Menurut *American Welding Society* ( AWS ) kode elektroda dinyatakan dengan E diikuti dengan 4 atau lima digit yang artinya adalah sebagai berikut :

**E** = elektroda

*Dua atau tiga digit pertama* : menunjukkan nilai **kekuatan tarik ( tensile strength ) minimum x 1000 psi** pada hasil pengelasan yang diperkenankan.

*Digit ke tiga atau empat* : menunjukkan tentang **posisi pengelasan** yang artinya sbb :

- 1 = elektroda dapat digunakan untuk semua posisi ( E xx1x )
- 2 = elektroda dapat digunakan untuk posisi di bawah tangan ( *flat* ) dan mendatar pada sambungan sudut/ *fillet* ( E xx2x )
- 3 = hanya untuk posisi di bawah tangan saja ( E xx3x )
- 4 = untuk semua posisi kecuali arah turun ( E .xx4x )

*Digit terakhir ( ke empat/ lima )* menunjukkan tentang jenis arus dan tipe salutan.

Digit ( angka ) tersebut mulai dari 0 s.d. 8 yang menunjukkan tipe arus dan pengkutuban ( *polarity* ) yang digunakan, di mana ada empat pengelompokan yang dapat menunjukkan tipe arus untuk tiap tipe elektroda, yaitu :

- Elektroda dengan digit terakhirnya 0 dan 5 dapat digunakan hanya untuk tipe arus DCRP.
- Elektroda dengan digit terakhirnya 2 dan 7 dapat digunakan untuk arus AC atau DCSP.
- Elektroda dengan digit terakhirnya 3 dan 4 dapat digunakan untuk arus AC atau DC ( DCRP dan DCSP ).
- Elektroda dengan digit terakhirnya 1, 6 dan 8 dapat digunakan untuk arus AC atau DCRP.

Khusus untuk tipe salutan ( flux ) elektroda, secara umum adalah sebagai berikut :

- 0 dan 1 = tipe salutannya adalah : **celluloce** ( E xxx0 atau E xxx1 )
- 2, 3 dan 4 = tipe salutannya adalah : **rutile** ( E xxx2, E xxx3 atau E xxx4 )
- 5, 6 dan 8 = tipe salutannya adalah : **basic/ base** ( E xxx5, E xxx6 atau E xxx8 )
- 7 = tipe salutannya adalah : **oksida besi** ( E xxx7 ).

***Komposisi Tambahan Bahan Kimia ( Paduan ) :***

Tambahan bahan paduan pada elektroda akan ditunjukkan dengan dua digit setelah empat/ lima digit terakhir kode elektroda, seperti contoh : E 8018-B2, di mana "B2" tersebut adalah menunjukkan % kandungan bahan paduan pada elektroda tersebut.

Berikut ini adalah simbol komposisi bahan paduan yang biasa ditambahkan pada elektroda :

A1	C, 0,5 Mo
B1	0,5 Cr, 0,5 Mo

***Catatan :***  
C = Karbon  
Cr = Chromium  
Mo = Molybdenum  
Ni = Nikel  
Mn = Mangan

B2	1,25 Cr, 0,5 Mo
B3	2,25 Cr, 1 Mo
C1	2,5 Ni
C2	3,5 Ni
C3	1 Ni
D1	1,5 Mn, 0,25 Mo
D2	1 Mn, 0,25 Mo

**Contoh pembacaan kode elektroda las busur manual :**

**E 6013**

E = elektroda.

60 = kekuatan tarik minimum = 60 x 1000 psi = 60.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

3 = tipe salutan adalah *rutile* dan arus AC atau DC.

**E 8018-B2**

E = elektroda.

80 = kekuatan tarik minimum = 80.000 psi

1 = elektroda dapat dipakai untuk semua posisi

8 = tipe salutan adalah *basic* dan arus AC atau DCRP.

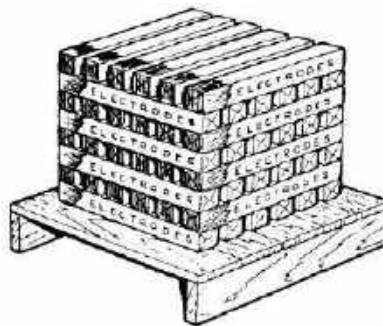
B2 = bahan paduan adalah 1,25 Cr, 0,5 Mo.

***a4. Penyimpanan Elektroda***

Agar elektroda bertahan lama sebelum digunakan, maka elektroda perlu disimpan secara baik dan benar. Oleh sebab itu perlu diperhatikan hal-hal berikut dalam menyimpan elektroda :

- Simpan elektroda pada tempat yang kering dengan kemasan yang masih tertutup rapi ( kemasan tidak rusak ).

- Jangan disimpan langsung pada lantai. Beri alas sehingga ada jarak dari lantai
- Yakinkan, bahwa udara dapat bersirkulasi di bawah tempat penyimpanan ( rak ).
- Hindarkan dari benda-benda lain yang memungkinkan terjadinya kelembaban.
- Temperatur ruangan penyimpanan sebaiknya sekitar 5° C diatas temperatur rata-rata udara luar.
- Bila elektroda tidak dapat disimpan pada tempat yang memenuhi syarat, maka sebaiknya beri bahan pengikat kelembaban, seperti *silica gel* pada tempat penyimpanan tersebut.



**Gambar 2.7.2. : Penyimpanan Elektroda**

**b. Bahan tambah (Consumable) GMAW/GTAW dan FCAW**

Kawat las yang digunakan pada proses GMAW/GTAW dan FCAW dapat berbentuk kawat solid (GMAW/GTAW) ataupun kawat inti fluks (FCAW). Standard spesifikasi dari kawat las solid yaitu AWS A5.18:2005 (Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding). Sedangkan kawat las berinti fluks dispesifikasikan pada AWS A5.20:2005 (Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding). Kedua standard tersebut menspesifikasikan kawat las untuk pengelasan baja ringan dan baja kekuatan tinggi 490N/mm<sup>2</sup>. Untuk pengelasan baja paduan rendah, seperti baja kekuatan tinggi 550 – 830 N/mm<sup>2</sup>, baja temperatur rendah, dan baja paduan rendah tahan panas, dispesifikasikan pada AWS A5.28:2005 (Low Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding) untuk kawat las solid, dan AWS A5.29:2010

(Low Alloy Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding) untuk kawat las berinti fluks. Kawat las yang digunakan dalam pengelasan baja tahan karat yaitu kawat las inti fluks yang dispesifikasikan dalam AWS A5.22:2012 (Stainless Steel Flux Cored and Metal Cored Welding Electrodes and Rods)

Kawat las solid yang dispesifikasikan dalam AWS A5.28:2005 untuk baja paduan rendah, dapat digunakan juga pada proses las MIG/GTAW. Pengelasan baja tahan karat dengan proses las MIG/GTAW menggunakan kawat las solid yang dispesifikasikan dalam AWS A5.9:2012 (Bare Stainless Steel Welding Electrodes and Rods). Untuk pengelasan nikel dan nikel paduan digunakan kawat las solid sesuai spesifikasi AWS A5.14:2011 (Nickel and Nickel Alloy Bare Welding Electrodes and Rods), sedangkan kawat las tembaga dan tembaga paduan dispesifikasikan dalam AWS A5.7:2007 (Copper and Copper Alloy Bare Welding Rods and Electrodes).



**Gambar 2.7.3 AWS GMAW/GTAW**

ER – 70S – 6

E: Elektroda

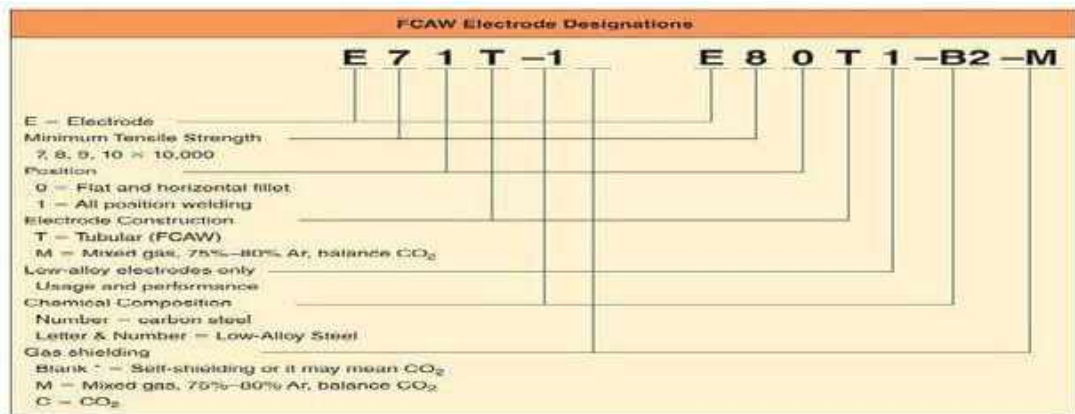
R: Rod (Dapat digunakan untuk GMAW, tanpa flux)

70: Kekuatan tarik minimum KSI (70, 80 90, 100)

S: Solid (Jenis elektroda Solid atau tanpa flux)

6: Komposisi kimia, 6: High Silicon

Elektroda berinti fluks adalah logam pengisi dalam proses las berupa wire roll, diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia dan persyaratan sifat mekanis logam las untuk proses FCAW ( Flux Cored Arc Welding ).



AWS	Welding	Shielding	Single or Multiple Pass
Classification	Current	Gas	
EXXT-1	DCEP	CO <sub>2</sub>	Multiple
EXXT-2	DCEP	CO <sub>2</sub>	Single
EXXT-3	DCEP	None	Single
EXXT-4	DCEP	None	Multiple
EXXT-5	DCEP	CO <sub>2</sub>	Multiple
EXXT-6	DCEP	None	Multiple
EXXT-7	DCEN	None	Multiple
EXXT-8	DCEN	None	Multiple
EXXT-9	DCEN	None	Multiple
EXXT-10	DCEN	None	Single
EXXT-11	DCEN	None	Multiple
EXXT-12	DCEN	None	Multiple
EXXT-13	DCEN	CO <sub>2</sub>	Single
EXXT-14	DCEN	None	Single
EXXT-G	Not Specified	Not Specified	Multiple
EXXT-GS	Not Specified	Not Specified	Single

**Gambar 2.7.4. AWS FCAW**

E 71 T-1

E: Elektroda

7: Kekuatan tarik minimum (7, 8, 9, 10 x 10.000 psi)

1: Posisi pengelasan (1: untuk semua posisi, 0: untuk posisi flat dan horizontal fillet)

T: Tubular (FCAW)

1: Komposisi kimia (1: untuk baja karbon)

Untuk ukuran bahan tambahnya :

- Pada proses las GMAW, wire secara umum yang tersedia adalah ukuran diameter 0,8; 1,0; dan 1,2.
- Pada proses las FCAW, wire secara umum yang tersedia adalah ukuran diameter 1,2; dan 1,6.



- Pada proses las GTAW, filler secara umum yang tersedia adalah ukuran diameter 1,6; 2,0; 2,4; dan 3,2.

### c. Elektroda GTAW

Elektroda untuk proses las GTAW merupakan elektrode non filler metal (bukan logam pengisi) yang terbuat dari bahan Tungsten atau Tungsten Alloy hanya berfungsi sebagai penghasil busur cahaya saja. Karenanya proses pengelasan GTAW disebut sebagai proses pengelasan *non-consumable*.

**Tabel 2.7.1. Elektroda GTAW**

Klasifikasi AWS	Elemen Paduan	Klasifikasi Warna
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWTH – 1	0,8 ÷ 1,2 % Thorium	Kuning
EWTH – 2	1,7 ÷ 2,2 % Thorium	Merah
EWTH – 3	0,35 ÷ 0,55 % Thorium	Biru
EWZR – 1	0,15 ÷ 0,4 % Zirconium	Coklat
EWCe – 2	1,8 ÷ 2,2 % Cerium	Orange
EWLa – 1	± 1,0 % Lanthanum	Hitam
EWG	tidak di spesifikasikan	Abu-abu

Untuk pengelasan pipa baja karbon dan pipa stainless steel biasanya digunakan tungsten warna merah.

Sedangkan untuk pengelasan pipa aluminium digunakan tungsten warna hijau.

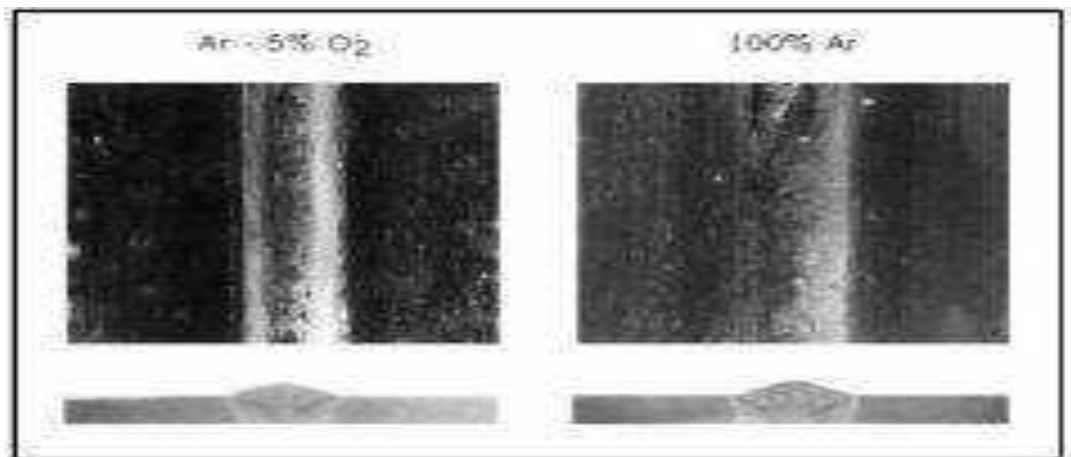
### d. Gas Pelindung

#### d1. Gas Argon

Argon adalah jenis gas pelindung yang digunakan secara sendiri atau dicampur dengan gas lainnya untuk mencapai karakteristik busur yang diinginkan pada proses pengelasan logam ferro maupun non-ferro. Hampir semua proses pengelasan GMAW, FCAW, GTAW dapat menggunakan gas

argon atau campuran gas argon untuk mendapatkan mampu las, properti mekanik, karakteristik busur dan produktifitas yang baik

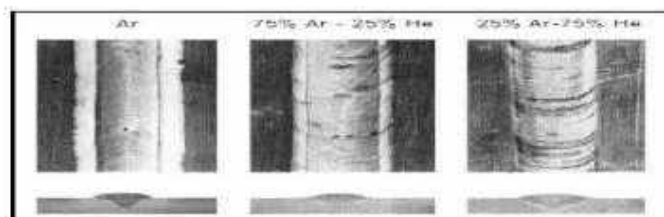
Gas argon digunakan secara sendiri tanpa campuran untuk proses pengelasan logam non-ferro, seperti alumunium, paduan nikel, paduan tembaga, dan lainnya. Gas argon dapat menghasilkan stabilitas busur yang baik pada pengelasan busur spray, dan menghasilkan penetrasi serta bentuk *bead weld* yang baik. Ketika menggunakan logam fero, gas argon biasanya dicampur dengan gas lainnya seperti oksigen, dan helium. Potensi ionisasi yang rendah dari gas argon, menghasilkan kestabilan busur yang superior



**Gambar 2.7.5. Perbandingan hasil pengelasan gas argon murni dan gas argon campuran**

## d2. Gas Helium

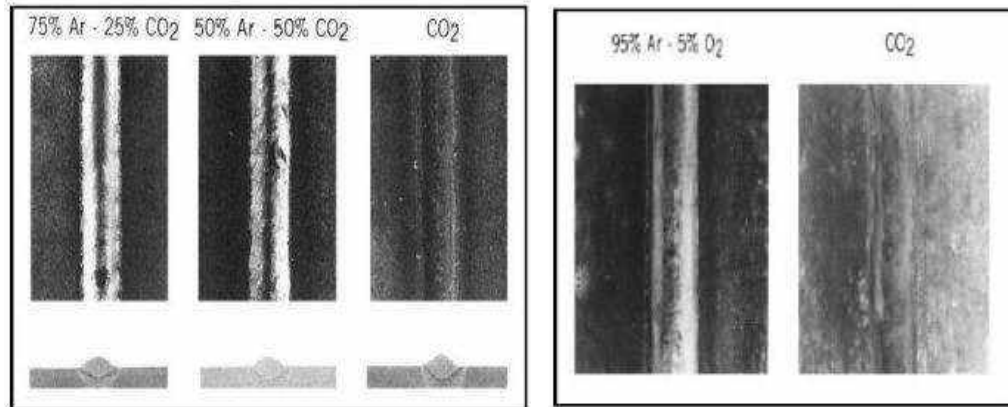
Helium adalah gas pelindung yang digunakan untuk aplikasi pengelasan yang membutuhkan masukan panas (*heat input*) yang lebih besar untuk meningkatkan *bead wetting*, penetrasi yang lebih dalam dan kecepatan pengelasan yang lebih cepat.



**Gambar 2.7.6. Perbandingan hasil pengelasan gas argon murni dan gas argon campuran helium**

### d3. Gas Karbon Dioksida ( CO<sub>2</sub>)

Gas karbon dioksida umumnya digunakan untuk proses pengelasan untuk logam ferro. Kelebihan dari gas pelindung karbon dioksida adalah kecepatan pengelasan yang cepat dan penetrasi yang lebih dalam. Gas karbon dioksida juga dapat dicampur dengan gas pelindung lainnya untuk menambah karakteristik kimia gas tersebut.



**Gambar 2.7.7. Perbandingan hasil pengelasan gas karbon dioksida murni dengan gas argon campuran**

### e. Pengkutuban (Polaritas)

Pemasangan kabel-kabel las ( pengkutuban ) pada mesin las arus searah dapat diatur /dibolak-balik sesuai dengan keperluan pengelasan, ialah dengan cara :

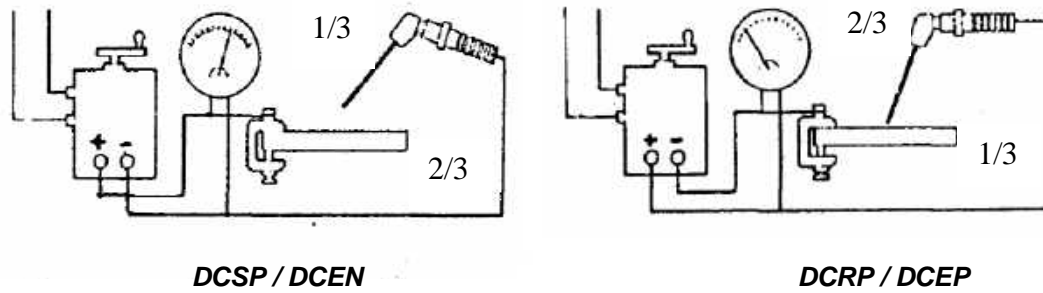
- Pengkutuban langsung (Direct Current Straight Polarity / DCSP/DCEN)
- Pengkutuban terbalik (Direct Current Reverse Polarity / DCRP/DCEP)

*Pengkutuban langsung (DCSP/DCEN) :*

Dengan pengkutuban langsung berarti kutub positif (+) mesin las dihubungkan dengan benda kerja dan kutub negatif (-) dihubungkan dengan kabel elektroda. Dengan hubungan seperti ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan elektroda sedangkan 2/3 bagian memanaskan benda kerja.

*Pengkutuban terbalik (DCRP/ DCEP) :*

Pada pengkutuban terbalik, kutub negatif (-) mesin las dihubungkan dengan benda kerja , dan kutub positif (+) dihubungkan dengan elektroda. Pada hubungan semacam ini panas pengelasan yang terjadi 1/3 bagian panas memanaskan benda kerja dan 2/3 bagian memanaskan elektroda.



**Gambar 2.7.8. Pengkutuban Mesin Las DC**

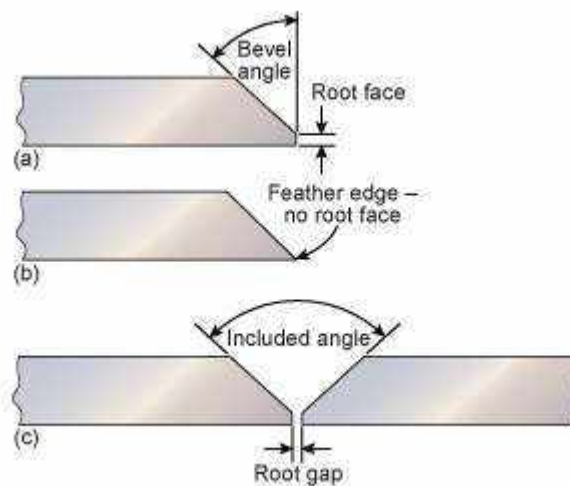
### 8. Memastikan Kesiapan *Root Gap* dan *Root Face* Sesuai WPS

Geometri sambungan sangat menentukan hasil pengelasan. Oleh karena itu juru las harus memastikan bentuk kampuh dan proses pengelasan sesuai WPS. Sudut kampuh, lebar root face selebar 1 – 4 mm secara merata dengan menggunakan mesin gerinda dan atau kikir rata. Kesamaan tebal / lebar permukaan “root face” akan menentukan hasil penetrasi pada akar ( root ), root Gap di buat antara 1-34 mm mengacu pada WPS yang ada

Untuk menghasilkan sambungan las yang baik persiapan kampul harus baik yang dibuat menurut spesifikasi yang telah ditentukan. Persiapan kampul las yang baik dan benar adalah :

- Root opening (gap antara logam yang akan dilas)
- Root face
- Groove face (permukaan kampul las)
- Groove angle (sudut kampul dari logam yang akan di las)
- Tack weld yang kuat serta antara root gap diberi bridge untuk dilas.
- Dibersihkan, bebas dari kotoran-kotoran, debu serta benda-benda yang lain pada joint yang akan dilas.
- Apabila diisyaratkan perlu pemanasan awal, harus dilakukan sesuai dengan aturan di dalam WPS.

Untuk pengukuran root gap dan root face dapat menggunakan welding gauge.



**Gambar 2.8.1. Root Gap dan Root Face**

## 9. Memastikan Kesiapan Permukaan bidang lasan bebas kotoran dan karat

Pembersihan sebelum pengelasan adalah bertujuan untuk menghilangkan semua kotoran yang ada pada daerah sambungan yang akan dilas. ( $\pm 1 \text{ mm}/25.9 \text{ mm}$ ) dan tepi sambungan (luar / dalam atau atas / bawah atau kanan / kiri) Pembersihan ini dilakukan untuk semua sambungan las yaitu " groove weld, fillet weld baik pressure parts (bagian-bagian bertekanan) dan non pressure parts (tidak bertekanan) tanpa perkecualian. Kotoran-kotoran tersebut dapat berupa : karat, cat, oli, debu, air dll.

Cara pembersihannya adalah dengan menggunakan sikat kawat (baja karbon atau stainless steel), gerinda atau cairan pembersih (acetone) atau dengan pemanasan menggunakan heating torch, jika perlu (agar terjadi penguapan). Sebab kotoran-kotoran tersebut di atas dibersihkan untuk mencegah terjadinya kerusakan-kerusakan las selama pengelasan berlangsung, dan jika tidak dibersihkan, maka hasil pengelasan pada logam las akan terjadi diskontinuitas (discontinuity) yang berupa gelembung-gelembung udara kecil yang tertinggal di dalamnya yang disebut poros (porosity).

Kotoran-kotoran tersebut juga mengandung unsur-unsur yang dapat menghasilkan gas seperti  $H_2$  dan  $O_2$  yang mana pada saat proses pengelasan gas-gas tersebut dapat bereaksi atau terlarut di dalam logam las. Hal lain yang sangat berbahaya adalah  $H_2$  yang terlarut dalam logam las yang dapat menyebabkan

terjadinya retak las / crack (under bead crack). Retak las tersebut baru dapat dideteksi setelah selang waktu 48 jam (delayed cracking).

Yang perlu diperhatikan sebelum pelaksanaan pengelasan :

1. Periksa kebersihan sambungan dari kotoran seperti karat, debu, minyak, cat, oli, dll harus dibersihkan jika ada
2. Periksa penyetulan (fit-up) sambungan (kelurusan/miss alignment, sudut alur las/groove angle, root opening dan root face), apakah sesuai gambar standard.
3. Periksa las ikat/tack weld apakah ada retak las/crack, hilangkan/gerinda jika ada.
4. Periksa apakah disyaratkan pemanasan awal/preheat, lakukan sesuai temperature yang diminta WPS. Gunakan kapur pengukur panas (tempil stick), thermomelt) untuk mengetahui apakah panasnya sudah tercapai.
5. Periksa/lihat ukuran las (leg size ketinggian las) yang diminta pada gambar.

#### **10. Melakukan *Setting* parameter las pada mesin las sesuai WPS**

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam penentuan parameter pengelasan, yaitu :

- Diameter elektroda yang dipakai.
- Jenis material yang akan dilas.
- Tebal benda kerja yang akan dilas.
- Posisi pengelasan.
- Kecepatan pengelasan.

##### **a. Diameter Elektroda Yang Dipakai**

Secara teori makin besar diameter elektroda yang digunakan akan semakin besar juga penyetingan parameter las yaitu penyetingan arus pengelasan (ampere) dan tegangan (voltase). Untuk proses GMAW dan FCAW bila penyetingan arus pengelasan besar otomatis untuk penyetingan kecepatan wire pun menjadi lebih cepat.

##### **b. Jenis material Yang Akan Dilas**

Perbedaan jenis material juga mempengaruhi didalam penyetingan parameter pengelasan, terutama didalam menyeting arus pengelasan (ampere). Besar

kecilnya arus pengelasan yang disetting terdasarkan dari titik lebur dari masing-masing material. Untuk pengelasan baja karbon arus pengelasannya akan lebih tinggi dibandingkan dengan arus pengelasan untuk mengelas aluminium.

c. Tebal Benda Kerja Yang Akan Dilas.

Semakin tebal benda kerja yang akan dilas maka penyetingan parameter pengelasannya akan lebih besar dibandingkan dengan benda kerja yang tipis ketebalannya.

d. Posisi Pengelasan.

Didalam proses melakukan pengelasan dikenal empat posisi pengelasan secara umum, yaitu posisi down hand, horizontal, vertikal dan over head. Dari keempat posisi tersebut untuk penyetingan parameter pengelasan terutama penyetingan arus pengelasan (ampere) untuk posisi vertikal-up lebih rendah dibandingkan dengan penyetingan arus pengelasan (ampere) untuk posisi down hand, horizontal, vertikal-down dan over head.

e. Kecepatan Pengelasan.

Kecepatan pengelasan berbanding secara linier dengan pergerakan busur las sepanjang benda kerja. Parameter ini biasanya dinyatakan dalam meter per menit. Dengan meningkatnya ketebalan material, kecepatan harus diturunkan. Dengan material dan jenis penyambungan yang sama, jika arus listrik meningkat, maka kecepatan pengelasan juga harus meningkat. Kecepatan pengelasan yang lebih tinggi dapat menggunakan teknik pengelasan maju (*forehand technique*).

Pada industri manufaktur, yaitu dibidang perakitan yang berhubungan dengan benda kerja dengan ketebalan tipis secara teori harus menyeting arus pengelasan yang kecil yang sesuai dengan ketebalan benda kerja. Tetapi yang dipakai arus pengelasan (ampere) yang besar, sehingga untuk mengimbangi arus pengelasan (ampere) yang besar itu maka welder saat melakukan pengelasan harus dengan kecepatan pengelasan yang cepat.

**Tabel 2.10.1. Contoh Penyetingan Arus Untuk Pengelasan Baja Karbon Dengan Proses Las SMAW**

DIAMETER ELEKTRODA		BESAR ARUS
1/16 Inchi	1,5 mm	20 – 40 Amper
5/64 Inchi	2,0 mm	30 – 60 Amper
3/32 Inchi	2,5 mm	40 – 80 Amper
1/8 Inchi	3,2 mm	70 – 120 Amper
5/32 Inchi	4,0 mm	120 – 170 Amper
3/16 Inchi	4,8 mm	140 – 240 Amper
1/4 Inchi	6,4 mm	200 – 350 Amper

**Tabel 2.10.2. Contoh Penggunaan Electroda Tungsten Untuk Mengelas Baja Karbon**

Electroda diameter (in)	Tebal benda kerja yang di las (mm)	DCSP (amp)	Diameter bahan tambah (mm)	Kecepatan pengelasan (ipm)	Aliran gas argon (Cfh)
0,25	0,25- 0,30	15	0,5	12 - 18	8 – 10
0,50	0,31- 0,50	5 - 20	0,5	12 - 18	8 – 10
1	0,50-0,8	15 - 80	1	12 - 18	8 – 10
1,60	0,90 – 1,5	100 – 140	1,6	12 - 18	8 – 10
2,40	1,6 – 3,20	140 – 170	2,4	12 – 18	8 – 10
3,2	3,2	150 - 200	3,2	10 – 12	8 – 10

**Tabel 2.10.3. Contoh Penggunaan Elektroda Tungsten untuk mengelas aluminum posisi bawah tangan**

Tebal benda kerja (mm)	Jenis sambungan	Alternating Current (amp)	Diameter elektroda (mm)	Aliran gas Argon (cfh)	Diameter bahan tambah (mm)	Jumlah jalur las
1,6	Sambungan I	70 – 100	1,6	20	2,4	1
3,2	Sambungan I	125 – 160	2,4	20	3.2	1
6,35	Sambungan V	225 – 275	4	30	4,75	2
9,53	Sambungan V	325 – 400	6,35	35	6,35	2
12,52	Sambungan V	375 – 450	6,35	35	6,35	3
25,4	Sambungan V	500 - 600	8 – 9,5	35 - 45	6,35 – 9,53	8 - 10



**Tabel 2.10.4. Contoh Penggunaan Elektroda Tungsten Pada Pengelasan  
Stainless Steel**

Tebal benda kerja (mm)	Jenis sambungan	Current,DCSP (amp)	Diameter elektroda (mm)	Aliran gas Argon (cfh)	Diameter bahan tambah (mm)	Arc Speed (ipm)
1,6	Sambungan I	80 – 100	1,6	10	1,6	12
1,6	Sambungan T	90 – 110	1,6	10	1,6	10
2,38	Sambungan I	100 – 120	1,6	10	1,6	12
2,38	Sambungan T	110 – 130	1,6	10	1,6	10
3,18	Samb sudut	120 – 140	1,6	10	2,38	12
3,18	Samb tumpang	130 – 150	1,6	10	2,38	10
4,76	Samb sudut	200 – 250	2,38	15	3,18	10
4,76	Samb tumpang	225 - 275	2,38	15	3,18	8

**Tabel 2.10.5. Contoh Penggunaan Elektroda Wire Untuk Pengelasan Baja Karbon Dengan Proses Las GMAW**

Diameter Kawat	Arus ( Amper )	Tegangan (Volt)	Tebal Benda Kerja
0,6 mm	50 – 80	13 – 14	0,5 – 1,0 mm
0,8 mm	60 – 150	14 – 22	0,8 – 2,0 mm
0,9 mm	70 – 220	15 – 25	1,0 – 10 mm
1,0 mm	100 – 290	16 – 29	3,0 – 12 mm
1,2 mm	120 – 350	18 – 32	6,0 – 25 mm
1,6 mm	160 – 390	18 – 34	12,0 – 50 mm

**Tabel 2.10.6. Contoh Penggunaan Elektroda Wire Untuk Pengelasan Baja Karbon Dengan Proses Las FCAW-G**

Diameter Kawat	Arus ( Amper )	Tegangan (Volt)	Stickout
1,2	150 – 320	25 – 34	19
1,6	200 – 400	26 – 35	25
2,4	290 - 525	26 - 36	25

**f. Langkah-Langkah Penyetingan Parameter Las.**

Beberapa langkah didalam penyetingan parameter pengelasan adalah :

- Mesin las (SMAW/GTAW/GMAW/FCAW) dihidupkan.
- Untuk proses GTAW/GMAW/FCAW gas pelindungnya dibuka dan disetting tekanan gas kerja yang dibutuhkan.
- Untuk GMAW dan FCAW bila menggunakan gas pelindung 100% CO<sub>2</sub> pemanas gas pelindungnya difungsikan.

- Setting arus pengelasan (ampere) disesuaikan dengan diameter elektroda, tebal benda kerja, posisi pengelasan dan jenis material yang dilas.
- Setting tegangan pengelasan (voltase). Untuk tegangan (voltase) biasanya otomatis tersetting saat menyeting arus pengelasan (ampere), tetapi bila terpisah maka setting voltase pengelasan (voltase) pada posisi 20 s.d. 35 Volt.
- Setting Kecepatan wire untuk proses GMAW/FCAW pada wire feeder.
- Lakukan proses pengelasan.

### 11. Melakukan Tack welding (las cantum) sesuai prosedur

Fit-up (penyetelan) adalah kegiatan dimana menyiapkan / merangkai dan menyambung bagian-bagian yang akan mengalami proses pengerjaan pengelasan. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada saat penyetelan / Fit-up adalah :

- ✓ Jarak antara sambungan
- ✓ Tebal/besarnya root face, sudut alur las/bevel (groove angle)
- ✓ Identifikasi material
- ✓ Kebersihan permukaan sambungan
- ✓ Tack weld / las ikat
- ✓ WPS
- ✓ Cara pengikatan (bridging)
- ✓ Penguat (temporary holding bor)

Kualitas fit-up dan tack welding akan memberikan bantuan kontribusi yang sangat besar, terhadap hasil pekerjaan pengelasan. Jika fit-upnya baik akan baik dan sebaliknya jika jelek maka hasil akhir pengelasan juga tidak baik.

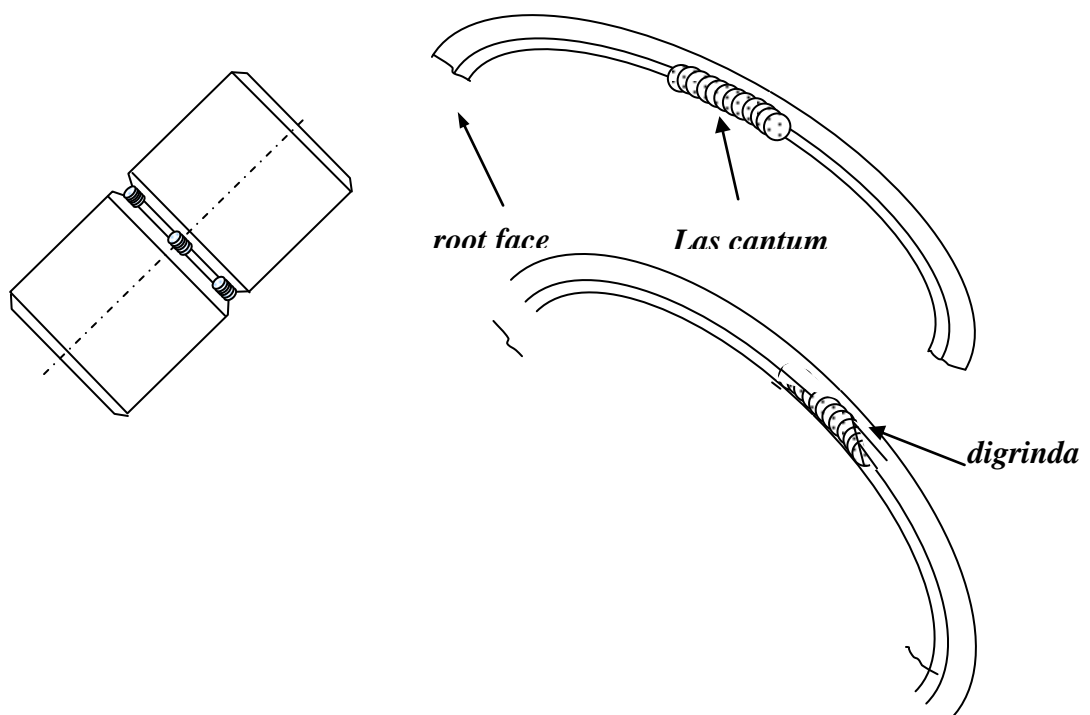
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las cantum (*tack weld*) pada pengelasan pipa adalah sebagai berikut :

- Bahan las harus bersih dari bahan-bahan yang mudah terbakar dan karat.
- Jumlah las catat pada pengelasan pipa secara umum adalah 3 sampai 4 las cantum atau tergantung pada WPS pekerjaan tersebut.
- Agar lebar *gap* ( *root gap* ) sama di sekeliling pipa, maka sebaiknya gunakan pasak atau pembatas setebal *gap* pada saat las cantum dilakukan.

- Panjang las cantum adalah 10 s.d. 20 mm tergantung dari diameter pipa yang akan dilas.

Langkah-langkah didalam melakukan las cantum (tack weld) untuk pipa adalah :

- Siapkan peralatan las dan alat-alat bantu lainnya.
- Siapkan 2 buah pipa yang telah selesai direparasi (sudah disiapkan kampuhnya)
- Atur gap antara 2 – 4 mm untuk proses las SMAW dan GMAW, sedangkan untuk proses GTAW gapnya disesuaikan dengan diameter filler yang digunakan dan untuk proses las FCAW dibuat tanpa gap. Lakukan las cantum pada 3 atau 4 tempat dengan panjang 10 s.d. 20 mm, dan yakinkan bahwa kedua pipa benar-benar rata ( *selisih permukaan pipa maksimu 1mm* ). Sebaiknya las cantum (tack weld) untuk proses SMAW dan GMAW dilakukan jangan asal-asalan tetapi buat tack welding seperti mengelas root yang baik dan benar (tack welding is welding).
- Bersihkan dan gerinda las cantum dengan menggunakan *cutting disk* sehingga kedua sisinya menjadi tirus, agar sambungan jalur terjadi perpaduan yang sempurna.



**Gambar 2.11.1. Las Cantum (tack weld) Pada Pipa**

## **B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa**

1. Melakukan Kegiatan pengelasan sesuai prosedur K3.
2. Mengidentifikasi Gambar teknis.
3. Mengidentifikasi WPS.
4. Memastikan kesiapan Mesin las sesuai WPS
5. Memastikan kesiapan Peralatan bantu sesuai prosedur
6. Memastikan kesiapan Material induk pelat sesuai WPS
7. Memastikan kesiapan Bahan tambah (*Consumable*) sesuai WPS
8. Memastikan *Root Gap* dan *Root Face* sesuai WPS
9. Memastikan Permukaan bidang lasan bebas kotoran dan karat
10. Melakukan *Setting* parameter las pada mesin las dilakukan sesuai WPS
11. Melakukan *Tack welding* (las cantum) sesuai prosedur

## **C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa.**

Bersikap hati-hati, cermat, teliti dan mematuhi peraturan yang ada merupakan tindakan pencegahan untuk meyakinkan bahwa tidak ada masalah selama persiapan pengelasan berlangsung

### BAB III

## MELAKUKAN PROSES PENGELASAN LAS KAMPUH (*GROOVE*) PIPA KE PIPA

### A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa

#### 1. Cara Menghilangkan Tack Welding (Las Cantum) Sesuai Prosedur

Las cantum (tack weld) pada hakekatnya adalah las yang pendek. Mengingat kegunaannya hanya untuk sementara, yakni mengunci penyetelan yang setelah pengelasan akar selesai tack weld dibuka kembali, maka pada biasanya tack weld dilaksanakan dengan amper rendah, sehingga akibatnya bermuka cembung (convex). Karena muka cembung terciptalah takik takik dikedua sisi tack weld tersebut yang berpotensi untuk menghasilkan retak jempol kaki. Karenanya tack weld ibarat sebagai buah simalakama, diperlukan namun sekaligus membahayakan. Itulah sebabnya disini disarankan makin sedikit tack weld digunakan makin baik. Sebagai pengganti penggunaan sirip penyetel yang menggunakan tack weld, dapat digunakan klem mekanis. Untuk tack weld yang dilaksanakan di bagian dalam Kampuh las, jika pelaksananya adalah juru las yang tidak berkualifikasi, maka tack weld harus dibongkar Sebelum dilewati las akar. Untuk tack weld dalam kampuh las yang dilaksanakan Oleh juru las yang berkualifikasi, bekas tack weld dapat langsung dilebur bersama las akar. Walaupun hanya satu buah tack weld, namun jika WPS las produksi menentukan harus menggunakan pemanasan awal, maka pelaksanaan tack weld pun harus didahului dengan pemanasan awal. Sambungan benda kerja di *tack weld*, untuk mencegah atau mengontrol distorsi pada waktu mengelas.

Penghilangan las cantum (tack weld) dapat menggunakan mesin gerinda tangan yang telah dilengkapi oleh *cutting disk*, biasanya yang berdiameter 4" atau 5". Pada proses GTAW biasanya pembuatan las cantum (tack weld) dilakukan di permukaan luar benda kerja tidak dilakukan di jalur root past, karenanya las cantum tersebut harus dibersihkan sebelum melanjutkan proses

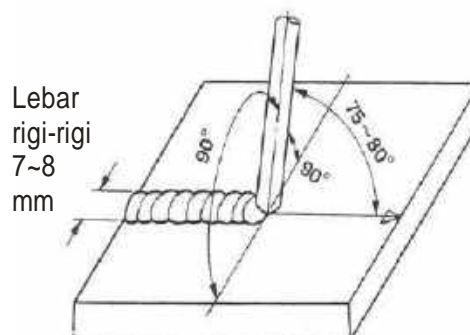
pengelasan root. Begitu juga dengan proses las SMAW dan GMAW bila las cantum tidak dilakukan dijalur root (tack welding is welding) maka las cantumnya harus dihilangkan terlebih dahulu.

## 2. Cara Memastikan Arah Pergerakan Las Sesuai Prosedur

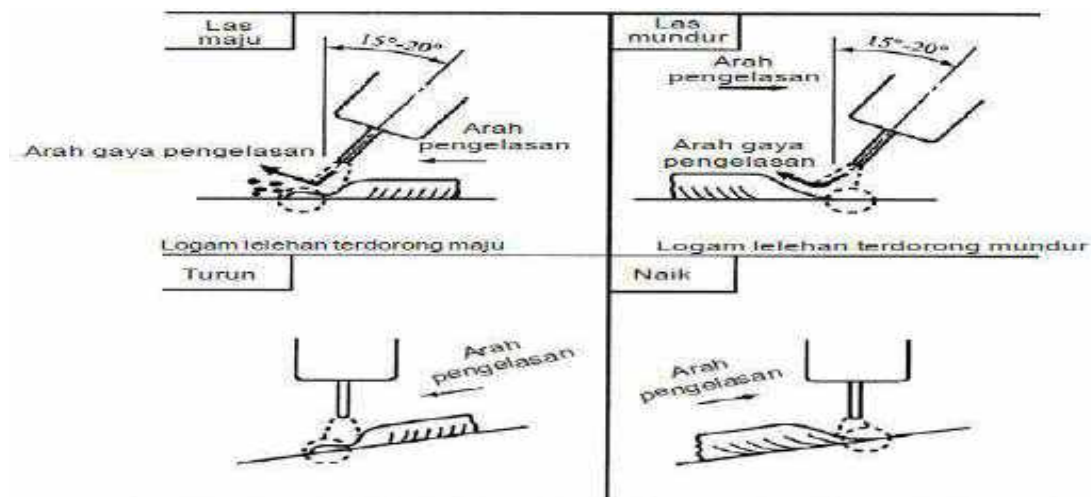
Dalam proses las SMAW umumnya arah pengelasannya adalah menarik cairan (mundur) kecuali pada pengelasan root past dan posisi vertikal-up arah pengelasan bisa mendorong cairan (maju).

Pada proses las GMAW/FCAW arah pengelasan bisa mendorong cairan (maju) atau menarik cairan (mundur) sesuai kebutuhan dan posisi pengelasan.

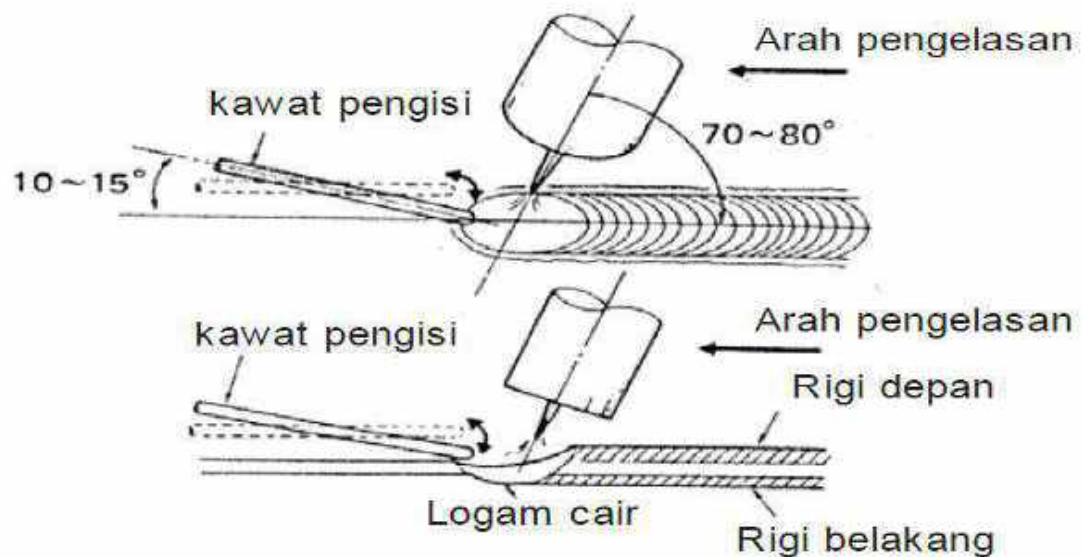
Pada proses las GTAW arah pengelasan harus mendorong cairan ( maju ).



**Gambar 3.2.1. Arah Pergerakan Elektroda SMAW**



**Gambar 3.2.2. Arah Pengelasan Untuk Las GMAW/FCAW**



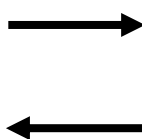
**Gambar 3.2.3. Arah Pengelasan Untuk Las GTAW**

Sedangkan gerakan/ayunan tang las/ elektroda (welding gun) pada SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, terutama dipengaruhi oleh bentuk sambungan, tebal bahan, lebar persiapan sambungan, jenis bahan dan posisi pengelasan.

Gerakan/ayunan tang las/ elektroda diupayakan lurus, apabila tidak memungkinkan gerakan lurus (misal pengelasan arah naik) diusahakan menggunakan ayunan ke samping seminimal mungkin. Misalnya lebar ayunan untuk setiap jalur maksimal 16 mm

Berikut ini disajikan beberapa bentuk gerakan/ayunan pengelasan yang banyak digunakan pada pengelasan menggunakan SMAW, GMAW, FCAW, GTAW, terutama pengelasan pada posisi tegak :

*Flat/ horizontal/ OH*



**Tanpa diayun**

*Tegak*



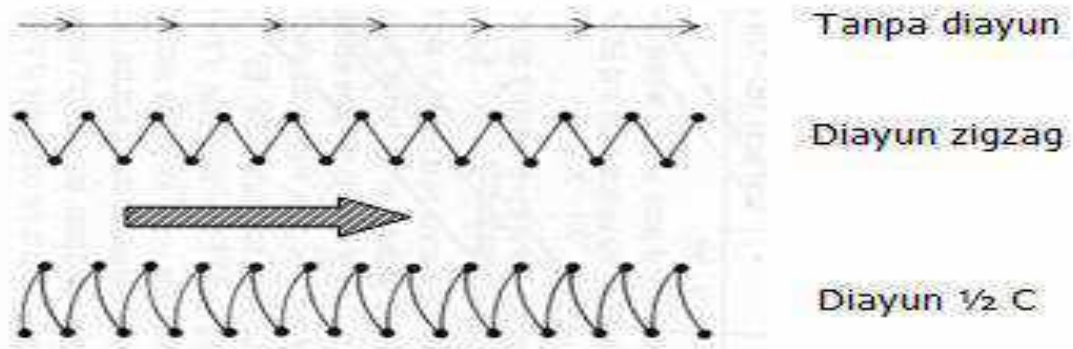
**Setengah melingkar atau zig zag**

*atau*

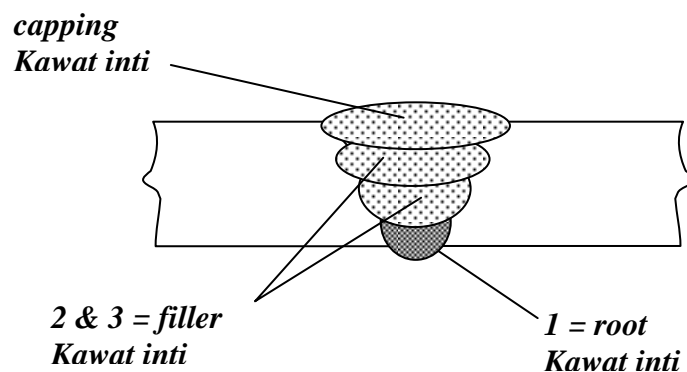


**Menusuk ( segi tiga )**



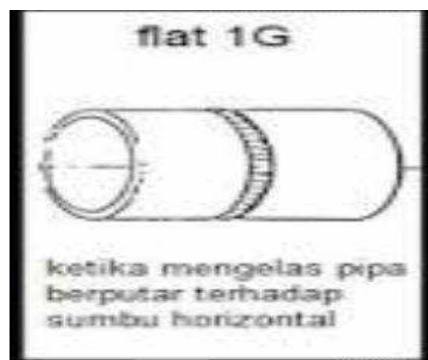


**Urutan Las**



**Gambar 3.2.4. Arah, Gerakan Elektroda dan Urutan Las**

**a. Arah pergerakan elektroda pada pengelasan pipa posisi 1G/PA**



**Gambar 3.2.5 Pengelasan Pipa Posisi 1G/PA**

Pada pengelasan pipa posisi 1G/PA posisi elektroda berada diatas benda kerja dan pipa diputar terhadap sumbu horizontal bisa berputar searah jarum jam ataupun berlawanan arah jarum jam.



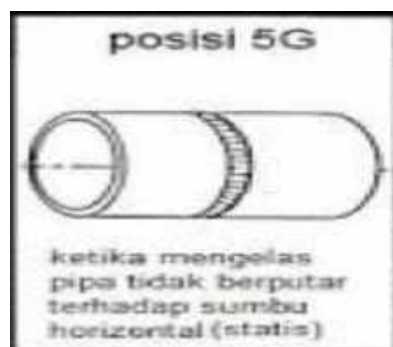
### b. Arah pergerakan elektroda pada pengelasan pipa posisi 2G/PC



**Gambar 3.2.6 Pengelasan Pipa Posisi 2G/PC**

Pada pengelasan pipa posisi 2G/PC posisi elektroda berada didaerah yang akan dilas dan posisinya berada agak horizontal. Sedangkan benda kerja dapat diputar searah sumbu pipa vertikal atau weldernya mengelilingi pipa.

### c. Arah pergerakan elektroda pada pengelasan pipa posisi 5G/PF/PG

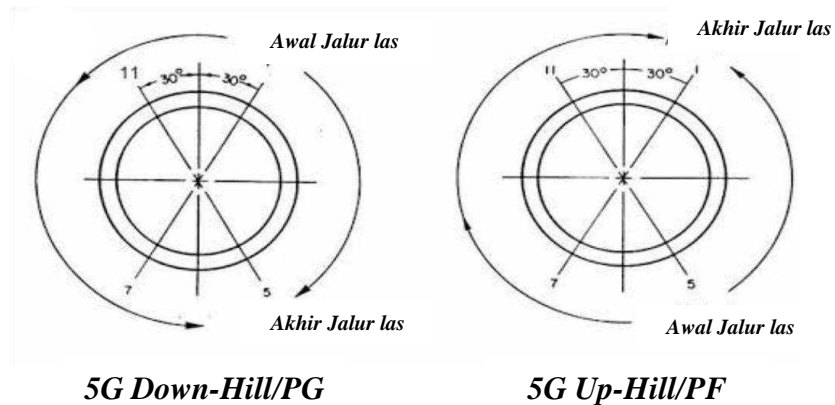


**Gambar 3.2.7 Pengelasan Pipa Posisi 5G/PF/PG**

Pada pengelasan pipa posisi 5G Up-Hill/PF proses pengelasan diawali dari sisi bawah benda kerja dan pipa tidak boleh diputar terhadap sumbu horizontal (statis). Pengelasannya dilakukan dari jam 6 kearah kiri menuju jam 12 dan selanjutnya dilakukan kembali pengelasan dari jam 6 kearah kanan menuju jam 12.

Pada pengelasan pipa posisi 5G Down-Hill/PG proses pengelasan diawali dari sisi atas benda kerja dan pipa tidak boleh diputar terhadap sumbu horizontal (statis). Pengelasannya dilakukan dari jam 12 kearah kiri menuju jam 6 dan

selanjutnya dilakukan kembali pengelasan dari jam 12 kearah kanan menuju jam 6.



**Gambar 3.2.8 Arah Pergerakan Elektroda Pada Pengelasan Posisi 5G Up-Hill/ PF dan Posisi 5G Down-Hill/PG**

**d. Arah pergerakan elektroda pada pengelasan pipa posisi 6G / HJO45 / HLO45**

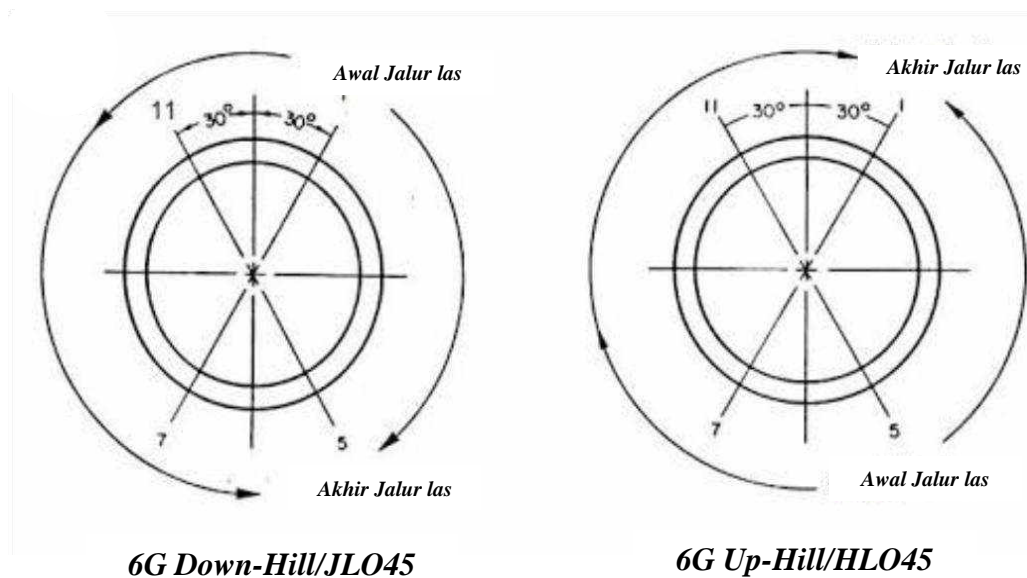


**Gambar 3.2.9 Pengelasan Pipa Posisi 6G/HJO45/HLO45**

Pada pengelasan pipa posisi 6G Up-Hill/HLO45 benda kerja dimiringkan sampai sudut  $45^{\circ}$  dan proses pengelasan diawali dari sisi bawah benda kerja dan pipa tidak boleh diputar terhadap sumbu miring  $45^{\circ}$  (statis). Pengelasannya dilakukan dari jam 6 kearah kiri menuju jam 12 dan

selanjutnya dilakukan kembali pengelasan dari jam 6 kearah kanan menuju jam 12.

Pada pengelasan pipa posisi 6G Down-Hill/JLO45 benda kerja dimiringkan sampai sudut  $45^{\circ}$  dan proses pengelasan diawali dari sisi bawah benda kerja dan pipa tidak boleh diputar terhadap sumbu miring  $45^{\circ}$  (statis). Pengelasannya dilakukan dari jam 12 kearah kiri menuju jam 6 dan selanjutnya dilakukan kembali pengelasan dari jam 12 kearah kanan menuju jam 6.



**Gambar 3.2.10 Arah Pergerakan Elektroda Pada Pengelasan Posisi 6G Up-Hill/ HLO45 dan Posisi 6G Down-Hill/JLO45**

### 3. Menjaga Kestabilan Arc (Busur Las) Sesuai Prosedur Pada Posisi Kualifikasi Las Kampuh (Groove) Pipa Ke Pipa

Dalam las MMAW (*Manual Metal Arc Welding*) atau SMAW, elektroda terbungkus dengan fluks selalu digunakan. Elektroda tersebut terbuat dari sebuah inti logam dan pembungkus fluks. Inti logam tersebut dilapisi oleh fluks. Busur akan dipertahankan diantara ujung elektroda dan benda kerja. Busur tersebut akan melelehkan inti logam dan fluks. Cairan logam yang dilepaskan dari inti logam dan selanjutnya ditransfer ke kampuh las. Gas pelindung yang dihasilkan dari pembakaran fluks dan dekomposisi pelapis elektroda akan melindungi kampuh las (logam cair) dari udara. Permukaan hasil lasan tertutup oleh terak (terutama

dari *fluks* yang mencair dan membeku). Terak harus dihilangkan setelah pengelasan selesai. MMAW umumnya banyak diaplikasikan di industri karena relatif simpel dan sederhana peralatannya.

Welding method		Electrode	Shielding	Welding method		Electrode	Shielding
Manual metal arc welding		Consumable electrode (Covered electrode)	Flux	TIG welding		Non-consumable electrode (tungsten electrode)	Inert gas
	Bead appearance:				Bead appearance:		
Submerged arc welding		Consumable electrode (Wire electrode)	Flux	MAG welding/MIG welding		Consumable electrode (Wire electrode)	Inert gas or active gas
	Bead appearance:				Bead appearance:		

**Gambar 3.3.1. Karakteristik Busur Dari Proses Pengelasan**

Pada pengelasan, tegangan busur dapat diperiksa secara tidak langsung dengan pemeriksaan panjang busur pengelasan, dan lain-lain. Tegangan busur pengelasan yang dianjurkan untuk las busur kawat las terbungkus (SMAW) adalah sekitar 30 Volt. Panjang busur harus diatur agar kira-kira sama dengan diameter inti kawat elektrode las yang digunakan. Apabila panjang busur bertambah, maka tegangan busur bertambah besar dan berakibat busurnya menjadi tidak stabil, juga menghasilkan kurang penembusan.

Jarak nyala busur las diharapkan sama dengan diameter kawat inti elektrodanya ( $D = L$ ). Bila jarak busurnya sama dengan diameter kawat inti elektrodanya ( $D = L$ ), maka cairan dari elektrodanya akan mengalir dengan baik dan mengendap dengan baik, sehingga pengaruh dari hasil las-lasannya antara lain :

- Menghasilkan rigi-rigi hasil las yang baik dan halus
- Tembusan lasnya baik
- Perpaduan dengan bahan dasarnya baik
- Percikkan terak yang dihasilkan selama pengelasan halus

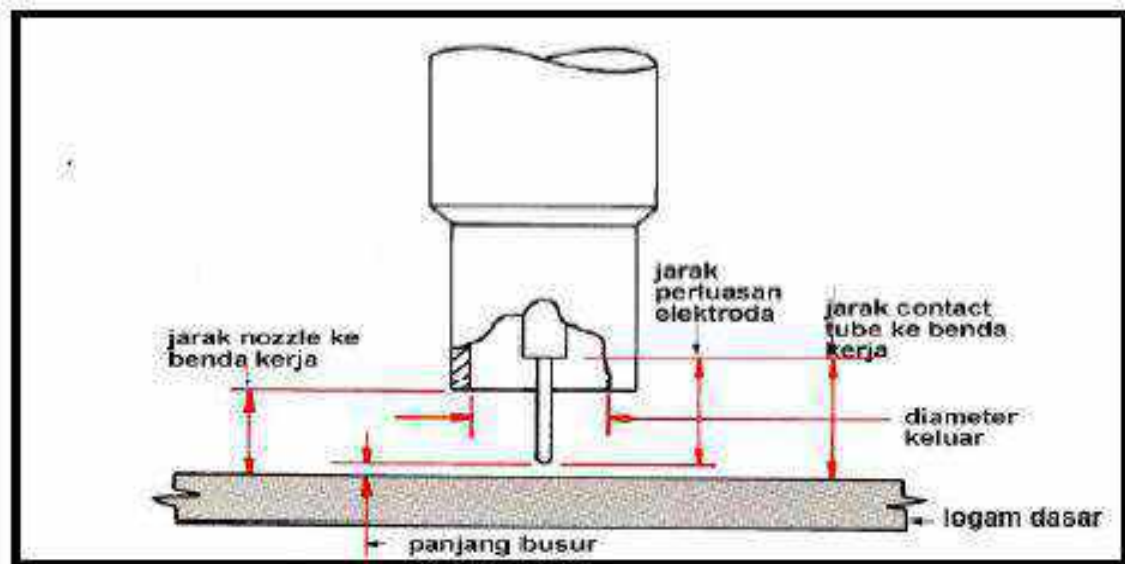
Bila jarak nyala busur las lebih besar dibandingkan dengan diameter kawat inti elektroda ( $L > D$ ), maka akan menyebabkan timbulnya bagian-bagian dari hasil lasan yang berbentuk seperti bola, sehingga hasil pada hasil las-lasannya akan :

- Rigi-rigi pada hasil lasannya kasar
- Tembusan lasnya dangkal
- Percikkan terak saat pengelasan kasar dan keluar dari jalur-jalur las
- Kemungkinan terjadi terak terperangkap tinggi
- Rigi las lebar dan kekuatan rendah

Bila jarak nyala busur las lebih kecil dibandingkan dengan diameter kawat inti elektroda ( $L < D$ ), maka akan menyebabkan semakin susah menjaga nyala busur listriknya. Bila hal tersebut terjadi maka akan terjadi pembekuan terhadap bagian ujung elektrodanya dan pada las-lasannya akan berakibat sebagai berikut :

- Rigi-rigi pada hasil lasnya tidak akan merata
- Tembusan las yang dihasilkan tidak akan baik
- Jalur las-lasannya terlalu kecil
- Percikkan teraknya berbentuk bola dan kasar
- Rigi las sempit dan menggembung las karena oksidasi dan nitridasi
- Terak terperangkap

Pada saat pengelasan, kecepatan pengelasan yang sesuai ditentukan oleh macam dan diameter kawat las yang digunakan, macam sambungan, dan metode ayunan. Untuk las busur kawat las terbungkus (SMAW), kecepatan las dinyatakan sesuai jika dihasilkan penutupan terak yang tepat. Jika kecepatan las ditambah dengan arus las dan panjang busur tetap, lebar rigi-rigi las akan berkurang. Jika kecepatan pengelasan dikurangi, maka lebar rigi las dan ketinggian penguat akan bertambah, dan akan terbakar jika logam induk tipis.



**Gambar 3.3.2 Jarak Elektroda Dengan Material**

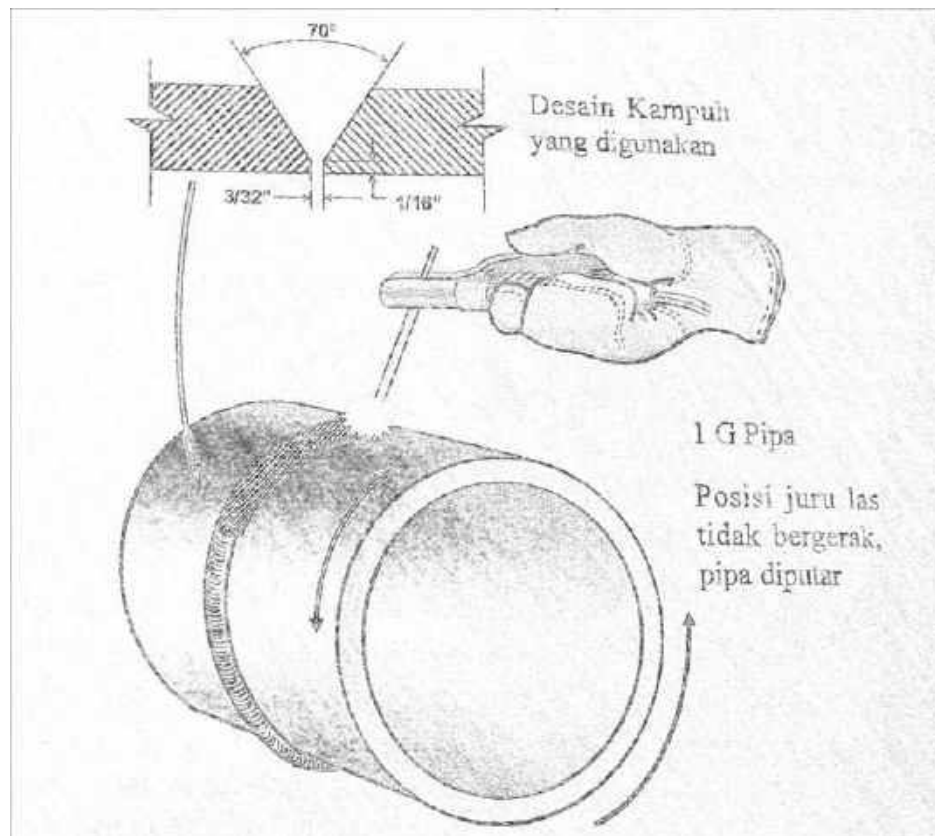
Dalam GMAW, elektroda berdiameter kecil secara kontinyu diumpukan pada kecepatan tinggi. Penggunaan kecepatan yang tinggi harus disesuaikan dan membuat kesulitan dalam perubahan panjang busur. Konsekuensinya, elektroda yang diumpukan harus dalam kecepatan umpan yang konstan dan level arus pengelasan tertentu yang dipilih untuk disesuaikan dengan kecepatan pengumpanan elektroda. Seiring dengan penambahan arus pengelasan yang besar (berkurang) maka terjadi pula perubahan panjang busur menjadi lebih pendek (lebih panjang). Oleh karena itu panjang busur disesuaikan (*adjusted*) sedemikian rupa karena hal ini sangat berpengaruh terhadap arus lasan pada kecepatan pelebaran elektroda. Panjang busur dijaga stabil dengan menyeimbangkan kecepatan pelebaran dengan kecepatan pengumpanan kawat elektroda.

#### **4. Menjaga Kestabilan Sudut Pengelasan Sesuai Prosedur Pada Posisi Kualifikasi Las Kampuh (Groove) Pipa Ke Pipa**

##### **a. Pengelasan pipa posisi 1G/PA**

Posisi dibawah tangan (Down Hand) merupakan posisi pengelasan yang paling mudah dilakukan. Oleh sebab itu untuk menyelesaikan setiap pekerjaan pengelasan sedapat mungkin di usahakan pada posisi dibawah tangan (Down Hand). Kemiringan elektroda 70 derajat – 80 derajat terhadap benda kerja.

Pada pengelasan pipa posisi 1G/PA proses pengelasannya sama dengan proses pengelasan pada posisi 1G/PA pelat. Hal ini terjadi karena pada posisi 1G/PA pipa welder mengelas tidak memutar pipa tetapi pipa dapat diputar searah sumbu horizontal.



**Gambar 3.4.1 Pengelasan Pipa Posisi 1G/PA**

Untuk proses pengelasan GMAW/FCAW arah pengelasannya dapat ditarik ataupun dapat ditusuk (maju).

Untuk proses SMAW untuk arah pengelasan root past-nya dapat ditarik ataupun ditusuk, sedangkan untuk pengelasan pengisian dan Capping arah pengelasannya ditarik.

Untuk proses GTAW untuk arah pengelasannya adalah ditusuk (maju), sedangkan untuk pengelasan root past posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.



**Gambar 3.4.2. Posisi Filler Saat Pengelasan Root Past Pada Proses Las GTAW**

**b. Pengelasan pipa posisi 2G/PC**

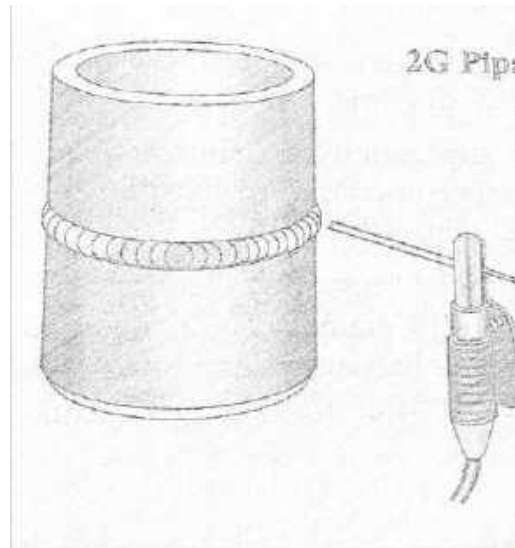
Pada pengelasan pipa posisi 2G/PC proses pengelasannya sama dengan proses pengelasan pada posisi 2G/PC pelat.

Untuk pengelasan root past sudut elektrodanya adalah 70 derajat s.d. 80 derajat dari pipa dan miring sedikit kebawah dengan sudut 80 derajat s.d. 85 derajat dari sumbu vertikal.

Bila terdapat dua kali pengisian maka untuk pengisian pertama (bagian bawah) sudut elektrodanya adalah 70 derajat s.d. 80 derajat dari pipa dan miring sedikit keatas dengan sudut 80 derajat s.d. 85 derajat dari sumbu vertikal. Sedangkan untuk pengisian kedua (bagian atas) sudut elektrodanya adalah 70 derajat s.d. 80 derajat dari pipa dan miring sedikit kebawah dengan sudut 80 derajat s.d. 85 derajat dari sumbu vertikal.

Untuk capping pertama sudut elektrodanya adalah 70 derajat s.d. 80 derajat dari pipa dan miring sedikit keatas dengan sudut 80 derajat s.d. 85 derajat dari sumbu vertikal. Sedangkan untuk capping kedua dan seterusnya sudut elektrodanya adalah 70 derajat s.d. 80 derajat dari pipa dan miring sedikit kebawah dengan sudut 80 derajat s.d. 85 derajat dari sumbu vertikal.





**Gambar 3.4.3 Pengelasan Pipa Posisi 2G/PC**

Untuk proses pengelasan GMAW/FCAW arah pengelasannya dapat ditarik (mundur) ataupun dapat ditusuk (maju).

Untuk proses SMAW untuk arah pengelasan root past-nya dapat ditarik ataupun ditusuk, sedangkan untuk pengelasan pengisian dan Capping arah pengelasannya ditarik.

Untuk proses GTAW untuk arah pengelasannya adalah ditusuk (maju), sedangkan untuk pengelasan root past posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.

**c. Pengelasan pipa posisi 5G Up-Hill/PF**

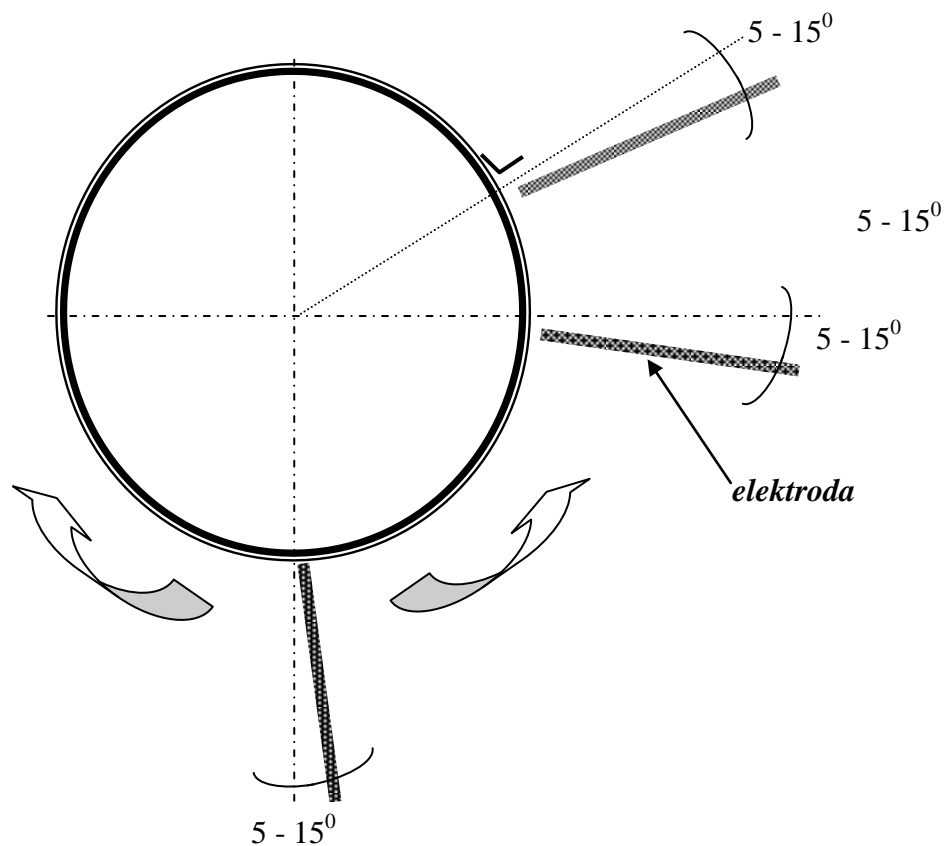
Pada pengelasan pipa posisi 5G Up-Hill/PF proses pengelasannya adalah kombinasi dari pengelasan 1G pelat, 3G-Up pelat dan 4G pelat.

Untuk arah pengelasan root past, pengisian dan cappingnya dilakukan dengan cara ditusuk (maju).

Untuk proses GTAW untuk pengelasan root past-nya posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.

Pada pengelasan posisi 5G Up-Hill/PF ini welder dapat melakukan pengelasan dengan jongkok, duduk ataupun berdiri.

Untuk sudut pengelasannya dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.4.4. Sudut Pengelasan 5G Up-Hill/PF**

**d. Pengelasan pipa posisi 5G Down-Hill/PG**

Pada pengelasan pipa posisi 5G Down-Hill/PG proses pengelasannya adalah kombinasi dari pengelasan 1G pelat, 3G-Down pelat dan 4G pelat.

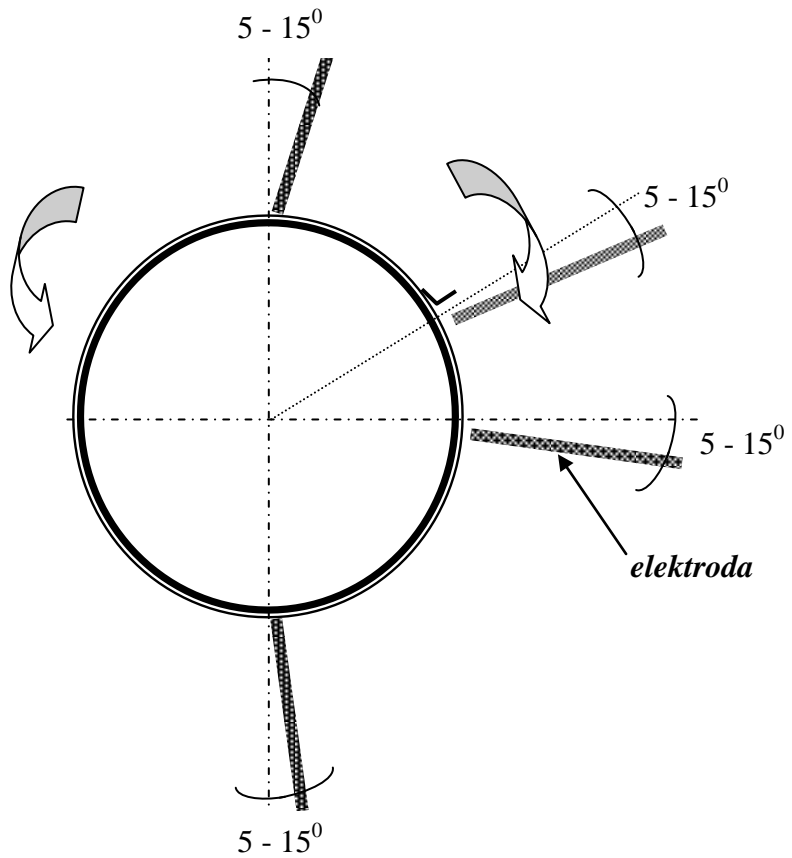
Untuk arah pengelasan root past, pengisian dan cappingnya dilakukan dengan cara ditarik (mundur).

Pada proses las GMAW saat melakukan pengelasan root past dikenal adanya istilah menahan cairan. Menahan cairan harus dilakukan supaya root past yang diperoleh hasilnya tidak cekung.

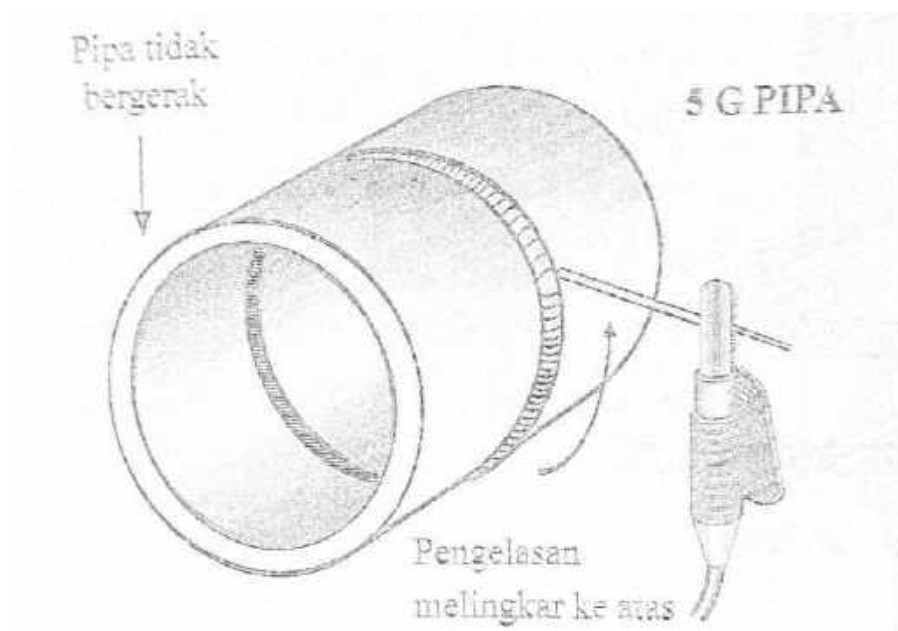
Untuk proses las GTAW untuk pengelasan root past-nya posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.

Pada pengelasan posisi 5G Down-Hill/PG ini welder dapat melakukan pengelasan dengan jongkok, duduk ataupun berdiri.

Untuk sudut pengelasannya dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.4.5. Sudut Pengelasan 5G Down-Hill/PG**



**Gambar 3.4.6. Pengelasan Pipa Posisi 5G/PF/PG**

### e. Pengelasan pipa posisi 6G Up-Hill/HLO45

Pada pengelasan pipa posisi 6G Up-Hill/HLO45 proses pengelasannya adalah kombinasi dari pengelasan 1G pelat, 3G-Up pelat dan 4G pelat, tetapi tekniknya dimiringkan 45 derajat.

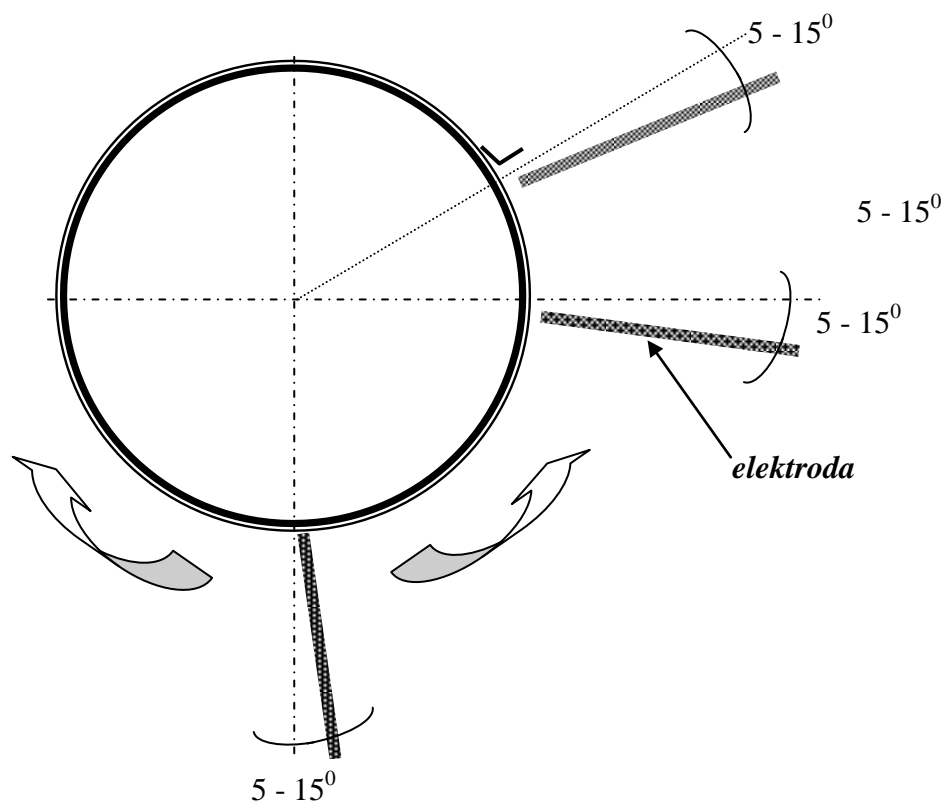
Untuk arah pengelasan root past, pengisian dan cappingnya dilakukan dengan cara ditusuk (maju).

Untuk proses GTAW untuk pengelasan root past-nya posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.

Pada pengelasan posisi 6G Up-Hill/HLO45 ini welder dapat melakukan pengelasan dengan jongkok, duduk ataupun berdiri.

Yang harus diperhatikan adalah gerakan elektrodanya jangan terpengaruh dengan sudut 45 derajatnya tetapi harus serata horizontal (rata-rata air).

Untuk sudut pengelasannya dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.4.7. Sudut Pengelasan 6G Up-Hill/HLO45**

#### f. Pengelasan pipa posisi 6G Down-Hill/JLO45

Pada pengelasan pipa posisi 6G Down-Hill/JLO45 proses pengelasannya adalah kombinasi dari pengelasan 1G pelat, 3G-Down pelat dan 4G pelat, tetapi tekniknya dimiringkan 45 derajat.

Untuk arah pengelasan root past, pengisian dan cappingnya dilakukan dengan cara ditarik (mundur).

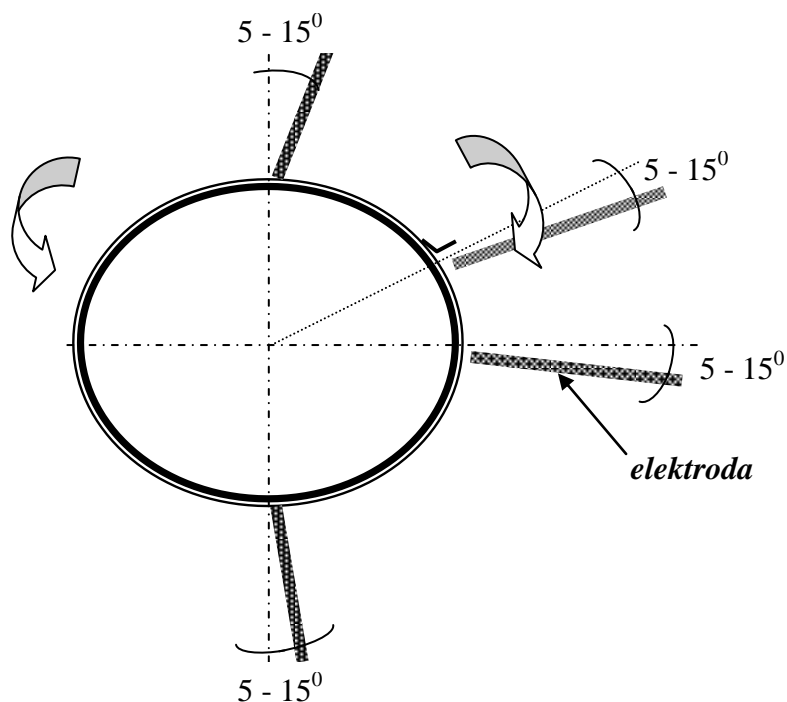
Pada proses las GMAW saat melakukan pengelasan root past dikenal adanya istilah menahan cairan. Menahan cairan harus dilakukan supaya root past yang diperoleh hasilnya tidak cekung.

Untuk proses las GTAW untuk pengelasan root past-nya posisi fillernya harus berada didalam, karenanya didalam pembuatan gap, filler harus bisa masuk kedalam gap tersebut.

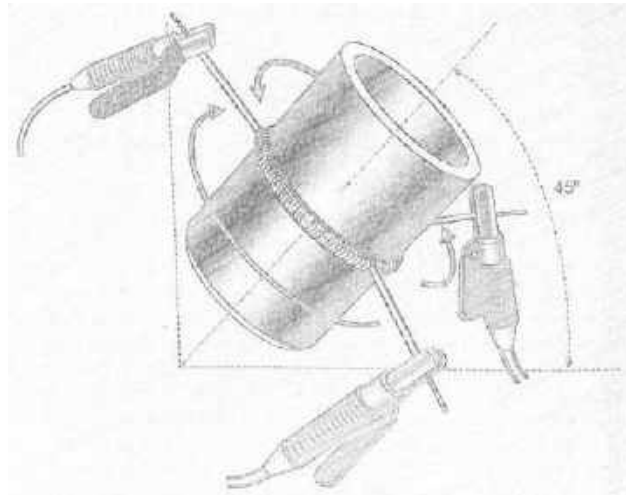
Pada pengelasan posisi 6G Down-Hill/JLO45 ini welder dapat melakukan pengelasan dengan jongkok, duduk ataupun berdiri.

Yang harus diperhatikan adalah gerakan elektrodanya jangan terpengaruh dengan sudut 45 derajatnya tetapi harus merata horizontal (rata-rata air).

Untuk sudut pengelasannya dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 3.4.8. Sudut Pengelasan 6G Down-Hill/JLO45**



**Gambar 3.4.9. Pengelasan Pipa Posisi 6G/HLO45/JLO45**

### **5. Cara Membersihkan Slag (Kotoran)**

Pembersihan pengelasan dilaksanakan juga pada saat pengelasan, yaitu jika melakukan pengelasan berlapis (multi layer) pada pelat tebal. Sebelum melakukan pengelasan berikutnya, maka semua terak las harus dibersihkan dahulu dengan menggunakan alat, berupa sikat kawat/wire brush, palu tetek/chipping hammer atau dengan menggunakan gerinda/lap brush dan setiap welder harus mempunyai peralatan ini.

Dan jika pembersihan ini tidak dilakukan, maka akan dapat menyebabkan diskontinuitas yang berupa inklusi terak / slag inclusion, yaitu tertinggalnya terak las di dalam logam las yang tidak sempat keluar ke permukaan logam las

Yang perlu diperhatikan selama (sedang) pelaksanaan pengelasan.

- ✓ Gunakan kawat las sesuai spesifikasi yang disyaratkan pada WPS.
- ✓ Jika pengelasan berlapis/multiplayer bersihkan terak las/slag dengan sikat baja (untuk bahan carbon steel) atau sikat stainless steel (untuk stainless steel, duplex & CuNi) sebelum melakukan pengelasan selanjutnya.

Pada proses las SMAW dan FCAW hasil las-lasannya dilindungi oleh terak pada saat proses pendinginan, sedangkan untuk proses GMAW dan GTAW tidak menghasilkan terak. Khusus GMAW walaupun tidak ada terak terkadang dipermukaan hasil las-lasan terdapat bekas oksida dari gas pelindung yang apabila tidak dibersihkan akan menjadi cacat las yaitu cacat slag inclusion.

Langkah-langkah untuk membersihkan slag (kotoran) adalah :

- Dibersihkan terak dengan menggunakan palu terak atau mesin gerinda tangan
- Selanjutnya las-lasan yang telah dibersihkan teraknya disikat dengan sikat baja atau wire brush sampai bersih.
- Bila sudah diyakini bersih maka proses pengelasan dilanjutkan (apabila masih berlanjut proses pengelasannya).
- Langkah diatas dilakukan untuk kegiatan pengelasan root past, pengisian dan capping.



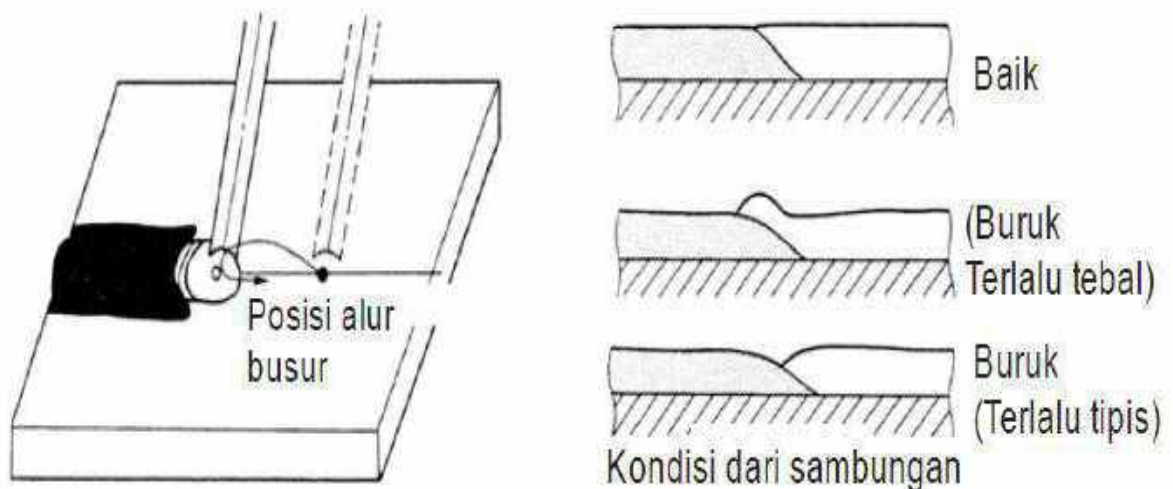
**Gambar 3.5.1. Pembersihan Slag (Kotoran) Dengan Gerinda Tangan**

## **6. Cara Memastikan Sambungan Lasan Pada Start Stop Bebas Dari Cacat Las**

Pada proses las SMAW mempunyai keterbatasan panjang elektrode terbungkus yang digunakan mengakibatkan terputusnya manik-manik las. Untuk menyambung kembali ikutilah petunjuk berikut :

- 1) Bersihkan ujung lasannya.
- 2) Nyalakan busur sekitar maksimal 20 mm di depan ujung lasan dan tempatkan kembali ditengah-tengah ujung lasan.
- 3) Setelah berada di ujung lasan, untuk pengelasan tanpa ayunan sebelum dilanjutkan kembali pengelasan busur las ditahan 2 sampai dengan 3 detik,

setelah itu pengelasan dapat dilanjutkan kembali. Sedangkan untuk pengelasan dengan ayunan, setelah elektroda yang baru dinyalakan berada diujung lasan (sambungan) sebelum dilanjutkan kembali pengelasannya, ditahan 2 sampai 3 detik berikutnya diayun sejajar kekiri dan berhenti 2 detik berikutnya diarahkan kembali ketengah dan selanjutnya diayun sejajar kekanan dan berhenti 2 detik, setelah itu pengelasan dengan ayunan dapat dilanjutkan kembali.



**Gambar 3.6.1. Gambar Sambungan Las**

Untuk proses pengelasan root past, sebelum dilakukan pengelasan sambungan, ujung lasan digerinda terlebih dahulu sampai ujung lasannya tipis, selanjutnya elektroda dinyalakan dibelakang ujung lasan, setelah itu dijalankan kearah ujung lasan ditahan sampai timbul keyhole (lubang kunci), selanjutnya proses pengelasan root past dapat dilanjutkan.

Untuk proses las GMAW/FCAW sebelum dilakukan pengelasan sambungan, terlebih dahulu ujung lasan digerinda tipis, setelah itu busur lasan dinyalakan didepan ujung lasan sejauh maksimal 10 mm, selanjutnya busur las diarahkan ke tengah-tengah ujung lasan, ditahan 1 detik berikutnya dilanjutkan proses pengelasannya.



Untuk proses las GTAW sebelum dilakukan pengelasan sambungan, ujung lasan digerinda tipis, berikutnya ujung lasan dibakar sampai melebur oleh elektroda tungsten dan selanjutnya proses pengelasan dapat dilanjutkan.

## **7. Menjaga Interpass Temperature Sesuai Prosedur**

Dalam las yang multi-pass, ketika pass berikutnya diletakkan pada pass sebelumnya, bahan dekat lasan akan panas karena panas mengalir sebelumnya. Suhu pada awal setiap tahap las disebut sebagai "antar-pass suhu." Oleh karena itu, beberapa atau batasan tertentu untuk suhu ini hanya diterapkan untuk multipass las.

Suhu minimum yang diijinkan dan suhu maksimum yang diijinkan biasanya ditetapkan untuk suhu antar-pass, misalnya, seperti "suhu antar-pass harus dijaga tetap dalam rentang temperature dalam 100 - 350 °C." Dalam beberapa kasus, baik suhu minimum yang diijinkan atau suhu maksimum yang diijinkan ditentukan. Perlu dicatat bahwa tujuan dari pengaturan suhu masing-masing sangat berbeda.

Tujuan dari pengaturan suhu minimum yang diijinkan adalah sama untuk pemanasan awal. Jadi, ketika suhu pemanasan ditentukan, suhu antar-pass harus dijaga di atas suhu pemanasan awal. Sebaliknya, ketika pass berikutnya diletakkan melewati sebelumnya pada suhu lebih panas dari suhu maksimum yang diijinkan, las terkena kondisi panas. Hal ini menyebabkan laju pendinginan sangat lambat dalam las. Akibatnya, ukuran butir dari lasan menjadi kasar, dan kekuatan dan ketangguhan las menurun. Dalam rangka untuk mencegah overheating seperti las, suhu maksimum antar-pass harus dikontrol. Suhu antar-pass ditentukan berbeda tergantung jenis baja dan proses pengelasan.

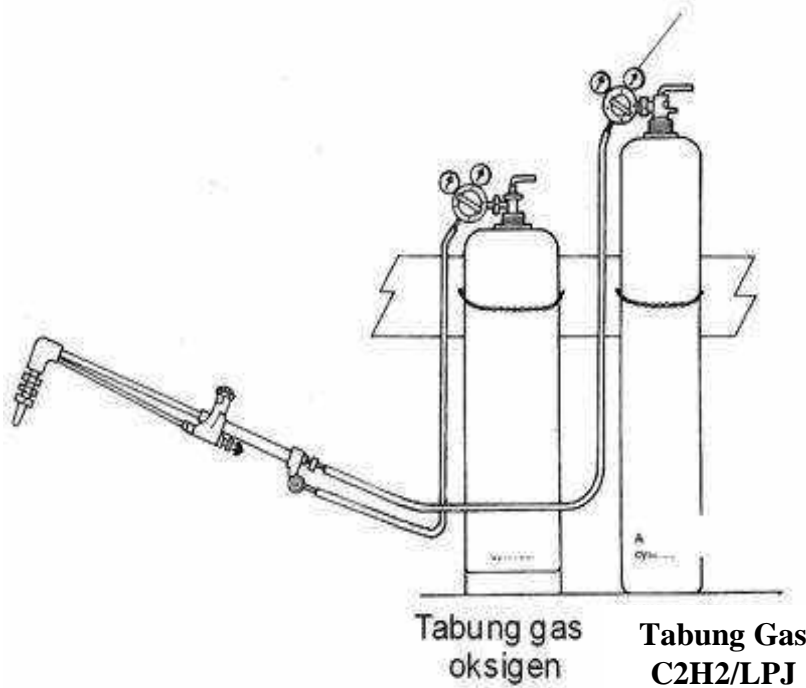
Peralatan yang umumnya digunakan untuk menjaga interpass temperatur adalah peralatan las karbit (las OAW) yang digunakan untuk memotong dengan campuran gas oksigen (O<sub>2</sub>) dengan gas elpiji (LPJ) dan thermogun untuk mengukur suhu permukaan lasan.

Langkah-langkah menjaga interpass temperatur adalah :

- . Setelah selesai dilakukan pengelasan per lapisan (layer) maka suhu dikontrol dengan thermogun, bila masih diatas suhu yang diizinkan oleh WPS, maka

proses pengelasan ditunda sampai mencapai suhu yang ditentukan, bila suhu dipermukaan lasan kurang dari suhu yang dipersyaratkan di WPS maka dilakukan pemanasan dengan menggunakan peralatan pemanas dengan gas.

- Apabila suhu permukaan lasan suhunya sudah sesuai dengan yang dipersyaratkan di WPS maka proses pengelasan dapat dilanjutkan kembali.



**Gambar 3.7.1. Peralatan Pemanas Dengan Gas**

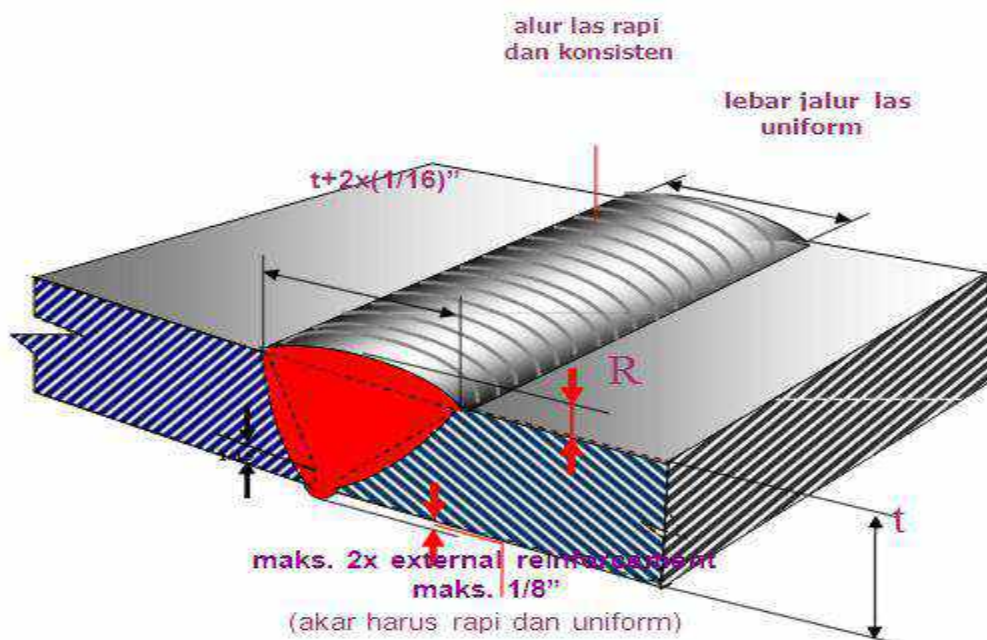


**Gambar 3.7.2. Thermogun**

## 8. Memastikan Ukuran Penetrasi (Root) Dan Reinforcement (Cap) Lasan Sesuai Acceptance Criteria Pada Prosedur

Standard penerimaan hasil las-lasan berdasarkan API 1104 dilihat secara Visual :

- Incomplete Penetration* : a.  $< 1''$ , b.  $< 1''$  dlm  $12''$  L , c.  $8\%$  *weld length*  $>$  dlm  $12''$  *length*
- IP karena *High-low* : a.  $< 2''$  , b.  $< 2''$  dlm  $12''$  L , c.
- Incomplete Fusion* : a.  $< 1''$  , b.  $< 1''$  dlm  $12''$  L , c.  $< 8\%$  *weld length* dlm  $12''$  *length*
- Internal concavity* : Min. sama dengan base metal
- Crack* : Zero
- Under cutting external + Internal* : a.  $< 2''$  dlm  $12''$  *length*, b.  $< 1/6$  *weld length*



**Gambar 3.8.1. Gambar Standart Hasil Pengelasan**

- $t < 1/4''$  ----- maks. *reinforcement*  $1/16''$  (1,5 mm)  
 $1/2'' \geq t > 1/4''$  ----- maks. *reinforcement*  $1/6''$  (3 mm)  
 $1'' \geq t > 1/2''$  ----- maks. *reinforcement*  $5/32''$  (1,5 mm)  
 $t > 1''$  ----- maks. *reinforcement*  $3/16''$  (5 mm)

Batasan Cacat las yang di izinkan :

- o Tinggi penembusan diatas maks, panjangnya tidak boleh lebih 10 mm
- o Tinggi penembusan  $< 0.5$  mm, panjangnya tidak boleh lebih 10 mm

(Berdasarkan ANSI B31.3)

Standard penerimaan hasil las-lasan berdasarkan API 1104 dilihat secara Radiography :

- a. BT for pipe  $\varnothing 2'' <$  : *Min. dasity* sama B.M *dimension*  $< 1/4''$
- b. IF karena *cold lap* : a.  $< 2''$  , b.  $2''$  dlm  $12''$  L , c.  $< 8\%$  *weld length*
- c. Slag Inclusion : a. ESI  $< 2''$  , b. ESI  $< 2''$  dlm  $12''$  L , c. *width* ESI  $< 1/16''$  , d. ISI  $< 1/2''$  dlm  $12''$  , e. *width* ISI  $< 1/8''$  ,  
ESI+ISI  $< 8\%$  *weld length*.
- d. Porosity : - Individual : a.  $< 1/8''$  , b.  $< 25\%$  thickness
- e. *Cluster Porosity* : a. Diameter  $< 1/2''$  , b.  $< 1/2''$  dlm  $12''$  ,  
c. Individual  $< 1/16''$
- f. *Hollow bead* : a.  $< 1/2''$  , b.  $< 2''$  dlm  $12''$  *length* , c.  $< 8\%$  *weld length*

Accumulation of Imperfection

- a. *Aggregate length*  $< 2''$  dlm  $12''$  *length*
- b. *Aggregate length*  $< 8\%$  *weld length*

## 9. Memastikan Hasil Lasan Sesuai **Acceptance Criteria** Pada Prosedur

Pada saat selesai pengelasan, maka welder/juru las wajib untuk membersihkan hasil pengelasannya, yaitu membersihkan terak las/atau percikan las (*weld spatter*) dll. Dan seorang welder/juru las yang qualified, sebelum hasil pengelasannya diperiksa/dicheck oleh *QC inspector*, terlebih dahulu welder yang bersangkutan memeriksa sendiri hasil penegasannya, apakah sudah benar-benar layak dan baik sesuai dengan criteria visual.

Periksalah dahulu hasil las setelah/selesai pengelasan

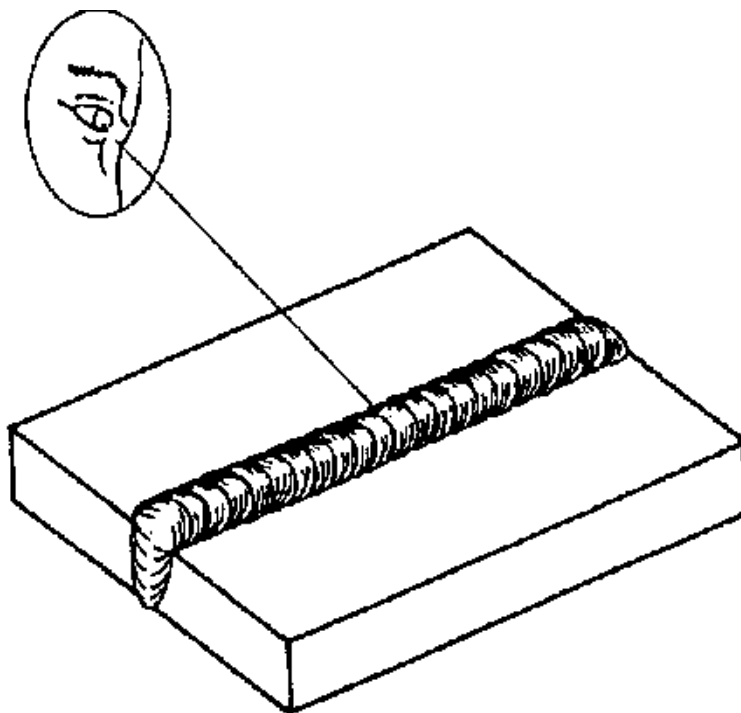
- ✓ Bersihkan terak las/*slag* dengan sikat baja atau stainless steel sesuai dengan logam las.
- ✓ Periksa adanya diskontinuitas atau cacat las (*porosity, under cut* dll.), cocokkan/bandingkan dengan persyaratan yang diminta, jika ada perbaiki.
- ✓ Periksa apakah ukuran las sesuai dengan permintaan (leg size, ketinggian las).
- ✓ Bersihkan *spatter* dengan sikat (*cap brush*) atau gerinda.

- ✓ Bersihkan lokasi tempat pelaksanaan pengelasan

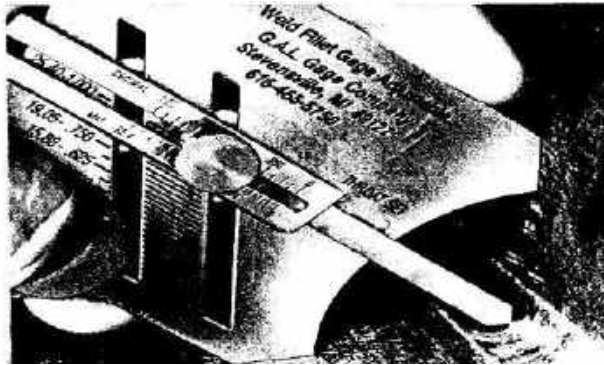
Pemeriksaan hasil las bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu konstruksi. Konstruksi dengan kualitas yang jelek akan menyebabkan penambahan biaya untuk mengerjakan ulang, kehilangan kepuasan langganan dan beresiko terhadap keselamatan. Seluruh konstruksi harus sering diperiksa selama proses pembuatan/ fabrikasi. Selanjutnya tergantung pada penggunaan komponen tersebut dan mungkin memerlukan tes khusus. Misalnya bahan benda kerja dan hasil las perlu dites baik secara merusak maupun dengan tidak merusak. Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui apakah hasil pekerjaan telah sesuai dengan standar yang diakui.

Pemeriksaan hasil las secara visual (*visual inspection*) adalah salah satu metode untuk memeriksa hasil las dengan cara tanpa merusak (*non destructive*) yang keseluruhannya akan dibahas pada materi yang lain (selanjutnya).

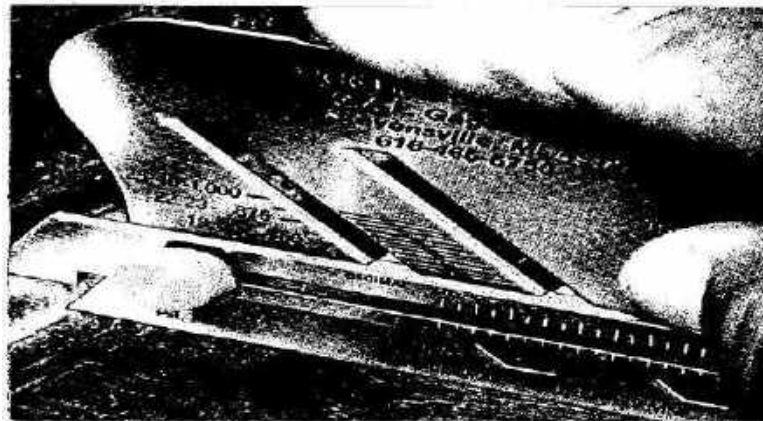
Dalam pemeriksaan secara visual ini, operator atau petugas pemeriksa perlu menggunakan alat-alat bantu sederhana, yakni untuk melakukan pemeriksaan cacat las, ukuran hasil las, bentuk rigi las, dll



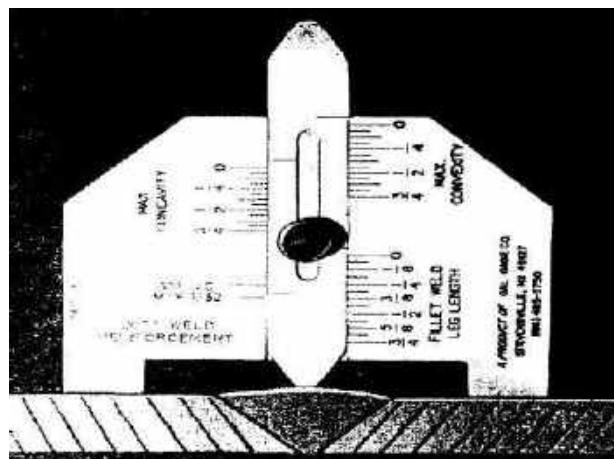
**Gambar 3.9.1 Visual Inspection**



**Gambar 3.9.2. Pemeriksaan Tinggi Rigi Las (*reinforcement*)**



**Gambar 3.9.3. Pemeriksaan Panjang Rigi Las**



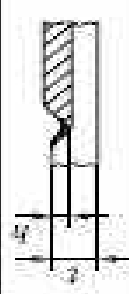

**Gambar 3.9.4. Pemeriksaan Tinggi *capping***

Di bawah ini ada Kriteria hasil las secara umum, namun untuk kriteria hasil las yang diperlukan untuk suatu proyek, harus mengacu pada WPS yang ditetapkan oleh proyek tersebut.

**Tabel 9.1 Kriteria Hasil Las**

NO.	CACAT LAS	KRITERIA HASIL LAS
1.	Retak	0 mm <sup>2</sup> ( Tidak ada retak )
2.	Terak terperangkap	Tidak lebih dari dua buah terak dengan luas 2mm <sup>2</sup> untuk panjang pengelasan 200 mm.
3.	Lubang pada akhir jalur las	Tidak ada lubang pada akhir jalur las
4.	Jalur las terlalu lebar	Lebar jalur las pada sambungan tumpul tidak boleh lebih dari 3 mm dari pinggir kampuh las
5.	Ukuran kaki las tidak sama	Kaki las = tebal bahan dengan toleransi 2mm
6.	<i>Undercut</i>	Kedalaman <i>undercut</i> kurang dari 1,0 mm dengan panjang maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
7.	<i>Overlap</i>	Tidak ada bagian yang <i>overlap</i>
8.	Cekungan pada akar las	Kedalaman cekungan pada akar las maks. 1mm dan panjang cekungan maksimum 10% dari 200mm panjang pengelasan.
9.	Pengisian jalur kurang	Tinggi pengisian minimum sama/ rata dengan permukaan bahan yang di las/tidak ada cekungan pada pengisian jalur.
10.	Keropos	Tidak ada keropos/porositas pada logam las.
11.	Kurang penetrasi	Kekurangan penetrasi maksimum 15 mm untuk panjang pengelasan 200 mm.
12.	Kelebihan penetrasi	Ketinggian/kelebihan penetrasi maks. $2 \begin{matrix} +2 \\ -0 \end{matrix}$ mm
13.	Bentuk jalur las tidak simetris	Permukaan jalur las mempunyai bentuk teratur/ simetris dengan sudut tidak kecil dari 135°.
14.	Kelebihan tinggi pengisian	Tinggi pengisian pada sambungan tumpul dari permukaan benda kerja tidak boleh lebih dari 2 mm.
15.	Bebas pukulan	Tidak tampak bekas pukulan
16.	Penyimpangan/distorsi	Permukaan benda kerja tidak segaris kurang dari 2 mm penyimpangan sudut maksimum 5°.

**Tabel 9.2 Standar ISO 5817**

No.	Reference to ISO 6520-1	Imperfection designation	Remarks	t mm	Limits for imperfections for quality levels			
					D	C	B	
<b>1 - Surface imperfections</b>								
1.1	100	Crack		≥ 0.5	Not permitted	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.2	104	Crater crack		≥ 0.5	Not permitted	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.3	2017	Surface pore	Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds	0.5 to 3	$d \leq 0.3 s$ $d \leq 0.3 a$	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.4	2025	End crater pipe	Maximum dimension of a single pore for — butt welds — fillet welds 	> 3	$d \leq 0.3 s$ , but max. 3 mm $d \leq 0.3 a$ , but max. 3 mm	$d \leq 0.2 s$ , but max. 2 mm $d \leq 0.2 a$ , but max. 2 mm	Not permitted	Not permitted
1.5	401	Lack of fusion (incomplete fusion)	Only detectable by micro examination	0.5 to 3 > 3	Not permitted	Not permitted	Not permitted	Not permitted
1.6	4021	Incomplete root penetration	Only for single side butt welds 	≥ 0.5	Not permitted	Not permitted	Not permitted	Not permitted



## **B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa**

1. Menghilangkan Tack Welding (Las Cantum) Sesuai Prosedur.
2. Memastikan Arah Pergerakan Las Sesuai Prosedur.
3. Menjaga Kestabilan Arc (Busur Las) Sesuai Prosedur Pada Posisi Kualifikasi Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa.
4. Menjaga kestabilan Sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (*groove*) pipa ke pipa.
5. Membersihkan Slag (Kotoran).
6. Memastikan Sambungan Lasan Pada Start Stop Bebas Dari Cacat Las.
7. Menjaga Interpass Temperature Sesuai Prosedur.
8. Memastikan Ukuran Penetrasi (Root) Dan Reinforcement (Cap) Lasan Sesuai Acceptance Criteria Pada Prosedur.
9. Memastikan Hasil Lasan Sesuai Acceptance Criteria Pada Prosedur.

## **C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Las Kampuh (*Groove*) Pipa Ke Pipa**

Bersikap hati-hati, cermat, teliti dan mematuhi peraturan yang ada merupakan tindakan pencegahan untuk meyakinkan bahwa tidak ada masalah selama proses pengelasan dan pembersihannya berlangsung

## DAFTAR PUSTAKA

### A. Dasar Perundang-undangan

1. -

### B. Buku Referensi

1. Japan Industry Standard: JIS Z 3233:2001
2. Japan Welding Soc. Ed, "Welding and Joining Handbook," Maruzen (2003)
3. Dr. Ir. Winarto, M.Sc., "Welding and Joining Technologies versi Bahasa Indonesia " 2011
4. AWS, *Welding Handbook*, Vol I-III, 8 th Edition, American Welding Society, 1987
5. AWS, *Welding Handbook*, Vol II- Welding Processes Part I, 9 th Edition, American Welding Society, 1984
6. [www.aws.org](http://www.aws.org) *Standard symbol for Welding, brazing And Nondestructive examination.* 2004
7. Hery Sunaryo., *Teknik Pengelasan Kapal jilid I*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
8. Hery Sunaryo., *Teknik Pengelasan Kapal jilid II*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
9. The Lincoln Electric Company, " *The Procedure Handbook of Arc Welding*" The Lincoln Electric Company, 1973
10. Indonesia Australia Partnership For Skills Development " *Las Busur Manual*", Batam Institutional Development Project 2001

### C. Majalah atau Buletin

1. -

### D. Referensi Lainnya

1. Browsing Internet, *Standar ISO 5817*

## DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN

### A. Daftar Peralatan/Mesin

#### A1. Daftar peralatan/Mesin untuk pelatihan SMAW

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Laptop/PC, infocus, laserpointer, whiteboard.	Untuk di ruang teori
2.	Mesin Las SMAW DC 350 Ampere beserta holder+kabel dan Grounding Clamp+kabel	Untuk di Work Shop
3.	Kabin Las, Meja Las+Jig	
4.	Welding Tools ( Chipping Hammer , Pahat Baja , Hammer, Sikat Baja / Wire brush , mesin gerinda tangan, Tang Panas, Pemanas Elektroda)	
5.	Peralatan K3 : Helm las , Glove ( Sarung Tangan Kulit untuk SMAW) , Apron Lengkap (Dada dan Lengan) , Masker , Tutup Kepala , Safety Shoes.	
6.	Gas Cutting Manual/Otomatis + Peralatan OAW	

#### A2. Daftar peralatan/Mesin untuk pelatihan GMAW

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Laptop/PC, infocus, laserpointer, whiteboard.	Untuk di ruang teori
2.	Mesin Las GMAW DC Minimal 350 Ampere lengkap, Regulator CO2/Argon, Tabung Gas CO2/Argon.	Untuk di Work Shop
3.	Kabin Las, Meja Las+Jig	
4.	Welding Tools (Pahat Baja , Hammer, Sikat Baja / Wire brush , mesin gerinda tangan, Tang Panas, Tang Potong)	
5.	Peralatan K3 : Helm las , Glove ( Sarung Tangan Kulit untuk GMAW) , Apron Lengkap (Dada dan Lengan) , Masker , Tutup Kepala , Safety Shoes.	
6.	Gas Cutting Manual/Otomatis + Peralatan OAW	

### A3. Daftar peralatan/Mesin untuk pelatihan FCAW

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Laptop/PC, infocus, laserpointer, whiteboard.	Untuk di ruang teori
2.	Mesin Las FCAW DC Minimal 350 Ampere lengkap, Regulator CO2/Argon, Tabung Gas CO2/Argon-Mix.	Untuk di Work Shop
3.	Kabin Las, Meja Las	
4.	Welding Tools (Pahat Baja , Hammer, Sikat Baja / Wire brush , mesin gerinda tangan, Tang Panas, Tang Potong)	
5.	Peralatan K3 : Helm las , Glove ( Sarung Tangan Kulit untuk FCAW) , Apron Lengkap (Dada dan Lengan) , Masker , Tutup Kepala , Safety Shoes.	
6.	Gas Cutting Manual/Otomatis + Peralatan OAW	

### A4. Daftar peralatan/Mesin untuk pelatihan GTAW

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Laptop/PC, infocus, laserpointer, whiteboard.	Untuk di ruang teori
2.	Mesin Las GTAW AC/DC Minimal 350 Ampere lengkap, Regulator Argon, Tabung Gas Argon.	Untuk di Work Shop
3.	Kabin Las, Meja Las	
4.	Welding Tools (Pahat Baja , Hammer, Sikat Baja / Wire brush , mesin gerinda tangan, Tang Panas,)	
5.	Peralatan K3 : Helm las , Glove ( Sarung Tangan Kulit untuk GTAW) , Apron Lengkap (Dada dan Lengan) , Masker , Tutup Kepala , Safety Shoes.	
6.	Mesin Cutting Off dengan batu gerinda 14"	

## B. Daftar Bahan

### B1. Daftar bahan untuk pelatihan SMAW

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	Modul Pelatihan (buku informasi, buku kerja, buku penilaian)	Setiap peserta
2.	ATK siswa	
3.	Kertas HVS A4	
4.	Spidol whiteboard	Untuk diruang teori
5.	Spidol marker	
6.	Pipa Baja Karbon ASTM A.106 Gr. B Ø 6" sch. 40/60/80	Untuk diwork shop
7.	Elektroda E. 7016 (cari yang khusus root) Ø 2,6/3,2	
8.	Elektroda E. 6013/ E. 7016/ E. 7018 Ø 2,6/3,2	
9.	Cutting Disk 4"/5"	
10.	Batu Gerinda Poles 4"/5"	
11.	Gas O2 dan Gas LPJ (untuk Pemotongan Pipa)	

### B2. Daftar bahan untuk pelatihan GMAW

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	Modul Pelatihan (buku informasi, buku kerja, buku penilaian)	Setiap peserta
2.	ATK siswa	
3.	Kertas HVS A4	
4.	Spidol whiteboard	Untuk diruang teori
5.	Spidol marker	
6.	Pipa Baja Karbon ASTM A.106 Gr. B Ø 6" sch. 40/60/80	Untuk diwork shop
7.	Wire GMAW ER 70S-6/ ER 70S-G Ø 1,0/1,2	
8.	Cutting Disk 4"/5"	
9.	Batu Gerinda Poles 4"/5"	
10.	Gas CO2/Gas Argon-mix	
11.	Anti Spatter	
12.	Contactive Ø 1,0/1,2	
13.	Gas O2 dan Gas LPJ (untuk Pemotongan Pipa)	

### B3. Daftar bahan untuk pelatihan FCAW

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	Modul Pelatihan (buku informasi, buku kerja, buku penilaian)	Setiap peserta
2.	ATK siswa	
3.	Kertas HVS A4	Untuk diruang teori
4.	Spidol whiteboard	
5.	Spidol marker	
6.	Pipa Baja Karbon ASTM A.106 Gr. B Ø 6" sch. 40/60/80	Untuk diwork shop
7.	Wire FCAW E 71T-1C/E 71T-1M Ø1,2	
8.	Cutting Disk 4"/5"	
9.	Batu Gerinda Poles 4"/5"	
10.	Gas CO2/Gas Argon-mix	
11.	Anti Spatter	
12.	Contactive Ø 1,2	
13.	Gas O2 dan Gas LPJ (untuk Pemotongan Pipa)	

### B4. Daftar bahan untuk pelatihan GTAW

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	Modul Pelatihan (buku informasi, buku kerja, buku penilaian)	Setiap peserta
2.	ATK siswa	
3.	Kertas HVS A4	Untuk diruang teori
4.	Spidol whiteboard	
5.	Spidol marker	
6.	Pipa Baja Karbon ASTM A.106 Gr. B Ø 3" sch. 40	Untuk diwork shop
7.	Tungsten EWTH-2 (Warna Merah) Ø 1,6/2,0/2,4	
8.	Filler GTAW ER 70S-6/ ER 70S-G Ø 1,6/2,0/2,4	
9.	Cutting Disk 4"/5"	
10.	Cutting Disk 14"	
11.	Batu Gerinda Poles 4"/5"	
12.	Gas Argon 99,99%	
13.	Collet dan Body Collet Ø 1,6/2,0/2,4	

# LAMPIRAN

## lampiran 1. 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**

**Jalur Pertama** (*Root Run*)

**Jalur Pengisi Di Bagian Belakang** (*Sealing run*)

**jalur las pengisi** (*Sealing weld*)

**Jarak Antara Benda Kerja Dengan Elektroda** (*Arc length*)

**Juru Las** (*Welder*)

**K**

**Kaki Las** (*Throat / Leg length*)

**Kaki Jalur Las** (*Toe*)

**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 oksidasetilen** (*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** (*Weding Supervisor*)  
**Pengelasan maju** (*Progresive Welding*)  
**Pengelasan meloncat** (*Skip Welding*)  
**Pengelasan mundur** (*Back step Welding*)  
**Pengerasan** (*Hardening*)  
**Penghalang** (*Restrain*)  
**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** (*Spatter*)  
**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*)

## Lampiran 2

### 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>ESI</b> .....	( Emergency Severity Index)
<b>FCAW</b> .....	(Fluxs Cored Arc Welding)
<b>GMAW</b> .....	(Gas Metal Arc Welding)
<b>GTAW</b> .....	(Gas Tungten 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 Society for Testing Meterial)
<b>ASME</b> .....	(American Sosity for Mechanical Engineers)
<b>AWS</b> .....	(American Welding Society)

<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)
<b>WES</b> .....	(Welding Engineering Standards)
<b>HAZ</b> .....	(Heat Affected Zone)
<b>PWHT</b> .....	(Post Weld Heat Treatment)
<b>UT</b> .....	(Ultrasonic Testing)
<b>RT</b> .....	(Radiographic Testing)
<b>PT</b> .....	(Penetrant Testing)
<b>VT</b> .....	(Visual Test)
<b>PRT</b> .....	(Pressure Resistance Test)
<b>LT</b> .....	(Leak Test)
<b>SNI</b> .....	(Standar Nasional Indonesia)
<b>WI</b> .....	(Welding Inspector)
<b>WE</b> .....	(Welding Engineer)

### Lampiran 3

#### **Nomor Indicator Proses Pengelasan**

- 111 : MMA/SMAW welding with covered electrode
- 12 : UP/Sub-arc welding with wire electrode
- 131 : MIG welding with inert gas shield
- 135 : MAG welding with non-inert gas shield
- 136 : Flux core arc welding
- 141 : GTAW/TIG welding
- 311 : Oxy-acetylene welding
- 72 : Electro-slag welding
- 911 : Brazing
- 114 : Self Shielded Arc Welding (SSAW)
- 2 : Resistance Welding
- 21 : Spot Welding
- 22 : Seam Welding
- 25 : Resistance Butt Welding
- 31 : Oxy Fuel Gas Welding
- 42 : Friction Welding
- 81 : Flame Cutting
- 15 : Plasma Arc Cutting
- 51 : Electron Beam Welding
- 52 : Laser Beam Welding
- 73 : Electro-gas Welding
- 83 : Plasma Cutting
- 84 : Laser welding



### DAFTAR PENYUSUN MODUL

<b>NO.</b>	<b>NAMA</b>	<b>PROFESI</b>
1.	Idil Fithriansyah, ST, MSi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Instruktur Kejuruan Teknik Las BBPLK Serang</li></ul>