



BUKU INFORMASI

Membuat Sambungan Las Fillet Sesuai Welding Procedure Specification (WPS) Untuk Pengelasan Pelat ke Pelat, Pipa ke Pipa, dan Pelat ke Pipa Sesuai dengan Proses Las yang Digunakan C.24LAS01.028.1

KEMENTERIAN KETENAGAKERJAAN R.I.
DIREKTORAT JENDERAL PEMBINAAN PELATIHAN DAN PRODUKTIVITAS
DIREKTORAT BINA STANDARDISASI KOMPETENSI DAN PELATIHAN KERJA
Jl. Jend. Gatot Subroto Kav. 51 Lt. 6.A Jakarta Selatan
2018

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	2
BAB I PENDAHULUAN	4
A. Tujuan Umum	4
B. Tujuan Khusus	4
BAB II MELAKUKAN PERSIAPAN PENGELASAN SAMBUNGAN LAS <i>FILLET</i>	5
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Sambungan <i>Fillet</i>	5
1. Melakukan Kegiatan Pengelasan Sesuai Prosedur K3	5
2. Mengidentifikasi Gambar Teknis	7
3. Mengidentifikasi Welding Prosedur Standart (WPS)	16
4. Memastikan Kesiapan Mesin Las Sesuai WPS	21
5. Memastikan Kesiapan Peralatan bantu Sesuai Prosedur	33
6. Memastikan Kesiapan Material Induk Sesuai WPS	34
7. Memastikan Kesiapan Bahan Tambah (<i>consumable</i>) Sesuai WPS	35
8. Memastikan Permukaan bidang lasan bebas dari kotoran dan karat	42
9. Melakukan <i>Setting</i> parameter las pada mesin las sesuai WPS	43
10. Memastikan posisi kesikuan pelat dan / atau pipa sesuai prosedur	49
11. Melakukan <i>Tack welding</i> (las cantum) sesuai prosedur	51
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Sambungan <i>Fillet</i>	54
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Sambungan <i>Fillet</i>	54
BAB III MELAKUKAN PROSES PENGELASAN SAMBUNGAN LAS <i>FILLET</i>	55
A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Sambungan <i>Fillet</i>	55
1. Cara menghilangkan <i>Tack Welding</i> (las cantum) sesuai prosedur	55

2. Memastikan arah pergerakan las sesuai prosedur-----	56
3. Cara Menjaga <i>Arc</i> (busur las) sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las <i>fillet</i> -----	62
4. cara menjaga kestabilan sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las <i>fillet</i> -----	70
5. Cara membersihkan slag (kotoran) -----	73
6. Memastikan sambungan las pada start stop bebas dari cacat las-----	74
7. Cara menjaga interpass temperature sesuai prosedur-----	75
8. Cara mengukur lasan <i>throat</i> dan <i>leg length</i> sesuai acceptance criteria pada prosedur-----	76
9. Memastikan hasil lasan sesuai <i>acceptance criteria</i> pada prosedur-----	80
B. Keterampilan yang Diperlukan dalam melakukan proses pengelasan sambungan <i>fillet</i> -----	83
C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam melakukan proses pengelasan sambungan <i>fillet</i> -----	84
DAFTAR PUSTAKA -----	85
A. Dasar Perundang-undangan -----	85
B. Buku Referensi -----	85
C. Majalah atau Buletin-----	86
D. Referensi Lainnya -----	86
DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN -----	86
A. Daftar Peralatan/Mesin-----	86
B. Daftar Bahan-----	87
LAMPIRAN -----	88
Lampiran 1-----	88
Lampira 2 -----	95
Lampiran 3-----	97
DAFTAR PENYUSUN -----	98

BAB I

PENDAHULUAN

A. Tujuan Umum

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

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 sambunagn *fillet* pelat ke pelat, pipa ke pipa dan pipa ke pelat sesuai dengan prosedur K3, mampu mengidentifikasi gambar teknis, mampu mengidentifikasi WPS, mampu menyiapkan mesin las dan alat bantu nya sesuai dengan WPS, mampu menyiapkan material sesuai dengan WPS ,mampu menyiapkan bahan tambah, mampu setting parameter las pada mesin las, mampu memastikan posisi kesikuan pelat dan / atau pipa, mampu melakukan tack welding dilakukan sesuai dengan WPS
2. Melakukan proses pengelasan las sambungan fillet pelat ke pelat, pipa ke pipa dan pipa ke pelat; 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 fillet, menjaga kestabilan sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las fillet, membersihkan *slag* (kotoran), memastikan sambungan lasan pada *start stop* bebas dari cacat las, menjaga *interpass temperature* dijaga sesuai prosedur, memastikan ukuran thoart dan leg length lasan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur, dan memastikan hasil lasan dipastikan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur

BAB II

MELAKUKAN PERSIAPAN PENGELASAN SAMBUNGAN LAS FILLET

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Sambungan Las Fillet

1. Melakukan Kegiatan pengelasan sesuai prosedur K3

Proses pengelasan merupakan salah satu pekerjaan yang mempunyai banyak resiko atau bahaya. Karena saat proses pengelasan berlangsung, maka bahaya seperti asap, cahaya pengelasan, panas dan bahaya listrik akan timbul. Oleh karena itu jika kita tidak memakai alat keselamatan las, maka akan membahayakan keselamatan kita saat bekerja.

Dalam setiap pekerjaan memang selalu menimbulkan bahaya, oleh karena itu jika Anda sedang melakukan pekerjaan las maka sebaiknya Anda menggunakan alat pelindung diri. Baik itu untuk pengelasan listrik SMAW, GMAW, GTAW, SAW atau las gas seperti OAW, menggunakan APD las adalah hal wajib. Jika kita memakai alat keselamatan sesuai standart maka jika ada kecelakaan kerja dapat diminimalisir.

Jenis jenis alat keselamatan kerja las yang dapat Anda gunakan adalah helm las atau topeng las, sarung tangan las, apron, safety shoes atau sepatu safety dan baju kerja. Untuk Anda yang masih belum mengetahui macam macam peralatan atau pakaian kerja las dan fungsinya, berikut ini kami sajikan untuk Anda.

a. Pakaian Kerja Las atau Apron

Pakaian kerja las adalah pakaian yang dapat melindungi seluruh bagian tubuh dari panas dan percikan las. Selain itu terdapat Apron sebagai tambahan, apron dada dan apron lengan ini terbuat dari bahan kulit. Karena jika dari kain biasa maka pakaian akan lubang, hal ini disebabkan tingginya temperatur percikan las.

b. Sarung Tangan Las atau welding gloves

Welding gloves atau sarung tangan las adalah sarung tangan yang memang khusus dibuat untuk proses pekerjaan las, bahan sarung tangan las terbuat dari kulit atau bahan sejenis asbes dengan kelenturan yang baik. Welding

gloves berfungsi untuk melindungi kedua tangan dari percikan las atau spater dan panas material yang dihasilkan dari proses pengelasan.

c. Sepatu las atau safety shoes

Sepatu las adalah sepatu yang terbuat dari kulit dan bagian depan sepatu terdapat sebuah plat baja yang berfungsi untuk melindungi kaki dari kejatuhan benda yang berat dan benda yang tajam. Selain itu karena bersifat isolator, sepatu ini juga melindungi dari bahaya sengatan listrik.

d. Helm Las atau Topeng las

Helm las adalah alat yang mempunyai fungsi melindungi bagian wajah dari percikan las, panas pengelasan dan sinar las ke bagian mata. Topeng las ini terbuat dari bahan plastik yang tahan panas, selain itu terdapat tiga kaca (bening, hitam, bening) yang berfungsi untuk melindungi mata dari bahaya sinar tampak dan ultraviolet saat melakukan pekerjaan pengelasan.

Kaca las mempunyai pengkodean nomor, yaitu nomor 6, 7, 8, 10, 11, 12 dan 14. Semakin besar ukurannya maka densitas atau kegelapan kaca tersebut juga semakin tinggi. Jadi Anda dapat menyesuaikan yang cocok dengan kondisi mata Anda. Selain itu juga ukuran ampere yang digunakan, karena ampere yang besar akan menimbulkan cahaya yang lebih terang.

e. Masker Las

Masker berfungsi sebagai alat perlindungan pernafasan dari bahaya asap las, karena asap las berbeda dengan asap biasa. Asap las ini merupakan hasil pembakaran dari bahan kimia untuk perlindungan lasan dan juga pembakaran atau pelelehan dari material lasan. Oleh karena itu asap las ini hampir seperti serbuk bersih dan sangat membahayakan alat pernafasan kita.

Alat Pelindung Diri K3 atau keselamatan kerja dalam pengelasan di atas tidak akan berfungsi dengan baik jika kita tidak mematuhi prosedur pengelasan yang biasanya sudah tersedia di setiap bengkel atau tempat kita bekerja. Oleh karena mari kita budayakan etos kerja yang baik dan sesuai dengan prosedur kerja

Gambar 2.1. Alat keselamatan kerja Las



2. Mengidentifikasi Gambar Teknis

Ketika seorang tukang las mengetahui proses dan prosedur las, ia juga harus mengetahui bagaimana membaca blueprints las (instruksi) mengelas paling umum mereparasi dan konstruksi akan lebih mudah untuk mengetahui bagi tukang las yang mempunyai pengetahuan tentang blueprints.

Juga, beberapa dasar teknik digunakan untuk mengelas kerja konstruksi di industri. Teknik bisa bervariasi, tergantung pada pekerjaan yang sedang dikerjakan. Pengelasan untuk rparasi da pengelasan untuk konstruksi baru akan memerlukan bahwa berbeda metode yang digunakan. Dalam segala hal, suatu bahasa yang dikenal sebagai simbol las akan menceritakan kepada tukang las apa yang perlu dikerjakan.

a. Simbol Las

Simbol umum yang digunakan dalam bidang las pada lembaran instruksi dikenal sebagai blueprints. Ini menceritakan kepada tukang las apa yang harus dikerjakan dan dimana mengerjakannya. Blueprints dapat merupakan suatu gambar kasar atau gambar yang direncanakan secara bagus oleh bagian pengelasan pabrik. Arah tertulis maupun simbol las perlu dimasukkan dalam blueprints untuk memberitahukan tukang las tipe apa persiapan sambungan, rigi-rigi las dan teknik lain yang digunakan untuk setiap pengelasan. Tanpa menggunakan simbol las,

tukang gambar dan insinyur (ahli mesin) tidak akan dapat menceritakan secara singkat kepada tukang las atau pengawas pekerjaan tentang semua informasi penting mengenai pengelasan. Meskipun ini dapat dikerjakan dengan menuliskan instruksi, instruksi tertulis bisa mahal dan memerlukan waktu.

Dengan menggunakan simbol las telah distandarkan, bagaimanapun juga, informasi yang lengkap tentang las dapat dengan cepat dan mudah ditempatkan pada gambar. Bahkan meskipun hanya beberapa simbol biasanya digunakan, simbol dapat membatasi terlalu panjangnya penjelasan secara tertulis.

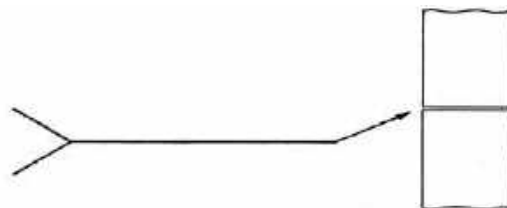
b. Simbol Konstruksi

Dalam segala hal, sambungan adalah titik penunjukan (referensi). Tipe dan persiapan sambungan demikian juga tipe las, akan ditunjukkan dengan simbol. Simbol itu sendiri selalu menunjukkan ke sambungan, dan pada dasarnya simbol itu seperti anak panah. Lihat Gb.2 Simbol mempunyai beberapa bagian-bagian dasar sebagai berikut:

Garis penunjuk – anak panah mempunyai dua sisi ke garis penunjuk. Dua sisi ini adalah sisi atas dan sisi bawah dari garis penunjuk, adalah informasi tentang las pada sisi lain (sebaliknya), jauh dari anak panah. Karena itu simbol sisi atas = sisi lain las.

Sisi bawah dari anak panah garis penunjuk mempunyai informasi tentang las yang ditempatkan pada sisi anak panah dari sambungan. Jadi sisi simbol bawah = sisi las tempat anak panah.

Gambar. 2.2 Bagian-bagian dasar dari anak panah simbol las



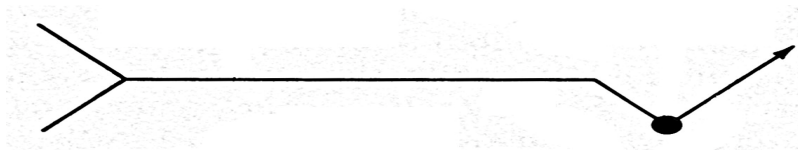
Tentu saja, apabila informasi pada kedua sisi dari simbol garis penunjuk sama, ini berarti bahwa kedua sisi sambungan untuk dilas dengan bentuk yang sama (lihat Gb.3).

Ekor – Spesifikasi las dan informasi yang digunakan untuk membuat las

ditempatkan pada ekor anak panah.

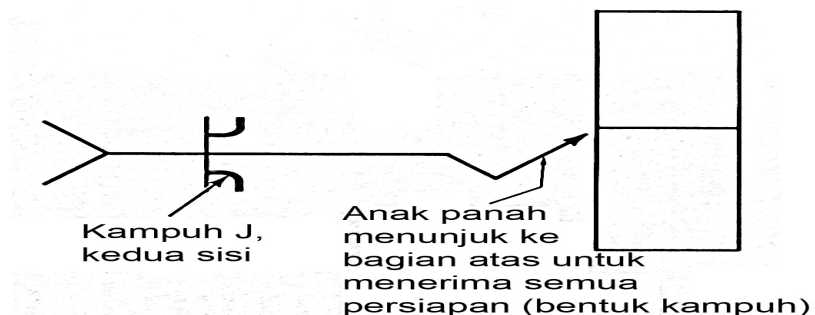
Garis penunjuk patah – Apabila garis penunjuk patah mempunyai patahan kedua, (seperti Gb2.3), patahan kedua akan menunjukkan pada logam dasar yang perlu dilakukan persiapan (dibuat kampuh). Patahan kedua digunakan bilamana hanya satu logam dasar yang perlu dibuat kampuh.

Gambar.2.3 Titik hitam pada garis penunjuk, menunjukkan bahwa pengelasan Dilakukan ditempat kerja. Patahan kedua pada garis penunjuk Digunakan apabila hanya satu bagian saja yang harus dibuat kampuh



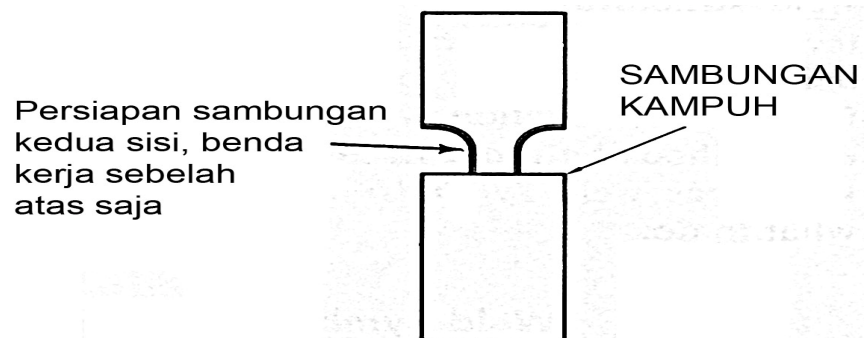
Dalam Gambar 2.4, misalnya anak panah secara nyata mempunyai patahan kedua yang menunjuk ke bagian atas sambungan las.

Gambar 2.4. Bilamana garis penunjuk mempunyai patahan kedua, patahan kedua menunjuk anak panah kearah bagian atas untuk dibuat kampuh. Ini menunjukkan bahwa kedua sisi dari bagian atas untuk menerima semua persiapan (dibuat kampuh)



Simbol menunjukkan bahwa ada yang untuk dibuat kampuh J pada kedua sisi las dan anak panah menunjuk ke bagian atas untuk menerima persiapan (dibuat kampuh). Hasil akhir akan nampak seperti dalam Gambar 2.5

Gambar 2.5 Sambungan dipersiapkan (dibuat kampuh) seperti ditunjukkan dengan simbol dalam



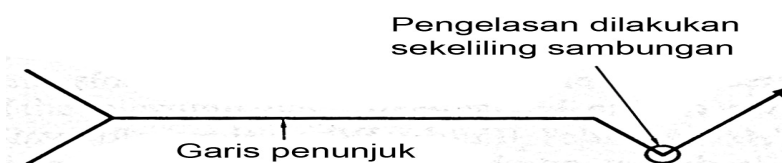
Titik Hitam – Titik hitam pada patahan menunjukkan bahwa las harus dikerjakan pada tempat kerja, tidak dibengkel. Ini juga dinamakan las “di lapangan”

Lingkaran – Apabila ada sebuah lingkaran pada patahan las, ini menunjukkan bahwa pengelasan harus dilakukan secara lengkap mengelilingi proyek pada

posisi seperti ditunjukkan dengan anak panah.












Huruf Contour – Contour (garis luar) dibentuk dengan kerja mesin, penataan atau penggerindaan ditunjukkan dengan huruf, masing-masing M (Machining), C (Chipping) dan G (Grinding).

Gambar 2.6 Lingkaran terbuka mengelilingi garis penunjuk patahan, menunjukkan bahwa las harus dibuat secara penuh mengelilingi sambungan











Simbol las, metode untuk menentukan desain gambar jenis pengelasan, bentuk groove dan dimensi, kontur dan finishing las, teori dan aplikasi yang digunakan dalam desain serta prosedur pengelasan merujuk kepada JIS Z 3021. Tabel 2.1 menunjukkan simbol las dasar antara dua bagian, sedangkan Tabel 2.2 menunjukkan simbol tambahan yang menunjukkan kontur las, finishing pengelasan, daerah las dan sektor lasan serta pengujian tak merusak

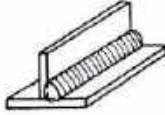
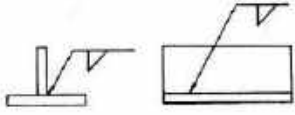
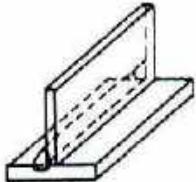
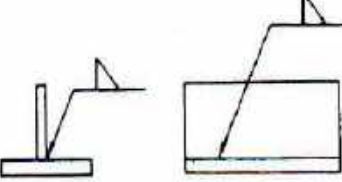
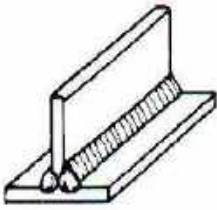
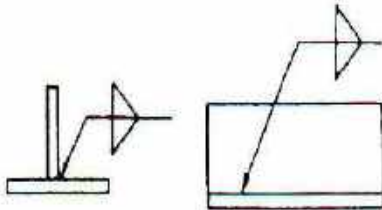
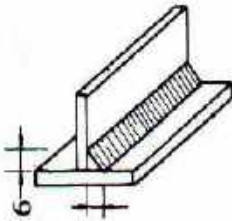
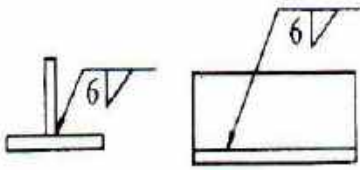
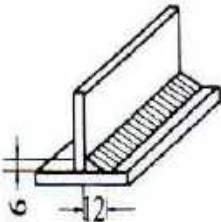
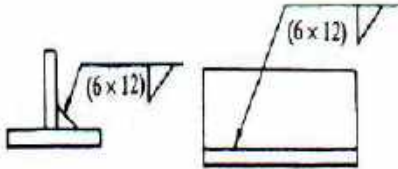
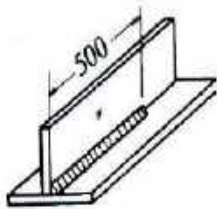
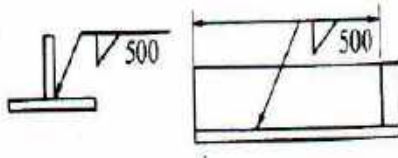
Tabel 2.1 Dasar Simbol Lasan (JIS Z 3021:2000)

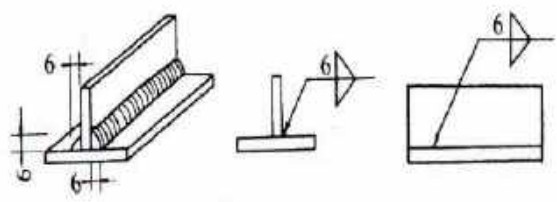
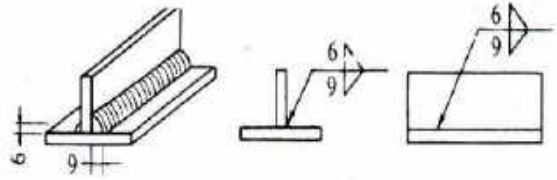
Bentuk Las	Simbol	Penjelasan
<i>Edge flange</i>		
<i>Corner flange</i>		
<i>Square groove</i>		<i>Upset welding, flash welding, friction welding, dll</i>
<i>Single-V groove,</i> <i>Double-V groove</i>		Simbol V digambar simetris terhadap <i>reference line</i> . <i>Upset welding, flash welding, friction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

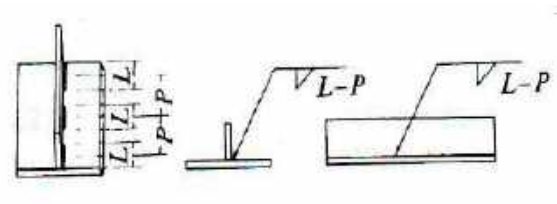
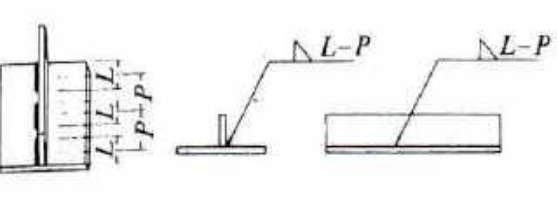
Tabel 2.2 Simbol Tambahan (JIS Z 3021:2000)

Klasifikasi		Simbol Tambahan	Penjelasan	
Kontur las	Flush			
	Convex		Membentuk cembung ke arah luar <i>reference line</i>	
	Concave		Membentuk cekung ke arah luar <i>reference line</i>	
Metode <i>finishing</i> las	Chipping	C		
	Grinding	G	<i>Finishing</i> dengan gerinda	
	Machining	M	<i>Finishing</i> dengan machining	
	Not Specified	F	<i>Surface finishing</i> tidak terspesifikasi	
Daerah las				
Daerah sekeliling las			Ketika daerah sekeliling las jelas, simbol dapat dihilangkan.	
Weld-all-around and field weld				
Uji Tak Merusak	Uji Radiografi	General	RT	Pada kasus "General", metode uji radiografi untuk pengelasan disajikan tanpa detail rinci. Pengujian lain dapat dilakukan jika dibutuhkan seperti : Leak Testing(LT), Strain measurement testing (ST), Visual testing (VT), Acoustic emotion testing(AET), Eddy current testing(ET)
		Double wall radiograph	RT-W	
	Uji Ultrasonik	General	UT	
		Normal beam technique	UT-N	
		Angle beam technique	UT-A	
	Uji Partikel Magnetik	General	MT	
		Flourescent magnetic particle testing	MT-F	
	Uji Penetran	General	PT	
		Flourescent penetrant testing	PT-F	
		Nonflourescent penetrant testing	PT-D	
Uji keseluruhan			Gambar diletakkan setelah simbol uji	
Uji Parsial (Uji sample)				



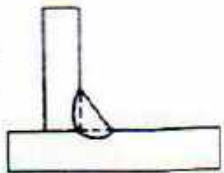
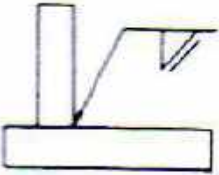

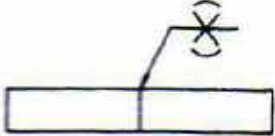
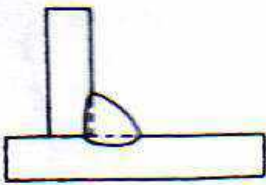
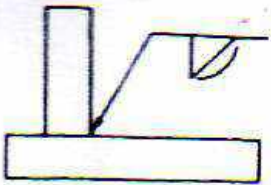
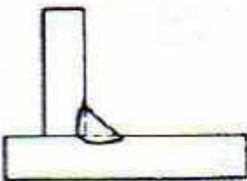
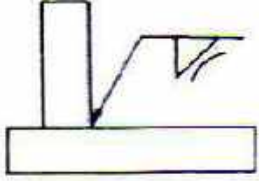
Tabel 2.3 Simbol Sambungan fillet (Sudut)

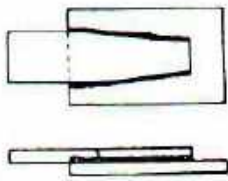
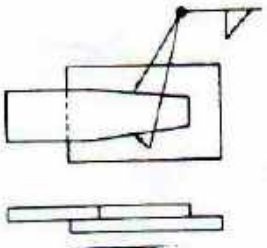
Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
Sisi Panah		
Di balik panah		
Kedua sisi		
Panjang kaki 6 mm		
Panjang kaki tidak sama 6 dan 12 mm		
Panjang lasan 500 mm		

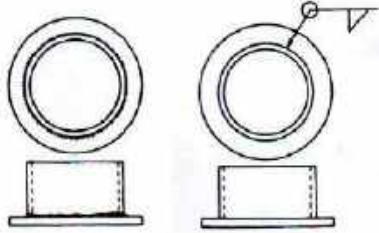
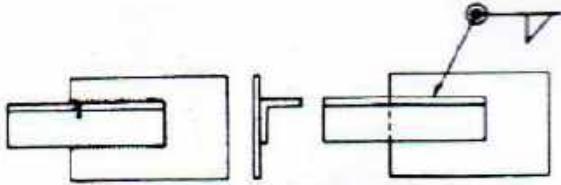
Jenis Lasan	Tanda Gambar	Keterangan
Las Sudut Berlanjut		Segitiga Tiga Siku – Siku
Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
Panjang kaki 6 mm		
Panjang kaki 6 dan 9 mm		

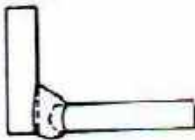
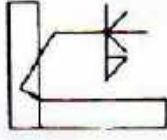
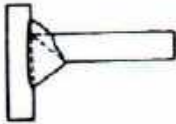
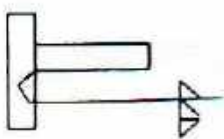
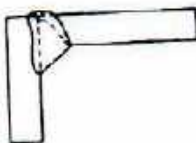
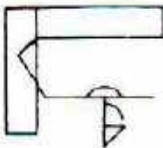

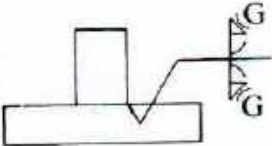
Jenis Lasan	Tanda Gambar	Keterangan
Las Sudut Terputus		Tambahkan harga panjang lasan (L) dan harga jarak lasan (P)
Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
Sisi Panah		
Di balik panah		

Jenis Lasan	Tanda Gambar	Keterangan
Las sudut kontur datar		
Las sudut kontur cekung		
Las sudut kontur cembung		

Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
Sisi panah Kontur : datar		
Sidi panah Kontur : datar		
Kedua sisi Kontur : cembung		
Sisi panah Kontur : cembung		
Sisi panah Kontur : cekung		

Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
Las sudut berlanjut		

<p>Las sudut berlanjut melingkari pipa</p>	
<p>Las sudut berlanjut di lapangan</p>	

Tempat Lasan	Lasan	Tanda Gambar
<p>Gabungan antara las tirus ganda dan las sudut</p>		
<p>Gabungan antara las tirus dan las sudut</p>		
<p>Gabungan antara las alur J, las sudut dan manik</p>		
<p>Gabungan antara las alur J ganda dan las sudut dengan penyelesaian cekung yang digerinda</p>		

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 :

- a. ASME IX, Digunakan pada boiler dan pressure vessel
- b. AWS D1.1, Digunakan pada struktural welding
- c. API 1104 , Digunakan pada pipe line
- d. 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. Essential 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.

Dalam membuat kualifikasi sebuah WPS dapat diikuti urutan kegiatan sebagai berikut

- 1) Pembuatan konsep WPS dan review konsep bila terjadi
- 2) Pengelasan sebuah contoh uji berpedoman pada WPS yang direncanakan dengan memperhatikan ukuran Test Piece, menyiapkan mesin las yang telah terkalibrasi, penyiapan kawat las yang sesuai dengan logam induk, gas pelindung yang disesuaikan dengan proses, peralatan ukur dan peralatan

pendukung lainnya serta menunjuk juru las yang berkualifikasi untuk melaksanakan pengelasan pada pembuatan WPS tersebut.

- 3) Melaksanakan pengujian , mengamati selama proses berlangsung dan mengevaluasi hasil pengujian.
- 4) Mendokumentasikan hasil pengujian pada catatan prosedur kualifikasi (Procedure Qualification Record) atau PQR.

Format Welding Procedure Specification (WPS)

**WELDING PROCEDURE SPECIFICATION
(WPS)**

Company's Name	:	Examiner of Test Body	:
WPS No	:		
Revision No	:	Date	:
Welder's Name	:		
Joint Type	:		
Reference Code	:	Type	
Welding Process	:	<input type="checkbox"/> Automatic	<input type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Machine of Semi Auto

Joint

Joint Design :
Backing Yes / No :
Backing Material :

Filler Metal

Classification :
Trade Name :
Wire Size :
Consumable Insert :

Base Material

Specification :
Plate Thickness :
Type Grade :
Plate Thickness Range :
Pipe Outside dia Range :
Preheat Temp :
Interpass Temp :
PWHT :

Technique

String / Weave :
Single / Multi pass :
Single / Multi Elect :
Interpass Cleaning :
Back Cleaning :

Position

Position :
Welding Progression :
Current Type :

Shielding

Type of gas :
Percent Composition (Mixture) :
Flow Rate :
Flux :
Other :

Joint Detail

Joint Design	Unit :	mm	Welding Sequence

Welding Detail

Run	Process	Size Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current / Polarity	Travel Speed Cm/min	HI* Kj/cm

Manufacturer
PT

Examiner of Test Body

Date :

Format Welding Procedur Qualification Record (PQR)

**WELDING PROCEDUR QUALIFCATION RECORD
(PQR)**

PROCEDURE SPECIFICATION

GROVE WELD TEST RESULT

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 Progesion : _____
 Preheat Temp : _____
 Interpass Temp : _____
 Welder's Name : _____
 Reference Code : _____

Reduction Section Tension Test
 Tensile Streng / Report No
 1. _____
 2. _____
 Guided-bend Test (2 root, 2 face, or 4 side)
 Root / Side-bend Face / Side- bend
 1. _____ 1. _____
 2. _____ 2. _____
 Radiographic-Ultrasonic Examination :
 RT report no : _____
 UT report no : _____

FILLET WELD TEST RESULT

Minimum Size Multiple Pass
 Macroetch-Break
 1. _____ 1. _____
 2. _____ 2. _____
 3. _____ 3. _____

VISUAL INSPECTION : _____
 Appearance : _____
 Undercut : _____
 Piping Porosits : _____
 Test Date : _____
 Witnessed by : _____

MACRO EXAMINATION / REPORT NO

JOINT DETAIL

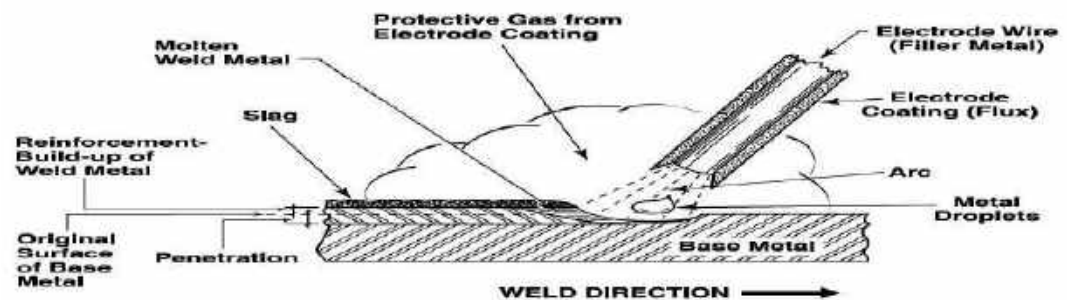
Joint Design		Unit : mm		Welding Sequence			
Welding Detail							
Run	Process	Size of Filler Metal	Current A	Voltage V	Type of Current /Polarity	Travel Sped Cm/min	Heat Input Kj/cm
MANUFACTURER PT			CLASSIFICATION APPROVAL			WINESED BY	

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 2.7 Proses 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)
- 3) Mesin las arus bolak balik dan searah

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

Gambar 2.8 Jenis Mesin Las



Mesin las AC

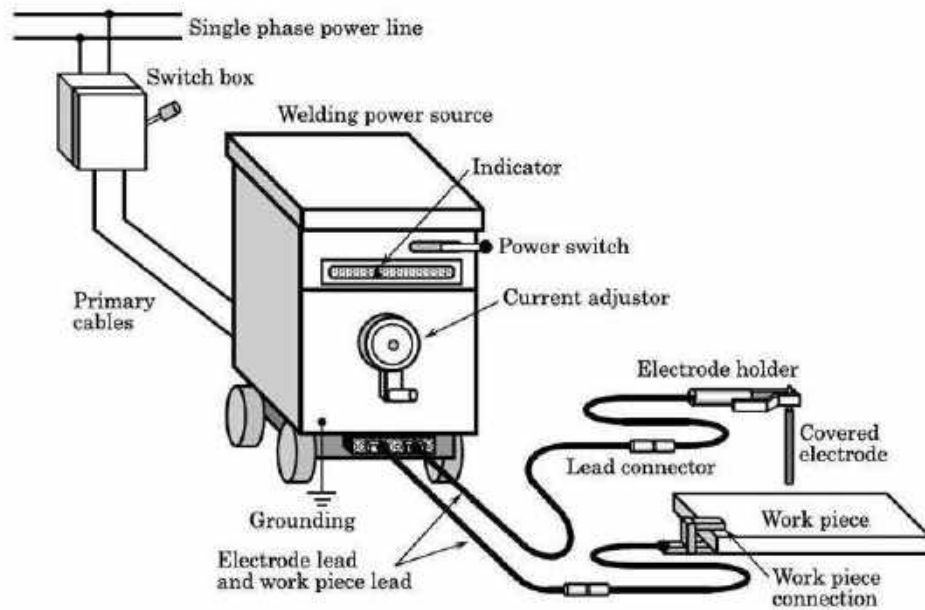


Mesin las DC



Mesin las AC-DC

Gambar 2.9 Instalasi Las SMAW

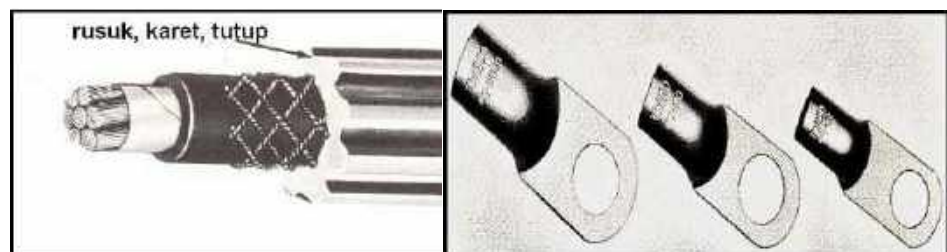


Kabel

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

- 1) Kabel elektroda , yaitu kabel yang menghubungkan pesawat las dengan elektroda
- 2) Kabel masa, yaitu yang menghubungkan pesawat las dengan benda kerja
- 3) Kabel tenaga, yaitu kabel yang menghubungkan sumber tenaga atau jaringan listrik dengan pesawat las

Gambar 2.10 Kabel dan kabel skun



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)

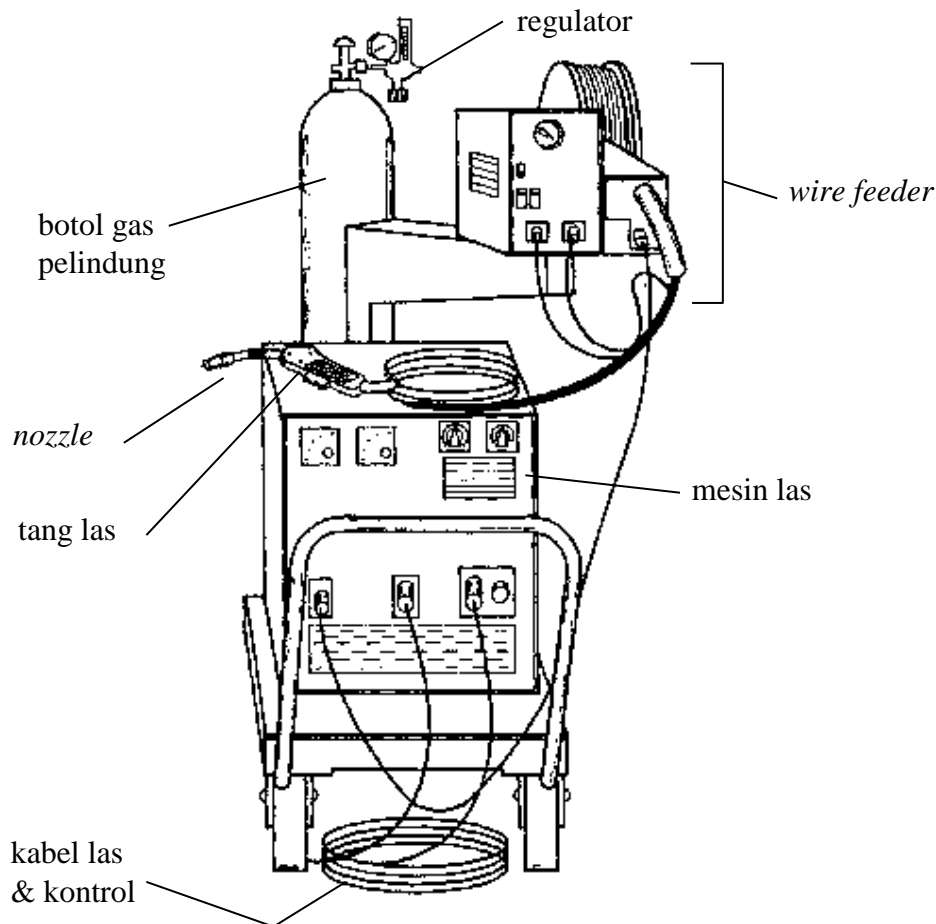
Gambar 2.11 Tang las dan klem arde



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 2.12 Instalasi Las GMAW/FCAW



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

- mesin las
- unit pengontrol kawat elektroda (*wire feeder*)
- tang las beserta *nozzle*
- kabel las dan kabel kontrol
- botol gas pelindung
- regulator gas pelindung
-

c. Mesin Las Gmaw/Fcaw

Sistem pembangkit tenaga pada mesin GMAW pada prinsipnya adalah sama dengan mesin MMAW yang dibagi dalam 2 golongan, yaitu : Mesin las arus bolak balik (*Alternating Current | AC Welding Machine*) dan Mesin las arus

searah (*Direct Current / DC Welding Machine*), namun sesuai dengan tuntutan pekerjaan dan jenis bahan yang dilas yang kebanyakan adalah jenis baja, maka secara luas proses pengelasan dengan GMAW adalah menggunakan mesin las DC.

Umumnya mesin las arus searah (DC) mendapatkan sumber tenaga listrik dari trafo las (AC) yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan *voltage* yang konstan (*constant-voltage*).

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.

1) *Wire Feeder Unit*

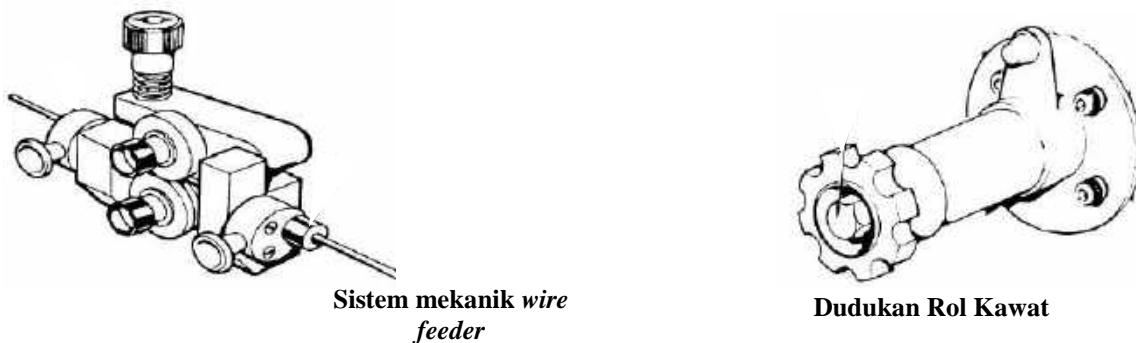
Alat pengontrol kawat elektroda (*wire feeder unit*) adalah alat/ perlengkapan utama pada pengelasan dengan GMAW. Alat ini biasanya tidak menyatu dengan mesin las, tapi merupakan bagian yang terpisah dan ditempatkan berdekatan dengan pengelasan.

Fungsinya adalah sbb :

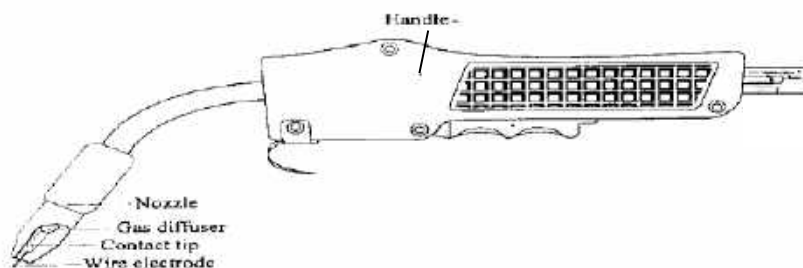
- menempatkan rol kawat elektroda

- menempatkan kabel las (termasuk tang las dan *nozzle*) dan sistem saluran gas pelindung
- mengatur pemakaian kawat elektroda (sebagian tipe mesin, unit pengontrolnya terpisah dengan *wire feeder* unit)
- mempermudah proses/ penanganan pengelasan, di mana *wire feeder* tersebut dapat dipindah-pindah sesuai kebutuhan

Gambar 2.13 : Bagian-bagian Utama Wire Feedera



Gambar 2.14 Tang Las (*Welding Gun / Torch*)



Pada mesin las terdapat kabel primer (*primary power cable*) dan kabel sekunder atau kabel las (*welding cable*).

Kabel primer ialah kabel yang menghubungkan antara sumber tenaga dengan mesin las. Jumlah kawat inti pada kabel primer disesuaikan dengan jumlah *phasa* mesin las ditambah satu kawat sebagai hubungan pentanahan dari mesin las.

Kabel sekunder ialah kabel-kabel yang dipakai untuk keperluan mengelas, terdiri dari kabel yang dihubungkan dengan tang las dan benda kerja serta kabel-kabel kontrol. Inti Penggunaan kabel pada mesin las hendaknya disesuaikan dengan kapasitas arus maksimum dari pada mesin las. Makin kecil diameter kabel atau makin panjang ukuran kabel, maka

tahanan/hambatan kabel akan naik, sebaliknya makin besar diameter kabel dan makin pendek maka hambatan akan rendah.

Pada ujung kabel las biasanya dipasang sepatu kabel untuk pengikatan kabel pada terminal mesin las dan pada penjepit elektroda maupun pada penjepit masa.

Gambar 2.15 Sepatu Kabel

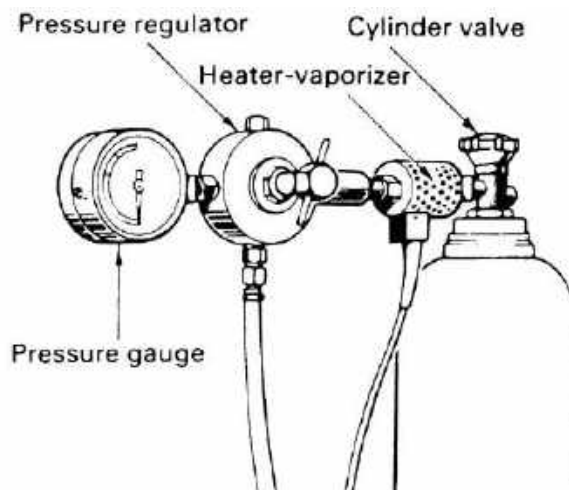


3) Regulator Gas Pelindung

Fungsi utama dari regulator adalah untuk mengatur pemakaian gas.

Untuk pemakain gas pelindung dalam waktu yang relatif lama, terutama gas CO₂ diperlukan pemanas (*heater-vaporizer*) yang dipasang antara silinder gas dan regulator. Hal ini diperlukan agar gas pelindung tersebut tidak membeku yang berakibat terganggunya aliran gas.

Gambar 2.16 : Silinder dan Regulator Gas Pelindung



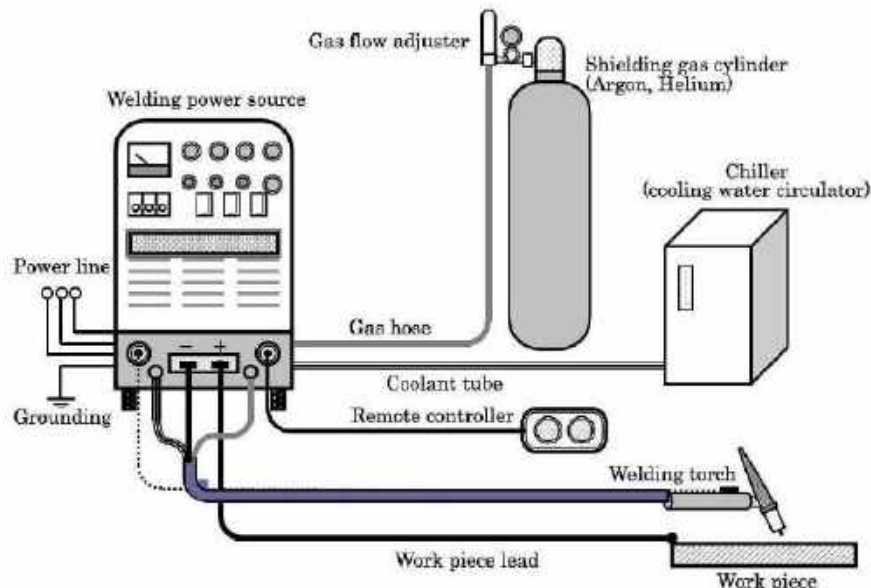
c. Mesin dan Peralatan Las GTAW

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
3. Regulator pelindung gas
4. Flowmeter gas
5. Selang dan fitting gas pelindung
6. Lead elektroda dan selang
7. *Torch* pengelasan (*holder* elektroda)
8. Elektroda tungsten
9. Batang pengelasan

Gambar 2.17 Susunan dari peralatan las TIG



a) *Voltage* and current control.

Voltage and current control atau trafo las berfungsi sebagai pengatur arus dan tegangan output yang dibutuhkan untuk pengelasan busur listrik. Selain itu juga terdapat banyak pengaturan lain pada trafo las untuk SAW ini. Contohnya adalah laju pengelasan dan tingkat pengumpanan flux. Pada umumnya trafo las sudah dilengkapi dengan roda untuk berjalan pada jalur tertentu yang sudah di setting. Pada trafo las jenis stationary tidak dilengkapi dengan roda karena pada pengelasan ini yang bergerak

adalah materialnya bukan mesinnya.

Trafo las bisa mengakomodasi keperluan kelistrikan untuk pengelasan busur listrik hingga 2 umpanan kawat sekaligus. Tetapi pemakaian 2 trafo las untuk 2 umpanan kawat sekaligus juga merupakan metode yang banyak diterapkan di lapangan. Karena pekerjaan pengelasan SAW biasanya digunakan untuk sambungan panjang dan bisa berdurasi lebih dari 10 menit pada sekali jalan. Maka mesin las SAW diharuskan memiliki duty cycle 100% pada arus listrik yang digunakan, untuk menjaga stabilitas performa mesin selama proses pengelasan.

b) *Electrode wire reel.*

Electrode wire reel adalah bagian yang berbentuk gulungan yang berguna untuk menampung gulungan filler metal dan mengarahkan kawat tersebut ke arah pengumpan untuk diumpankan. Gulungan kawat tersebut biasanya dijual dalam satuan dengan berat 7 kilogram.

c) *Flux hopper*

Flux hopper adalah komponen mesin SAW yang berfungsi sebagai penampung pasir flux serta mengumpulkannya ke dalam kawah las. Untuk mengatur tingkat pengumpanan pasir flux kedalam kawah terdapat sebuah katup yang dapat di atur secara manual oleh welding operator. Gaya gravitasi akan bekerja dan membuat pasir flux pada penampungan turun untuk merendam busur listrik secara terus menerus. Pada model yang lebih baru pengaturan bukaan katup dapat diatur pada mesin las.

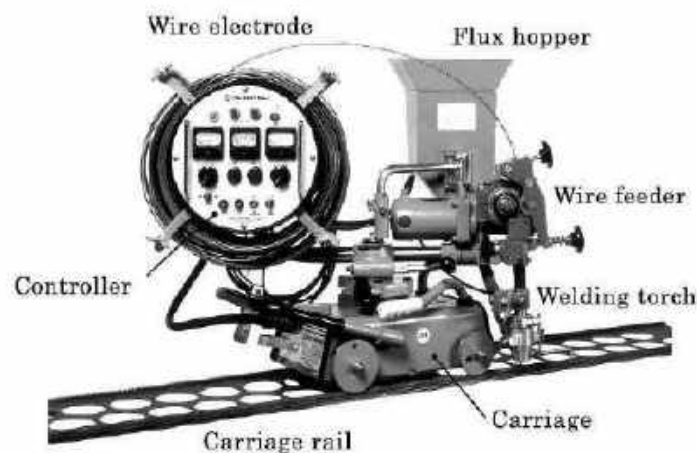
d) *Unfused flux recovery tube.*

Unfused flux recovery tube adalah bagian yang berfungsi untuk mengumpulkan bagian flux yang tidak mencair menjadi slag. Karena sebagian besar dari pasir flux tidak tersentuh busur listrik sehingga tidak mencair, maka pasir flux ini masih memiliki bisa digunakan kembali sehingga harus dikumpulkan. Mekanisme kerja komponen ini mirip seperti vacuum cleaner. Selang yang digunakan untuk menyedot pasir – pasir flux diletakkan pada bagian belakang rangkaian dan sedikit jauh dari pengumpan kawat dan flux untuk mencegah gangguan pada saat proses las berjalan.

e) *Electrode wire reel.*

Electrode wire reel adalah gulungan kawat las yang memiliki diameter kawat antara 1.6 mm hingga 6 mm. Kawat las ini juga tersedia versi puntir nya yang berfungsi untuk meniru gerakan ayunan pada proses las manual. Elemen untuk penambahan alloy juga ditambahkan pada kawat las ini untuk mengendalikan komposisi kimia dari logam las. Selain itu kawat las SAW juga dilapisi dengan tembaga untuk meningkatkan konduktivitas dan memudahkan proses penyalaan busur

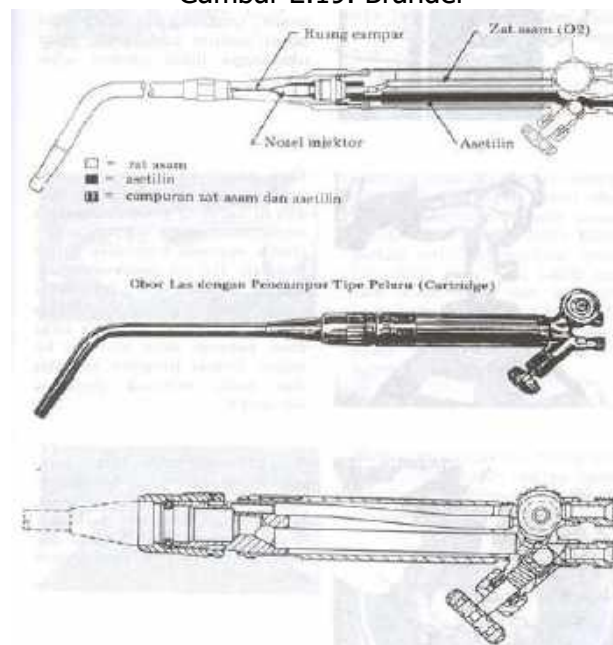
Gambar 2.18. Peralatan las busur rendam - Submerged Arc Welding (SAW)



d. Mesin dan Peralatan Las OAW

1) Pembakar las (Brander)

Gambar 2.19. Brander



2) Silinder gas oksigen

Zat asam disimpan di dalam silinder baja dengan tekanan sampai ± 150 kg /cm². Katup silinder dibuat dari bahan kuningan dan dilengkapi dengan keping pengaman yang akan pecah bila terjadi kenaikan tekanan dalam silinder. Kenaikan tekanan dapat terjadi bila silinder jatuh atau panas. Bila silinder tidak digunakan seharusnya katup silinder ditutup dengan tutup baja agar katup tetap bersih dan aman. Kerusakan pada katup dapat menimbulkan bahaya besar. Zat asam yang tersembur akan memudahkan terjadinya kebakaran. Bila katup pecah, zat asam akan menyembur keluar sedang silindernya dapat terbang bagaikan roket. Berhati-hatilah waktu mengangkat dan memindahkan silinder. Carilah pembantu dan pakailah kereta dorong silinder agar tidak terjatuh. Isi gas dalam silinder macam-macam ada yang 5000, 6000 atau 7500 liter, bila diisi dengan air isinya ada yang 28 liter, 40 liter atau lebih. Isi gas didalam silinder berbanding lurus dengan tekanan, makin besar tekanannya makin banyak isinya gas didalamnya. Untuk mengetahui isi gas di dalam silinder tinggal mengalikan isi dengan tekanan, misalnya isi = 40 liter, tekanan = 150 kg/cm², maka isi silinder menjadi $40 \times 150 = 6000$ liter.

3) Silinder Asetilin.

Silinder asetilin diisi dengan bahan berpori seperti kapas, sutera tiruan atau asbes yang berfungsi sebagai penyerap aseton. Aseton ialah bahan dimana asetilin dapat larut dengan baik dan aman di bawah pengaruh tekanan. Isi bahan berpori dalam silinder ± 25 %, dapat menyerap aseton sebanyak ± 40 % isi silinder. Tiap 1 liter aseton pada tekanan 15 kg/cm² dapat menyerap ± 360 liter asetilin. Silinder yang isinya 40 liter pada tekanan 15 atm, dapat menampung gas asetilin sebanyak:

$$\begin{array}{r}
 40 \qquad \qquad \qquad \text{liter} \\
 \text{-----} \times 40 \text{ liter} \times 360 \text{ -----} = 5760 \text{ ltr.} \\
 100 \qquad \qquad \qquad \text{liter}
 \end{array}$$

Pada alas dan bagian atas silinder asetilin, dipasang sumbat pengaman lebur yang akan lebur pada suhu 100° C. Bila silinder panas sumbat akan lebur dan asetilin, akan keluar sebelum silinder meledak. Penting

diketahui dan diingat bahwa silinder akan bertambah panas setiap asetilin ke luar dari silinder. Sebab itu pemakaian asetilin janganlah lebih dari 750 liter/jam agar silinder tidak panas dan aseton tidak terserap. Katup asetilin dibuka dan ditutup memakai kunci sok. Bukalah katup silinder hanya $\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ putar dan biarkan kunci terpasang selama katup terbuka. Lepaslah kunci bila katup tertutup atau tidak dipakai.

4) REGULATOR.

Fungsi Regulator :

Regulator berfungsi sebagai alat penurun dan pengatur tekanan isi menjadi tekanan kerja yang tetap besarnya sesuai yang dikehendaki oleh las. Pada regulator terdapat dua buah alat pengukur tekanan atau manometer.

- a). Manometer tekanan isi.
- b) Manometer tekanan kerja.

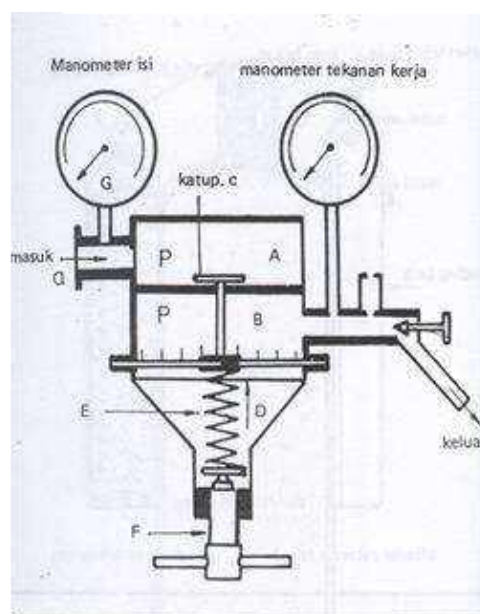
Macam-macam regulator :

- a). Regulator satu tingkat.

Dengan regulator tipe ini tekanan isi silinder diturunkan sekaligus menjadi tekanan kerja yang dikehendaki.

- b). Regulator dua tingkat, untuk mendapatkan tekanan kerja yang dikehendaki, tekanan isi diturunkan secara bertingkat ialah dua tingkat

Gambar 2.20. Regulator

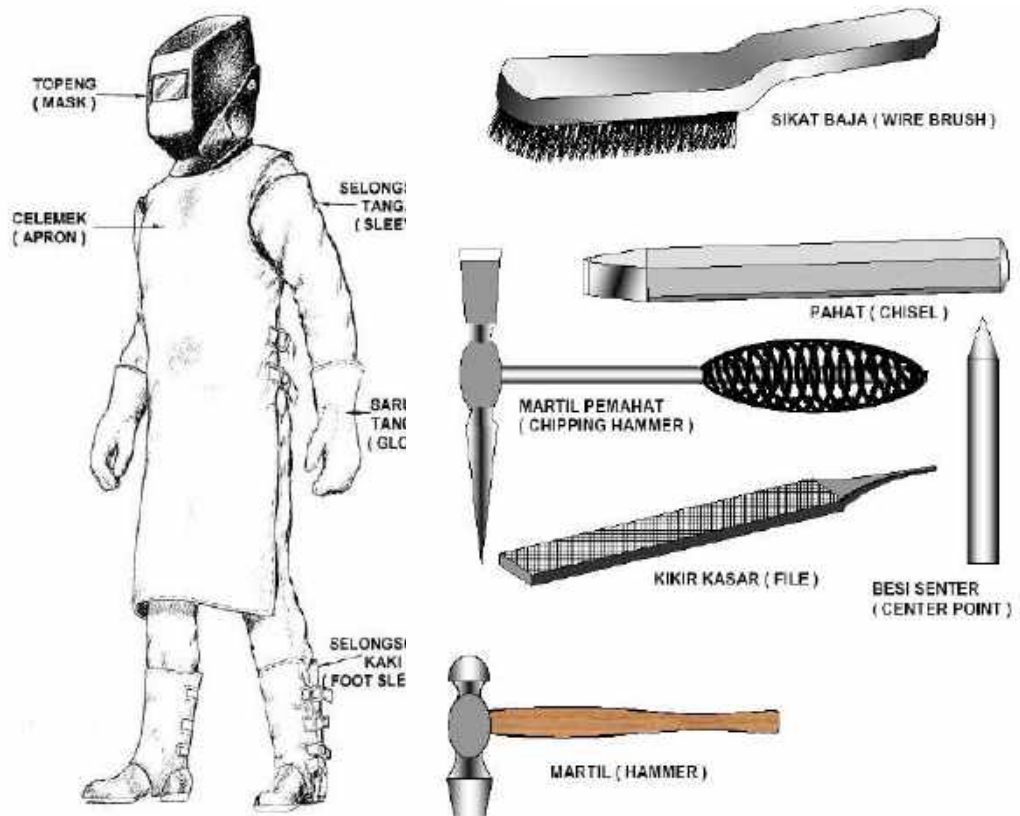


5. Memastikan Kesiapan Peralatan bantu Sesuai Prosedur

Peralatan bantu las busur metal manual GMAW, FCAW GTAW dan SAW Serta OAW antara lain :

- a. Palu terak
- b. Sikat baja
- c. Palu konde
- d. Pahat picak dan penitik
- e. Gerinda listrik tangan dan/atau kikir
- f. Tang penjepit material
- g. Lemari pemanas/oven elektroda
- h. Alat-alat ukur (welding gouge, tang ampere, jangka sorong, mistar baja dll)
Alat pelindung diri (kaplas, sarung tangan, apron, kaca mata gerinda, masker, sepatu kerja las dll)
- i. Tang Potong (GMAW/FCAW)

Gambar 2.21 Peralatan bantu Las



6. Memastikan Kesiapan Material Induk Sesuai WPS

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

- a. Bersertifikat bila diperlukan dan sudah teridentifikasi
- b. Jumlahnya sesuai dengan kebutuhan
- c. Jenisnya dan spesifikasinya sama dengan yang seharusnya diperlukan

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, OAW, SAW
- Gas pelindungnya
- Jenis elektroda yang digunakan
- Pengaplikasian pre heating/post heating
- Jenis polaritas yang digunakan (AC/DC+/DC-)
- Besarnya arus pengelasan
- Jenis nyala las untuk OAW
- 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.

Persiapan material pengelasan terdiri dari :

- ✓ Material pertama (sisi samping). Dilakukan pembersihan dari kotoran, karat atau bahan lain.
- ✓ Material kedua (sisi yang berhubungan). Dilakukan gerinda rata pada area tersebut agar pada saat dihubungkan dan saat diterawang tidak terdapat celah diantara keduanya, bila masih ada celah maka akan mengakibatkan penetrasi yang kurang baik.

7. Memastikan Kesiapan Bahan Tambah (consumable) Sesuai WPS

a. Elektroda SMAW

Elektroda merupakan salah satu consumable utama dalam proses pengelasan. Hal ini dikarenakan komposisi kimia yang terkandung di dalam elektrode sangat berpengaruh terhadap hasil las lasan baik itu sifat mekanik (kekuatan tarik, kekerasan, impact) atau terhadap struktur logam las (metalography).

Setiap elektroda mempunyai spesifikasi yang berbeda beda, memang hal ini disengaja karena pemakaiannya juga untuk proses pengelasan yang berbeda sesuai dengan WPS yang digunakan.

Jenis elektrode ini memang bervariasi, namun tujuannya tetap untuk mendapatkan hasil las lasan yang memenuhi standar keberterimaan dan tidak ada cacat las baik saat diuji visual maupun uji merusak dan tidak merusak :

Misal E 6013

E: Elektroda

60: Kekuatan Tarik Minimum 60 satuannya KSI (Biasanya ada tipe juga 70 dan 80 misal E 7016, E 7018, E 8010, E8018)

1: Untuk semua posisi pengelasan (Untuk kode lain yaitu 2 (posisi flat dan horizontal) dan 3 (Posisi flat))

3: Jenis komposisi kimia dari flux yang nanti juga berpengaruh terhadap penetrasi, arus dan polaritas. Jenis digit keempat ini ada Untuk lebih detailnya lihat gambar di bawah ini

Gambar 2.22 Standar AWS Electroda

The diagram shows the breakdown of the electrode code E 6010. The 'E' stands for Electrode, '60' for Min. Tensile (in ksi), '1' for Position, and '0' for Type of Coating and Current.

Digit	Type of Coating	Current
0	High Cellulose Sodium	DC+
1	High Cellulose Potassium	AC, DC±
2	High Titania Sodium	AC, DC-
3	High Titania Potassium	AC, DC±
4	Iron Powder, Titania	AC, DC±
5	Low Hydrogen Sodium	DC+
6	Low Hydrogen Potassium	AC, DC+
7	High Iron Oxide, Iron Powder	AC, DC±
8	Low Hydrogen Potassium, Iron Powder	AC, DC±

b. Wire Electroda GMAW/FCAW

Kawat las yang digunakan pada proses GMAW/FCAW dapat berbentuk kawat solid ataupun kawat inti fluks. 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/mm². Untuk pengelasan baja paduan rendah, seperti baja kekuatan tinggi 550 – 830 N/mm², 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. Pengelasan baja tahan karat dengan proses las MIG 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 2.23 AWS GMAW



ER – 70S – 6

E: Elektroda

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

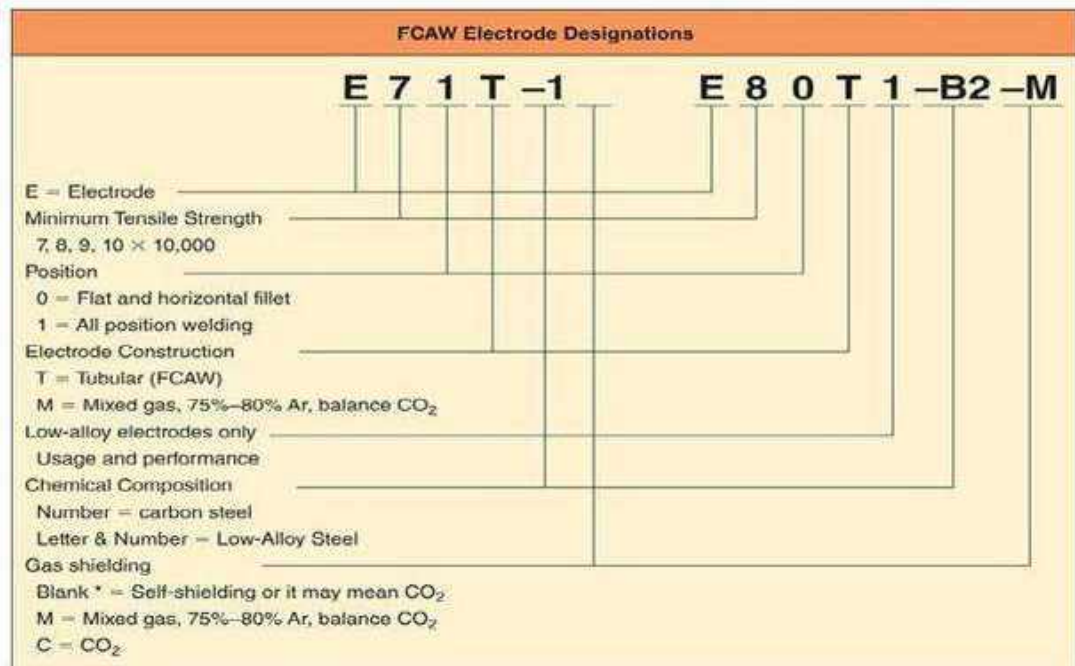
70: Kekuatan tarik minimum KSI (70, 80 90, 100)

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).

Gambar 2.24 AWS FCAW



AWS Classification	Welding Current	Shielding Gas	Single or Multiple Pass
EXXT-1	DCEP	CO ₂	Multiple
EXXT-2	DCEP	CO ₂	Single
EXXT-3	DCEP	None	Single
EXXT-4	DCEP	None	Multiple
EXXT-5	DCEP	CO ₂	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 ₂	Single
EXXT-14	DCEN	None	Single
EXXT-G	Not Specified	Not Specified	Multiple
EXXT-GS	Not Specified	Not Specified	Single

E 7 1 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)

c. Kode Kawat Las SAW (Submerged Arc Welding)

Filler Metal Untuk las SAW selalu di klasifikasikan bersama flux. Flux di klasifikasikan sesuai persyaratan sifat mekanisme logam . sesuai dengan AWS A.5.17 (Specification For Carbon Steel Electrodes And Fluxes For SAW) Dalam pengelasan proses SAW, logam pengisi (filler metal) dengan pelindung

powder flux Elektroda SAW ini ada 2 jenis, yaitu :

1. Berbentuk kawat
2. Berbentuk plat strip

Pada proses SAW ini elektroda selalu diklasifikasikan bersama flux, sedangkan flux ini diklasifikasikan sesuai dengan persyaratan sifat mekanis logam las

F X X X – E X X X
1 2 3 4 5 6

1. Menyatakan flux
2. Kuat tarik minimum X 10.000 psi
3. Kondisi perlakuan panas : A = as welded; P = P W H T
4. Suhu terendah X \square 100 F, Impact strength 20 ft-lb (27 Joule)
atau lebih
5. Menyatakan Elektroda (filler metal)
6. Kelas elektroda / spesifikasi

Contoh :

F7A2-EM12K

F: Mengindikasikan Fluks

7: Kuat tarik minimum 70.000 psi

A: Sebagai las lasan, jika P: Post Weld Heat treatment

2: Minimum kekuatan impact 20 ft-lbs pada 20 derajat F

E: Mengindikasikan Elektroda

M: Medium Manganese per AWS Spesifications

12: 0,12% Kandungan karbon dalam elektroda

K: Produced from a heat of aluminium killed steel

d. Elektroda GTAW

Elektrode untuk proses las GTAW merupakan elektrode non filler metal (bukan logam pengisi) yang terbuat dari bahan Tungsten atau Tungsten Alloy

Gambar 2.25 AWS GTAW

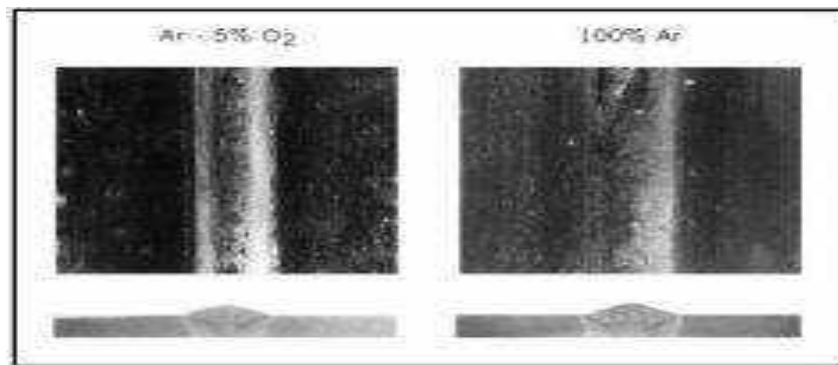
Klasifikasi AWS	Elemen Paduan	Klasifikasi Warna
EWP	Tungsten murni	Hijau
EWTH – 1	0,8 ÷ 1,2 % Thorium	Kuning
EWTH – 2	1,7 ÷ 2,2 % Thorium	Merah
EWTH – 3	0,35 ÷ 0,55 % Thorium	Biru
EWZR – 1	0,15 ÷ 0,4 % Zirconium	Coklat
EWCe – 2	1,8 ÷ 2,2 % Cerium	Orange
EWLa – 1	± 1,0 % Lanthanum	Hitam
EWG	tidak di spesifikasikan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

- Gas Pelindung
 - 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 kemampuan las, properti mekanik, karakteristik busur dan produktifitas yang baik

Gas argon digunakan secara sendiri tanpa campuran untuk proses pengelasan logam non-ferro, seperti aluminium, 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 ferro, gas argon biasanya dicampur dengan gas lainnya seperti oksigen, dan helium. Potensi ionisasi yang rendah dari gas argon, menghasilkan kestabilan busur yang superior

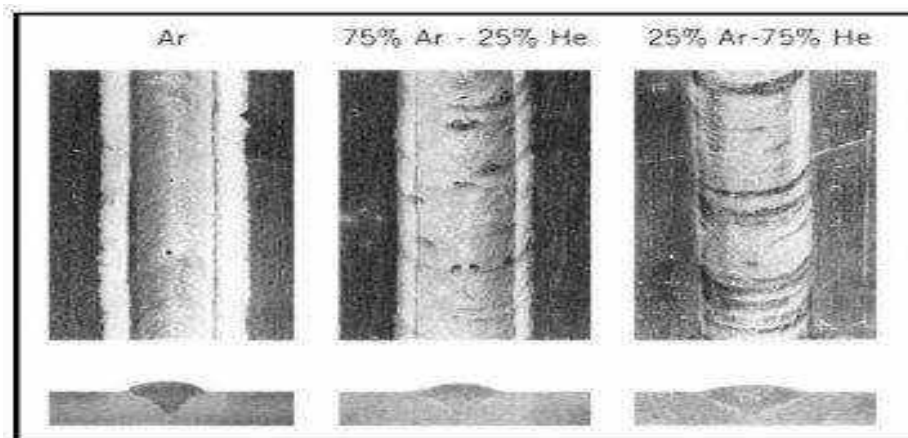
Gambar 2.26 Perbandingan hasil pengelasan gas argon murni dan gas argon campuran



- 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.

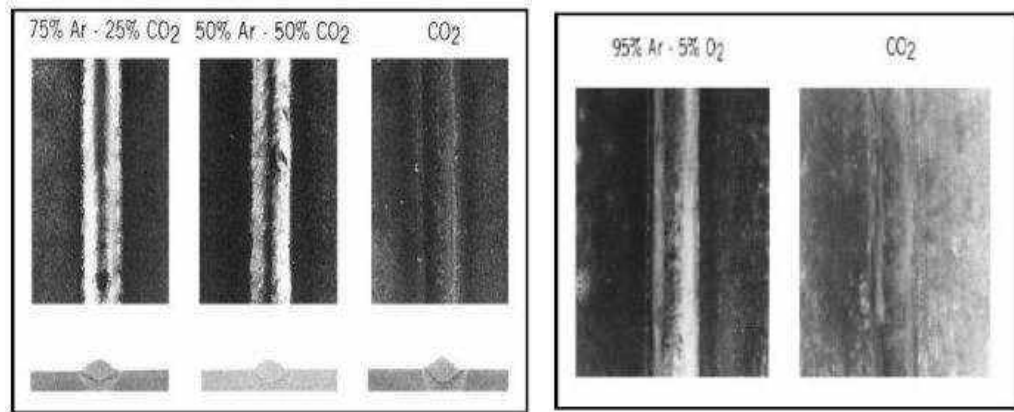
Gambar 2.27 Perbandingan hasil pengelasan gas argon murni dan gas argon campuran helium



- Gas Karbon Dioksida (CO2)

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 2.28 Perbandingan hasil pengelasan gas karbon dioksida murni dengan gas argon campuran



e. Bahan Tambah OAW

Kawat las baja untuk OAW tersedia dengan panjang 36” dengan diameter berkisar antara 1/16” hingga 1/4”. Untuk bahan – bahan lain tersedia dengan berbagai panjang tergantung apakah wrought atau dituang. Spesifikasi kawat las adalah AWS A5.2 dengan rincian sebagai berikut

Tabel 2.4 Uji Bahan Tambah OAW

KLASIFIKASI AWS	KUAT TARIK MINIMUM ksi	ELONGATION MINIMUM DALAM 4 D (a) , %
RG65	67 (b)	16
RG60	60 (b)	20
RG45	45 (b)	-

(a) Elongation kira-kira 1 inchi

(b) Spesimen semua bahan las, diameter 0,252±0,005 inchi setelah dilaskan

(c) Uji tarik didasarkan atas spesimen melintang las 2 x 3/8 penampang setelah dilaskan

8. 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. ($\pm 1 \text{ }^{\circ}/25.9 \text{ mm}$) 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

- a. Periksa kebersihan sambungan dari kotoran seperti karat, debu, minyak, cat, oli, dll harus dibersihkan jika ada
- b. Periksa penyetulan (fit-up) sambungan (kelurusan/miss alignment, sudut alur las/groove angle, root opening dan root face), apakah sesuai gambar standard.
- c. Periksa las ikat/tack weld apakah ada retak las/crack, hilangkan/gerinda jika ada.
- d. 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.
- e. Periksa/lihat ukuran las (leg size ketinggian las) yang diminta pada gambar.

9. Melakukan *Setting* parameter las pada mesin las sesuai WPS

a. Parameter las SMAW

1) Jenis dan diameter elektroda

Pemilihan jenis elektroda disesuaikan dengan bahan yang dilas, posisi pengelasan dan polaritas listriknya sesuai WPS. Diameter elektroda sangat

mempengaruhi besar kecilnya arus listrik yang akan digunakan. Hal tersebut berhubungan dengan laju peleburan atau laju penimbunan (fusion rate/deposition rate) dan kedalaman penetrasi (penetration).

2) Tegangan busur las

Tingginya tegangan busur tergantung pada jenis elektroda yang digunakan dan panjang busur yang diinginkan. Tegangan busur yang diperlukan berbanding lurus dengan panjang busur.

3) Besar arus las

Besarnya arus listrik yang diperlukan tergantung dari bahan dan ukuran dari sambungan las, geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda. Besarnya arus listrik yang akan digunakan dapat pada spesifikasi elektroda yang sudah direkomendasikan oleh fabrikasi pembuat elektroda. Penggunaan arus listrik yang tidak tepat (terlalu besar) dapat mengakibatkan hasil lasan yang tidak sempurna

4) Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan adalah laju dari elektroda pada waktu proses pengelasan. Kecepatan pengelasan tergantung pada jenis elektroda, diameter inti elektroda, bahan yang dilas, geometri sambungan dan ketelitian sambungan serta tingkat ketrampilan weldernya.

5) Polaritas listrik

Pemilihan polaritas tergantung pada WPS, jenis bahan pembungkus elektroda, kapasitas panas sambungan. Bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas panas besar sebaiknya digunakan polaritas lurus (elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif), sedangkan bila kapasitas panas kecil seperti pada plat tipis maka dianjurkan menggunakan polaritas balik (elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif)

b. Parameter las GMAW/FCAW

1) Arus Las

Besarnya arus dan tegangan pengelasan adalah tergantung pada : tebal bahan, diameter kawat elektroda, posisi pengelasan, berdasarkan WPS (*welding procedure specification*) pekerjaan tersebut

Dalam proses pengelasan GMAW/FCAW, arus las secara langsung berhubungan dengan kecepatan *wirefeed*. Jika arus las dinaikkan maka kecepatan *wirefeed* juga seharusnya naik. Hubungan ini biasanya disebut karakteristik "*burn-off*"

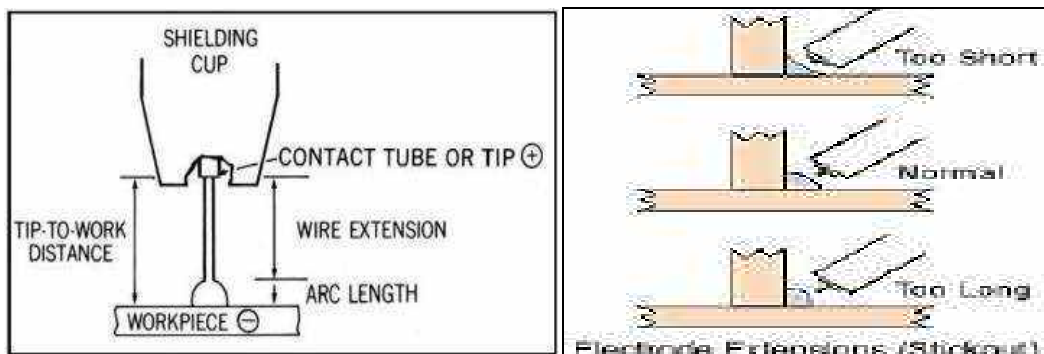
Tabel 2.5 Diameter kawat

Diameter kawat	Arus (amper)	Tegangan (volt)	Tebal bahan
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

2) Ekstensi elektroda

Ekstensi elektroda atau biasa disebut dengan "*stick-out*" adalah jarak antara titik terujung dari kontak listrik, biasanya ujung dari pipa kontak (*contact tip*), dengan ujung dari elektroda. Jarak tersebut akan mempengaruhi besarnya arus listrik yang dibutuhkan untuk melelehkan elektroda

Gambar 2.29 stick-out kawat las



3) Tegangan las

Tegangan busur las adalah tegangan diantara ujung elektroda dan benda kerja.

Tegangan listrik pada pengelasan memegang peranan penting pada jenis transfer logam yang diinginkan. Transfer logam arus pendek membutuhkan tegangan yang rendah, sementara transfer logam spray membutuhkan

tegangan yang lebih tinggi lagi. Jika arus listrik dinaikkan, maka tegangan las juga harus dinaikkan untuk menghasilkan kestabilan.

4) 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*)

C Parameter untuk SAW

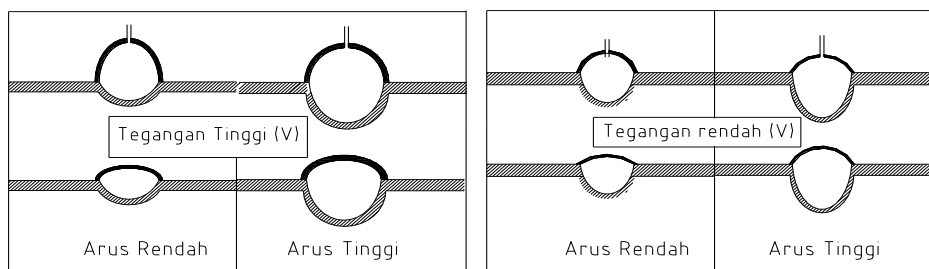
Kestabilan dari busur api yang terjadi pada saat pengelasan merupakan masalah yang paling banyak terjadi dalam proses pengelasan dengan SAW, oleh karena itu kombinasi dari Arus listrik (I) yang dipergunakan dan Tegangan (V) harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi Kawat Elektrode dan Fluksi yang dipakai.

1) Pengaruh dari Arus Listrik (I)

Setiap kenaikan arus listrik yang dipergunakan pada saat pengelasan akan meningkatkan Penetrasi serta memperbesar kuantiti lasnya.

Penetrasi akan meningkat 2 mm per 100 A dan Kuantiti las meningkat juga 1,5 Kg/jam per 100 A.

Gambar2.30 Pengaruh arus listrik terhadap penetrasi las



Sedangkan pengaruhnya terhadap kawat Elektroda Diameter yang dipergunakan pada saat

proses Pengelasan adalah $\text{Diameter (mm)} \times (100-200) \text{ (A)}$.

Tabel 2.6 Diameter Kawat terhadap Arus listrik

Kawat Elektroda Diameter (mm)	Arus listrik (A)	Kawat Elektroda Dimetr (mm)	Arus listrik (A)
1,2	120 – 250	3	280 – 650
1,6	160 – 350	4	350 – 900
2,0	200 – 450	5	500 – 1100
2,5	240 – 570	6	600 – 1400

2) Pengaruh dari Tagangan Listrik (V).

Setiap peningkatan tegangan listrik (V) yang dipergunakan pada proses pengelasan akan semakin memperbesar jarak antara Tip Elektroda dengan Material yang akan di Las, sehingga busur Api yang terbentuk akan menyebar dan mengurangi Penetrasi pada material las.

Konsumsi Fluksi yang dipergunakan akan meningkat sekitar 10% pada setiap kenaikan 1 Volt tegangan .

3) Pengaruh Kecepatan Pengelasan.

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40 Cm/Menit, setiap pertambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (Welding Bead), penetrasi, lebar serta kedalam las pada benda kerja akan berkurang.

Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang / dibawah 40 Cm/Menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal, hal ini dikarenakan over Heat.

4) Pengaruh Polaritas arus listrik (AC atau DC)

Pengelasan dengan kawat Elektroda Tunggal pada umumnya menggunakan tipe arus Direct Current (DC), Elektroda Positif (EP), jika menggunakan

Elektroda Negatif (EN) penetrasi yang terbentuk akan rendah dan kuantiti las yang tinggi.

Pengaruh dari arus alternating Current (AC) pada bentuk butiran las dan kuantiti pengelasan antara Elektroda positif dan Negatif adalah sama yaitu cenderung porosity, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai Fluks yang khusus.

D Parameter untuk OAW

1) Mengatur tekanan kerja.

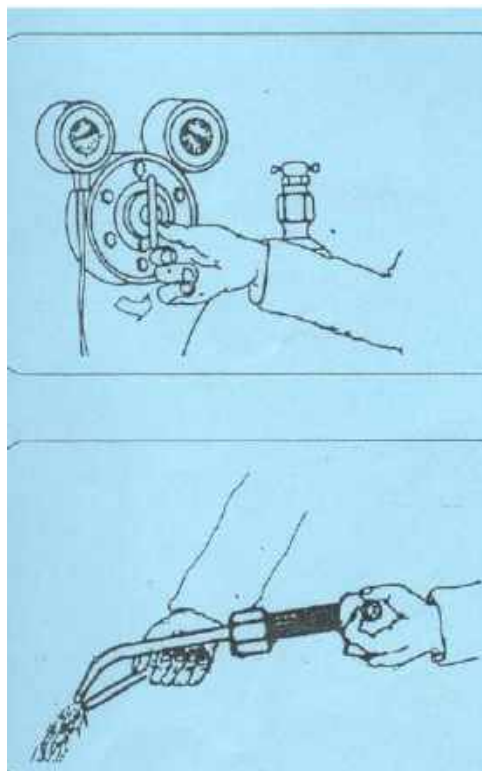
Katup pembakar zat asam dibukakan baut pengatur tekanan regulator diputar sampai didapat tekanan yang dikehendaki. Begitu juga untuk gas asetilin caranya sama.

2) Menyalakan api las.

Katup pembakar Oksigen dibuka sedikit. Katup pembakar asetilin dibuka sedikit lebih besar dari Oksigen. Gas dinyalakan dengan korek api las.

Tekanan asetilin jika perlu diperiksa dan di stel kembali.

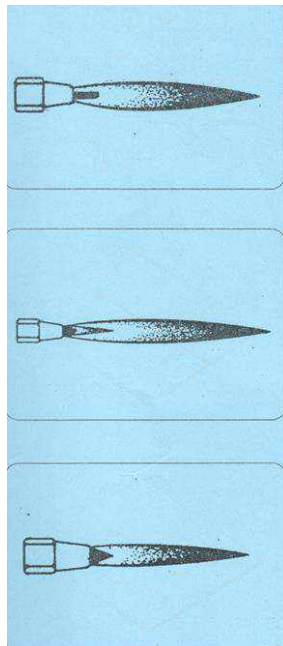
Gambar 2.31. Mengatur tekanan kerja dan menyalakan api



3) Menyetel nyala api las.

- a) Nyala api netral. Katup pembakar asetilin dibuka lebar lebar dan katup oksigen dibuka sedikit Asetilin dikurangi sampai kerucut ke- dua gas hilang.
- b) Nyala karburasi. Mulailah dengan nyala api netral dan asetilin ditambahkan sampai perbandingan antara kerucut dalam dengan nyala asetilin menjadi sesuai.
- c) Nyala terlalu banyak Oksigen.
Mulailah dengan nyala netral dan oksigen ditambahkan sampai kerucut dalam menjadi pendek menurut yang dikehendaki

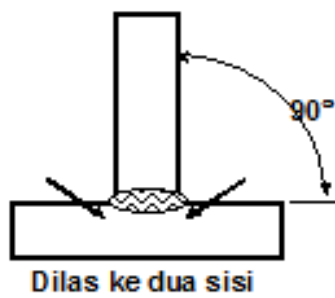
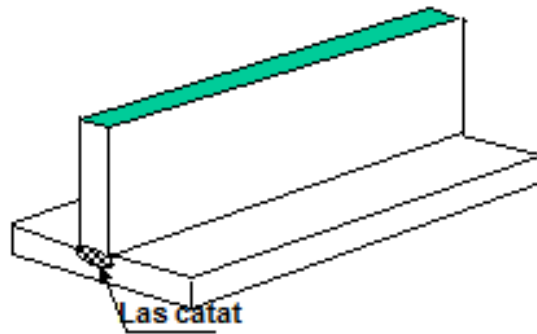
Gambar 2.32 Nyala Api las OAW



10. MEMASTIKAN POSISI KESIKUAN PELAT DAN / ATAU PIPA SESUAI PROSEDUR

Untuk memastikan Pengelasan sambungan sudut (T) pelat pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Pada sambungan sudut cukup di las catat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan

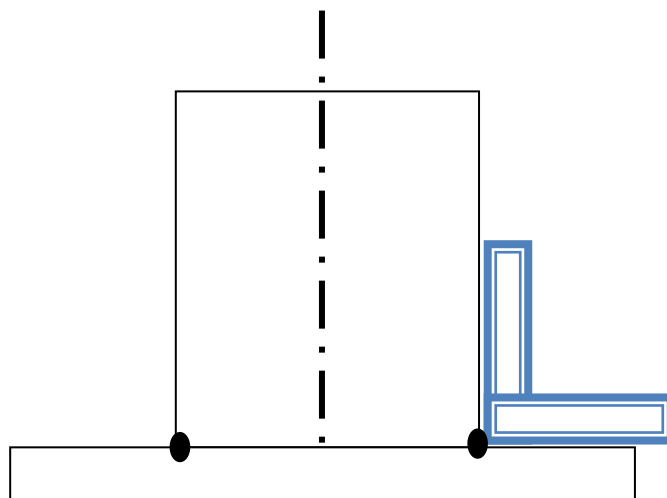
Gambar 2.33 Melakukan Las Catat / Ikat



Gambar 2.34 Mengecek dengan Penggaris Siku/Sudut



Gambar 2. 35 Mengecek Kesikuan Pipa dengan Pelat



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

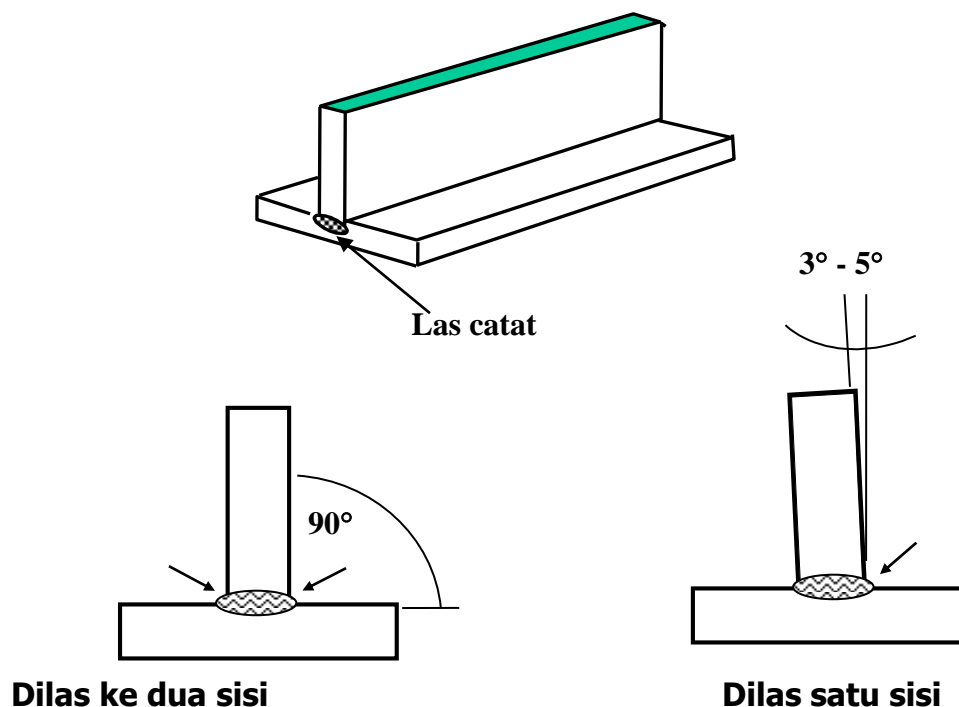
Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan las catat (*tack weld*) adalah sebagai berikut :

Bahan las harus bersih dari bahan-bahan yang mudah terbakar dan karat.

Pada sambungan sudut cukup di las catat pada kedua ujung sepanjang penampang sambungan (tebal bahan tersebut).

Bila dilakukan pengelasan sambungan sudut / fillet (T) pada kedua sisi, maka konstruksi sambungan harus 90° terhadap bidang datarnya. Bila hanya satu sisi saja, maka sudut perakitannya adalah $3^\circ - 5^\circ$ menjauhi sisi tegak sambungan, yakni untuk mengantisipasi tegangan penyusutan / distorsi setelah pengelasan.

Gambar 2.36 : Persiapan Sambungan T



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.

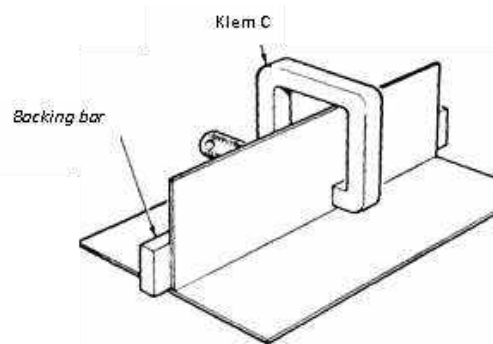
Sebelum pengelasan, dua logam yang akan disambung terlebih dahulu diberikan las ikat.

Sambungan Fillet merupakan jenis sambungan yang banyak digunakan dalam dunia konstruksi maupun bidang manufaktur. Sambungan ini banyak macamnya diantaranya yang umum adalah sambungan "T".

a. Langkah Kerja Tack Welding

- 1) Mengatur arus las (Ampere) sesuai dengan diameter elektroda / wire.
- 2) Mengelas ikat pada kedua ujung kampuh T.
- 3) Gunakan alat bantu pengikat (*jig and fixture*) yang sesuai seperti klem. untuk mencegah terjadinya perubahan bentuk.

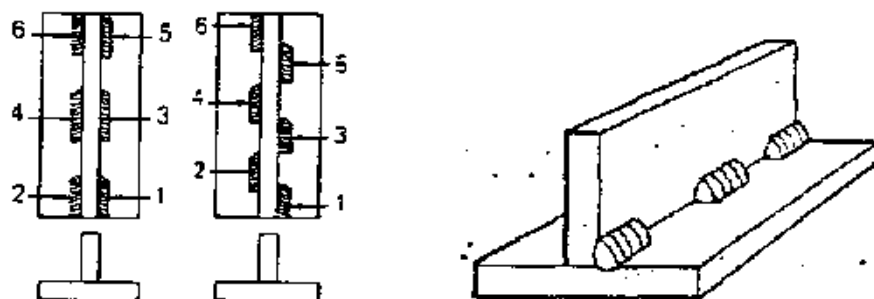
Gambar 2.37. Menggunakan klem



b. Tack weld berurutan (*sequence weld*)

Mengelas sambungan yang panjang ada kecenderungan terjadi distorsi yang besar, untuk pencegahannya ialah dengan melakukan teknik pengelasan berurutan (*sequence-weld*).

Gambar 2.38. Teknik tack welding berurutan



Untuk menjaga agar kedua pelat jangan sampai bergeser dari posisi yang telah ditetapkan, maka kedua pelat di ikat dengan las ikat pada kedua ujung sambungan. Kedua pelat harus saling bersentuhan sedemikian rupa, supaya setelah diikat dengan las, tidak menunjukkan adanya bagian yang bersentuhan itu longgar atau meneruskan sinar. Benda kerja

diletakkan pada alat bantu posisi (kanal U) dalam posisi datar dibawah tangan. Untuk menyalakan elektroda/wire dimulai pada titik ± 15 mm dari awal pinggir ujung sambungan. Dan apabila busur listrik sudah menyala, maka batang elektroda/wire digeser kearah permulaan dan selanjutnya proses pengelasan dapat dimulai.

Hasil dari pengelasan sambungan fillet ini dikatakan baik, apabila penampang fillet menunjukkan peletakan yang sama dan rata pada kedua sisi pelat atau simetris Dalam pengelasan sambungan fillet ini berarti bahwa ada dua pelat yang bertemu dalam posisi tegak lurus, pertemuan ini disebut pertemuan T.

Gambar. 2.39 simbol kampuh sambungan fillet (T)



Sambungan fillet dari hasil pengelasan pertemuan T atau disebut sambungan T dapat ditunjukkan dengan symbol seperti gambar. Dengan memakai simbol-simbol, maka bentuk kampuh yang diminta, lebih jelas ditunjukkan. Seperti yang telah kita kenal beberapa kampuh sambungan T yaitu antara lain: Datar; Cembung ; dan Cekung.

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan Sambungan fillet sesuai WPS untuk pengelasan Pelat ke Pelat, Pipa ke Pipa dan Pelat ke Pipa sesuai dengan proses las yang digunakan.

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 Permukaan bidang lasan bebas kotoran dan karat
9. Melakukan *Setting* parameter las pada mesin las dilakukan sesuai WPS
10. Posisi kesikuan pelat dan / atau pipa dipastikan sesuai prosedur
- 11 . Melakukan Tack welding (las cantum) sesuai prosedur

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Persiapan Pengelasan sambungan las fillet.

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 SAMBUNGAN LAS FILLET

A. Pengetahuan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Sambungan las Fillet

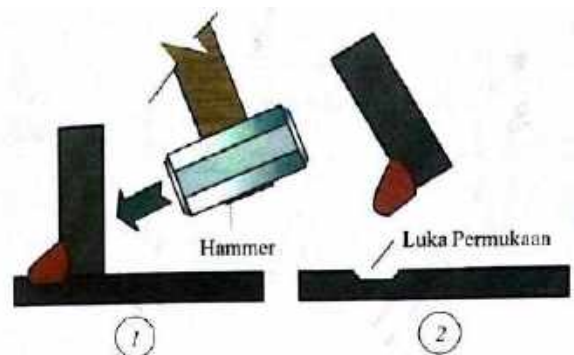
1. Menghilangkan Tack Welding (Las Cantum) Sesuai Prosedur

Sambungan logam dasar di *tack weld*, untuk mencegah atau mengontrol distorsi pada waktu mengelas. Pengelasan ini dapat dilakukan dalam satu, dua, atau tiga pass. Jika dilakukan dalam satu operasi, *welder* harus menggunakan gerakan *weaving* untuk mendistribusikan logam bahan tambah / filler pada sambungan las fillet, sehingga memperoleh fusi yang kuat. Jika menggunakan dua atau lebih manik las untuk menyelesaikan pengelasan, maka *welder* seharusnya membersihkan manik las terlebih dahulu sebelum membuat manik las selanjutnya. Hal ini berfungsi untuk mencegah masuknya terak dalam manik las atau *pass* selanjutnya. Penembusan pada pengelasan ini ringan, dan dibuat di atas permukaan logam dasar. *Tack welding* dihilangkan apabila menggunakan *filler* / bahan tambah.

a. Cara yang salah

Sarana bantu yang berupa kupingan, lig, braket dan sirip sementara yang dilaskan dengan tack weld pada permukaan dinding peralatan yang distel, dilepas secara paksa dengan menggunakan alat pemukul. Akibatnya permukaan dinding peralatan luka dan terpaksa harus dilas kembali sebelum digerinda rata dan diuji penetrant untuk mendeteksi kemungkinan adanya cacat/kelainan

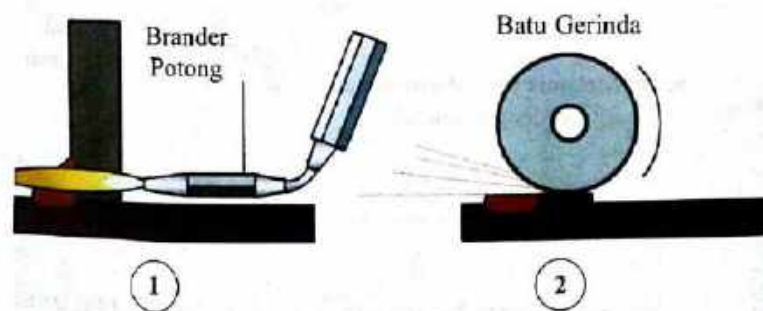
Gambar. 3.1 Cara pelepasan Tack Weld salah



b. Cara yang benar

Sarana bantu dipotong dengan brander potong autogen hingga bagian yang paling pendek yang dapat dicapai tanpa merusak permukaan peralatan. Bagian sarana bantu yang masih menempel di dinding peralatan kemudian digerinda rata dengan dinding peralatan tersebut dan diuji penetrant.

Gambar. 3.2 Cara pelepasan Tack Weld benar

**2. Memastikan Arah Pergerakan Las Sesuai Prosedur****a. Arah Pergerakan Las SMAW**

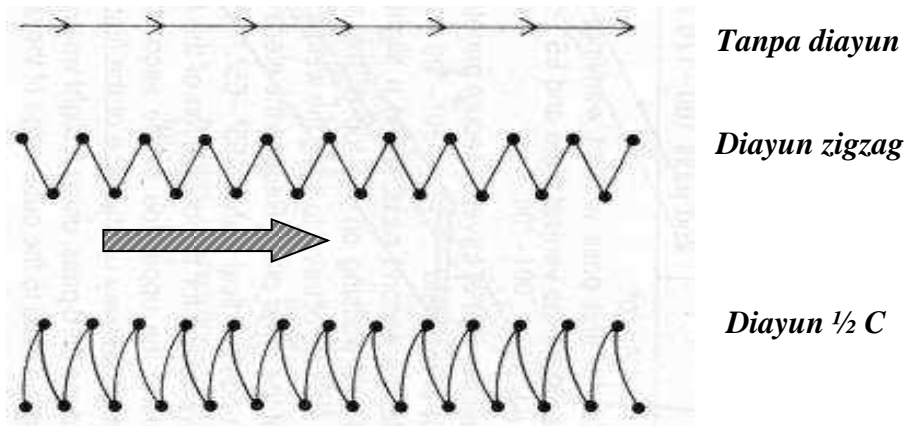
Arah pengelasan (elektroda) pada proses las busur manual adalah arah mundur atau ditarik, sehingga bila operator las menggunakan tangan kanan, maka arah pengelasan adalah dari kiri ke kanan. Demikian juga sebaliknya, jika menggunakan tangan kanan, maka tarikan elektroda adalah dari kanan ke kiri. Namun, pada kondisi tertentu dapat dilakukan dari depan mengarah ke tubuh operator las.

Dalam hal ini, yang terpenting adalah sudut elektroda terhadap garis tarikan elektroda sesuai dengan ketentuan (prosedur yang ditetapkan) dan busur serta cairan logam las dapat terlihat secara sempurna oleh operator las.

Pada pengelasan sambungan T maupun pada sambungan tumpul posisi di bawah tangan secara umum untuk jalur pertama adalah ditarik tanpa ada ayunan elektroda, tapi untuk jalur kedua dan selanjutnya sangat tergantung pada kondisi pengelasan itu sendiri, sehingga dapat dilakukan ayunan atau tetap ditarik seperti jalur pertama.

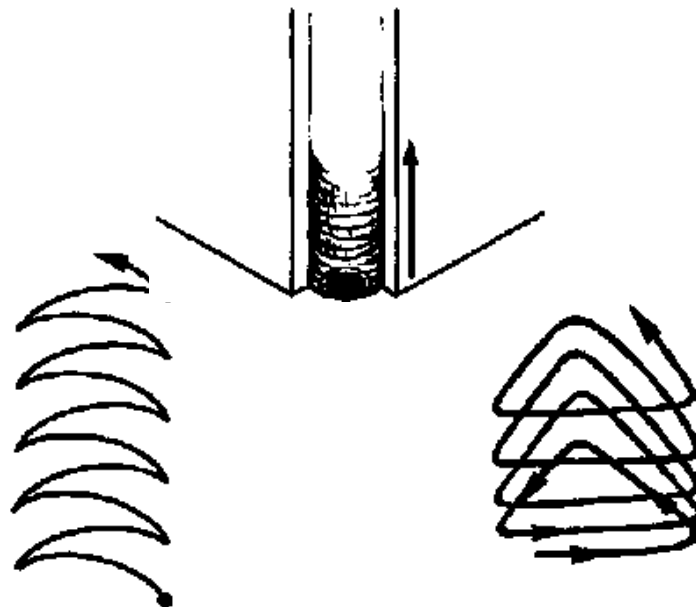
Sedangkan pada posisi horizontal, baik untuk sambungan sudut / T atau sambungan tumpul secara umum tidak dilakukan ayunan/ gerakan elektroda (hanya ditarik) dengan sudut yang sesuai dengan prosedurnya.

Gambar 3.3 : Arah dan Gerakan Elektroda



Khusus untuk gerakan elektroda pada pengelasan sambungan sudut (*fillet*) posisi tegak naik (misalnya pada sambungan T dan sambungan sudut luar atau dalam) dapat dilakukan gerakan $\frac{1}{2}$ lingkaran atau segi tiga.

Gambar 3.4 : Arah dan Gerakan Elektroda



b. Arah pergerakan las GMAW/FCAW

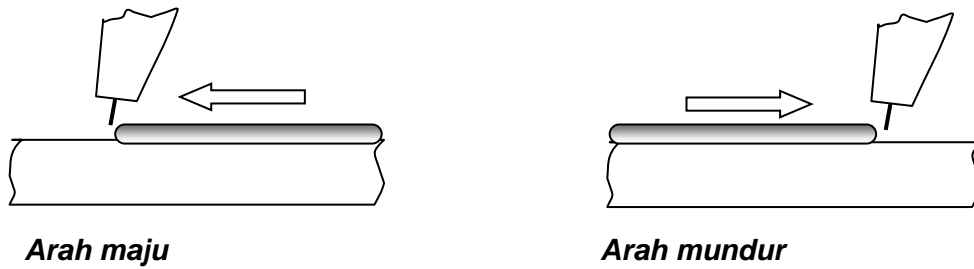
Arah pengelasan yang dapat dilakukan pada las menggunakan GMAW ada dua,

yaitu arah maju dan arah mundur

Pengelasan arah maju adalah apabila *holder* atau *welding gun* atau tang las dipegang tangan kanan, arah pengelasan dimulai dari sisi kanan ke kiri.

Pengelasan arah mundur adalah apabila *holder* atau *welding gun* atau tang las dipegang tangan kanan, arah pengelasan dimulai dari sisi kiri ke

Gambar 3.5 Arah gerakan pengelasan

**Arah maju****Arah mundur**

Dari kedua arah pengelasan tersebut, untuk konstruksi yang sedang dan berat, arah maju lebih dianjurkan, dengan alasan dalam proses pengelasan akan terjadi *cleaning action* pada permukaan yang disambung lebih baik, di samping itu jalur yang akan dilas akan dapat dilihat dengan lebih jelas apabila dibanding dengan arah mundur. Walaupun demikian arah pengelasan mundur lebih sering digunakan pada pengelasan logam yang tipis

Gerakan/ayunan *Tang Las*

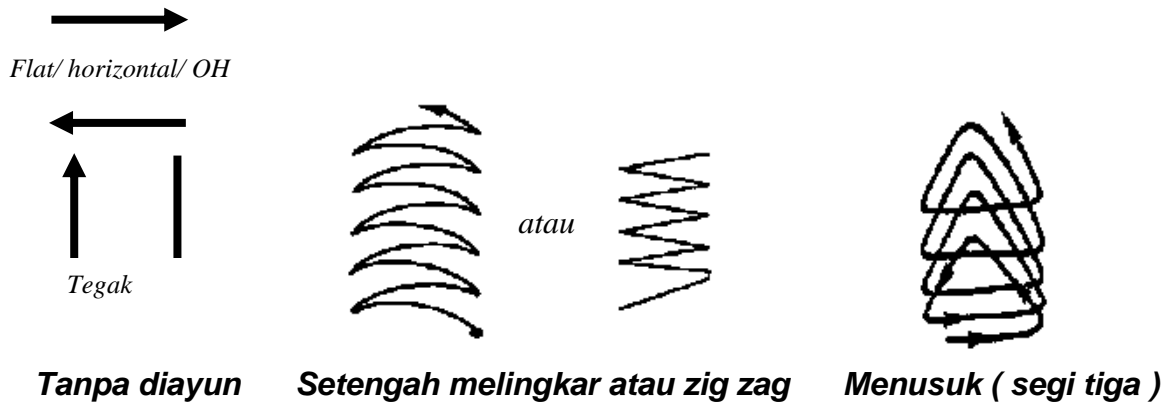
Gerakan/ayunan tang las (welding gun) pada GMAW, terutama dipengaruhi oleh:

- Bentuk sambungan
- Tebal bahan
- Lebar persiapan sambungan
- Jenis bahan
- Posisi pengelasan.

Gerakan/ayunan tang las diupayakan lurus, apabila tidak memungkinkan gerakan lurus (misal pengelasan arah naik) diusahakan menggunakan ayunan ke samping seminimal mungkin. Misal lebar ayunan untuk setiap jalur maksimal 15 mm

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

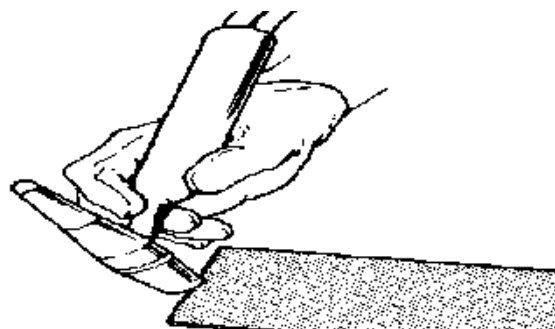
Gambar 3.6 Ayunan Pengelasan



c. Arah pergerakan las GTAW

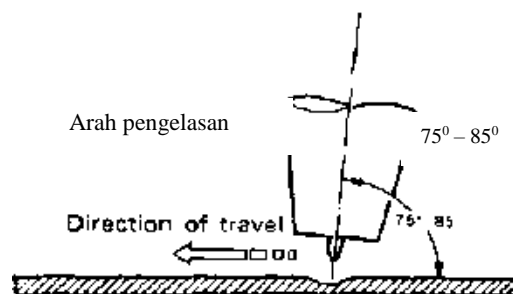
Arah pengelasan yang dapat dilakukan pada las menggunakan GTAW yaitu dengan cara Gagangan mulut pembakar (hold torch) depegang antara dua jari yaitu ibu jari dengan telunjuk tangan kanan dan ditahan oleh tangan bagian bawah.

Gambar 3.7 : Posisi memegang gagang mulut pembakar (torch)



Gagang mulut pembakar cenderung membawa kearah belakang , oleh karena itu arahkan titik pengelasan pada bagian yang akan disambung dengan sudut kemiringan elektroda tungsten antara 75° - 85° sudut ini digunakan mulai proses penyambungan awal sampai berakhirnya pengelasan.

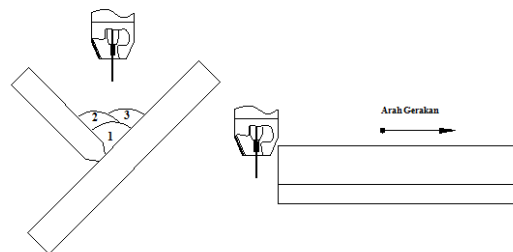
Gambar 3.8 : Posisi sudut elektroda tungsten dan arah pengelasan bawah tangan



d. Arah pergerakan las untuk SAW

SAW Machine berguna untuk pengelasan panjang seperti pada pengelasan sudut (*Fillet*) pada Beam-beam Jembatan atau sambungan datar (*Butt Joint*) untuk panel-panel pada Kapal laut. Kecepatan pengelasan, Voltase serta kecepatan Kawat Elektrodanya dapat diatur sesuai dengan yang dibutuhkan. Maximum Diameter Kawat Elektroda yang digunakan 4 mm, sedangkan Sumber Powernya harus memiliki karakter Voltase konstan. Sedangkan bagian untuk pengelasannya (*Welding Head*) dapat berputar dan bergerak sepanjang rel baik ke depan, atas, maupun kebawah serta memungkinkan untuk pengelasan secara melingkar.

Gambar 3.9 Arah gerakan elektroda SAW



e. Arah pergerakan las unuk OAW

1) Gerakan pembakar dan kawat las.

Gerakan pembakar maksudnya ialah untuk mengatur pemanasan bahan dasar, agar kedua tepi sambungan mendapat panas yang merata hingga keduanya dapat mencair dalam waktu yang sama. Selain mengatur pemanasan, pembakar juga mengatur bentuk rigi-rigi ialah dengan mengatur cairan kawat las yang terjadi agar betul-betul berpadu dan menembus kedalam celah sambungan hingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang baik dan kuat.

Gerakan pembakar dan kawat las tidaklah tetap untuk setiap pengelasan, pembakar hanya bergerak maju, tetapi kadang-kadang harus melingkar atau siksak tergantung dari lebar dan bentuk kampuh las.

Pada pengelasan bahan-bahan yang titik cairnya rendah seperti almunium atau waktu mengelas patri pembakar biasanya digerakkan turun naik untuk

menghindari pemanasan bahan dasar yang berlebihan. Tinggi rendahnya lapisan las tergantung dari cepat atau lambatnya gerakan turun naik kawat las tersebut.

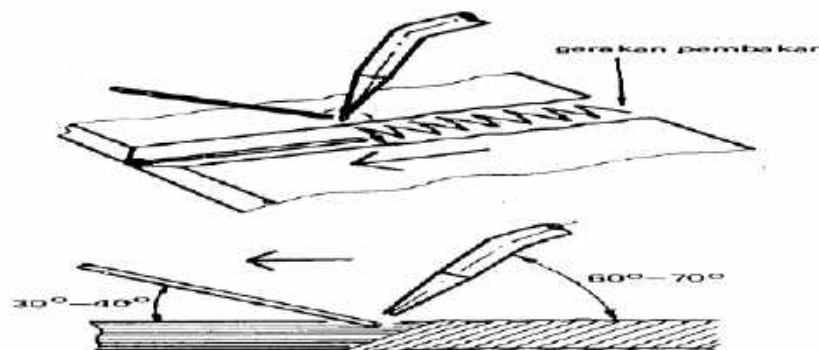
2) Teknik las arah kiri atau maju.

Bila pembakar dipegang dengan tangan kanan, maka pengelasan dimulai dari ujung kanan menuju ke kiri. Teknik las arah kiri terutama dipergunakan untuk mengelas baja yang tebalnya sampai $\pm 4,5$ mm.

Cara ini dipergunakan pula untuk mengelas besi tuang dan bahan-bahan non ferro. Pembakar las sambil maju digerakan melingkar atau setengah lingkaran.

Posisi pembakar dan kawat las terhadap permukaan benda kerja untuk masing-masing bahan dapat dilihat pada gambar :

Gambar 3.10 Arah pengelasan OAW



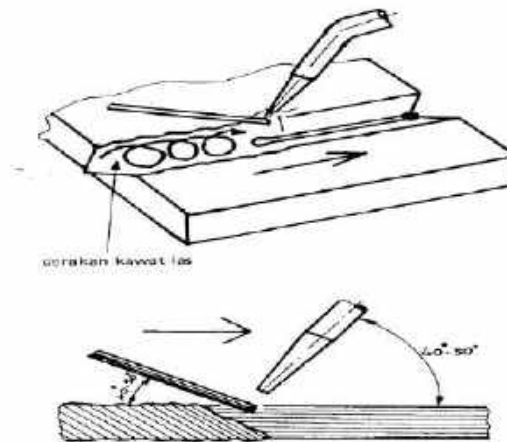
3) Teknik Las Arah Kanan Atau Mundur.

Pembangkar bergerak dari kiri ke kanan, bila pembakar dipegang pada tangan kanan. Cara ini dianjurkan mengelas baja yang tebalnya 4,5 mm ke atas. Posisi pembakar dan kawat las bersudut sama ialah 40 – 50° terhadap permukaan benda kerja.

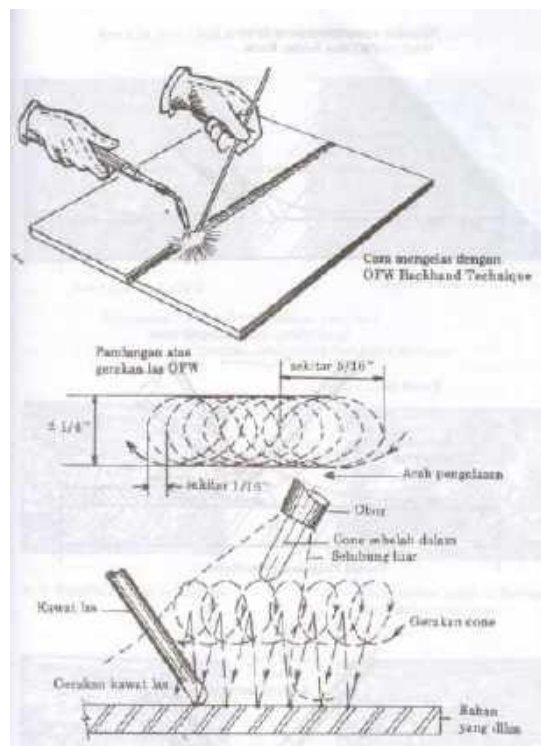
Sudut pembakar lebih kecil atau miring maksudnya untuk menahan cairan yang mengalir mendahului pengelasan. Nyala api ditujukan pada kawat las yang digerakan sambil mengatur kawat las pada sambungan.

Pengelasan arah kanan atau mundur biasanya hanya dilakukan pada logam baja.

Gambar 3.11 Arah pengelasan OAW



Gambar 3.12 Arah/ayunan pengelasan OAW



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

- a. 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

Gambar 3.13 Karakteristik Busur Dari Proses Pengelasan

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		

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 :

- 1) Menghasilkan rigi-rigi hasil las yang baik dan halus
- 2) Tembusan lasnya baik
- 3) Perpaduan dengan bahan dasarnya baik
- 4) 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 :

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

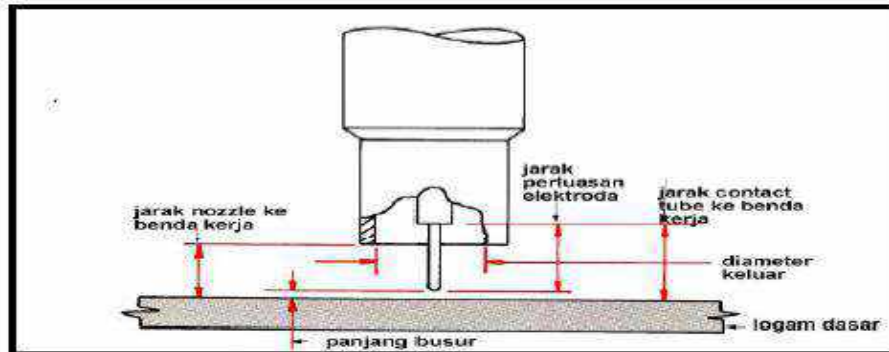
Bila jarak nyala busur las lebih kecil dibandingkan dengan diameter kawat inti elektroda ($L < D$) , maka akan menyebabkan semakin susahnya menjaga nyala busur listriknya. Bila hal tersebut terjadi maka akan terjadi pembekuan terhadap bagian ujung elektrodanya dan pada las-lasannya akan berakibat sebagai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

- 10) Rigi-rigi pada hasil lasnya tidak akan merata
- 11) Tembusan las yang dihasilkan tidak akan baik
- 12) Jalur las-lasannya terlalu kecil
- 13) Percikkan teraknya berbentuk bola dan kasar
- 14) Rigi las sempit dan menggembung las karena oksidasi dan nitridasi
- 15) 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

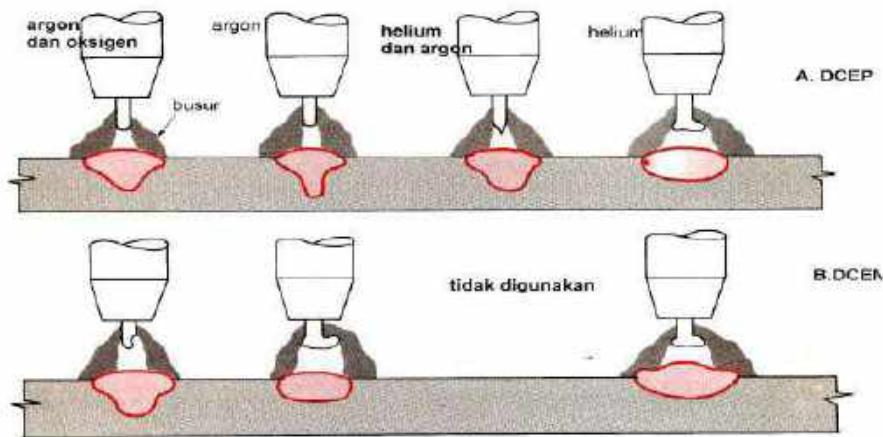
las dinyatakan sesuai jika dihasilkan penutupan terak yang tepat. Jika kecepatan las ditambah dengan arus las dan panjang busur tetap, lebar rigi-rigi las akan berkurang. Jika kecepatan pengelasan dikurangi, maka lebar rigi las dan ketinggian penguat akan bertambah, dan akan terbakar jika logam induk tipis.

Gambar 3.14 Jarak Elektroda Dengan Material



- A. Dalam GMAW / FCAW, elektroda berdiameter kecil secara kontinyu diumpun pada kecepatan tinggi. Penggunaan kecepatan yang tinggi harus disesuaikan dan membuat kesulitan dalam perubahan panjang busur. Konsekuensinya, elektroda yang diumpun harus dalam kecepatan umpan yang konstan dan level arus pengelasan tertentu yang dipilih untuk di sesuaikan dengan kecepatan pengumpanan elektroda. Seiring dengan pertambahan 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 pelelehan elektroda. Panjang busur dijaga stabil dengan menyeimbangkan kecepatan peleburan dengan kecepatan pengumpanan kawat elektroda

Gambar 3.15 Busur Las GMAW / FCAW dengan berbagai macam gas dan polaritasnya



Dalam Pengelasan dengan gas pelindung Argon (Tungsten Inert Gas) Merupakan salah satu pengembangan dari pengelasan yang telah ada yaitu pengembangan dari pengelasan secara manual yang khususnya untuk pengelasan non ferro (aluminium, magnesium kuningan dan lain-lain, baja spesial (Stainless steel) dan logam-logam anti korosif.lainnya

Juga Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) ini tidak menggunakan proses elektroda sekali habis (non consumable electrode) , Temperatur yang dihasilkan dari proses pengelasan ini adalah 30.000 ° F atau 16.648 ° C dan fungsi gas pelindung adalah untuk menghindari terjadinya oksidasi udara luar terhadap cairan logam yang dilas, maka menggunakan gas Argon, helium murni atau campuran salah satu sifat dari gas ini adalah bukan merupakan bahan b akar,melainkan sebagai gas pelindung. Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) merupakan pengelasan yang sangat tinggi kualitasnya

- Penyalaan busur dan operasional pengelasan
 - busur akan menyala apabila ada sentuhan dengan benda kerja
 - Dengan sentuhan elektroda pada bagian benda kerja maka elektroda akan menunjukkan keadaan panas hal inilah akan terjadi awal pengelasan dengan las busur dalam penyambungan.
 - Sebagai dasar dalam awal terjadinya daerah pencairan logam terbentuk, maka bahan tambah dipanaskan sampai mencapai cairan pada tersebut sehingga akan membentuk jalur las.

- Kestabilan busur

Bentuk busur sangat halus,tidak berisik atau suara terputah-putah.(menggunakan gas argon)

- Ketidakstabilan kotoran dari elektroda

Hal ini diakibatkan dari terjadinya oksida antara elektroda dengan udara atau oksida berhubungan langsung dengan daerah pencairan bahan tambah yang dilindungi busur (arc) Uatu terputus oleh adanya kotoran pada mulut pembakar

- Terlalu besarnya diameter elektroda

Kondisi nyala busur tidak stabil dan akan mengakibatkan terlalu dalamnya penembusan cairan , juga dengan sedikitnya elektroda yang mengalir

- Kelebihan panjang busur

Hasilnya tidak stabil dan busurnya penyalaan busur sangat singkat.

- Sudut busur penyambungan terlalu tajam

Penyebab terjadinya sering lompat-lompat dari sisi ke sisi lainnya.dan melebarnya celah pengelasan atau sering tertutupnya celah pekerjaan.

- Panjang Busur

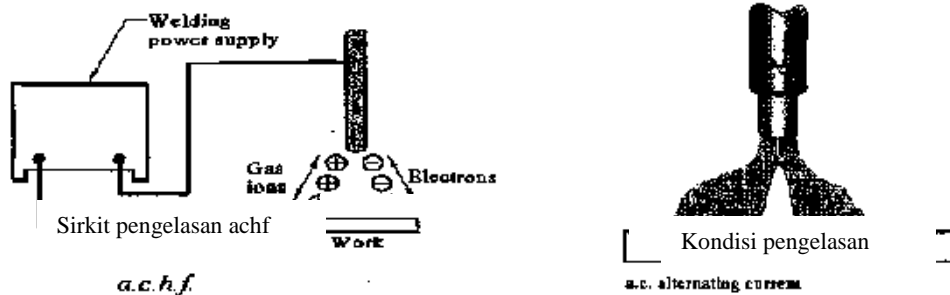
Mempertahankan kondisi busur yang pendek (disesuaikan dengan diameter elektroda dan jaraknya kurang lebih 1/8 in). Jika busur ukurannya panjang, maka penetrasi cairan tidak akan sempurna, terutama pada sambungan fillet, sangat mungkin akan terjadinya pengikisan pada permukaan (undercutting), tinggi jalur berlebihan dan bentuk dan hasil tidak standar

- Nyala busur terputus

Secara perlahan-lahan nyala busur akan berkurang dan daerah pencairan akan menyempit .jumlah bahan tambah yang masuk kedaerah pencairan harus sama dengan yang dikehendaki, pada saat posisi horizontal nyala api busur akan terputus putus

Gambar 3.16 : Busur las GTAW

Sumber daya pengelasan dengan a c



- c. Pada dasarnya prinsip kerja dari mesin las busur rendam (Submerged Arc Welding) yaitu Kawat Elektroda berbentuk kumparan dengan panjang total bervariasi dari 20 Meter

sampai dengan 100 Meter, yang terpasang pada suatu unit Motor pengatur kecepatan. Sehingga kecepatan pengisian Kawata Elektroda tersebut dapat konstan. Kawat Elektroda ini akan melewati Nozzle yang berfungsi sebagai penyearah serta penahan panas.

Dalam hal pengelasan dengan menggunakan kawat Elektroda Tunggal (*Single Wire Elektroda*).

Batang Kawat Elektroda berjalan dan mengalir melalui Kontak Nozzle yang terletak didalam Cerobong yang terisi dengan Fluksi.

Busur api terjadi / timbul diantara Kawat Elektroda dan Material Las (Base Metal), yang kemudian akan mencair serta larut bersama. Bersamaan dengan itu sebagian dari Fluksi akan ikut mencair dan setelah mendingin akan disebut dengan Terak.

Terak ini akan menutupi serta melindungi cairan logam dan busur api yang terbentuk pada saat proses pengelasan. Sehingga Cairan yang terjadi akan terlindungi dari pengaruh udara luar sampai dengan saat pendinginannya.),

Ketinggian Fluksi harus diatur serendah mungkin, sedemikian rupa sehingga Busur Api listrik yang terjadi tidak kelihatan oleh mata. Jika busur api tersebut terlihat maka akan dapt menimbulkan Porosity pada hasil las. Sebaliknya jika ketinggian Fluksi terlalu tebal, akan mengakibatkan bentuk las yang tidak merata.

Ketinggian Fluksi yang optimal adalah 20 mm untuk proses pengelasan dengan arus dan tegangan listrik rendah.

Sedangkan untuk proses pengelasan dengan arus dan tegangan listrik yang tinggi adalah 30 mm.

Yang dimaksud dengan *Stick Out* adalah jarak antara benda kerja dengan ujung kawat elektroda.

Pada umumnya Jarak tersebut sama dengan ketinggian Fluksi yaitu antara 20 – 30 mm.

Semakin panjang Jarak pada proses pengelasan, ketebalan lapisan las yang dihasilkan akan semakin besar sampai dengan 40%.

Dalam hal ini maximum jarak adalah :

- Untuk Kawat Elektroda Diameter 3,2 mm = 76 mm.
- Untuk Kawat Elektroda Diameter 4 mm = 128 mm.

d. Jenis nyala api yang digunakan untuk proses pengelasan, pemanasan dan pemotongan. Penggunaan atau pengaturan jenis nyala api berdasarkan besar tekanan yang keluar dari tabung yang diatur melalui regulator kemudian disalurkan melalui slang gas.

Jenis nyala api oksigen asetilen ini juga berpengaruh terhadap nilai temperaturnya. Temperatur pada nyala api ini dapat mencapai 3000 derajat celcius. Untuk Anda yang ingin mengetahui macam macam nyala api dan penjelasannya, berikut ini detailnya.

Macam Macam Nyala Api Okxygen Acetylene dan Penjelasannya :

Nyala Api Las Oksigen Asetilen :

- 1) Nyala Api Oksidasi (Nyala Oksigen lebih).
- 2) Nyala Api Karburasi (Nyala asetilen lebih).
- 3) Nyala Api gas oksigen dan asetilen sama).

1) Nyala Api Oksidasi.

Nyala Api Oksidasi atau Oksigen lebih adalah jenis nyala api yang mempunyai tekanan gas oksigen lebih besar dibandingkan tekanan gas asetilen. Bentuk nyala api ini seperti kerucut namun pendek dan terdapat

seperti aliran gas oksigen ditengahnya.

Fungsi Nyala Api Oksidasi : Untuk pemotongan material logam dan untuk pengelasan dengan jenis material perunggu dan kuningan.

2) Nyala Api Karburasi.

Nyala karburasi atau nyala asetilen lebih adalah jenis nyala api yang mempunyai tekanan gas asetilen lebih besar dibandingkan dengan tekanan gas oksigen. Bentuk nyala api ini terdapat tiga daerah dimana antara kerucut nyala dan selubung luar akan terdapat kerucut antara yang berwarna keputih-putihan.

Fungsi nyala api karburasi untuk pengelasan bahan logam Monel, Nikel, berbagai jenis baja. Selain itu juga digunakan untuk heat treatment dan bahan pengerasan permukaan nonferrous.

3) Nyala Api Netral

Nyala Api Netral atau tekanan gas oksigen dan asetilen seimbang adalah jenis nyala api yang tekanan oksigen dan tekanan asetilen sama. Untuk bentuknya ini ukurannya lebih kecil dan terfokus.

Fungsi nyala api netral Untuk pengelasan baja, baja tahan karat, besi cor

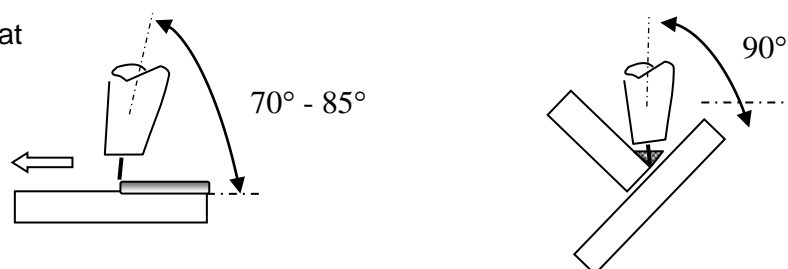
4. Menjaga Kestabilan Sudut Pengelasan Sesuai Prosedur Pada Posisi Kualifikasi Las *Fillet*

Salah satu faktor yang ikut menentukan kualitas hasil pengelasan adalah sudut pengelasan. Yang dimaksud dengan sudut pengelasan adalah sudut yang dibentuk oleh permukaan bahan dengan tang las/ *welding gun*

Sudut pengelasan yang disarankan pada beberapa posisi adalah seperti berikut:

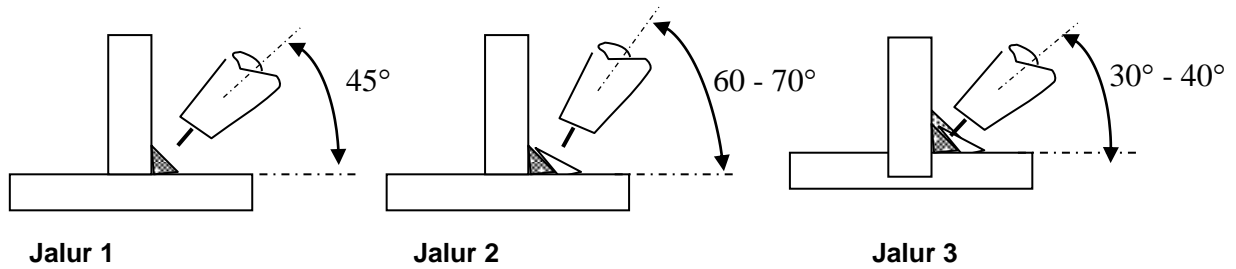
Gambar 3.18 Sudut pengelasan *Down Hand*

a. Posisi Flat



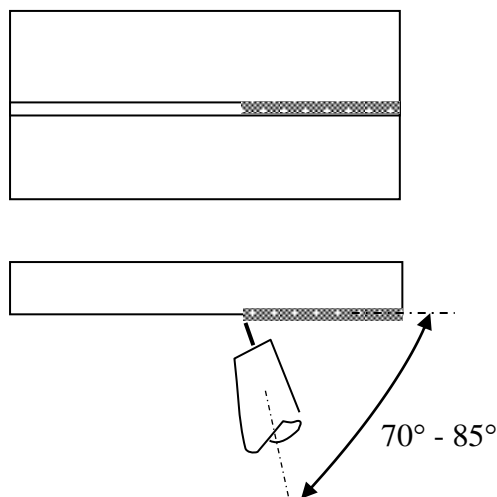
Gambar 3.11 Sudut pengelasan *Down Hand*

a. Posisi Horizontal Sambungan T



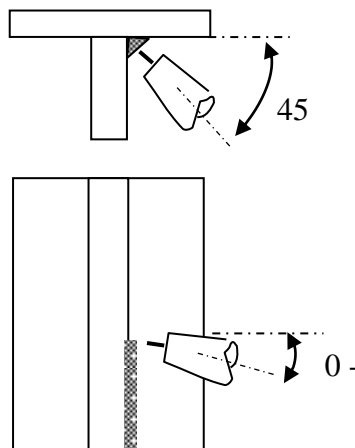
Gambar. 3.19 Sudut Pengelasan Sambungan Tumpul

c. Posisi Horizontal pada Sambungan Tumpul



d. Posisi Tegak

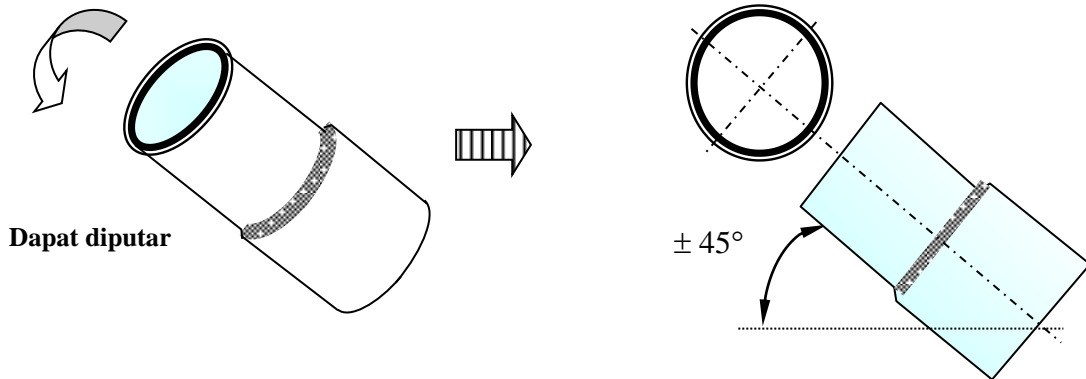
Gambar. 3.20 Sudut Pengelasan Sambungan 3F



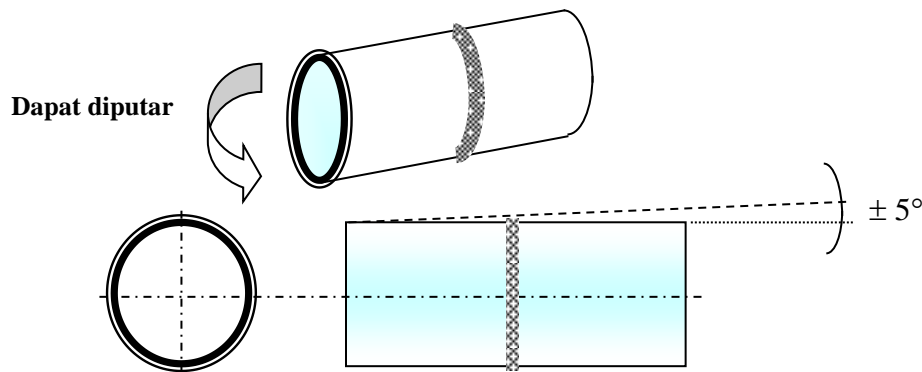
e. Pengelasan Pipa Posisi 1F dan 1G

Pengelasan posisi 1F (sumbu pipa miring 45°) dan posisi 1G (sumbu pipa mendatar) adalah pengelasan seperti di bawah tangan (*flat*) dan pada pengelasannya pipa dapat diputar

Gambar 3.21 : Posisi 1F



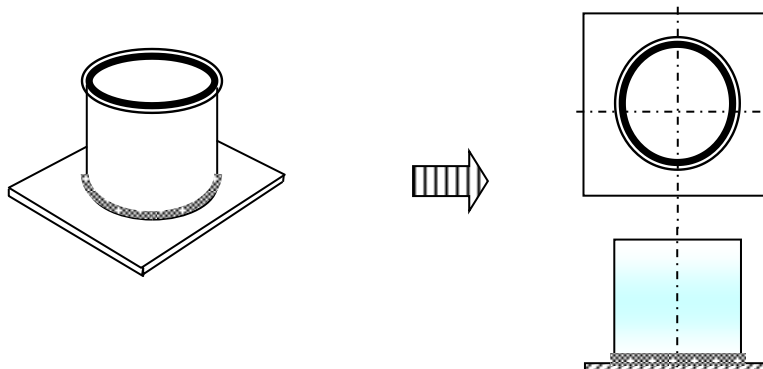
Gambar 3.22 : Posisi 1G



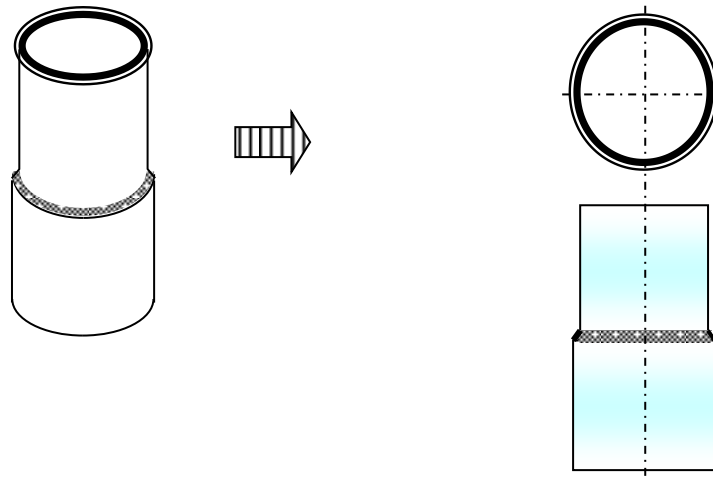
f. Pengelasan Pipa Posisi 2F

Pengelasan pipa posisi 2F (posisi sumbu pipa tegak/ vertikal) merupakan pengelasan jalur mendatar (horizontal), di mana pipa dapat diputar atau operator las mengikuti kelengkungan pipa (berputar).

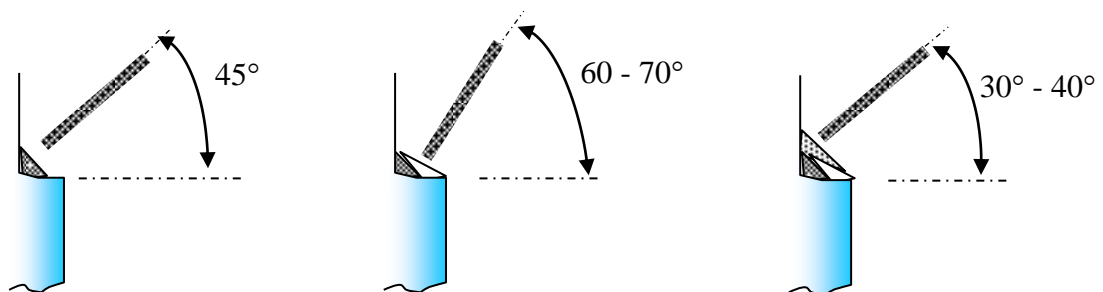
Gambar 3.23 Pengelasan 2F (pipa-Flens)



Gambar 3.24 : Posisi 2F Pipa



Gambar 3.25 : Penempatan/ peletakan Bahan Posisi 2F dan Posisi Elektroda



dan pengelasan tembaga.

5. Membersihkan Slag (Kotoran)

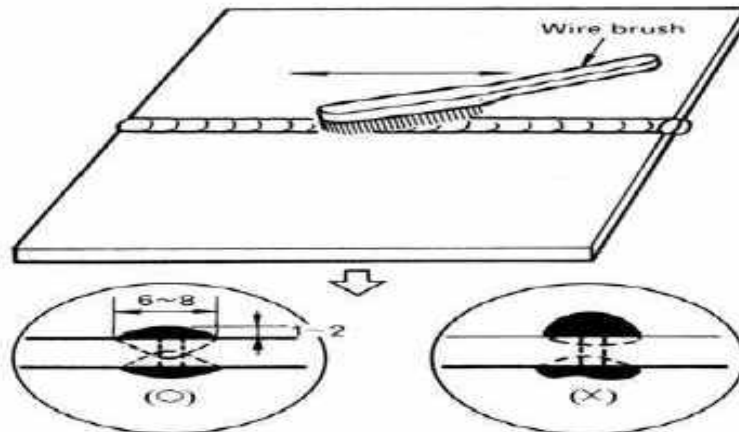
Pembersihan pengelasan dilaksanakan juga pada saat pengelasan, yaitu jika melakukan pengelasan berlapis (*multi layer*) pada pelat tebal. Sebelum melakukan pengelasan berikutnya, maka semua terak las harus dibersihkan dahulu dengan menggunakan alat, berupa sikat kawat/wire brush, palu tetek/*chipping 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.

Gambar 3.26 Pembersihan Material hasil pengelasan

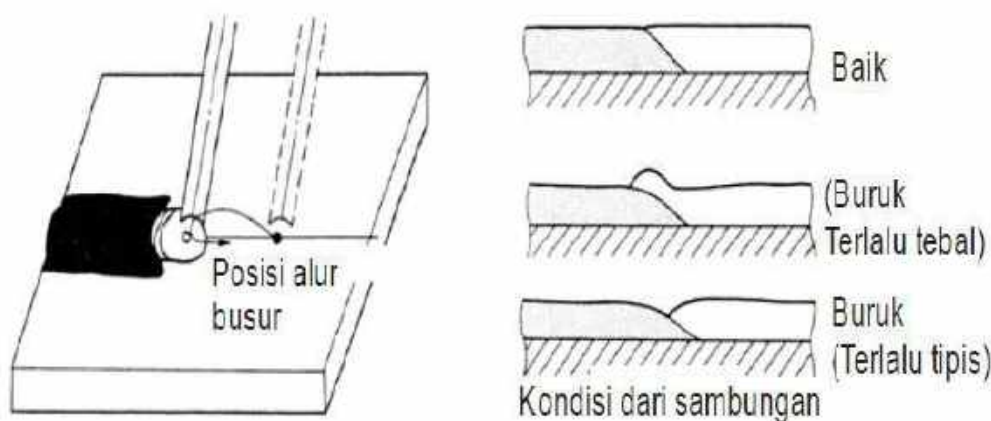


6. Memastikan Sambungan Lasan Pada Start Stop Bebas Dari Cacat Las

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

- a. Bersihkan ujung lubangny.
- b. Nyalakan busur sekitar 20 mm di depan kawah las dan putar balik kekawah lasnya.
- c. Buatlah endapan sehingga kawah lasnya terisi kemudian pindahkan elektrodanya ke depan

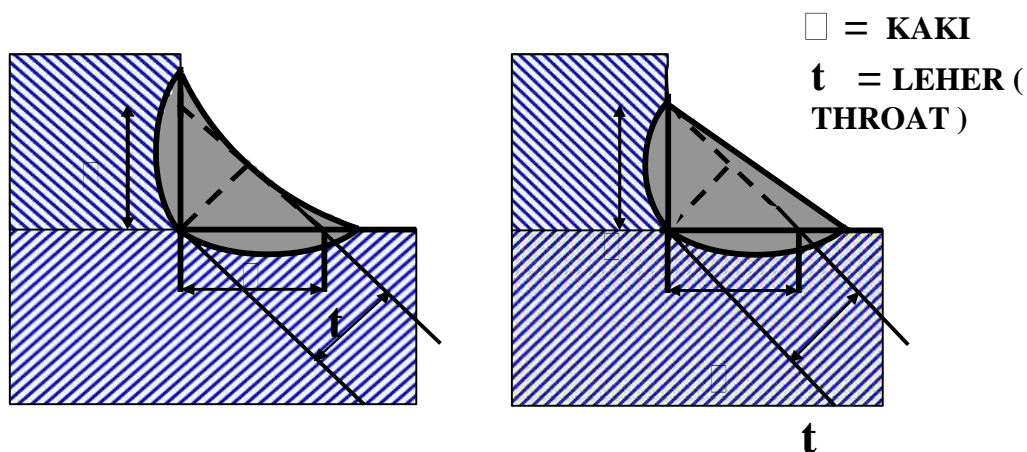
Gambar 3.27 Gambar Sambungan Las

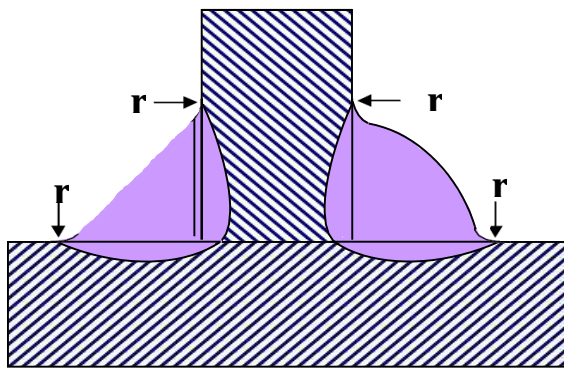


7. Menjaga Interpass Temperature Sesuai Prosedur

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. 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.

Gambar 3.28 Gambar Bagian Pengelasan Sambungan Fillet





LAS FILLET HARUS CUKUP MENEMBUS PERMUKAAN BAHAN, TIDAK MEMBUAT UNDERCUT PADA SISI SISINYA NAMUN MEMBENTUK HUBUNGAN YANG HALUS (MELENGKUNG) DENGAN PERMUKAAN BAHAN.

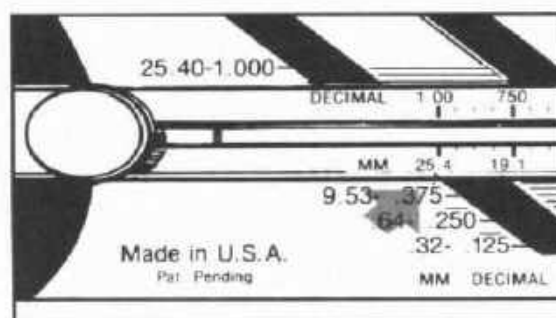
Root pass menggunakan amper 70 – 100 alasan amper rendah ada lah agar tidak tembus dan menetes dan mengakibatkan cacat terbakar tembus (*blow hole*) *Hot pass* --- 120 – 140 amper alasan amper tinggi adalah untuk mengapungkan kembali sisa terak pada root pass yang mengakibatkan cacat inklusi terak (slag inclusion) sedangkan amper *cover pass* --- 100 – 110 amper .alasan amper agak rendah adalah agar tidak terjadi sisi

8. Memastikan Ukuran *Throat* dan *Leg Length* Sesuai *Acceptance Criteria* Pada Prosedur

a. Cara menggunakan *adjustable fillet weld gauge* Mengukur kaki las

- 1) Kendurkan pengunci dari *welding gauge*
- 2) Atur kaki *Welding gauge* keatas atau kebawah mengikuti alur yang ada sampai menyentuh kaki las bagian atas.
- 3) Kunci kembali penguncinya lalu baca hasil pengukurannya.

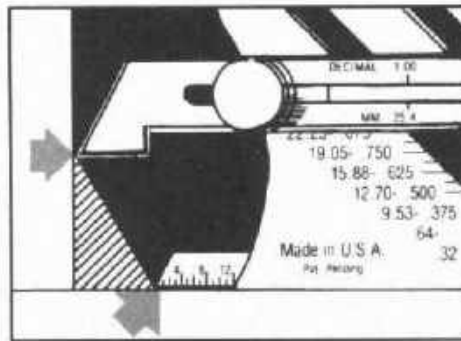
Gambar 3.29. Mengukur kaki las



Apabila kaki las ukurannya berbeda maka dapat menggunakan bantuan mistar

yang ada di bagian bawah Welding gauge yaitu dengan cara menggesernya sampai menyentuh kaki las bagian bawah, seperti terlihat pada gambar. dibawah, lalu baca perbedaan ukuran kaki lasnya.

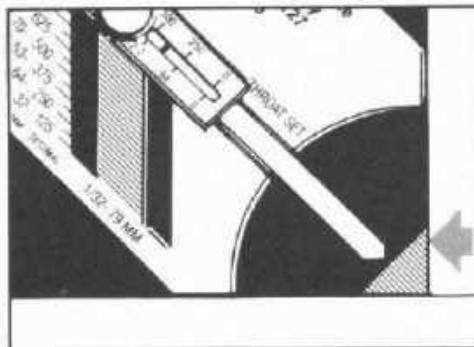
Gambar 3.30. Mengukur perbedaan kaki las



b. Mengukur throat

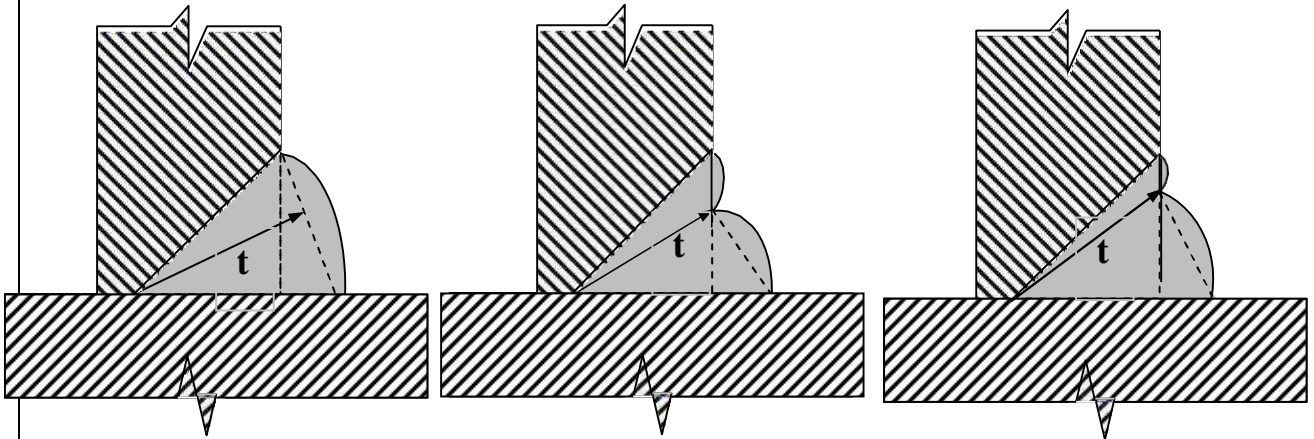
- 1) Kendurkan pengunci welding gauge
- 2) Sentuhkan sisi Welding gauge terhadap permukaan benda kerja yang sudah dilas fillet
- 3) Sentuhkan ekor Welding gauge ke permukaan hasil las, lihat gambar dibawah ini

Gambar 3.31. Mengukur throat



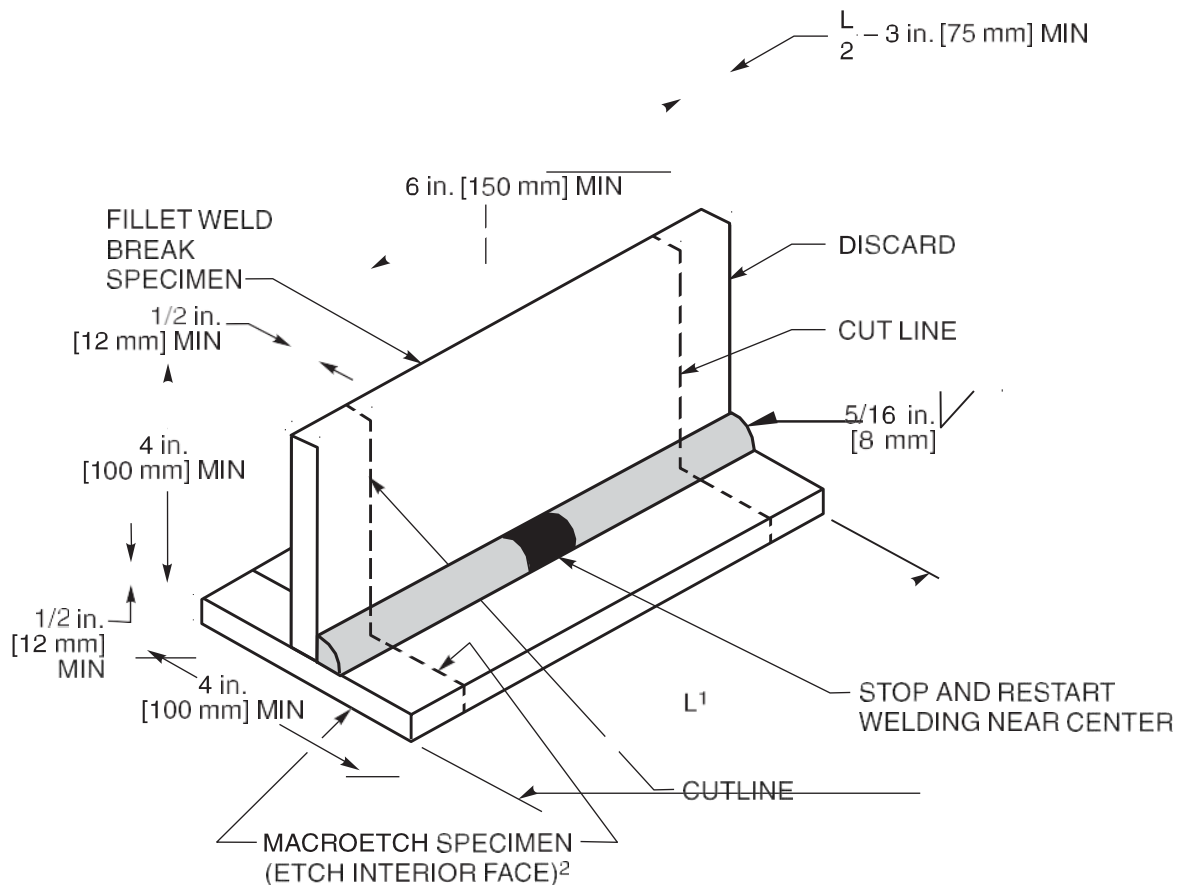
- 4) Kencangkan kembali penguncinya dan Welding gauge siap untuk dibaca.

Gambar 3.32 SKETSA
ANSI/AWS D1.1-94 dan AWS D1.1/D1.1M:2002



CATATAN : LEHER (THROAT) EFEKTIF LAS ADALAH JARAK TERDEKAT DARI AKAR KAMPUH DENGAN PERMUKAAN LAS DENGAN ATAU TANPA DIPOTONG 1/8" (2.3.1.3)

Gambar 3.33 Standard Sambungan Fillet menurut AWS



Notes:

1. $L = 8 \text{ in. [200 mm]}$ min welder, 15 in. [380 mm] min (welding operator).
2. Either end may be used for the required macroetch specimen. The other end may be

discarded.

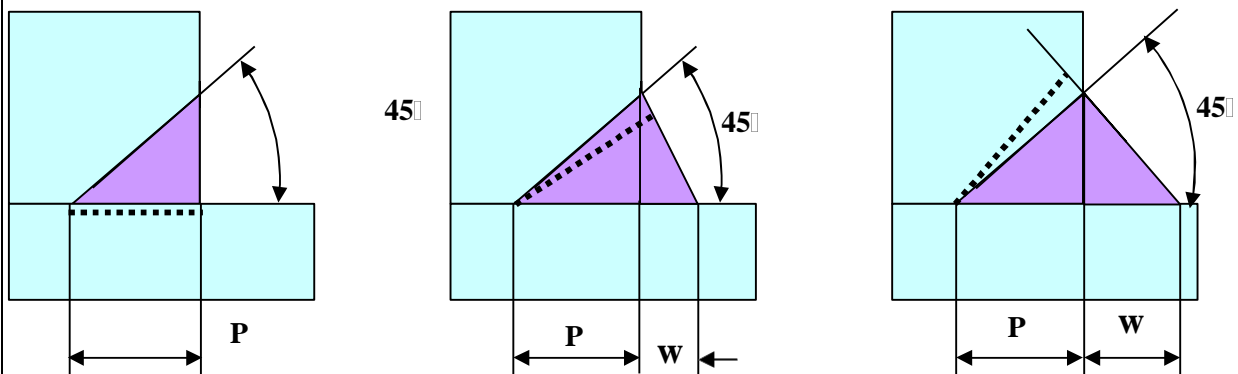
Tabel 3.1 UKURAN MINIMUM LAS FILLET UNTUK SAMBUNGAN YANG TERPRA KUALIFIKASI

TEBAL METAL DASAR LAS FILLET		UKURAN MINIMUM	
in	mm	inc	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6.4$	$1/8$ ***	3
$1/4 < T \leq 1/2$	$6.4 < T \leq 12.7$	$3/16$	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12.7 < T \leq 19.0$	$1/4$	6
$3/4 < T$	$19.0 < T$	$5/16$	8

CATATAN : * Untuk proses non low hydrogen tanpa pemanasan awal yang dihitung sesuai 4.2.2, T = tebal bagian tersambung yang lebih tebal. Untuk proses non low hydrogen yang menggunakan WPS yang dibuat untuk mencegah keretakan sesuai 4.2.2 dan untuk proses low hydrogen, T = ketebalan bagian yang lebih tipis, persyaratan pass tunggal tidak berlaku. ** Kecuali apabila ukuran las tidak perlu melebihi ketebalan bagian tersambung yang lebih tipis.

*** Ukuran minimum struktural yang diberi pembebanan dinamis = $3/16$ " (5 mm)

Tabel 3.2 BERBAGAI UKURAN *FILLET*



TEBAL PELAT (INCI)	DESAIN KEKUATAN		
	LAS KEKUATAN PENUH ($w = 3/4 t$)	50% KEKUATAN PENUH	33% KEKUATAN PENUH
1/4	3/16	3/16	3/16
5/16	1/4	3/16	3/16
3/8	5/16	3/16	3/16
7/16	3/8	3/16	3/16
1/2	3/8	3/16	3/16

9/16	7/16	1/4	1/4
5/8	1/2	1/4	1/4
3/4	9/16	5/16	1/4
7/8	5/8	3/8	4/16
1	1/4	3/8	5/16
1 1/8	7/8	7/16	5/16
1 1/4	1	1/2	5/16
1 3/8	1	1/2	3/8
1 1/2	1 1/8	9/16	3/8
1 5/8	1 1/4	5/8	7/16
1 3/4	1 3/8	3/4	1/2
2	1 1/2	3/4	1/2
2 1/8	1 5/8	7/8	9/16
2 1/4	1 3/4	7/8	9/16
2 3/8	1 3/4	1	5/8
2 1/2	1 7/8	1	5/8
2 5/8	2	1	3/4
2 3/4	2	1	3/4
3	2 1/4	1 1/8	3/4

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

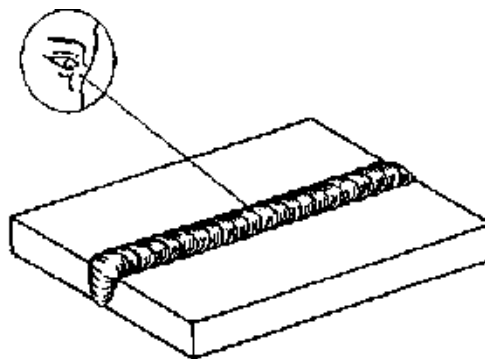
- ✓ Bersihkan terak las/*slag* dengan sikat baja atau stainless steel sesuai dengan logam las.
- ✓ Periksa adanya diskontinuitas atau cacat las (*porosity, under cut* dll.), cocokkan/bandingkan dengan persyaratan yang diminta, jika ada perbaiki.
- ✓ Periksa apakah ukuran las sesuai dengan permintaan (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 3.34 Pengamatan langsung



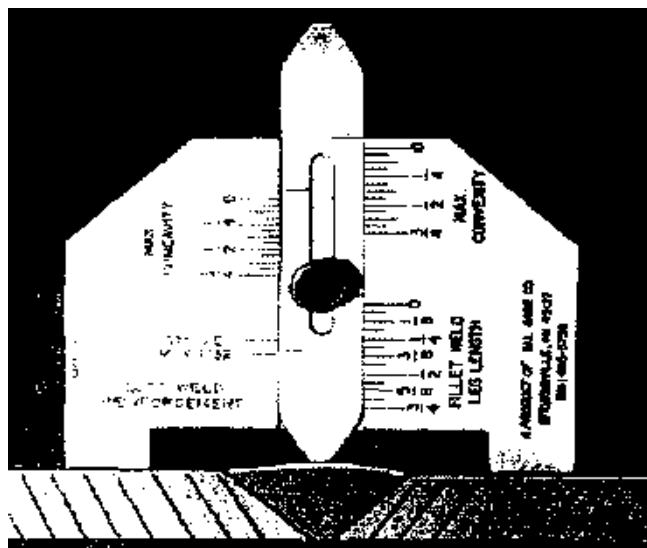
Gambar 3.35 Pemeriksaan Tinggi Rigi Las (*reinforcement*)



Gambar 3.36 Pemeriksaan Panjang Rigi Las



Gambar 3.37 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 3.3 Kriteria Hasil Las

NO.	CACAT LAS	KRITERIA HASIL LAS
1.	Retak	0 mm ² (Tidak ada retak)
2.	Terak terperangkap	Tidak lebih dari dua buah terak dengan luas 2mm ² 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°.

B. Keterampilan yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Sambungan *Fillet*

1. Menghilangkan tack weld pada material las pada saat proses pengelasan sesuai prosedur.
2. Melakukan arah pergerakan las sesuai prosedur.
3. Menjaga kestabilan Arc (busur las) sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (groove) pelat ke pelat.
4. Menjaga kestabilan sudut pengelasan sesuai prosedur pada posisi kualifikasi las kampuh (groove) pelat ke pelat
5. Membersihkan slag material las setelah proses pengelasan selesai
6. Memastikan sambungan las pada stop start bebas dari cacat las
7. Menjaga interpass temperatur sesuai prosedur
8. Memastikan ukuran penetrasi (*root*) dan *reinforcement (cap)* lasan dipastikan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur
9. Memastikan hasil lasan dipastikan sesuai *acceptance criteria* pada prosedur

C. Sikap Kerja yang Diperlukan dalam Melakukan Proses Pengelasan Sambungan *Fillet*.

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

DAFTAR PUSTAKA

A. Dasar Perundang-undangan

1. Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No. 98 Tahun 2018 tentang Penetapan SKKNI Kategori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Logam Dasar Bidang Jasa Pembuatan Barang-barang dari Logam, Subbidang Pengelasan.
2. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. 8 Tahun 2014 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pelatihan Berbasis Kompetensi.
3. Keputusan Dirjen Binalattas No. KEP. 181/LATTAS/XII/2013 tentang Pedoman Penyusunan Modul Pelatihan Berbasis Kompetensi.

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. Hery Sunaryo., *Teknik Pengelasan Kapal jilid I*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
7. Hery Sunaryo., *Teknik Pengelasan Kapal jilid II*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008
8. The Lincoln Electric Company, " *The Procedure Handbook of Arc Welding*" The Lincoln Electric Company, 1973
9. Indonesia Australia Partnership For Skills Development " *Las Busur Manual*", Batam Institutional Development Project 2001
10. Sri Widarto, Menuju Juru Las Tingkat Dunia, Jakarta 2007
11. Sri Widarto, Petunjuk Kerja Las, Jakarta 2006
12. Daryanto, Teknik Las, Bandung 2013

13. William H. Minnick, Profesor Emeritus Palomar College, Gas Metal Arc Welding Handbook, United States of America 1996

14. Kanda Sakuma-Cho Chiyoda-ku. Japan Welding Society, Welding and Joining Technologies, Tokyo Japan 2010

C. Majalah atau Buletin

1. –
- 2.

D. Referensi Lainnya

1. Browsing Internet, *Standar ISO 5817*, 09 Desember pukul 08.00
2. Browsing Internet www.aws.org *Standard symbol for Welding, brazing And Nondestructive examination*. 2004

DAFTAR PERALATAN/MESIN DAN BAHAN

A. Daftar Peralatan/Mesin

No.	Nama Peralatan/Mesin	Keterangan
1.	Laptop, infocus, laserpointer	Untuk di ruang teori
2.	Mesin Las	
3.	Gerinda Portable Maupun Gerinda Fix	
4.	Welding Tools (Chipping Hammer , Pahat Baja , Sikat Baja / Metal , Peening Hammer , Dll.)	
5.	Kabel Las Yang Baik Dan Layak Guna Termasuk Grounding Clamp	
6.	Peralatan Pengamanan Umum Dan Juru Las Seperti : Welding Mask (Topeng Las) , Glove (Sarung Tangan Kulit) , Apron (Celemek Kulit) , Pelindung Kaki Kulit , Pelindung Lengan Kulit , Topeng Gerinda	
7.	Gas (CO2 Argon /Mix, Asetilin)	

B. Daftar Bahan

No.	Nama Bahan	Keterangan
1.	Modul Pelatihan (buku informasi, buku kerja, buku penilaian)	Setiap peserta
2.	Kertas HVS A4	
3.	Spidol whiteboard	
4.	Spidol marker	
5.	Kertas chart (flip chart)	
6.	Tinta printer	
7.	ATK siswa	
8.	Brosur, leaflet	
9.	Lembar pendaftaran	

LAMPIRAN

lampiran 1

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 (*Restraining*)
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

AC	(Alternating Current)
DC	(Direct current)
DT	(Destructive Testing)
DCEP	(DirectCurrent Electrode Positive)
DCEN	(Direct Current Electrode Negative)
DCRP	(DirectCurrent Reserve Polarity)
DCSP	(Direct Current Straight Polarity)
DIN	(Deutsche Industrie Normen)
FCAW	(Fluxs Cored Arc Welding)
GMAW	(Gas Metal Arc Welding)
GTAW	(Gas Tungsten Arc Welding)
ISO	(International Organization for Standardization)
LPG	(Liquit Petroleum Gas)
LNG	(Liquit Natural Gas)
MAG	(Metal Active Gas)
MIG	(Metal Inert Gas)
NC	(Numerical Control)
NDT	(Non Destructive Testing)
PQR	(Procedure Qualification Record)
SAW	(Submerged Arc Welding)
SMAW	(Shielded Metal Arc Welding)
TIG	(Tungsten Inert Gas)
V	(Voltage)
WPS	(Welding Procedure Standard)
AWS	(American Welding Sosaity)
JIS	(Japan Industrial Standard)
ASTM	(American Society for Testing Meterial)
ASME	(American Society for Mechanical Engineers)
AWS	(American Welding Society)
ABS	(American Bureau of Shipping)

HAZ(Heat Affected Zone)
DNV.....(Det Norske Veritas)
NKK.....(Nippon Kaiji Kyokai)
BKI.....(Biro Klasifikasi Indonesia)
QC(Quality Control)
QA (Quality Assurance)
NCR.....(Non Conformity Report)
QCD..... (Quality Cost Delivery)
PCCL..... (Process Control Check List)
WES..... (Welding Engineering Standards
HAZ(Heat Affected Zone)
PWHT..... (Post Weld Heat Treatment)
UT.....(Ultrasonic Testing)
RT.....(Radiographic Testing)
PT (Penetrant Testing)
VT(Visual Test)
PRT..... (Pressure Resistance Test)
LT(Leak Test)
SNI..... (Standar Nasional Indonesia)
WI(Welding Inspector)

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

NO.	NAMA	PROFESI
1.	Muh Nursaleh	<ul style="list-style-type: none">• Instruktur Las BBPLK Serang• Asesor Kompetensi LSP P2 Serang• Petugas Proteksi Radiasi