



PROSES PENYAMBUNGAN DAN PERALATANNYA

9.1. Tujuan Instruksional

Setelah membaca bab proses penyambungan ini diharapkan mahasiswa dapat mengetahui klasifikasi penyambungan, memahami proses penyambungan dan peralatannya secara pengelasan, memahami aturan keselamatan kerja dalam pengelasan, serta dapat menjelaskan proses pengelasan dengan menggunakan las SMAW.

9.2. Materi Pembelajaran

Materi yang dibahas dalam proses penyambungan ini mencakup hal-hal sebagai berikut :

- Klasifikasi proses penyambungan
- Proses penyambungan secara pengelasan
- K3 dalam pengelasan
- Pengelasan menggunakan metode SMAW

9.3. Klasifikasi Proses Penyambungan

Penyambungan logam adalah suatu proses yang dilakukan untuk menyambung 2 (dua) bagian logam atau lebih baik logam yang sejenis maupun tidak sejenis. Penyambungan bagian-bagian logam ini dapat dilakukan dengan berbagai macam metoda sesuai dengan kondisi dan bahan yang digunakan. Setiap metoda penyambungan yang digunakan mempunyai kelebihan dan kekurangan tersendiri dibandingkan dengan metoda lainnya, sebab metoda penyambungan yang digunakan pada suatu konstruksi sambungan harus disesuaikan dengan kondisi yang ada, hal ini mengingat efisiensi sambungan.

Pemilihan metoda penyambungan yang tepat dalam suatu konstruksi harus dipertimbangkan efisiensi sambungannya, beberapa faktor diantaranya adalah : jenis logam yang disambung, faktor proses pengerjaan sambungan, kekuatan sambungan yang diharapkan, kerapatan sambungan, penggunaan konstruksi sambungan dan faktor ekonomis.

Proses penyambungan dapat dibedakan dalam 2 (dua) kategori besar yaitu : sambungan permanen dan sambungan non permanen. Secara keseluruhan jenis-jenis sambungan dapat dilihat pada gambar di atas.

a. Sambungan Non Permanen

Sambungan non permanen adalah jenis sambungan dimana bagian logam yang disambung dapat dilepas kembali tanpa merusak bagian yang disambung tersebut. Termasuk dalam sambungan non permanen adalah : screw, snap dan shrink. Penyambungan dengan mur dan baut adalah yang paling banyak digunakan, misalnya sambungan pada konstruksi dan alat permesinan. Bagian terpenting dari mur dan baut adalah ulir. Ulir adalah suatu yang diputar disekeliling silinder dengan sudut kemiringan tertentu. Dalam pemakaiannya ulir selalu bekerja dalam pasangan antara ulir luar (baut) dan ulir dalam (mur).

b. Permanen

Sambungan permanen adalah jenis sambungan dimana bagian logam yang disambung tidak dapat dilepas kembali dan apabila dilakukan pelepasan sambungan akan mengakibatkan kerusakan bagian logam yang disambung tersebut. Pengerjaan sambungan permanen ini dapat dilakukan dengan 4 (empat) metoda, yaitu sebagai berikut :

Mechanical

Metoda sambungan secara mechanical ini cocok untuk proses penyambungan pelat-pelat yang tipis, termasuk dalam metoda ini adalah :

- Sambungan dengan paku keling.
- Sambungan dengan lipatan.
- Sambungan staple

Solid State

Sambungan dengan metoda *solid state* adalah penyambungan logam yang dilakukan dimana bagian logam yang disambung masih dalam kondisi *solid* (padat) sehingga tidak selalu memerlukan pemanasan karena pengerjaannya masih dalam kondisi temperatur kamar. Termasuk dalam metoda ini adalah :

- Cold Welding*; dengan memanfaatkan konsep deformasi plastis logam yang disambung dengan memberikan tekanan (*lap welding, butt welding, roll welding*) atau dengan cara explosion (*explosion welding*) maupun menggunakan gelombang ultrasonic. (*ultrasonic welding*)
- Diffusion Welding*; adalah proses penyambungan antara dua permukaan logam yang disatukan, kemudian dipanaskan sampai dengan temperatur yang mendekati titik lebur logam sehingga permukaan yang akan disambung menjadi plastis dan dengan memberi tekanan tertentu maka terbentuk sambungan logam.
- Friction Welding*; penyambungan terjadi akibat panas yang ditimbulkan oleh gesekan antara dua bagian logam yang akan disambung. Salah satu bagian logam diputar sehingga pada permukaan kontak akan timbul panas (mendekati titik cair logam), maka setelah putaran dihentikan akan terbentuk sambungan logam.

Liquid State (Fusion)

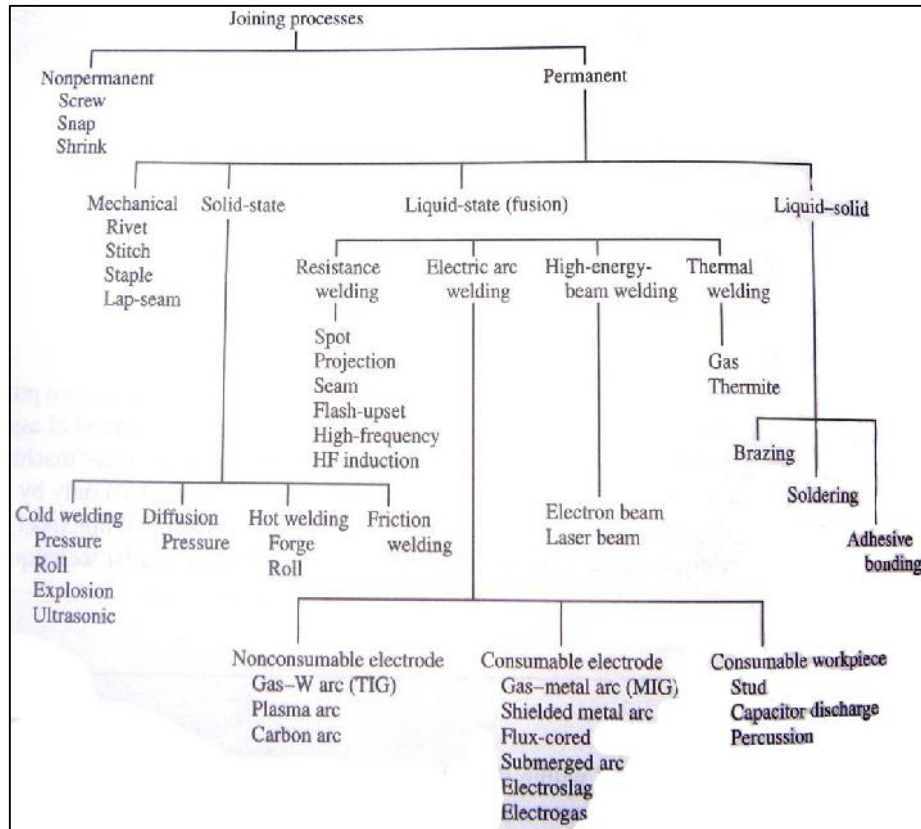
Sambungan dengan metoda *liquid state* adalah penyambungan logam yang dilakukan dimana masing-masing bagian logam yang akan disambung dalam kondisi *liquid* (cair) termasuk apabila menggunakan *filler* (bahan tambah) juga ikut mencair. Termasuk dalam metoda ini adalah :

- Resistance Welding*; dengan memanfaatkan energy yang dihasilkan dari pengaturan arus dan tahanan pada prinsip kelistrikan $P = I^2.R.t$, sehingga diperoleh panas untuk mencairkan benda kerja dengan menambahkan tekanan pada benda kerja tersebut. *Resistance welding* atau las tahanan ada beberapa jenis yaitu : *Resistance spot welding* (las titik), *Projection Welding*, *Resistance Seam Welding*, *Mass Seam Welding*, *High-Frequency Resistance Welding* dan *Flash Butt Welding*.
- Electric Arc Welding*; pengelasan yang memanfaatkan panas yang berasal dari api yang dihasilkan dari arus listrik untuk mencairkan benda kerja. *Electric arc welding* digolongkan menjadi 2 macam yaitu : *non consumable electrode* dan *consumable electrode*. Pembahasan lebih lanjut silahkan lihat pada sub bab macam pengelasan.
- High Energy Beam Welding*; proses penyambungan yang memanfaatkan energy panas yang dihasilkan oleh perpindahan electron untuk mencairkan benda kerja. *High energy beam welding* dapat berupa : *laser welding* atau *electron welding*.

Liquid-Solid

Sambungan dengan metoda *liquid-solid* adalah penyambungan logam yang dilakukan dimana salah satu bagian logam yang disambung dalam kondisi *liquid* (cair) sedangkan bagian logam lainnya dalam kondisi *solid* (padat). Termasuk dalam metoda ini adalah :

- Soldering; menggunakan *filler* (bahan tambah) dengan temperatur kurang dari 425°C.
- Brazing; menggunakan *filler* (bahan tambah) dengan temperatur lebih dari 425°C.
- Adhesive bonding.



Gambar 0.8 Jenis-jenis sambungan logam

9.4. Proses Penyambungan Secara Pengelasan

Las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Pengelasan adalah suatu proses menyambung logam secara permanen dengan memanaskan logam tersebut sampai mencapai titik cair, dengan atau tanpa pemakaian tekanan, dan dengan atau tanpa penggunaan bahan pengisi.

a. Kelebihan/Kekurangan Sambungan dengan Pengelasan

Jenis penyambungan dengan menggunakan metode pengelasan memiliki banyak kelebihan namun demikian juga memiliki beberapa kekurangan, sebagaimana terlihat pada tabel berikut ini :

Tabel 0.1 Kelebihan dan kekurangan sambungan pengelasan

KELEBIHAN	KEKURANGAN
<ul style="list-style-type: none"> ☑ Efisiensi sambungan yang baik dapat digunakan pada temperatur tinggi. ☑ Tidak ada batas ketebalan logam yang akan disambung. ☑ Geometri sambungan yang lebih sederhana dengan kedekatan udara, air & minyak yang sempurna ☑ Tidak ada kemungkinan sambungan longgar. ☑ Fasilitas produksi lebih murah, meningkatkan nilai ekonomis, produktivitas, berat yang lebih ringan ☑ Batas mulur (<i>yield</i>) lebih baik. 	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Kualitas logam las berbeda dengan logam induk ☑ Terjadinya distorsi dan perubahan bentuk (<i>deformasi</i>) oleh pemanasan pendinginan cepat. ☑ Tegangan sisa termal dari pengelasan dapat menyebabkan kerusakan atau retak pada bagian las. ☑ Kerusakan bagian dalam sambungan las sukar dideteksi ☑ Masalah dalam <i>disassembling</i>

b. Macam Jenis Pengelasan

Sebagaimana definisi las adalah sambungan dalam keadaan cair maka, proses pengelasan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

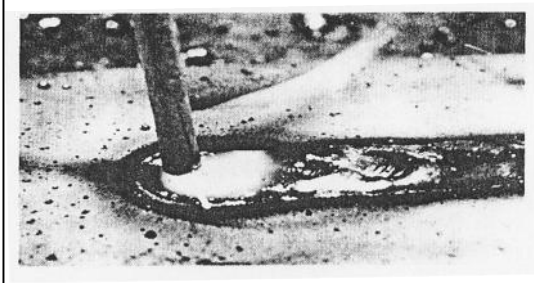
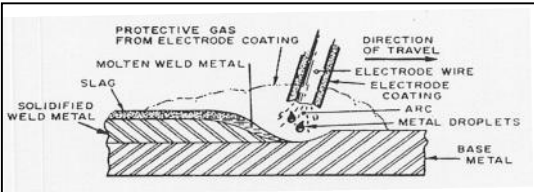
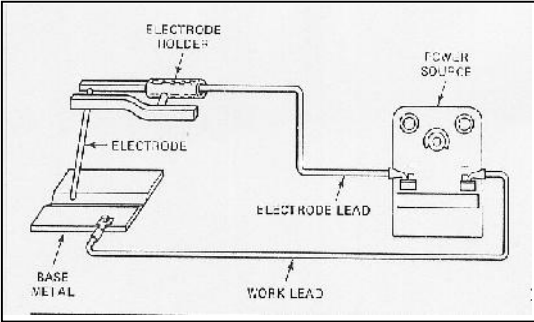
- ☑ *Resistance Welding*
- ☑ *Thermal Welding*
- ☑ *High Energy Beam Welding*
- ☑ *Electric Arc Welding*

Pada pembahasan ini hanya akan dibatasi pada penjelasan *Electric Arc Welding*. Pada proses pengelasan dengan *electric arc welding* dibagi menjadi 2 kategori yaitu :

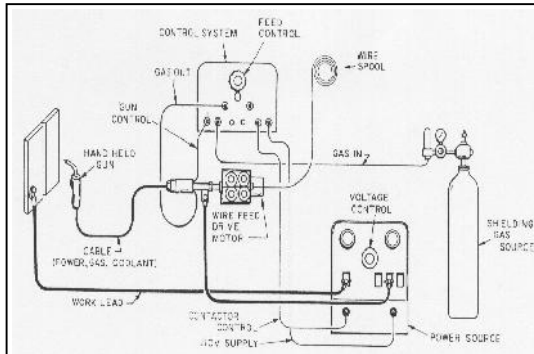
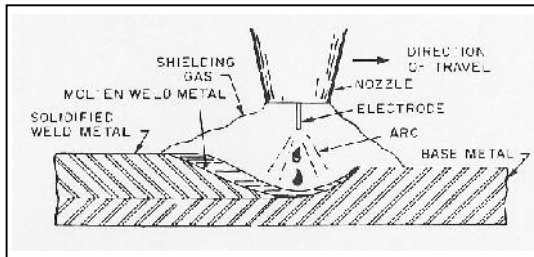
- ☑ *Consumable Electrode* :
 - *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*
 - *Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)*
 - *Submerged Arc Welding (SAW)*
 - *Flux Core Arc Welding (FCAW)*
- ☑ *Non Consumable Electrode*
 - *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)*

Tabel dibawah ini memberikan penjelasan singkat masing-masing jenis pengelasan metoda *electric arc welding* :

Tabel 0.2 Penjelasan jenis *electric arc welding*

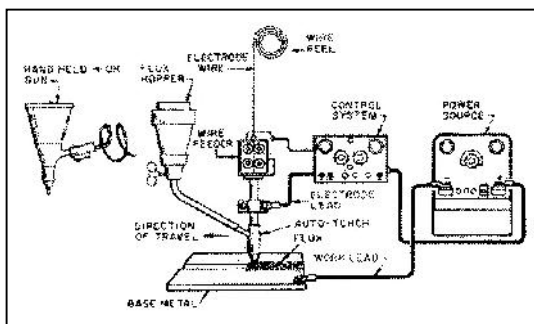
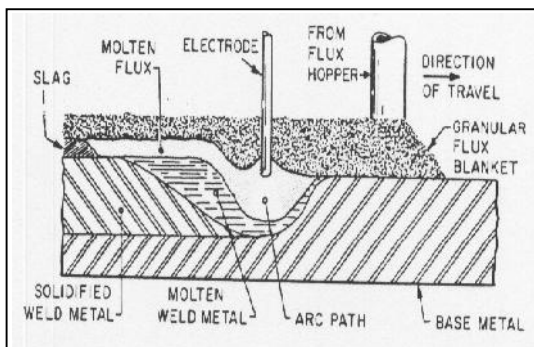
Shielded Metal Arc Welding (SMAW)	
	<ul style="list-style-type: none"> ☑ Menggunakan elektroda terbungkus ☑ Panas akibat adanya busur listrik menyebabkan elektroda dan logam dasar melebur ☑ Fluks elektroda berfungsi melindungi logam las agar tidak bereaksi dengan lingkungan / atmosfer. ☑ Untuk elektroda dengan diameter kecil, maka arus yang digunakan lebih rendah yaitu untuk material <i>carbon steel</i> yang tipis pada semua posisi pengelasan dan sebaliknya untuk elektroda dengan diameter besar, maka yang digunakan arus tinggi untuk pengelasan material <i>carbon steel</i> yang tebal pada posisi <i>flat</i> dan horisontal. ☑ Digunakan hampir pada semua material, sederhana, ringan dan biaya rendah ☑ Kode <i>filler metal</i> contohnya dalam AWS adalah E 7018.
	
	

Gas Metal Arc Welding (GMAW/MIG)



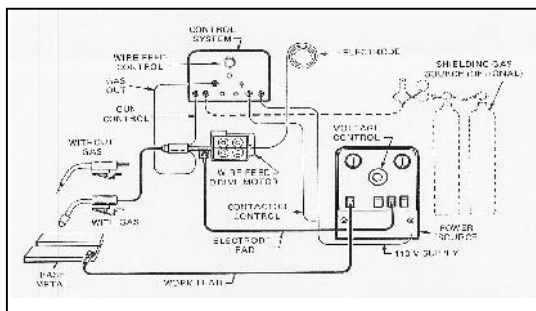
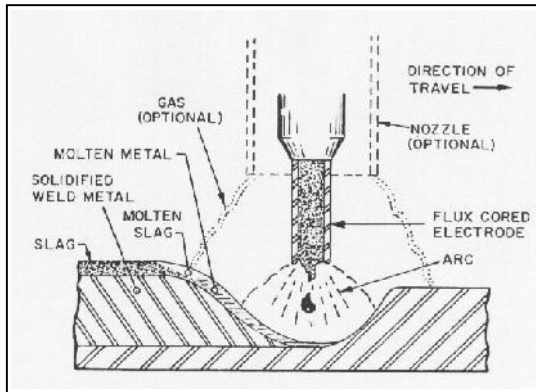
- ☑ Ada 2 macam : a. MIG (*Metal Inert Gas*), Memakai gas mulia saja; Argon, Helium. b. MAG (*Metal Active Gas*), Memakai gas CO₂ atau campuran dengan argon.
- ☑ Aplikasi di lapangan biasanya digunakan pada pengelasan fabrikasi *steel structure* material CS menggunakan CO₂ atau campurannya. Sangat menguntungkan untuk tonase yang besar karena kecepatannya sangat tinggi (tanpa harus berhenti mengganti kawat las)
- ☑ Contoh *filler* dalam AWS : ER 70 S-6

Submerged Arc Welding (SAW)



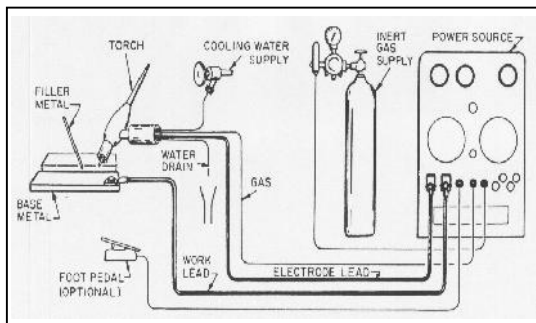
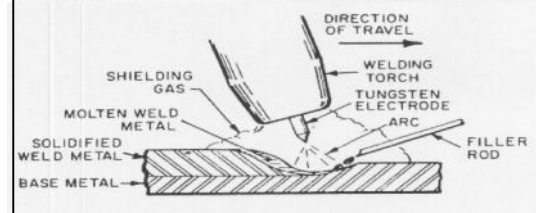
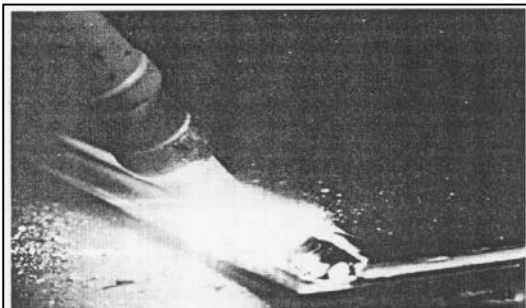
- ☑ Busur listrik dan logam cair dilindungi oleh fluks cair dan lapisan partikel fluks yg berbentuk *granular*. Ujung elektroda yang dimakan secara kontinu, dibenamkan ke dalam fluks dan pada saat itu busur listrik tidak berfungsi.
- ☑ Proses pengoperasiannya dilakukan secara mekanik dan semi otomatis. Sistem mekanik dapat digunakan bila posisi pengelasan *flat*, sedang semi otomatis yang memerlukan kualitas las yang konsisten.
- ☑ Digunakan pada material yang berbentuk plat yang tebal.
- ☑ Untuk mendapat kedalaman penetrasi sambungan, digunakan arus DCEP. Sambungan dapat di-*backing* dengan Cu, fluks, berbagai jenis isolasi ataupun baja.
- ☑ Proses SAW dapat digunakan untuk baja karbon, baja paduan semua *grade*.
- ☑ Contoh *filler metal* dan fluksnya dalam AWS class adalah F7A6-EM12K

Flux Core Arc Welding (FCAW)



- ☑ Pengelasan FCAW ini hampir sama dengan proses GMAW,
- ☑ FCAW menggunakan elek-troda berinti sebagai pengganti *solid electrode* dan digunakan untuk menyambung logam *ferrous*.
- ☑ Inti logam dapat berupa / mengandung mineral, serbuk paduan besi dan material yang dapat berfungsi sebagai *shielding gas*, *deoxidizer* dan pembentuk *slag*.
- ☑ Penambahan ini dapat meningkatkan *arc stability*, sifat mekanik material dan membentuk kontur las.
- ☑ Contoh *filler metal* dalam AWS adalah E 81 T1 B2

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW/TIG)



- ☑ Elektroda yang digunakan (tungsten) tidak ikut melebur, yang melebur adalah bahan pengisi (*filler*) biasa disebut *welding rod*
- ☑ Busur listrik terjadi antara elektroda dan material dasar (*base metal*), sedangkan *shielding gas* digunakan untuk melindungi elektroda dan logam cair.
- ☑ Umumnya menggunakan DCSP (DCEN/ *direct current electrode negative*) untuk material CS, SS, Ti sedangkan pengelasan Aluminium, magnesium menggunakan DCEP (*direct current electrode positive*).
- ☑ Gas yang digunakan adalah gas mulia; argon, helium atau campuran argon dan helium
- ☑ Aplikasi dilapangan umumnya
 - *Full GTAW*, untuk pipa ketebalan 5 mm dengan diameter 4 inch untuk material CS atau material SS semua diameter. Juga pada plat tipis bahan SS atau pipa aluminium.
 - *Root saja (Filler & Capping* dengan SMAW), untuk ketebalan pipa 6 mm baik material CS atau SS, atau untuk *root welding* pada pipa *cladding*.
- ☑ Contoh *filler metal* dalam AWS adalah ER70SG, ER80SG

c. Profesi Dalam Bidang Pengelasan

Bidang pengelasan merupakan salah satu bidang kerja yang memiliki peran penting pada proses manufaktur dan produksi. Banyak jenis pekerjaan dan juga pengetahuan yang terkait dengan proses pengelasan, dari mulai design suatu konstruksi, pelaksanaan produksi atau pengerjaan konstruksi, pemeriksaan hasil penyambungan dan bahkan sampai dengan perawatan dan perbaikan suatu konstruksi akan selalu berkaitan dengan bidang pengelasan.

Kualifikasi personel pengelasan secara umum dibagi menjadi 4 golongan yaitu : *welder* atau *welding operator*, *welding supervisor*, *welding inspector*, dan *welding engineer*.

Welding Operator (Welder)

Welder adalah orang yang bertugas melakukan pekerjaan penyambungan logam menggunakan teknik pengelasan. Klasifikasi *welder* sendiri dibedakan berdasarkan jenis material yang dilas dan atau jenis pengelasan yang dilakukan. Misal : *Plate Welder*, adalah welder yang hanya dapat melakukan pengelasan material yang berupa pelat biasanya dari material Carbon Steel. *Pipe Welder* : adalah welder yang memiliki kemampuan melakukan pengelasan material berupa pipa baik pipa besar maupun pipa kecil (*tube*). *Welder Wet* (under water) adalah welder yang memiliki kemampuan untuk melakukan proses pengelasan dalam kondisi di dalam air.

Welding Supervisor

Welding Supervisor adalah orang yang bertugas mengawasi, mengontrol dan memastikan bahwa pekerjaan pengelasan yang dilakukan oleh welder sesuai dengan spesifikasi dan persyaratan yang ditentukan. Selain itu *Welding Supervisor* memiliki tugas dan tanggungjawab merencanakan dan melaksanakan *welder test* untuk mendapatkan kualifikasi welder yang sesuai dengan spesifikasi pekerjaan pengelasan yang dilakukan. *Welder Supervisor* juga harus mampu membuat laporan hasil pencapaian pekerjaan pengelasan dan menyiapkan untuk proses pemeriksaan hasil lasan.

Welding Inspector

Welding Inspector adalah orang yang bertugas mengawasi seluruh area pekerjaan yang terkait proses pekerjaan pengelasan baik sebelum, selama dan setelah proses pengelasan. Tugas dan tanggungjawab tersebut diantaranya adalah : memastikan bahwa material yang dilas, persiapan pengelasan, konsumable pengelasan dan kualifikasi welder sudah sesuai dengan WPS (*Welding Prosedur Spesification*); memonitor proses pemeriksaan hasil lasan serta mendukung kinerja *welding supervisor*. Selain itu juga seorang *welding inspector* dituntut memiliki kemampuan dalam hal *management system*, regulasi proyek, manajemen keselamatan kerja dan pengawasan mutu secara *internal* maupun eksternal proyek.

Welding Engineer

Welding Engineer adalah orang yang bertugas mendesign, menghitung, menentukan jenis sambungan las yang akan di produksi atau dilaksanakan di suatu pekerjaan konstruksi. Detail design sambungan las tersebut tertuang dalam suatu dokumen yang bernama WPS (*Welding Procedure Specification*). WPS kurang lebih mengatur pemilihan teknik pengelasan, pembuatan prosedur pengelasan, dan spesifikasi filler material, termasuk semua jenis *consummable*. *Welding Engineer* juga bertanggung jawab untuk menguji konstruksi /design sambungan las tersebut baik dari segi keandalan dan proses fabrikasi serta pemasangan. *Welding Engineer* harus mampu memutuskan jenis material yang akan digunakan pada suatu konstruksi, proses pengelasan yang akan digunakan, kemampuan fasilitas produksi pabrik/perusahaan untuk membangun konstruksi tersebut (termasuk di dalamnya kualifikasi welder dan ketersediaan peralatan pengelasan). *Welding Engineer* juga memiliki kewenangan untuk memberikan persetujuan terhadap urutan proses pekerjaan pengelasan sesuai spesifikasi pekerjaan secara keseluruhan.

d. Pemilihan Jenis Pengelasan

Sebagaimana diuraikan pada bagian sebelumnya bahwa terdapat banyak jenis dan metoda pengelasan yang dapat dilakukan. Pemilihan jenis pengelasan dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor diantaranya adalah : jenis dan ketebalan material yang dilas, kekuatan sambungan yang ingin dicapai, kondisi/posisi (konstruksi) saat proses pengelasan dilakukan dan juga dari sisi ekonomisnya. Tabel berikut ini dapat dijadikan salah satu acuan dalam memilih jenis proses pengelasan berdasarkan jenis material yang dilas.

Tabel 0.3 Pemilihan proses pengelasan berdasarkan jenis material las

Base Metals Welded	WELDING PROCESSES ^a								
	Shielded Metal Arc	Gas Tungsten Arc	Plasma Arc	Submerged Arc	Gas Metal Arc	Flux Cored Arc	Electroslag	Braze	Gas
Aluminums	C	A	A	No	A	No	Exp	B	B
Copper-base alloys									
Brasses	No	C	C	No	C	No	No	A	A
Bronzes	A	A	B	No	A	No	No	A	B
Copper	C	A	A	No	A	No	No	A	A
Copper nickel	B	A	A	No	A	No	No	A	A
Irons									
Cast, malleable, nodular iron	A	B	B	No	B	B	No	A	A
Wrought iron	A	B	B	A	A	A	No	A	A
Lead	No	B	B	No	No	No	No	No	A
Magnesium	No	A	B	No	A	No	No	No	No
Nickel-base alloys									
Inconel	A	A	A	No	A	No	No	A	B
Nickel	A	A	A	C	A	No	No	A	A
Nickel silver	No	C	C	No	C	No	No	A	B
Monel	A	A	A	C	A	No	No	A	A
Precious metals	No	A	A	No	Exp	No	No	A	B
Steels									
Low-carbon steel	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Low-alloy steel	A	A	A	A	A	A	A	A	A
High- and medium-carbon steel	A	A	A	B	A	A	A	A	A
Alloy steel	A	A	A	B	A	A	A	A	A
Stainless steel	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Tool steel	A	A	A	No	C	No	No	A	A
Titanium	No	A	A	Exp	A	No	No	No	No
Tungsten	No	B	A	No	No	No	No	No	No
Zinc	No	C	C	No	No	No	No	No	C

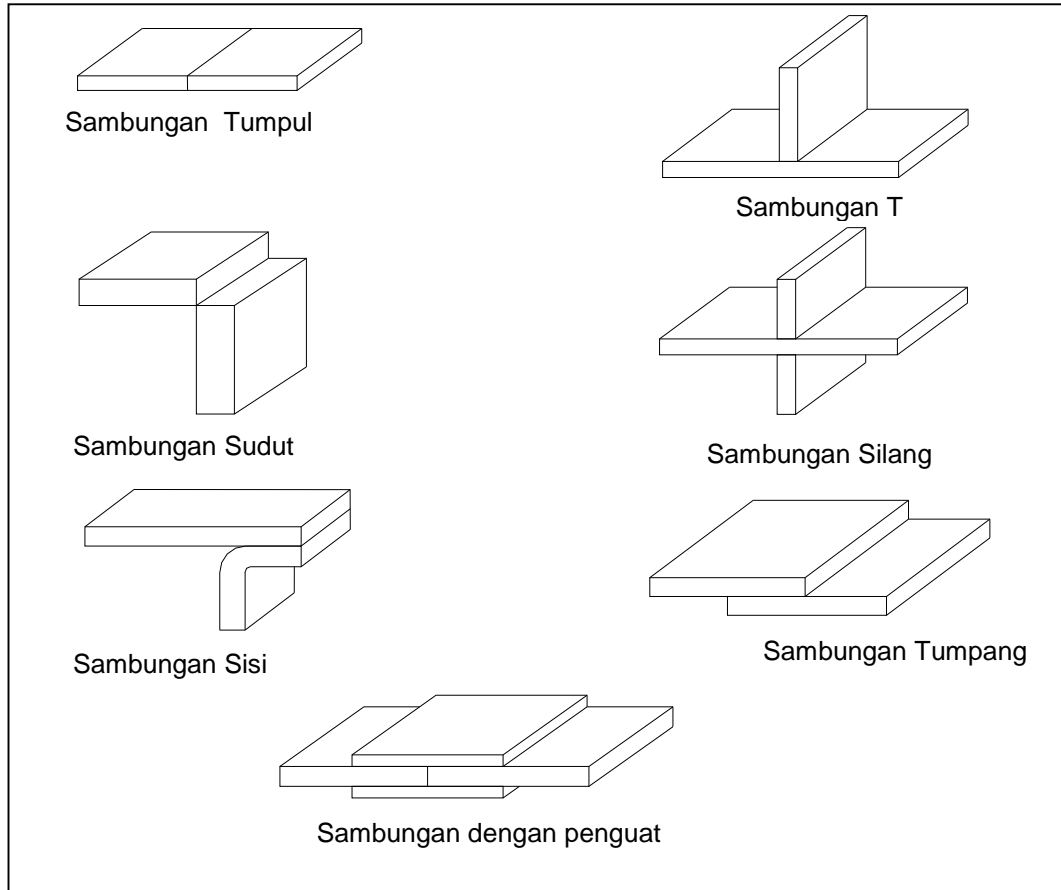
^aMetal or process rating: A, recommended or easily weldable; B, acceptable but not best selection or weldable with precautions; C, possibly usable but not popular or restricted use or difficult to weld, no, not recommended or not weldable.

Keterangan :

- A : Direkomendasikan atau mudah dilakukan pengelasan
- B : Dapat diterima tetapi bukan pilihan terbaik atau dapat dilas dengan catatan khusus
- C : Dapat digunakan tetapi tidak umum atau sulit dilakukan pengelasan
- No : Tidak direkomendasikan atau tidak dapat dilas

e. Macam-Macam Sambungan Las

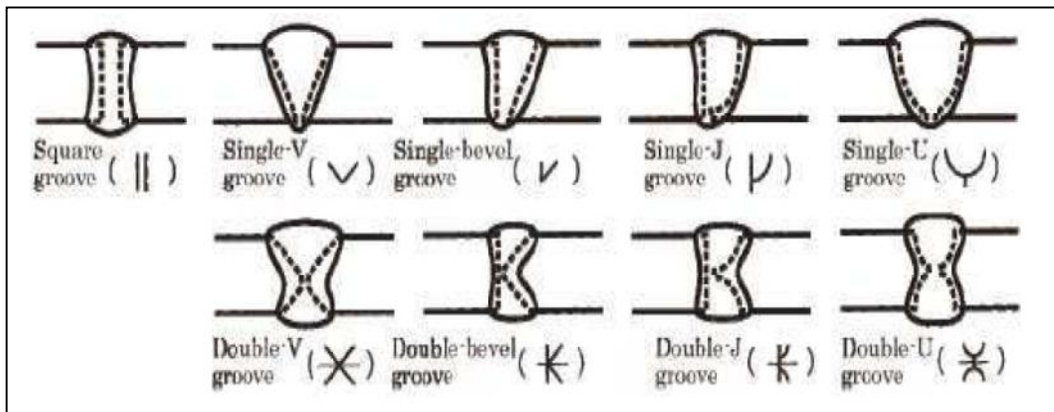
Ada beberapa jenis sambungan dan bentuk kampuh yang digunakan pada pengelasan baik pengelasan pelat maupun pipa. Pada dasarnya sambungan las dibagi menjadi sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan dari sambungan dasar tersebut ada sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi. Ilustrasi masing-masing jenis sambungan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini. (Wirjosumarto:2008)



Gambar 0.9 Macam-macam sambungan pengelasan

Diantara jenis sambungan di atas, sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Bentuk alur dalam sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Dalam memilih bentuk alur harus memperhatikan pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan sambungan. Bentuk dan ukuran alur sambungan tumpul sudah banyak distandarkan dalam standar pengelasan diantaranya : DIN, AWS, BS.

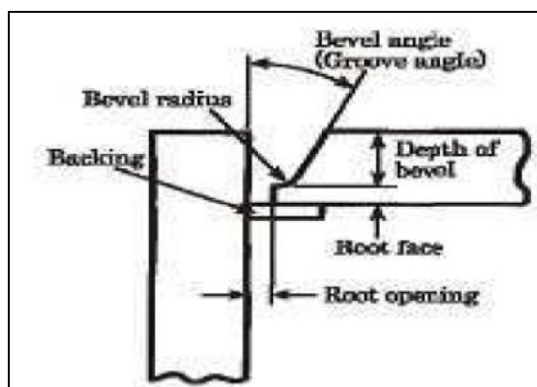
Sambungan tumpul dapat dilakukan dengan memberikan alur diantara kedua bagian logam yang akan disambung. Gambar di bawah ini adalah jenis-jenis alur (*groove*) yang dapat digunakan pada jenis sambungan tumpul. Simbol yang dijelaskan dalam kurung adalah simbol pengelasan yang digunakan dalam desain pengelasan untuk menunjukkan bentuk alur.



Gambar 0.10 Jenis sambungan

- ☑ Square groove (alur persegi)
Persiapan alur mudah, deposit logam dalam jumlah sedikit sehingga potensi distorsi lebih kecil, lebih cocok untuk sambungan pada pelat tipis dan tidak dapat diterapkan pada pelat tebal. Ketebalan maksimum dari pelat dimana penetrasi sambungan lengkap dapat diperoleh dengan las MAG adalah sekitar 6 mm.
- ☑ Single V groove (alur v tunggal)
Persiapan alur relatif mudah dan dapat digunakan untuk pengelasan pada semua posisi kecuali pengelasan horisontal. Jumlah deposit logam besar dan cocok untuk sebuah pelat tebal. Potensi distorsi sudut dan susut melintang cukup besar, namun demikian dapat dikurangi dengan memberikan backing plat atau metode las ikat pada beberapa titik di sisi yang berbeda.
- ☑ Double V groove (alur V ganda)
Persiapan alur agak sulit, jumlah deposit logam lebih sedikit pada alur tersebut sehingga akan memperkecil potensi distorsi yang mungkin terjadi.
- ☑ Single bevel groove (Alur bevel tunggal)
Persiapan alur relatif mudah, sangat cocok untuk pengelasan posisi horisontal.
- ☑ Double U groove (alur U ganda)
Persiapan alur agak sulit dan menggunakan alat permesinan. Jumlah deposit logam lebih kecil untuk pelat yang sangat tebal, alur U ganda membuat distorsi las lebih kecil dari pada alur V ganda.

Selain pada sambungan tumpul, penggunaan alur juga dapat digunakan pada sambungan sudut sebagaimana gambar dibawah ini menunjukkan alur jenis *single J groove* yang digunakan pada sambungan sudut.

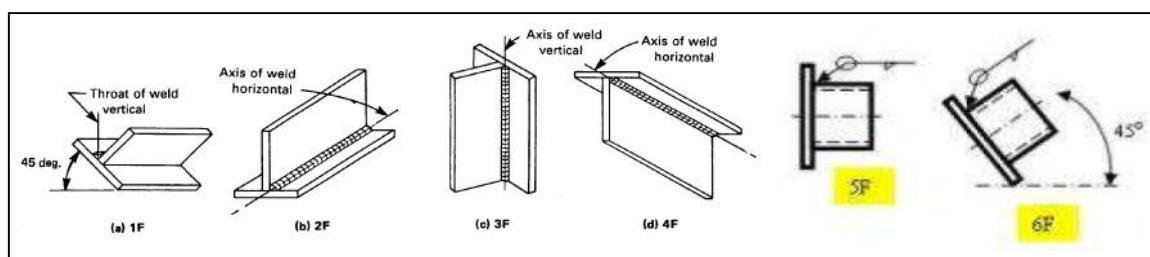


Gambar 0.11 Alur single J groove

f. Macam Posisi Pengelasan

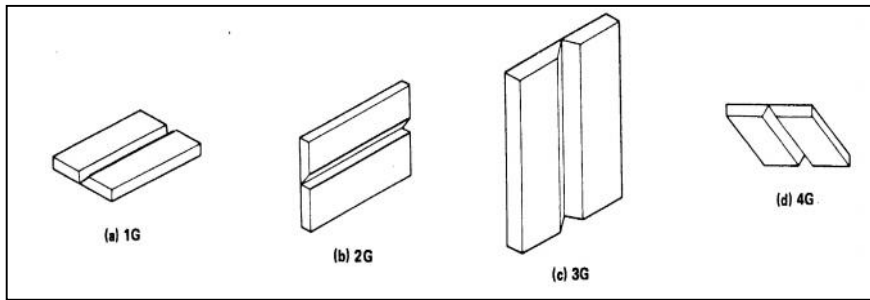
Yang dimaksud dengan posisi pengelasan adalah penempatan benda kerja terhadap posisi *welder* dalam hal ini penempatan benda kerja disesuaikan dengan kondisi konstruksi di lapangan dan jenis alur yang digunakan. Berikut adalah macam-macam posisi pengelasan :

- ☑ 1F, 2F, 3F, 4F, 5F, 6F (sambungan jenis fillet)



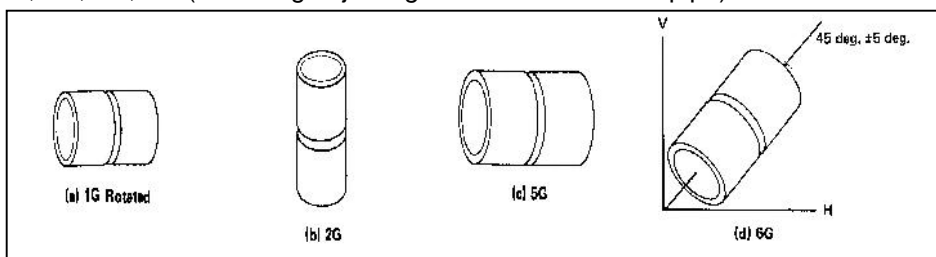
Gambar 0.12 Jenis sambungan fillet

- ☑ 1G, 2G, 3G, 4G (sambungan jenis groove untuk material plate)



Gambar 0.13 Sambungan jenis plate

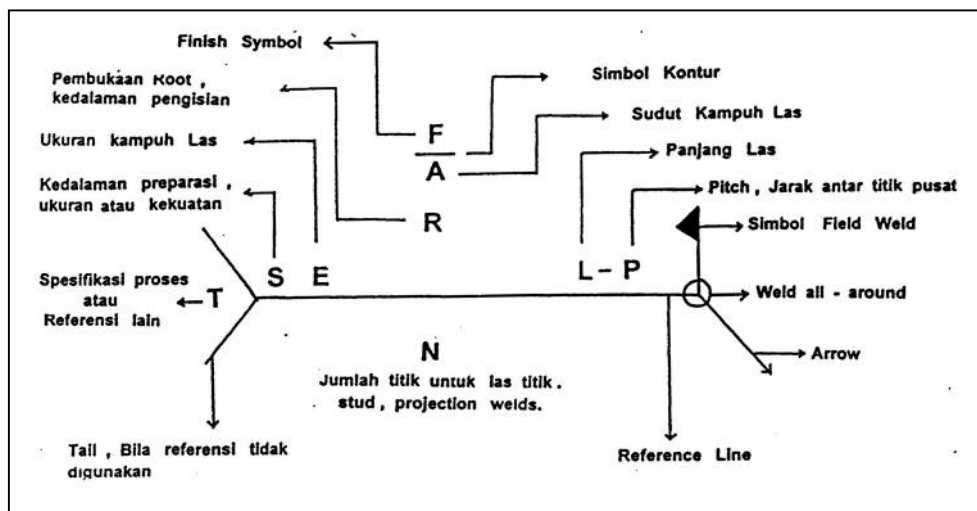
- ☑ 1G, 2G, 5G, 6G (sambungan jenis groove untuk material pipa)



Gambar 0.14 Sambungan jenis pipa

g. Tanda Dan Kode Gambar Pengelasan

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam pengelasan sangat penting terhadap kualitas hasil sambungan las. Oleh karena itu syarat tersebut harus dapat disampaikan dengan baik dan tepat kepada juru las (*welder*) dalam bentuk gambar dan simbol pengelasan. Tanda gambar las biasanya terdiri dari tanda gambar dasar dan tanda gambar pelengkap yang keduanya ditempatkan pada garis tanda. Penggunaan tanda gambar ini sudah distandarkan oleh AWS, JIS, BS, DIN, selain itu juga standarisasi oleh ISO. Di bawah ini adalah contoh penyajian gambar pengelasan menurut JIS & AWS.



Gambar 0.15 Kode pengelasan

h. Persiapan Pengelasan

Ada beberapa hal yang harus menjadi perhatian dalam merencanakan suatu sambungan dengan pengelasan, diantaranya adalah : pemilihan bahan, perubahan bentuk (deformasi), prosedur pengelasan serta faktor ekonomis (biaya).

Pemilihan Bahan

Bahan dalam proses pengelasan ada dua macam yaitu bahan induk atau sering disebut dengan logam induk (*base metal*) yaitu bahan/material yang akan disambung sesuai dengan spesifikasi konstruksi yang sedang dikerjakan. Yang kedua adalah bahan pengisi (*filler*) untuk membantu proses pengelasan. Apabila logam induk harus sesuai spesifikasi konstruksi yang dibuat maka bahan pengisi harus menyesuaikan dengan bahan induk agar dapat menghasilkan kualitas sambungan las yang optimal. Berikut adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan pengisi :

- Kesesuaian terhadap sifat mekanis logam induk.
- Kesesuaian terhadap komposisi kimia logam induk, bila perlu sama.
- Kesesuaian terhadap jenis *power supply* yang tersedia.
- Kesesuaian terhadap posisi pengelasan.
- Amati *design* sambungan, khususnya pada kedalaman penetrasi pada sambungan tersebut.
- Mempertimbangkan biaya pengelasan.

Perubahan Bentuk (Deformasi)

Pada saat proses pengelasan terjadi distribusi panas yang tidak merata pada bagian logam las, HAZ (*Heat Affected Zone*) maupun logam induk. Perbedaan distribusi panas tersebut merupakan salah satu penyebab terjadinya perubahan bentuk (deformasi) hasil sambungan las. Hal tersebut dapat dihindari atau setidaknya dikurangi dengan cara sebagai berikut (Wiryosumarto : 2008)

- Mengusahakan perencanaan sambungan sedemikian sehingga memerlukan logam las yang sesedikit mungkin.
- Mengurangi jumlah lapisan las sejauh mungkin dengan menggunakan cara pengelasan yang lebih efisien (pemilihan jenis sambungan /kampuh berdasarkan ketebalan plat dan jenis sambungan)
- Dalam hal las alur, sebaiknya diusahakan dengan alur ganda selama tidak mempengaruhi pelaksanaan pengerjaan.
- Menggunakan cara pengelasan yang efektif dan sesuai dengan sifat bahan dengan menggunakan alat perakit dan memperhatikan prosedur pengelasan yang telah ditentukan.
- Bila perlu perubahan bentuk dapat dikurangi dengan cara *thermal* atau mekanik setelah selesai proses pengelasan.

Faktor Ekonomis (Biaya)

Dalam merencanakan sambungan las, selain memperhitungkan kekuatan sambungan las, kemudahan proses pengerjaan pengelasannya, maka juga harus dipertimbangkan sisi ekonomisnya dengan tetap menjaga kualitas sambungan las. Berikut beberapa hal yang dapat dipertimbangkan untuk menurunkan biaya sambungan pengelasan :

- Menyederhanakan konstruksi dan mengurangi jumlah batang sejauh mungkin.
- Konstruksi harus mudah dirakit.
- Sedapat mungkin menggunakan batang dan konstruksi yang standar.
- Rencana konstruksi harus sedemikian rupa sehingga ketelitian bentuk dapat diatur pada tahap perakitan.
- Memilih cara pengelasan yang hanya memerlukan bahan las yang minimal.
- Sebisa mungkin menghindari pengelasan dalam dan pengelasan pada ruang sempit serta diusahakan menggunakan las pada posisi datar.
- Diminimalkan proses pelurusan dan penyetulan selama proses pengelasan berlangsung.
- Menghindari kesalahan baca gambar dan proses pengelasan agar tidak terjadi *repair* (perbaikan) maupun *re-work* (pengerjaan ulang)


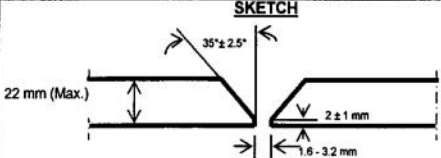
i. Mengetahui WPS Dan WPQT

WPS atau *Welding Procedure Specification* adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi pengelasan yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Dalam hal ini WPS merupakan langkah-langkah pelaksanaan pengelasan untuk mendapatkan mutu pengelasan yang memenuhi syarat.

WPS atau sering juga disebut Prosedur Pengelasan adalah sebuah dokumen tertulis berupa prosedur pengelasan yang sudah dikualifikasi, dimana dokumen ini dibuat untuk memberikan petunjuk kepada *welder* atau *welding operator* dalam pembuatan produk lasan sesuai dengan persyaratan/*Standard Code*. (QW-100.1, ASME IX-2010).

Tujuan pembuatan dan kualifikasi WPS adalah memastikan bahwa rancangan konstruksi sambungan las tersebut sudah sesuai dengan penggunaan (bahan elektroda cocok dengan *base metal*) dan hasil sambungan las memiliki kekuatan kualitas sesuai yang diinginkan (kekuatan tarik, ketangguhan dan lainnya). WPS biasanya digunakan pada pekerjaan-pekerjaan dengan volume/tonase yang sangat besar dan memerlukan keseragaman kekuatan sambungan, misal pada pekerjaan konstruksi pembangkit listrik.


Berikut adalah contoh WPS dari PT Truba Jaya Engineering :

 WELDING PROCEDURE SPECIFICATION ASME IX TOTAL SPEC. : GS PVV 611																																							
Company Name	: PT. TJE	Date	: 15 May 2005																																				
Welding Procedure Spec. No.	: TJE-WPS-GTA-SMA-1-1-001	Supporting PQR No.(s)	: TJE-PQR-GTA-SMA-1-1-001																																				
Revision No.	: 0																																						
Welding Process	: GTAW + SMAW	Type (s)	: Manual																																				
SKETCH 		JOINT (QW-402) Joint Design : Single "V" Groove Backing (Yes) : - (No) : No Backing Material (type) : N/A Retainer : N/A Sketches, production drawing, weld symbol or written description should show the general arrangement of the part to be welded. Where applicable, the root spacing and the details of weld groove may be specified.																																					
BASE METALS (QW-403) S.No. : 1 Group No. : 1 To S.No. : 1 Group No. : 1 Specification Type & Grade : API 5L Grade B To API 5L Grade B Thickness Range : _____ Groove : 4.76 - 22.0 mm Fillet : Unlimited Diameter Range : _____ Fillet : Unlimited Groove : Unlimited Other : N/A																																							
FILLER METALS (QW-404) <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">GTAW</th> <th style="text-align: center;">SMAW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Process</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td>F.No.</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>A.No.</td> <td style="text-align: center;">5.18</td> <td style="text-align: center;">5.1</td> </tr> <tr> <td>SFA No.</td> <td style="text-align: center;">ER-70S-2</td> <td style="text-align: center;">E7018</td> </tr> <tr> <td>AWS No.(Class)</td> <td style="text-align: center;">2.4 mm</td> <td style="text-align: center;">2.5, 3.2 mm</td> </tr> <tr> <td>Electrode Size</td> <td style="text-align: center;">Up to 8.0 mm Max.</td> <td style="text-align: center;">14 mm Max</td> </tr> <tr> <td>Deposited thickness range</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td>Electrode Flux</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td>Consumable Insert</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td>Electrode Trade Name</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> <tr> <td>Other</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> <td style="text-align: center;">N/A</td> </tr> </tbody> </table>					GTAW	SMAW	Process	6	4	F.No.	1	1	A.No.	5.18	5.1	SFA No.	ER-70S-2	E7018	AWS No.(Class)	2.4 mm	2.5, 3.2 mm	Electrode Size	Up to 8.0 mm Max.	14 mm Max	Deposited thickness range	N/A	N/A	Electrode Flux	N/A	N/A	Consumable Insert	N/A	N/A	Electrode Trade Name	N/A	N/A	Other	N/A	N/A
	GTAW	SMAW																																					
Process	6	4																																					
F.No.	1	1																																					
A.No.	5.18	5.1																																					
SFA No.	ER-70S-2	E7018																																					
AWS No.(Class)	2.4 mm	2.5, 3.2 mm																																					
Electrode Size	Up to 8.0 mm Max.	14 mm Max																																					
Deposited thickness range	N/A	N/A																																					
Electrode Flux	N/A	N/A																																					
Consumable Insert	N/A	N/A																																					
Electrode Trade Name	N/A	N/A																																					
Other	N/A	N/A																																					
POSITION (QW-405) Groove Position : All Position Fillet Position : All Position Weld Progression : Uphill		POST WELD HEAT TREATMENT (QW-407) Temp. Range : N/A Time Range : N/A Heating Rate : N/A Cooling Rate : N/A Other : N/A																																					

PREHEAT (QW-406)		GAS (QW-408)					
Preheat Temp. Min.	: 10 ° C	Shielding Gas (es)	Gas Argon	Composition	Flow Rate L/min.		
Interpass Temp. Max.	: 250° C	Backing	N/A	99.99%	5 - 20		
Preheat Maintain	: N/A	Trailing	N/A	N/A	N/A		
ELECTRICAL CHARACTERISTIC (QW-409)							
Current AC or DC	: DC	Polarity	: DCSP(GTAW),DCRP(SMAW)				
Tungsten Electrode Size and Type	: 2.4 mm, EWTh-2	2% Thoriated					
Mode of Metal for GMAW	: N/A						
Wire Feed Speed	: N/A						
Current Pulsing	: N/A						
Other	: N/A						
TECHNIQUE (QW-410)							
String or Weaving Bead	: String and Weaving (For SMAW) the max. width of weave shall not exceed two times (2x) the bare electrode (core) diameter						
Cup or Nozzle Size	: 8 - 10 mm						
Cleaning Requirement							
Initial	: Chipping & Grinding						
Interpass	: Chipping & Grinding						
Back Gouge Method	: N/A						
Oscillation	: N/A						
Nozzle to Work Distance	: N/A						
Passes per Side	: Multiple		Electrode Stick Out	: N/A			
Peening	: Not Allowed		Multiple or Single Electrode	: Single			
Other	: N/A						
Weld Layer(s)	Process (es)	Filler Metal		Current		Travel Speed Range (cm/min.)	Other
		Class	Dia. (mm)	Polar	Amp. Range		
Root Pass (1)	GTAW	ER 70S-2	2.4	DCSP	70 - 120	10-20	3 - 15
Filler	SMAW	E 7018	2.5, 3.2	DCRP	60 - 150	10-30	5 - 15
Capping	SMAW	E 7018	3.2	DCRP	70 - 150	10-30	5 - 15
Prepared By TJE QC Engineer		Reviewed By TJE QC Manager		Reviewed By Third Party Lloyd		Verified By MIGAS	

Gambar 0.16 Contoh WPS PT Truba Jaya Engineering

WPQT atau *Welder Performance Qualification Test* adalah proses pengujian juru las /*welder (welding operator)* terhadap kemampuan (*skill*) mengelas yang dimiliki oleh *welder* tersebut agar dapat menghasilkan kualitas pekerjaan sambungan yang baik sesuai dengan WPS yang telah ditentukan. WPQT dilakukan sebelum pekerjaan welding sehingga WPQT sebenarnya sebagai proses seleksi dan kualifikasi *welder* yang akan mengelas sesuai dengan standard yang berlaku dan spesifikasi pekerjaan. Contoh dokumen hasil WPQT disebut WQTR (*Welding Qualification Test Record*) dari PT Truba Jaya Engineering pada gambar 9.10.

		WELDER QUALIFICATION TESTS RECORD PAITON PRIVATE POWER PROJECT PHASE II UNIT 5 & 6 (BOP)		PHOTOGRAPH 3 x 4
WELDER'S NAME : JUNI PURYONO		STAMP NO. : A08 P91		
USING WPS NO. : GTAW/SAW 5B-5B		MATERIAL CLASS. : A 106 Gr. B HP WELDER		
SUPPORTING PQR NO. : 55 The above welder is qualified for the following ranges:				
VARIABLE	ACTUAL VALUES USED IN QUALIFICATION	QUALIFICATION RANGE		
Process	GTAW & SMAW	GTAW & SMAW		
Process Type	MANUAL	MANUAL		
Backing (Metal, Weld Metal, Flux, etc.)	NONE	NONE		
Material (ASME P No.)	P No. 1, Group No. 1	P No. 1 to P No. 11, 4X or Equiv.		
Thickness Groove	22 mm	MIN. MAX. (GTAW) & MAX. TO BE WELDED (SMAW)		
Diameter Groove	6"	2 7/8" OD (MIN.)		
Filler Metal	SFA 5.9 & SFA 5.5 ER 505 & E 9015 B9	SFA 5.9 & SFA 5.5 or EQUIV. * ER 505 & E 9015 B9 or LOWER		
- Spec. No.	6/5 & 4/None	6/5 & 4/None or LOWER F No.		
- Class	6	ALL POSITION		
- F - No. & A - No.	UPHILL	UPHILL		
Position	100% Argon	100% Argon		
Weld Progression	100% Argon	100% Argon		
Shielding Gas	DC & DC	DC & DC		
Gas Backing	DCSP & DCRP	DCSP & DCRP		
Electrical Characteristics				
- Current				
- Polarity				
* SEE ON ASME SECT. IX, 1995				
VISUAL TEST : ACCEPTABLE				
MECHANICAL TEST : N/A				
Guided Bend Test Type and figure no.		Results		
N/A		N/A		
RADIOGRAPHIC TEST RESULTS				
For alternative qualification of groove welds by radiography				
Radiographic Results : Acceptable		Date of Radiography : 06 - 03 - 1998		
RT Conducted by : Prasada Samya Mukti		RT Report No. : WPQT 066/RT/PSM/03-98		
Date of Welder Test : 06 - 03 - 1998		Mechanical Test by : N/A		
Test Conducted by : JEL / TJE		Laboratory Test No. : N/A		
We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded and tested - in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code and Client Specification.				
Tested by: <u>PARWOTO</u> TJE		Approved by: <u>JOHN RICHBURG / DUDDY F.</u> BVI		
		Approved by: <u>YATNO YUWONO</u> DEPNAKER		

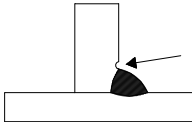
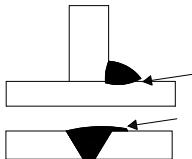
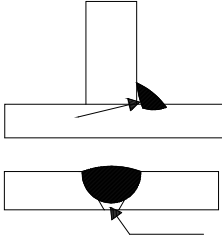
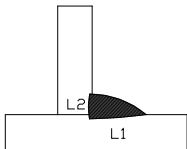


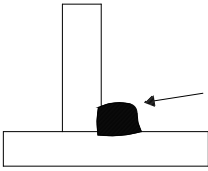
Gambar 0.17 Contoh WPQT PT Truba Jaya Engineering

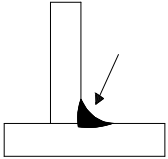
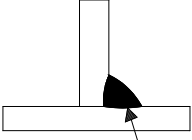
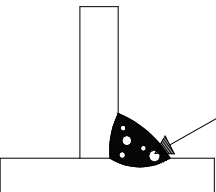
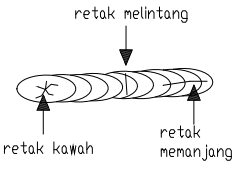
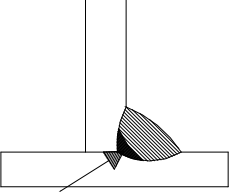
j. Pengenalan Cacat Las

Hasil pengelasan yang berupa sambungan las tidak selalu mendapatkan hasil yang sempurna, kadang ada cacat-cacat yang terjadi pada hasil lasan. Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas hasil lasan dan kontribusi terhadap cacat las yang mungkin akan terjadi :

- Pemilihan parameter las
 - Tegangan
 - Arus pengelasan
 - Penyetelan gas pelindung
- Jalannya brander/torch
 - Kecepatan pengelasan
 - Gerakan brander
 - Kemiringan brander
 - Jarak elektroda ke benda kerja
- Persiapan logam induk
 - Bentuk kampuh las
 - Ukuran kampuh las
 - Kebersihan daerah kampuh las
- Pemilihan jenis dan diameter logam pengisi

Berikut adalah beberapa contoh cacat las, penyebab cacat las dan cara penanggulangannya :
Tabel 0.4 Cacat las, Penyebab dan penanggulangan

Cacat Las	Penyebab	Penanggulangan
<p>Takik las</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus listrik terlalu besar 2. Busur terlalu panjang 3. Sudut atau gerakan elektroda yang kurang tepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecilkan arus listrik 2. Usahakan panjang busur sama dengan filler 3. Pertahankan sudut dan kurangi kecepatan
<p>Lipatan</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus listrik terlalu kecil 2. Sudut atau gerakan elektroda yang kurang tepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Besarkan arus listrik 2. Pertahankan sudut dan kurangi kecepatan
<p>Penetrasi kurang baik</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diameter filler terlalu besar 2. Arus listrik terlalu kecil 3. Kecepatan terlalu cepat 4. Sudut ketirusan kurang besar 5. Leher yang terlalu dalam 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ganti filler yang sesuai 2. Arus listrik dibesarkan 3. Kecepatan dikurangi 4. Perbesar sudut ketirusan atau pakai filler dengan diameter yang lebih kecil 5. Usahakan dalamnya leher sesuai dengan penetrasi
<p>Kaki tidak sama panjang ($L_1 \neq L_2$)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sudut elektroda kurang tepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pertahankan sudut yang tepat
<p>Cacat Manik a. Lebar tidak sama</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gerakan brander dan filler tidak tetap 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stabilkan gerakan brander dan filler
<p>b. Gelombang tidak teratur</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gerakan brander tidak tetap 2. Arus listrik terlalu besar 3. Sudut brander tidak tepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usahakan kecepatan tetap 2. Kurangi arus listrik 3. Pertahankan sudut yang tetap
<p>c. Manik cembung</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus listrik terlalu kecil 2. Gerakan brander terlalu cepat 3. Logam induk belum terlalu cair 4. Pengisian filler terlalu cepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Besarkan arus listrik 2. Perlambat gerakan brander 3. Tempat lasan harus sampai terbentuk kawah lasan 4. Pengisian filler tepat saat logam induk sudah terbentuk kawah lasan

<p>d. Manik cekung</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus listrik terlalu besar 2. Gerakan brander terlalu lambat 3. Pengisian filler terlalu lambat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecilkan arus listrik 2. Percepat gerakan brander 3. Pengisian filler jangan sampai lambat
<p>Peleburan kurang baik</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Arus listrik terlalu kecil 2. Gerakan brander tidak tepat 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Besarkan arus listrik 2. Perpendek panjang busur sehingga terjadi peleburan yang baik
<p>Berpori-pori</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sudut brander terlalu besar, sehingga udara luar tertiuap ke kawah lasan 2. Arus listrik terlalu besar 3. Benda kerja terdapat minyak, karat, cat dan kotoran lainnya 4. Aliran gas pelindung terlalu kecil 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pada las TIG, sudut brander dengan benda kerja usahakan antara 75^o-85^o. 2. Kecilkan arus listrik 3. Persiapkan benda kerja dengan baik sebelum pengelasan 4. Perbesar aliran gas pelindung
<p>Retak pada manik</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penahan terlalu besar 2. Elektroda menyerap uap 3. Terlalu banyak unsur paduan dalam logam induk 4. Pendinginan terlalu cepat 5. Terlalu banyak belerang dalam benda kerja 6. Terdapat pasir atau debu dalam benda kerja 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Keringkan elektroda 2. Panaskan mula (preheat) dan gunakan elektroda hidrogen rendah 3. Bersihkan daerah lasan
<p>Terak tercampur</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecepatan gerakan brander dan filler yang tidak tepat 2. Sudut brander tidak tepat 3. Sudut ketirusan terlalu kecil 4. Arus listrik terlalu kecil 5. Busur terlalu panjang 6. Pembersihan permukaan benda kerja kurang baik 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Naikan kecepatan hingga terak tidak mengalir ke akar 2. Sudut yang tepat pada arah lasan 3. Perbaiki sudut ketirusan 4. Arus listrik diperbesar 5. Panjang busur diperpendek 6. Bersihkan permukaan benda kerja sebelum pengelasan dengan baik

9.5. K3 Dalam Pengelasan

Pekerjaan pada proses pengelasan banyak mengandung potensi kecelakaan, walaupun oleh para pekerja lapangan menganggapnya sebagai kecelakaan ringan tetapi bila intensitasnya cukup tinggi maka harus dikendalikan dengan baik. Kecelakaan tersebut pada umumnya disebabkan oleh kurang hati-hati (meremehkan potensi bahaya), cara pemakaian alat yang kurang tepat, pemakaian alat pelindung diri yang kurang baik.

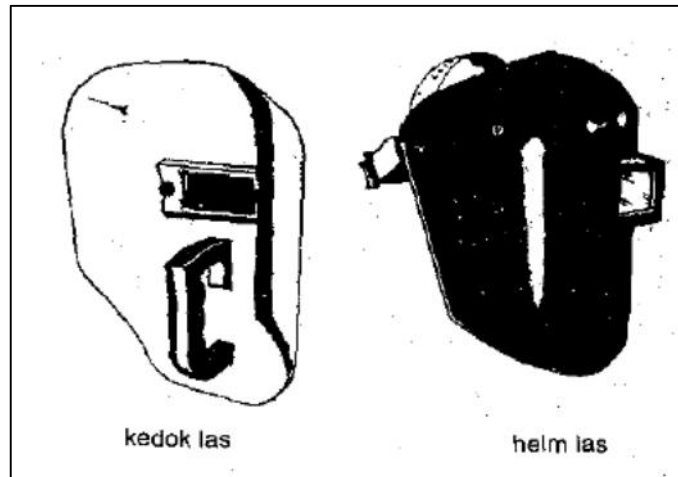
Berikut dijelaskan beberapa sumber kecelakaan dan cara menghindari/mengatasinya selama proses pengelasan dilakukan (Wiryosumarto : 2008) :

a. Cahaya dan sinar yang berbahaya

Selama proses pengelasan menghasilkan cahaya yang dapat membahayakan baik bagi welder maupun pekerja lainnya yang berada disekitarnya. Cahaya tersebut berupa : sinar ultraviolet, sinar inframerah maupun sinar tampak.

Cara mengatasi :

- ☑ Menggunakan pelindung mata (kaca mata las)
- ☑ Menggunakan pelindung muka agar dapat melindungi seluruh muka dari cahaya berbahaya maupun percikan api.
- ☑ Menggunakan tabir pelindung untuk area pengelasan apabila kondisi lokasi pengelasan memungkinkan



Gambar 0.18 Kedok las

b. Kecelakaan karena listrik

Proses pengelasan menggunakan arus listrik yang cukup besar.

Cara Mengatasi :

- ☑ Penggunaan mesin dengan tegangan kedua yang rendah, untuk mengurangi resiko sengatan arus listrik pada saat mesin las tidak berbeban.
- ☑ Penggunaan alat penurunan tegangan secara otomatis, khususnya pada mesin las yang menggunakan arus bolak-balik (AC)
- ☑ Penggunaan pemegang elektroda yang berisolator.
- ☑ Penggunaan kabel pengelasan yang sesuai dengan persyaratan keamanan.

c. Debu dan Gas dalam asap las

Pada saat proses pengelasan berlangsung maka akan muncul debu dan gas bersamaan dengan asap las yang berbahaya bagi orang-orang disekelilingnya, khususnya welder yang bersangkutan.

Cara Mengatasi :

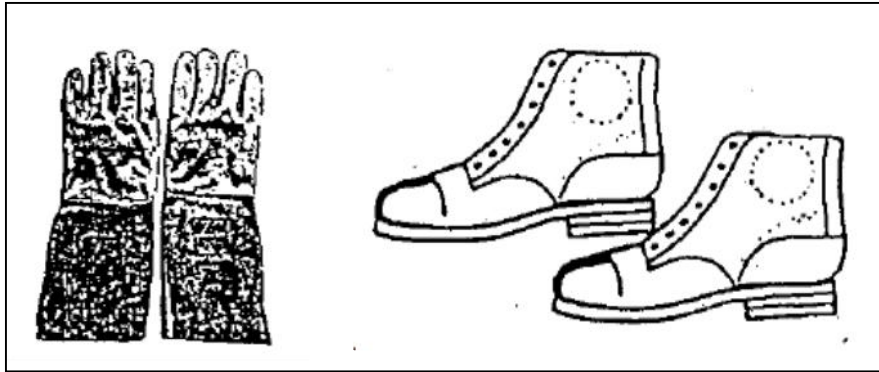
- ☑ Penggunaan ventilasi untuk menjaga sirkulasi udara yang baik bila pengelasan dilakukan dalam ruangan.
- ☑ Menggunakan alat pernafasan pelindung debu dan racun untuk pengelasan di tempat tertutup misal dalam tangki atau terowongan.

d. Bahaya percikan dan terak las

Setelah proses pengelasan berlangsung, biasanya dilakukan pembersihan hasil lasan

Cara Mengatasi :

- ☑ Tetap menggunakan pelindung mata (kaca mata) yang lebih terang dibanding kacamata las pada saat melakukan membersihkan hasil lasan (terak las).
- ☑ Menggunakan pelindung kulit lengan (sarung tangan kulit) untuk melindungi dari percikan listrik atau benda panas lainnya.
- ☑ Menggunakan *safety shoes* (sepatu pengaman) untuk menghindari bahaya benda jatuh atau bahaya listrik lainnya.



Gambar 0.19 Sarung tangan dan sepatu las

e. Bahaya-bahaya lainnya

- ☑ Bahaya ledakan; khususnya dalam melakukan pengelasan tangki harus dipastikan sudah bersih dari minyak, gas atau cat yang mudah terbakar.
- ☑ Bahaya kebakaran; menyingkirkan bahan-bahan lain yang mudah terbakar dalam radius aman pengelasan; melakukan perawatan terhadap mesin las khususnya kabel dan stang las.
- ☑ Bahaya jatuh; apabila pengelasan dilakukan pada ketinggian maka untuk mengurangi resiko kecelakaan perlu diperhatikan hal-hal ini :
 - Menggunakan tali pengaman
 - Menggunakan topi pengaman untuk melindungi kepala.
 - Memastikan peralatan penunjang dalam kondisi siap dan baik sebelum dipergunakan (misal : tangga, scaffolding)
 - Peralatan dipastikan berada pada posisi aman dan atau diikat.
 - Menggunakan peralatan sesuai peruntukannya dan tidak melebihi batas kemampuan.

9.6. Pengelasan Menggunakan Las SMAW

a. Pengertian Las SMAW

Shielded Metal Arc Welding atau sering juga disebut dengan las busur listrik adalah salah satu cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung. Busur listrik terjadi diantara material yang dilas dan elektroda yang kemudian menyebabkan keduanya mencair secara bersamaan. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian material yang akan disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang akan disambung, kemudian cairan tersebut membeku sehingga kedua bahan menjadi tersambung.

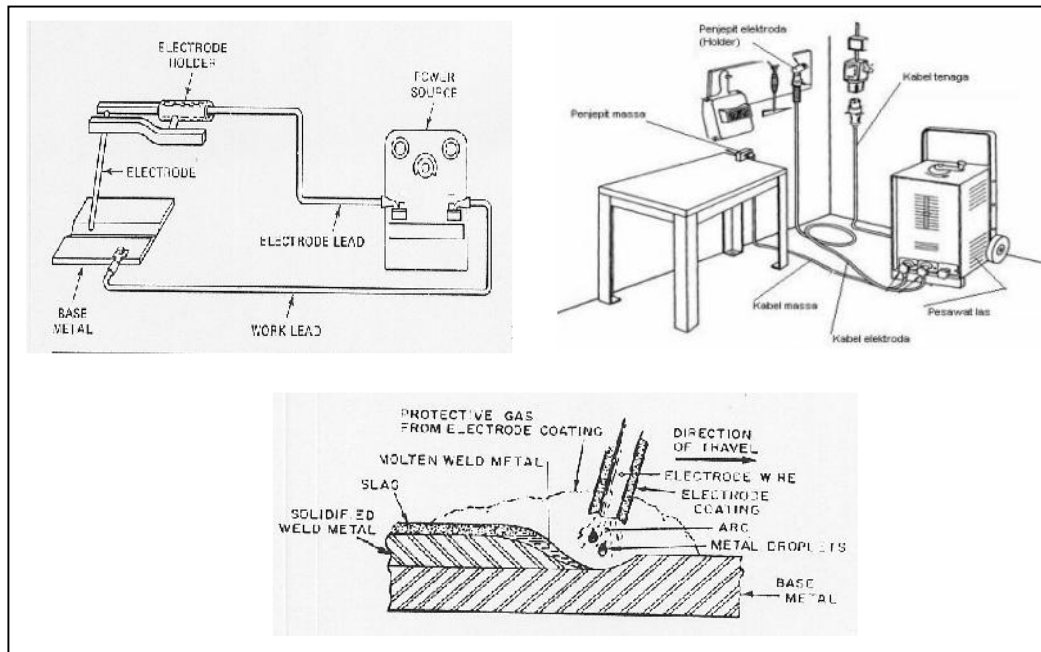
b. Pemakaian Umum Las SMAW

Las SMAW adalah proses las busur paling banyak digunakan dalam proses manufaktur dan perbaikan barang-barang mekanik dan konstruksi karena sederhana dan mudah dalam mengangkut peralatan dan perlengkapannya. Pengelasan SMAW banyak digunakan pada pekerjaan yang ringan misal pembuatan teralis, pagar, tangga putar dan pekerjaan sambungan logam lainnya. Selain itu pengelasan SMAW juga digunakan pada refinery piping, pekerjaan pipelines, pengelasan di bawah laut (struktur anjungan lepas pantai), bejana bertekanan, rangka baja untuk konstruksi bangunan serta industri alat berat dan perkapalan. Pengelasan SMAW digunakan untuk mengelas berbagai macam logam ferrous, termasuk baja carbon dan baja paduan rendah, stainless steel, paduan-paduan nikel, cast iron, dan beberapa paduan tembaga.

Pengelasan SMAW juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya : Laju pengisian/pengelasan lebih rendah dibandingkan proses pengelasan semi-otomatis atau otomatis. Panjang elektroda tetap dan pengelasan harus dihentikan setelah sebatang elektroda terbakar habis. Puntung elektroda yang tersisa terbuang, dan waktu juga terbuang untuk mengganti-ganti elektroda. Slag atau terak yang terbentuk harus dihilangkan dari lapisan las sebelum lapisan berikutnya didepositkan. Langkah ini mengurangi efisiensi pengelasan hingga sekitar 50 %.

Asap dan gas yang terbentuk merupakan masalah, sehingga diperlukan ventilasi memadai pada pengelasan di dalam ruang tertutup. Pandangan mata pada kawah las agak terhalang oleh slag pelindung dan asap yang menutupi endapan logam. Dibutuhkan juru las yang sangat terampil untuk dapat menghasilkan pengelasan berkualitas.

c. Skema Mesin Las SMAW



Gambar 0.20 Skema las SMAW

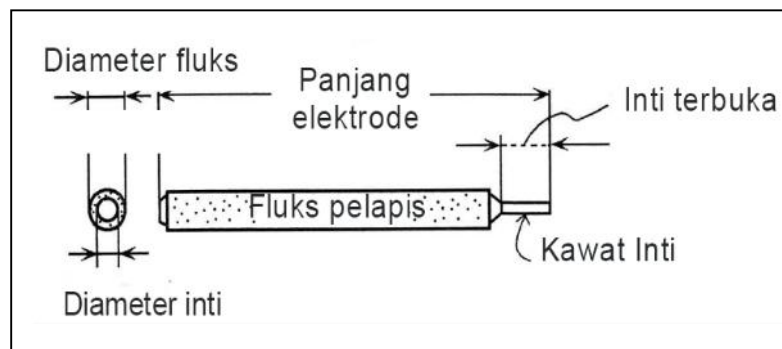
Alat utama las SMAW adalah sebagai berikut :

1. Trafo las atau mesin las
Pemilihan mesin las harus dipertimbangkan tentang kebutuhan maksimal (beban pekerjaan yang akan dikenakan kepada mesin las tersebut). Jenis penggunaan arus listrik mesin las juga perlu dipertimbangkan apakah arus AC atau DC, hal ini terkait dengan jenis elektroda yang akan digunakan, jika menggunakan multi electrode maka memilih mesin las DC adalah pilihan yang lebih baik.
2. Kabel tenaga
Pemilihan kabel tenaga yang digunakan untuk menginstal disesuaikan dengan bebannya (kapasitas mesin las) berupa ampere dan tegangan input mesin las. Hal ini menyangkut ukuran kawat, panjang kabel, dan jenis kawatnya (serabut/tidak). Selanjutnya dalam menginstall harus kuat dan tidak mudah lepas, sehingga aliran listrik dapat mengalir maksimal dan tidak panas.
3. Kabel elektroda dan kabel massa
Kabel masa dan kabel elektroda berfungsi menyalurkan aliran listrik dari mesin las ke material las dan kembali lagi ke mesin las. Ukuran kabel masa dan kabel elektroda ini harus cukup besar untuk mengalirkan arus listrik, apabila kurang besar akan menimbulkan panas pada kabel dan merusak isolasi kabel yang akhirnya membahayakan pengelasan. Sesuai dengan peraturan, kabel di antara mesin dan tempat kerja sebaiknya sependek mungkin. Kabel elektroda dan kabel massa sebaiknya menggunakan kabel serabut sehingga lentur dengan ukuran disesuaikan dengan ampere maksimum mesin las. Kabel elektroda dan kabel massa harus terkoneksi dengan kuat dan saat pengelasan harus disiapkan dengan benar, yaitu dalam kondisi terurai, tidak tertekuk dan saling berilitan.

4. Pemegang elektroda dan penjepit massa
 Penjepit elektroda dan penjepit massa dibuat dari bahan yang mudah menghantarkan arus listrik, biasanya digunakan dari bahan tembaga. Pada pemegang elektroda pada mulutnya sudah dibentuk sedemikian rupa sehingga memudahkan tukang las memasang/menjepit pada pemegang elektroda. Sedang pada penjepit massa dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mencengkeram dengan kuat pada benda kerja.

d. Elektroda/Kawat Pada Las SMAW

Pemilihan logam pengisi las berupa elektroda las / *filler metal electrode* sebagai logam pengisi dalam proses pengelasan sangat berpengaruh dalam menentukan mutu hasil pengelasan, begitu juga fluks dan gas sebagai pelindung (*shielding*). Elektroda yang digunakan pada pengelasan SMAW adalah elektroda terbungkus dimana terdiri kawat inti dan pembungkus atau fluks.



Gambar 0.21 Elektroda pengelasan

- ☑ Kawat Inti
 Kawat inti pada elektroda jenis ini berfungsi sebagai logam pengisi ini terbuat dari bahan logam misal mild steel, low carbon steel, alloy steel dimana pemilihannya disesuaikan dengan material yang akan disambung. Ukuran diameter yang tersedia antara 1,2 sampai dengan 6 mm dengan panjang antara 250 sampai dengan 450 mm.
- ☑ Fluks (Pembungkus)
 Dalam proses pengelasan, pembungkus elektroda ini akan terbakar dan membentuk terak (slag) cair yang kemudian membeku sehingga melindungi logam las dari pengaruh atmosfer atau mencegah terhadap kontaminasi dari udara sekitarnya. Selain itu juga pemantap busur untuk membantu kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam serta sebagai sumber unsur-unsur paduan.

Klasifikasi elektroda berdasarkan standar yang digunakan, misal adalah standar AWS (American Welding Society) dengan kode sebagai berikut :



Gambar 0.22 Klasifikasi elektroda las

Tabel di bawah ini menunjukkan spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak sesuai standar AWSA5.1-64T.

Tabel 0.5 Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak

Klasifikasi AWS/ASTM	Jenis Fluks	Posisi	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (Kg / mm ²)	Kekuatan luluh (Kg / mm ²)	Perpanjangan (%)
E 6010	Natrium Selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC+	43,6	35,2	22
E 6011	Lakium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC / DC+	43,6	35,2	22
E 6012	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC-	47,1	38,7	17
E 6013	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC / DC±	47,1	38,7	17
E 6020	Oksida besi tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC±	43,6	35,2	25
E 6027	Serbuk besi, Oksida tinggi	H-S, F	AC / DC- / DC ±	43,6	35,2	25
E 7014	Serbuk besi titania	F, V, OH, H	AC / DC±			17
E 7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC+			22
E 7016	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+	50,6	42,2	22
E 7018	Serbuk besi hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC / DC+			22
E 7024	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC / DC±			17
E 7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC / DC+			22

Kekuatan tarik pada kelompok E 60 setelah dilaskan 60.000 PSI atau 42,2 kg/mm²
 Kekuatan tarik pada kelompok E 70 setelah dilaskan 70.000 PSI atau 49,2 kg/mm²

e. Pengaturan Parameter Pengelasan

Apabila jenis material yang akan disambung sudah diketahui maka sebelum pengelasan dilakukan harus diperhatikan beberapa parameter pengelasan berikut ini :

- Jenis dan diameter elektroda
 Pemilihan jenis elektroda disesuaikan dengan bahan yang dilas, posisi pengelasan dan polaritas listriknya (lihat tabel di atas). 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).
- 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.
- 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 :
 - Elektroda terlalu panas, dapat merusak kestabilan fluks
 - Lebar cairan las terlalu besar
 - Perlindungan cairan las tidak maksimal, dapat mengakibatkan logam lasan berpori (porosity)
 - Besar kemungkinan terjadi undercut
 - Terak (slag) sukar dibersihkan Amper yang terlalu kecil dapat mengakibatkan
 - Penyalaan busur sulit dan lenket-lengket
 - Peleburan terputus-putus akibat dari busur yang tidak stabil.
 - Peleburan base metal dan elektrode jelek dan terjadi slag inclusion
- 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.
- Polaritas listrik
 Pemilihan polaritas tergantung pada 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)
- Besarnya penembusan/penetrasi
 Besarnya penembusan tergantung sifat fluks, polaritas, besar arus, kecepatan pengelasan dan tegangan busur. Semakin besar arus listrik maka akan semakin kuat daya tembusnya.

f. Persiapan Proses Pengelasan SMAW

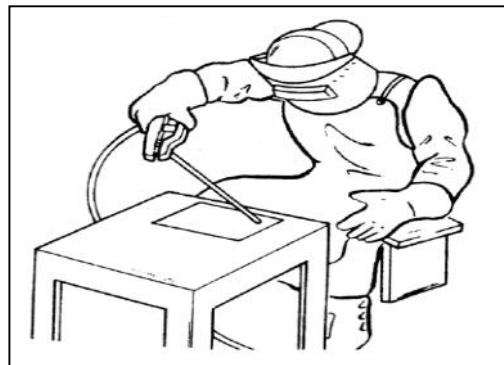
Hal-hal yang harus dipersiapkan untuk melakukan proses pengelasan, khususnya dengan menggunakan proses las SMAW adalah sebagai berikut :

- ☑ Menyiapkan benda kerja
Penyiapan material ini harus disesuaikan dengan WPS yang ditentukan, termasuk didalamnya adalah bentuk dan ukuran kampuh las. Permukaan material yang akan disambung dipastikan sudah bersih dari minyak dan kotoran lainnya agar memperoleh hasil lasan yang baik.
- ☑ Menyiapkan elektroda.
Menyiapkan elektroda dengan jenis sesuai dengan material logam induk yang akan disambung. Diameter elektroda dipilih sesuai dengan bentuk dan ukuran kampuh yang digunakan, yang paling banyak digunakan adalah diameter 2,6 mm atau 3,2 mm. Untuk mendapatkan hasil sambungan las yang optimal, sebaiknya sebelum digunakan elektroda dipanaskan dalam oven dengan temperatur 75 °C – 100°C selama kurang lebih 1 (satu jam).
- ☑ Mengatur mesin las
Memastikan semua sambungan kabel baik kabel power, kabel massa maupun kabel elektroda terkoneksi dengan baik dan kuat. Mengatur besarnya arus listrik sesuai dengan jenis dan diameter elektroda serta ketebalan material yang disambung (kedalaman penetrasi yang diinginkan).
- ☑ Menyiapkan alat bantu dan alat keselamatan kerja
Alat bantu yang sekiranya akan diperlukan selama proses pengelasan sebaiknya dipersiapkan di dekat posisi welder. Welder juga harus menggunakan akan keselamatan kerja pengelasan minimal : pelindung mata & muka, apron (baju las), sarung tangan dan sepatu keamanan.

g. Teknik Penyalaan Busur Listrik

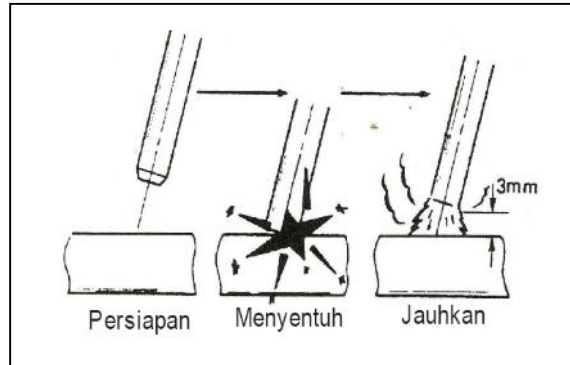
Posisi tubuh yang benar seperti ditunjukkan pada gambar di bawah juga menunjang kesempurnaan hasil pengelasan. Untuk itu perhatikan hal-hal berikut ini :

- ☑ Tegakkan badan bagian atas dan buka posisi kaki anda
- ☑ Pegang *holder* dan pertahankan siku-siku tangan anda pada posisi horizontal



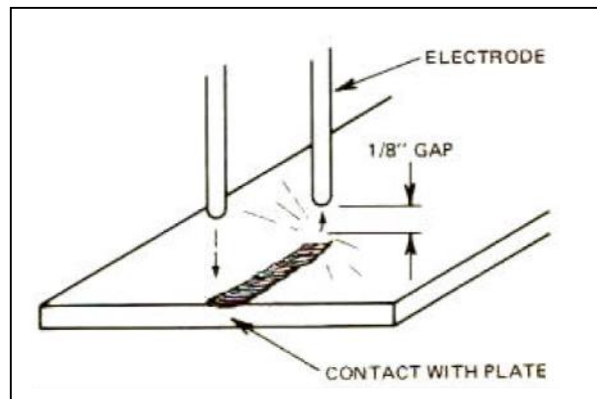
Gambar 0.23 Teknik penyalaan busur listrik

Ada dua metode dasar yang dapat digunakan untuk memulai penyalaan busur yaitu metode menggores (*striking*) dan metode memukul (*tapping*). Penyalaan busur dimulai dengan adanya hubungan pendek antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja.



Gambar 0.24 cara penyalaan busur las

Pada metode *striking* elektroda disentuhkan ke permukaan benda kerja dengan menggores yang gerakannya mirip seperti penyalaan korek api. Begitu elektroda menyentuh permukaan benda kerja akan menghasilkan busur yang tidak stabil, oleh karena itu harus dijaga jarak antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja sama dengan diameter elektroda yang dipakai.



Gambar 0.25 Jarak elektroda las terhadap logam induk

Pada metode mengetuk elektroda ditempatkan pada posisi vertikal tegak lurus dengan permukaan benda kerja. Penyalaan busur dimulai dengan mengetuk atau melambungkannya di atas permukaan benda kerja, begitu elektroda menyentuh permukaan kerja akan menghasilkan busur yang tidak stabil, oleh karena itu harus dijaga jarak antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja sama dengan diameter elektroda yang dipakai.

h. Alat Bantu Lainnya

Alat-alat bantu las harus digunakan sesuai fungsinya dan dengan cara penggunaan yang benar. Berikut adalah beberapa alat bantu yang sering digunakan khususnya pada proses pengelasan SMAW :

1. Meja las

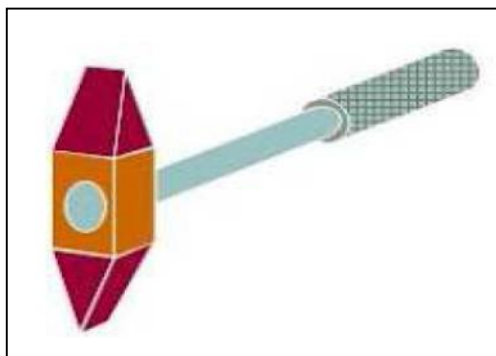
Meja las adalah tempat untuk menempatkan benda kerja pada posisi yang dipersyaratkan khususnya pada pengelasan benda-benda yang relatif kecil. Meja las harus diletakkan sedemikian rupa dan tidak mudah bergerak saat tersenggol atau saat welder melakukan pengelasan.



Gambar 0.26 Meja las

2. Palu terak

Palu terak adalah alat untuk membersihkan terak dari hasil pengelasan. Dalam menggunakan palu terak ini jangan sampai membuat luka pada hasil pengelasan maupun pada base metalnya, karena luka bekas pukulan merupakan cacat pengelasan.



Gambar 0.27 Palu terak

3. Palu konde

Palu konde secara standar yang digunakan adalah berkapasitas 2 kg. Penggunaan palu konde adalah untuk membantu meluruskan, meratakan permukaan benda kerja yang berkelok atau melengkung, untuk membentuk sudut pada benda kerja dengan tujuan mengurangi atau meniadakan distorsi, atau digunakan untuk tujuan membantu persiapan pengelasan.



Gambar 0.28 Palu konde

4. Gerinda tangan

Gerinda tangan ini berfungsi untuk menyiapkan material yang akan di las berupa penyiapan kampuh las. Gerinda ini juga digunakan untuk membantu dalam proses pengelasan khususnya dalam pembersihan lasan sebelum di sambung atau sebelum ditumpuki dengan lasan lapis berikutnya. Gerinda tangan ini juga digunakan untuk membantu dalam memperbaiki cacat las yang memerlukan penggerindaan dalam persiapannya sebelum diperbaiki cacat pengelasan.



Gambar 0.29 Gerinda tangan