

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Tedahulu

Dalam penelitian Syafa'at, dkk (2018) dengan judul Analisa Kekuatan Sambungan Las Argon Pada Stainless Steel 304 Menggunakan Variasi kuat Arus. Dalam penelitian tersebut menggunakan variasi arus 60 A, 70 A, 80 A. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil tegangan tarik paling tinggi 668,603 MPa terletak pada pengelasan arus 80 A, sedangkan nilai tegangan tarik terendah pada arus 70 A dengan nilai 598,435 MPa. Tegangan tarik maksimal tertinggi pada pengelasan 80 A dengan nilai 744,162 MPa. Hal-hal yang mempengaruhi hasil pengujian pada pengelasan TIG bahwa semakin tinggi panas yang dihasilkan pada pengelasan membuat kawat elektroda tungsten dan bahan tambahannya dapat meleleh dengan baik sehingga menjadikan las lebih kuat.

perpanjangan bahan terletak pada arus 80 A dengan 82 %, sedangkan nilai terendah adalah 76,5% pada pengelasan 60 A. Menurut Suryanto dan Ilman (2016) hubungan antara struktur mikro dengan kekuatan tarik logam dimana semakin besar butiran logam yang dihasilkan maka kekuatan luluhnya semakin rendah. Dikarenakan panas yang dihasilkan kurang maksimal dan tidak cukup panas untuk melelehkan elektroda dan bahan tambahannya. Dalam aplikasi, secara umum kekuatan sambungan las mampu menahan tekanan yang ada dalam pirolisator. Dalam kenyataannya, tabung penghasil uap cair ini tidaklah bersifat mampat dengan tekanan tertentu. Lubang output asap yang berhubungan udara luar membuat alat ini mempunyai tekanan sama dengan tekanan di luar tabung.

Pada hasil struktur makro hasil pengelasan yang paling bagus adalah pada arus 80 A. Hasil pengelasan pada arus 60 A, dan 70 A bahan tambah tidak mencair dengan maksimal terlihat masih ada sekat-sekat pada daerah pengelasan. Semua perbedaan tersebut karena dipengaruhi besar kecilnya panas yang masuk dan juga kecepatan pengelasan.

2.2 Pengertian Las

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN), las yaitu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Definisi ini juga dapat diartikan lebih lanjut bahwa las sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas (Wiryosumarto, 2000).

Pengelasan merupakan suatu aktifitas menyambung dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambah (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya (Alip, 1989).

Beberapa metode atau cara pengelasan telah ditemukan untuk membuat proses pengelasan dengan hasil sambungan yang kuat dan efisien. Pengelasan juga memberikan keuntungan baik itu dalam aspek komersil maupun teknologi. Adapun keuntungan dari pengelasan yaitu sebagai berikut (Groover, 1996):

1. Pengelasan memberikan sambungan yang permanen. Kedua bagian yang disambung menjadi satu kesatuan setelah dilas.
2. Pengelasan biasanya merupakan cara yang paling ekonomis jika ditinjau dari harga pembuatannya dan segi penggunaannya.
3. Pengelasan tidak dibatasi hanya pada lingkungan pabrik saja, tetapi pengelasan juga dapat dilakukan atau dikerjakan dilapangan.

Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar, proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu (Wiryosumanto, 2000):

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari *fusion* (nyala api las), contohnya: las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal

dari nyala api las (*non fusion*), contohnya: *friction stirr welding* (proses pengelasan dengan gesekan), las tempa, dan lain-lain.

2.3 Klasifikasi Cara Pengelasan

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dapat dibagi dalam dua golongan yaitu: klasifikasi berdasarkan cara kerjanya dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan (Wiryosumarto, 2000).

Klasifikasi yang pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lain. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan lain-lain. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut di atas akan terburai dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali.

Diantara kedua cara klasifikasi tersebut di atas, klasifikasi berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan. Berdasarkan klasifikasi ini, pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu (Wiryosumarto, 2000):

1. Pengelasan cair yaitu cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan yaitu cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
3. Pematrian yaitu cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair

2.4 Jenis-Jenis Pengelasan

Dari sekian banyak jenis atau klasifikasi pengelasan, cara pengelasan yang banyak digunakan saat ini yaitu pengelasan cair dengan busur dan dengan gas. Adapun dari kedua jenis tersebut akan dijelaskan sebagai berikut (Wiryosumarto, 2000).

1. Las Busur Listrik

Las busur listrik yaitu cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus (Wiryosumarto, 2000).

Prinsip pengelasan las busur listrik yaitu sebagai berikut: arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 5000°C sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut (Wiryosumarto, 2000).

Proses pemindahan logam cair seperti dijelaskan diatas sangat mempengaruhi sifat maupun las dari logam, dapat dikatakan bahwa butiran logam cair yang halus mempunyai sifat mampu las yang baik.

Sedangkan proses pemindahan cairan sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan, fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda sebagai zat pelindung yang sewaktu pengelasan juga ikut mencair. Tetapi karena berat jenisnya lebih ringan dari bahan logam yang dicairkan, maka cairan fluks tersebut mengapung diatas cairan logam dan membentuk terak sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahan tidak terbakar, tetapi berubah menjadi gas pelindung dari logam cair terhadap oksidasi (Wiryosumarto, 2000).

2. Busur Logam Gas (Gas Metal Arc Welding)

Proses pengelasan dimana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (filler) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga metal inert gas welding (MIG) karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair (Wirjosumarto, 2000).

3. Las Busur Rendam (Submerged Arc Welding) Proses pengelasan dimana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk fluks sedangkan kawat pengisi (filler) diumpukan secara kontinyu. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 Ampere (Wirjosumarto, 2000)

4. Las Busur Elektroda Terbungkus (Shielded Metal Arc Welding/SMAW) Proses pengelasan dimana panas dihasilkan dari busur listrik antara ujung elektroda dengan logam yang dilas. Elektroda terdiri dari kawat logam sebagai penghantar arus listrik ke busur dan sekaligus sebagai bahan pengisi (filler). Kawat ini dibungkus dengan bahan fluks. Biasanya dipakai arus listrik yang tinggi (10-500 A) dan potensial yang rendah (10-50 V). Selama pengelasan, fluks mencair dan membentuk terak (slag) yang berfungsi sebagai lapisan pelindung logam las terhadap udara sekitarnya. Fluks juga menghasilkan gas yang bisa melindungi butiran-butiran logam cair yang berasal dari ujung elektroda yang mencair dan jatuh ke tempat sambungan (Wirjosumarto, 2000).

5. Las Oksi Asetilen (Oxy Acetylene Welding)

Las oksidasetilen adalah salah satu jenis pengelasan gas yang dilakukan dengan membakar bahan bakar gas dengan O₂ sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu yang dapat mencairkan logam induk dan logam pengisi. Bahan bakar yang biasa digunakan adalah gas asetilen, propan, atau hidrogen. Dari ketiga bahan bakar ini yang paling banyak digunakan yaitu gas asetilen, maka dari itu pengelasan ini biasa disebut dengan las oksidasetilen (Wirjosumarto, 2000).

6. Las Busur Tungsten Gas Mulia (Gas Tungsten Arc Welding/GTAW)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari wolfram/tungsten dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (non-consumable electrode). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah) (Wiryosumarto, 2000).

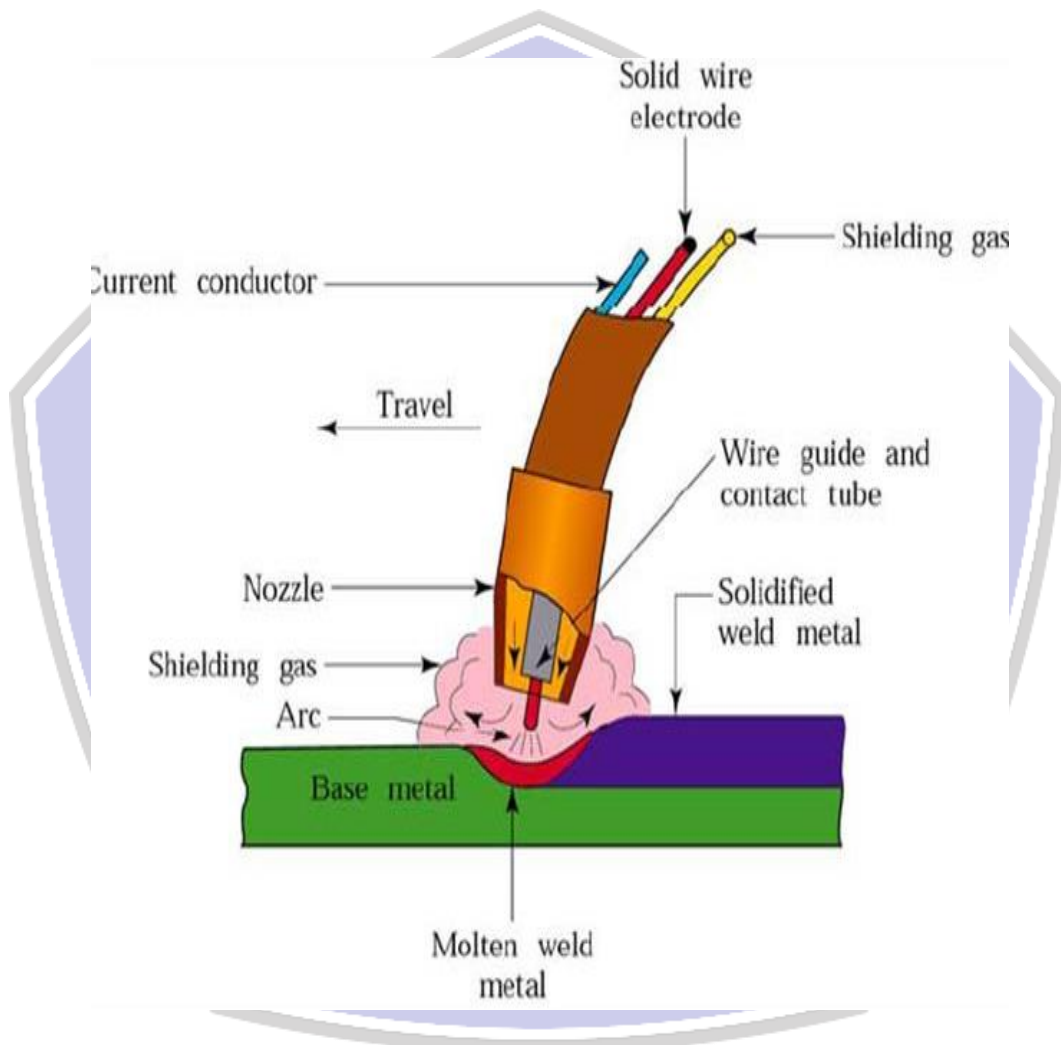
7. Las Listrik Terak (Electroslag Welding)

Proses pengelasan di mana energi panas untuk melelehkan logam dasar (base metal) dan logam pengisi (filler) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, fluks dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (filler) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh pelat yang didinginkan dengan air (Wiryosumarto, 2000).

8. Las Metal Inert Gas (MIG)

Dalam las logam gas mulia, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Skema dari alat las ini ditunjukkan dalam Gambar 1. Gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, helium atau campuran dari keduanya.

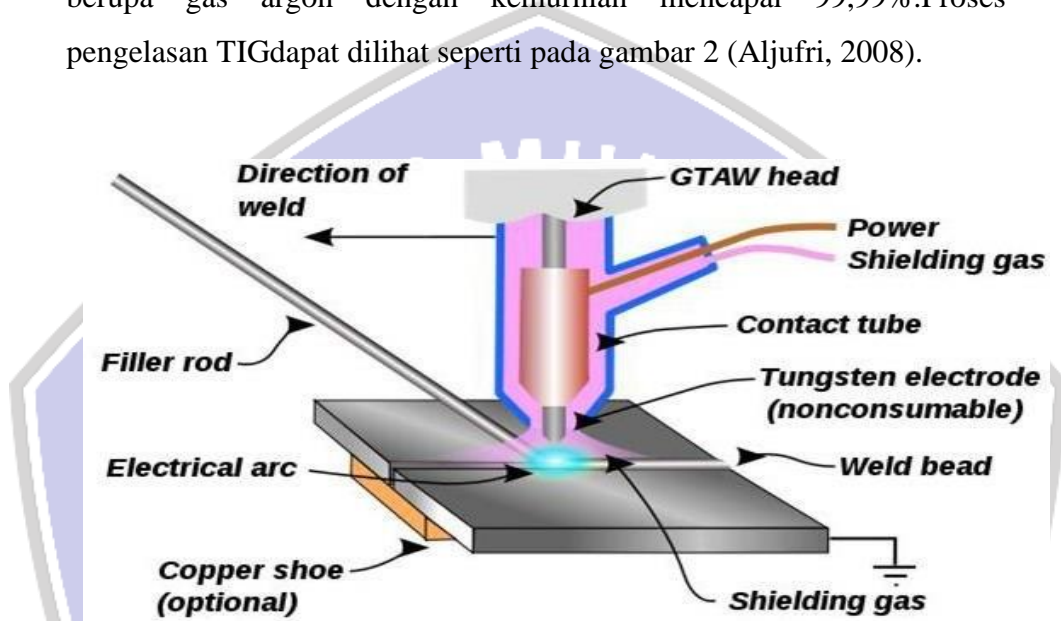
Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O_2 antara 2 sampai 5%, atau CO , antara 5 sampai 20%. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatis atau otomatis. Semi otomatis dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatis yaitu pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatis. Elektroda keluar melalui tangkai bersama-sama dengan gas pelindung (Wiryo Sumarto, 2000).



Gambar 2. Las MIG (Metal Inert Gas) (www.skema las MIG)

2.5 Las Tungsten Inert Gas (TIG)

Las TIG yaitu jenis pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari tungsten (*wolfram*), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari *torch*. Untuk mencegah oksidasi, maka dipakai gas pelindung yang keluar dari *torch* biasanya berupa gas argon dengan kemurnian mencapai 99,99%. Proses pengelasan TIG dapat dilihat seperti pada gambar 2 (Aljufri, 2008).



Gambar 3. Proses Pengelasan TIG (Aljufri, 2008).

Tungsten Inert Gas (TIG) yaitu suatu proses pengelasan busur listrik elektroda tidak terumpan, dengan menggunakan gas mulia sebagai pelindung terhadap pengaruh udara luar. Pada proses pengelasan TIG peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dengan logam induk. Pada jenis pengelasan ini logam pengisi dimasukkan kedalam daerah arus busur sehingga mencair dan terbawa ke logam induk.

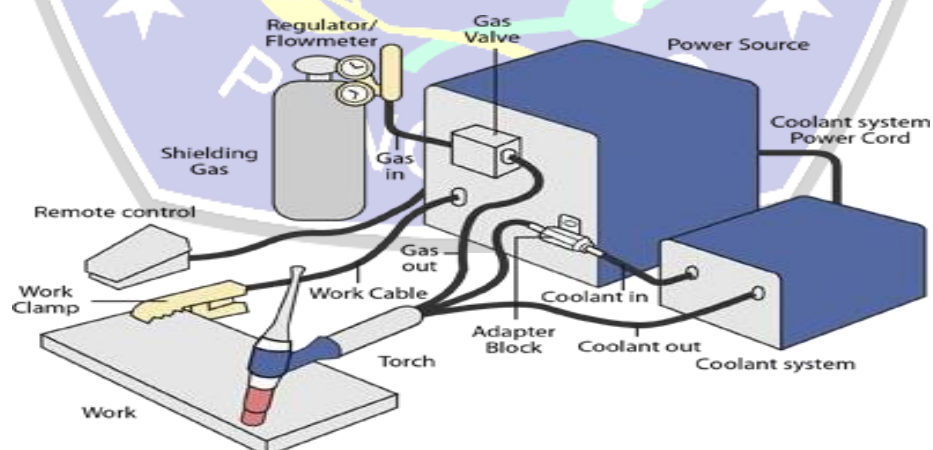
Las TIG dapat dilaksanakan secara manual atau secara otomatis dengan mengotomatisasikan cara pengumpanan logam pengisi (Aljufri, 2008).

1. Prinsip Kerja Las TIG

Pada gambar 3 menunjukkan skema atau cara pelaksanaan pengelasan TIG. Prosesnya menggunakan gas pelindung untuk mencegah terjadinya oksidasi pada bahan las yang panas. Untuk menghasilkan busur nyala, digunakan elektroda yang tidak dikonsumsi terbuat dari logam tungsten atau paduannya yang mempunyai titik lebur sangat tinggi (Sriwidharto,2006).

Busur nyala dihasilkan dari arus listrik melalui konduktor dan mengionisasi gas pelindung. Busur terjadi antara ujung elektrodatungsten dengan logam induk. Panas yang dihasilkan busur langsung mencairkan logam induk dan juga logam las berupa kawat las (*rod*). Penggunaan kawat las tidak selalu dilaksanakan (hanya jika dirasa perlu sebagai logam penambah). Pencairan kawat las dilaksanakan di ujung kolom las yang sambil proses pengelasan berjalan. Terdapat 4 (empat) komponen dasar atau komponen utama dari las GTAW, yaitu (Sriwidharto,2006):

1. Obor (*torch*)
2. Elektroda tidak dikonsumsi (*tungsten*)
3. Sumber arus las
4. Gas pelindung



Gambar 4. Skema Las TIG (Sriwidharto, 2006).

2. Peralatan LasTIG

Pada proses pengelasan las *tungsten inert gas* (TIG) ada beberapa peralatan umum yang digunakan antara lain sebagai berikut (Sriwidharto, 2006):

a. Stang Las/Obor (*torchwelding*)

Stang las atau obor GTAW berfungsi sebagai pemegang elektroda tidak terkonsumsi (*tungsten*) yang menyalakan arus pengelasan ke busur listrik, serta menjadi sarana penyalur gas pelindung ke zona busur(*arczone*).Obor dipilih sesuai dengan kemampuan menampung arus las maksimum ke busur nyala tanpa mengalami *over heating*. Sebagian besar obor didesain untuk mengakomodasi segala ukuran elektroda serta berbagai tipe ukuran *nozzle* (Sriwidharto,2006).

Pada umumnya obor untuk pengelasan manual memiliki sudut kepala (*heatangle*),yakni antara sudut elektroda dan pegangan (*handle*) 120° dan jenis-jenis obor lainnya seperti obor dengan sudut kepala yang dapat diatur, sudut kepala siku (90°), dan kepala bentuk pensil. Obor GTAW manual memiliki *switch* dan katub tambahan yang dipasang pada peganganya yang digunakan untuk mengendalikan arus dan aliran gas pelindung, sedangkan obor untuk mesin TIG otomatis hanya dapat diatur pada permukaan sambungan, sepanjang sambungan, dan jarak antara obor dan bahan yang akan dilas (Sriwidharto,2006).



Gambar 5. Stang las/obor (*torch welding*) (Sriwidharto, 2006).

b. Mesin las AC/DC

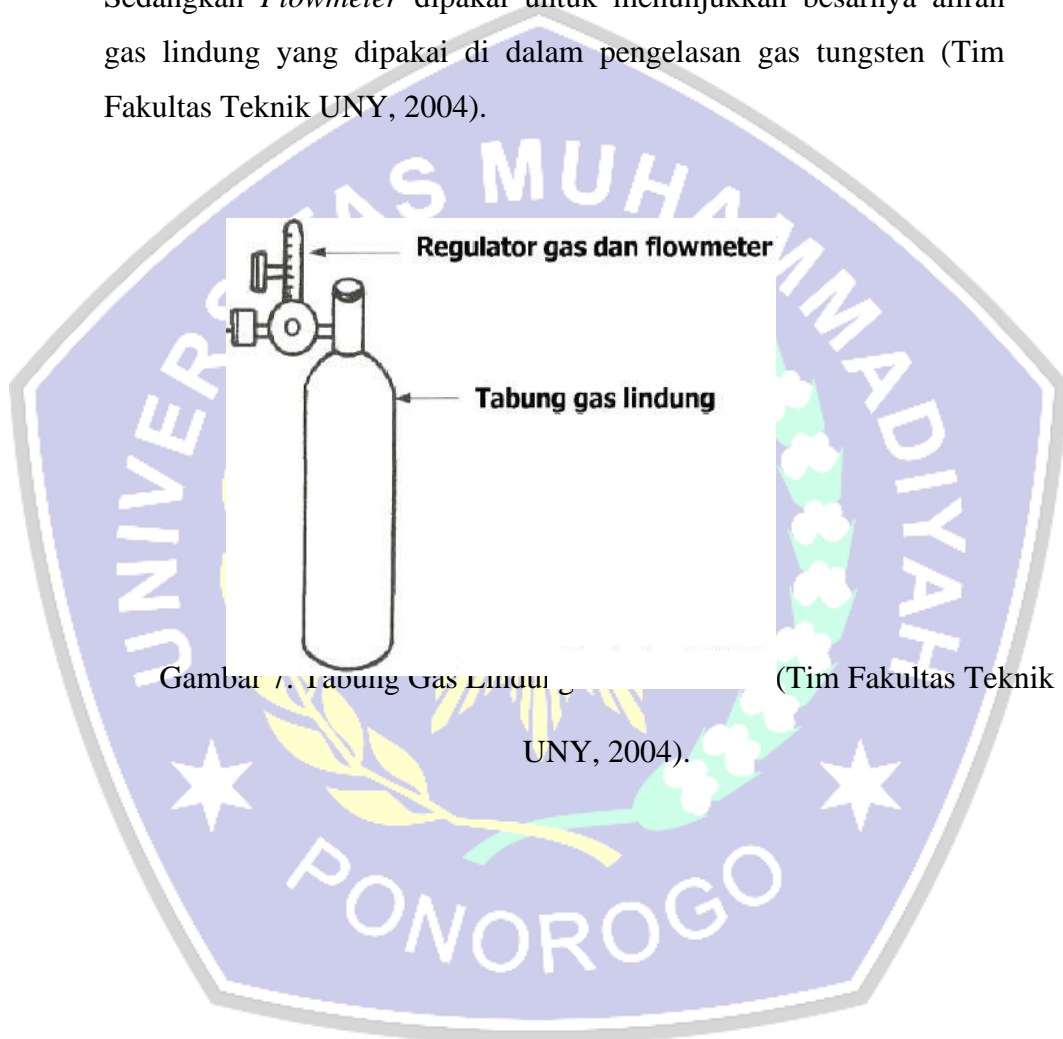
Mesin las AC/DC merupakan mesin las pembangkit arus AC/DC yang digunakan di dalam pengelasan las gas tungsten. Pemilihan arus AC atau DC biasanya tergantung pada jenis logam yang akan dilas (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



Gambar 6. Mesin Las AC/DC (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

c. Tabung Gas Lindung, Regulator Gas Lindung dan *flowmeter*

Tabung gas lindung yaitu tabung tempat penyimpanan gas lindung seperti argon dan helium yang digunakan di dalam mengelas gas tungsten. Regulator gas lindung adalah pengatur tekanan gas yang akan digunakan di dalam pengelasan gas tungsten. Pada regulator ini biasanya ditunjukkan tekanan kerja dan tekanan gas di dalam tabung. Sedangkan *Flowmeter* dipakai untuk menunjukkan besarnya aliran gas lindung yang dipakai di dalam pengelasan gas tungsten (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).



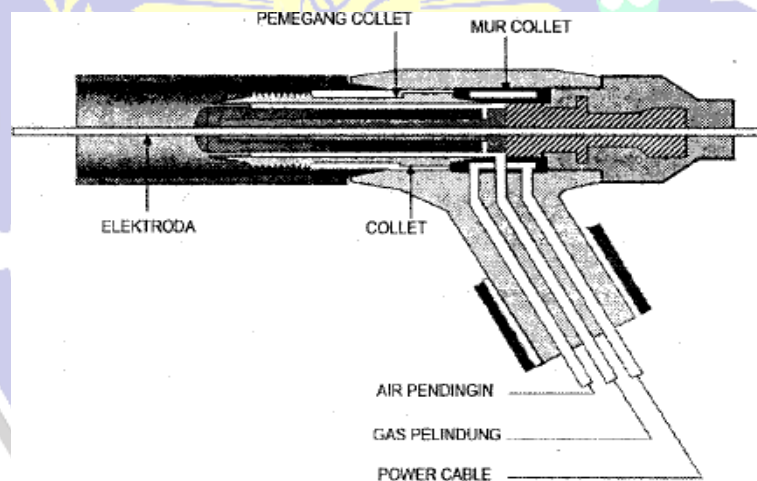
Gambar 7. Tabung Gas Lindung (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

d. Kabel Elektroda Selang Gas danPerlengkapannya

Kabel elektroda dan selang gas berfungsi menghantarkan arus dari mesin las menuju stang las, begitu juga aliran gas dari mesin las menuju stang las. Selang gas dan perlengkapannya berfungsi sebagai penghubung gas dari tabung menuju pembakar las. Sedangkan perangkat pengikat berfungsi mengikat selang dari tabung menuju mesin las dan dari mesin las menuju pembakar las (Tim Fakultas Teknik UNY, 2004).

e. *Collet*

Segala ukuran diameter elektroda dapat dipegang oleh piranti pemegang elektroda (*electrode holder*) yang disebut *Collet* atau *Chuck*. Piranti ini terbuat dari paduan tembaga. *Collet* ini akan menggenggam erat elektroda saat penutup obor diikat erat. Hubungan baik antar elektroda dengan bagian dalam diameter *collet* penting untuk penyaluran arus las dan pendinginelektroda.



Gambar 8. Pemegang elektroda /collet (Sriwidharto, 2006).

F. Moncong (*Nozzle*)

Nozzle berfungsi untuk mengarahkan gas pelindung pada pengelasan. *Nozzle* antar cup ini dapat dipasang pada kepala obor, dan juga terpasang pada kepala obor piranti pengatur aliran gas (*diffuser*) atau piranti jet yang terpatent. Fungsi *diffuser* adalah untuk meluruskan arah aliran gas. Bahan *nozzle* adalah bahan tahan panas (*heatresisting material*) dalam berbagai ukuran dan bentuk. Pemasangannya pada kepala obor menggunakan ulir atau genggamannya friksi (*tight fit*). *Nozzle* terbuat dari keramik, metal, keramik berlapis metal, *quartz* yang dicor atau bahan lain. Bahan keramik adalah bahan yang paling umum digunakan karena murah namun sangat mudah pecah, oleh karenanya harus sering diganti (Sriwidharto, 2006).

Nozzle quartz bersifat bening/transparan, karenanya memungkinkan juru las melihat dengan jelas elektroda dan busur nyala listrik sewaktu mengelas. Namun karena kontaminasi dari uap metal, menyebabkan *nozzle* tersebut menjadi buram (*opaque*) dan mudah pecah. *Nozzle* yang terbuat dari metal yang didinginkan dengan air berumur lebih panjang dan biasanya digunakan untuk GTAW secara manual dan otomatis dimana arus pengelasan yang relatif besar.

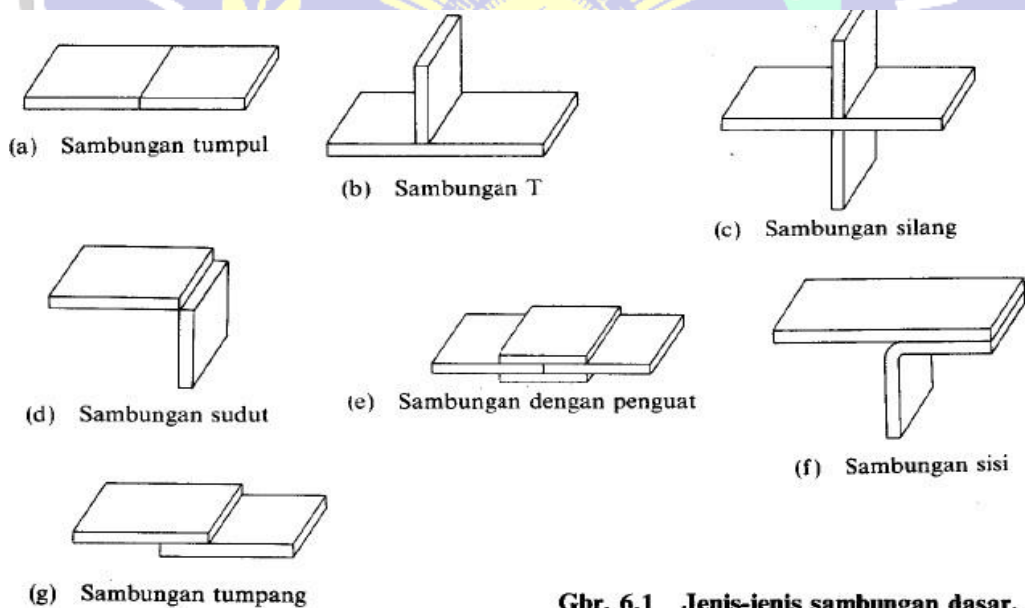
Suatu piranti yang berfungsi memastikan aliran gas lindung menjadi laminar disebut lensa gas. Lensa gas ini mengandung *diffuser* penghalang yang berpori (*porous barrier diffuser*) yang dipasang ketat melingkari elektroda atau *collet*. Lensa gas menghasilkan aliran gas yang lebih panjang dan tidak terganggu yang memungkinkan juru las menempatkan obor las 1 *inchi* atau lebih dari permukaan bahan yang dilas sehingga lebih mudah melihat posisi elektroda dan kondisi kolam las, serta memudahkan pengelasan di sudut-sudut dan celah yang relatif sempit (Sriwidharto, 2006).



Gambar 9. Moncong (*Nozzle*) (Sriwidharto, 2006).

2.5 Klasifikasi Sambungan Las

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut di atas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi (Wiryosumarto, 2000).



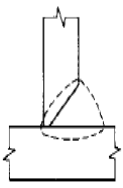
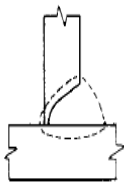
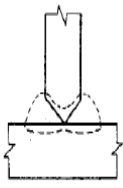
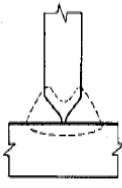

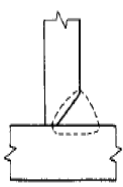
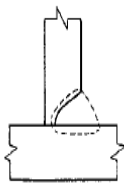
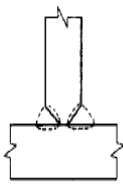
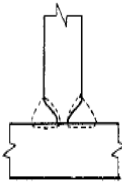
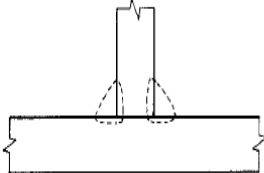
Gbr. 6.1 Jenis-jenis sambungan dasar.

Gambar 11. Jenis-Jenis Sambungan Dasar (Wiryosumarto, 2000).

Ada beberapa jenis sambungan dasar pengelasan (seperti pada gambar 11), meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah (Wiryosumarto, 2000):

1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

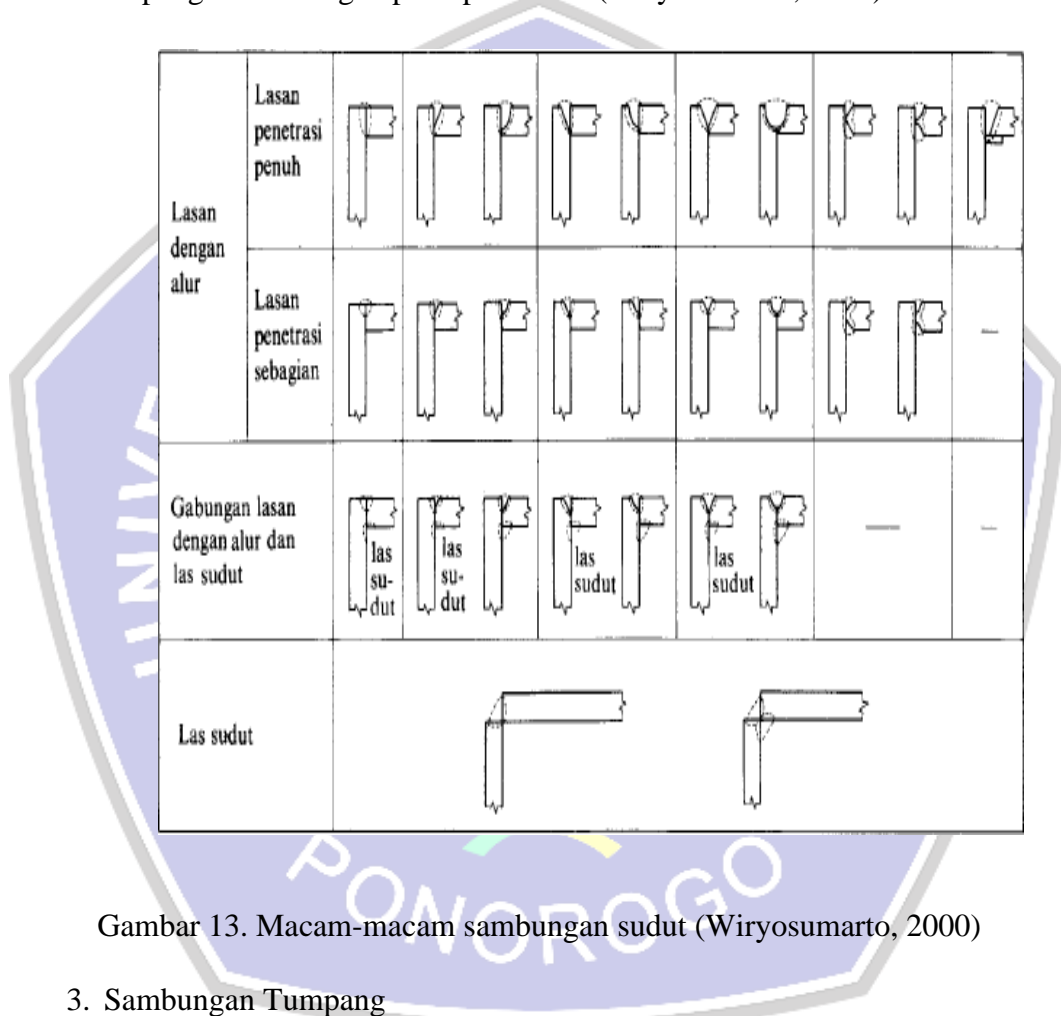
Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur (Wiryosumarto, 2000).

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh					
	Lasan penetrasi sebagian					
Las sudut						

Gambar 12. Sambungan T (Wiryosumarto, 2000).

2. Sambungan Sudut

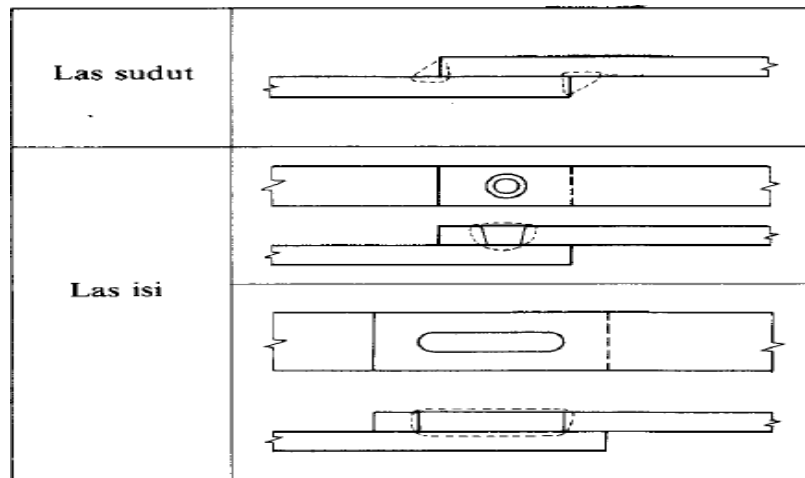
Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak seperti pada gambar 13. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 13. Macam-macam sambungan sudut (Wiryosumarto, 2000)

3. Sambungan Tumpang

Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis seperti ditunjukkan pada gambar 14. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las sisi (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 14. Macam-macam Sambungan Tumpang (Wiryosumarto, 2000).

4. Sambungan Tumpul (*butt joint*)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian seperti pada gambar 15. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan dengan pelat pembantu. Bentuk alur pada sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, dan lain-lain.

Pada dasarnya dalam memilih bentuk alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Karena hal ini, maka dalam pemilihan bentuk alur diperlukan kemampuan dan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan yang sering dilakukan (Wiryosumarto, 2000).

Jenis lasan Jenis alur	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 15. Alur Sambungan Las Tumpul (Wiryosumarto, 2000).

2.6 Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi- posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*) (Bintoro, 2000).

a. Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini merupakan posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja.

b. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/*horizontal*. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak (Gambar 18 b). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah *horizontal*.

c. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

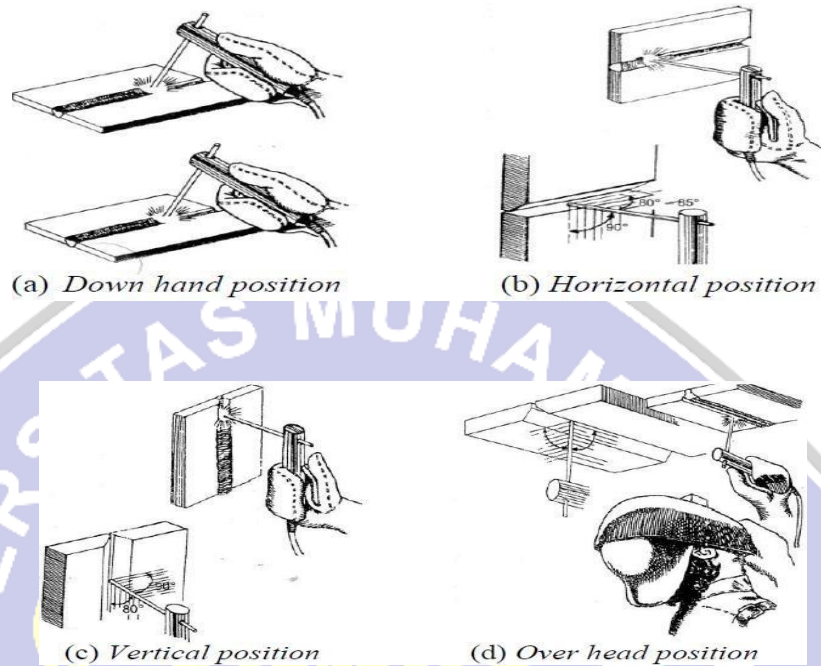
Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada *horizontal position* pada *vertical position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun (Gambar 18 c). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal.

d. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja (Gambar 18 d). Misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam.

Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*) memungkinkan penetrasi dan cairan logam tidak keluar dari kampuh las serta kecepatan pengelasan yang lebih besar dibanding lainnya. Pada *horizontal position*, cairan logam cenderung jatuh ke bawah, oleh karena itu busur (*arc*) dibuat sependek mungkin. Demikian pula untuk *vertical* dan *over head position*.

Penimbunan logam las pada pengelasan busur nyala terjadi akibat medan *electromagnetic* bukan akibat gravitasi, pengelasan tidak harus dilakukan pada *down hand position* ataupun *horizontal position* (Bintoro, 2000).



Gambar 18. Posisi Pengelasan (Bintoro, 2000)

2.7 . Material sus 304

Ss 304 paling banyak mengandung unsur kromium (antara 15-20%) dan nikel (antara 2-10,5%). Material ini dikenal dengan sifat austenitik (non magnetik dan tidak dapat dikeraskan lewat pemanasan).diantara sekian banyak jenis stainless stell, grade 304 merupakan yang paling mudah dibentuk dan kurang konduktif sebagai pengantar listrik.

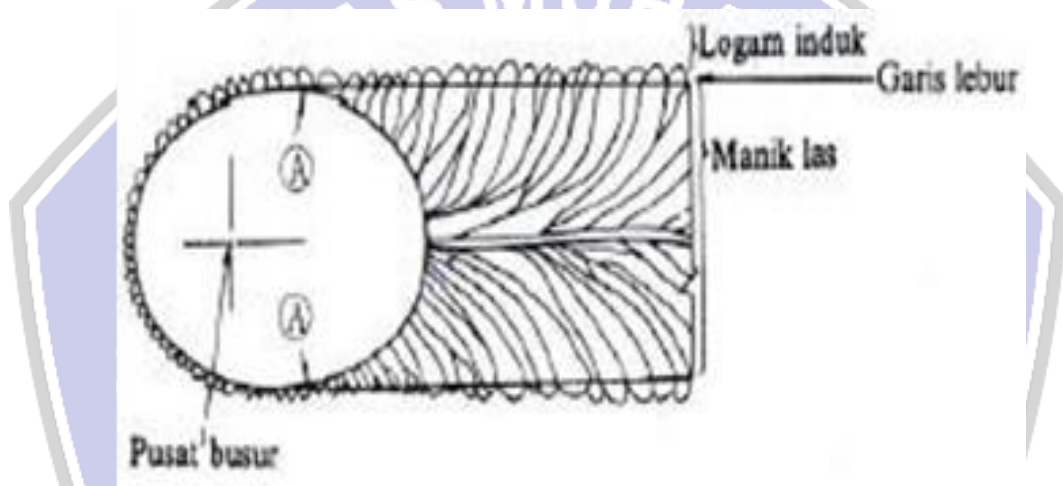
2.8 Siklus Thermal Daerah Lasan

Menurut Wiryosumarto dan Okumara (2000:56), daerah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa

inggrisnya adalah “Heat Affected Zone” dan disingkat menjadi daerah HAZ, dan logam induk yang tak terpengaruhi.

a. Logam Las

Menurut Widharto (2013: 445), logam las yaitu perpaduan antara bahan pengisi (filler metal) dengan logam induk yang kemudian setelah membeku Paduan Kekuatan tarik membentuk jalur las. Logam didaerah pengelasan mengalami siklus thermal yakni pencairan kemudian pembekuan. Kondisi ini menyebabkan perubahan struktur mikro dari logam yang bersangkutan.

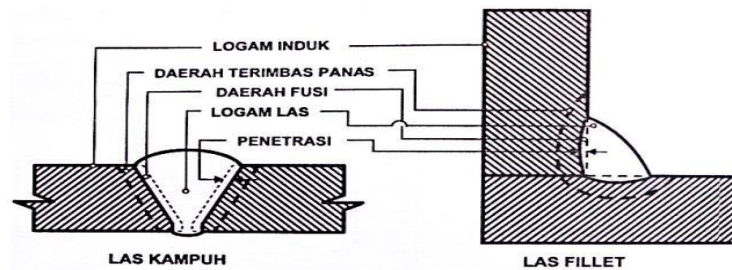


Gambar 2.9 Arah Pembekuan dari Logam Las (Wiryosumarto dan Okumura 2000: 57)

Pada gambar 2.9 Ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las yang berbentuk pilar. Titik A dari gambar tersebut adalah titik mula dari struktur pilar yang selalu terletak dalam logam induk. Titik ini tumbuh menjadi garis lebur sebagian dari logam dasar turut mencair dan selama proses pembekuan logam las tumbuh pada butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama (Wiryosumarto dan Okumara 2000:57).

b. Logam Induk

Menurut widharto (2013:456), logam induk yaitu bagian logam yang jauh dari bagian las sehingga tidak terpengaruh oleh suhu panas las dan tetap dalam struktur mikro dan sifat semula.



Gambar 2.10 Bagian Las (Widharto 2013: 456)

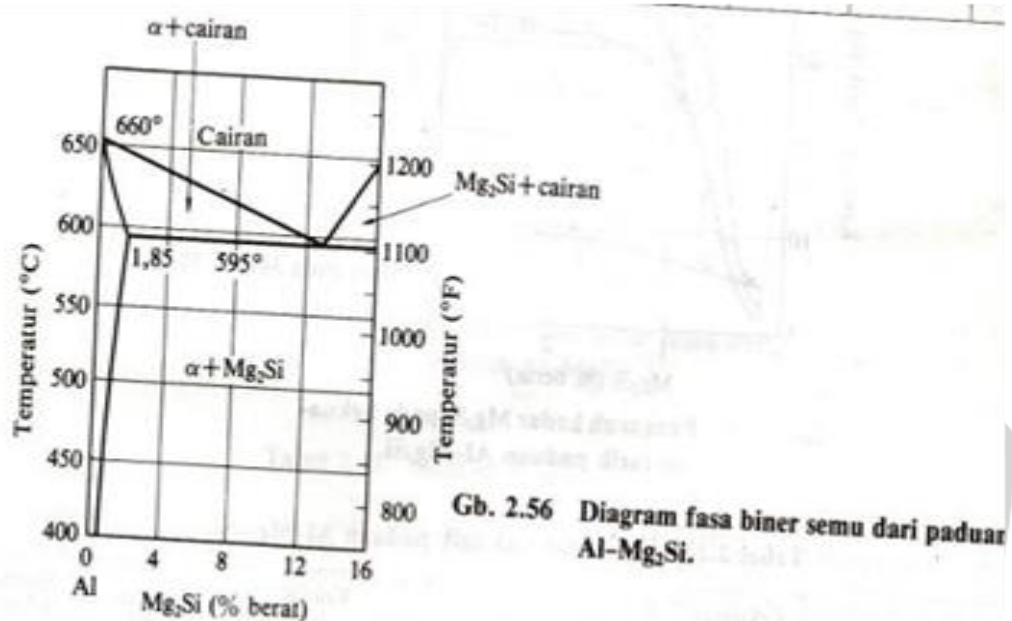
Menurut Romli (2012:2), paduan aluminium dengan kandungan Si (7-9)% dan Mg (0,3-1,7)% dapat dikeraskan dengan presipitasi, dimana akan terjadi presipitasi Mg_2Si dan memiliki sifat mekanis yang sangat baik. Paduan Aluminium yang mengandung Magnesium sekitar (4 – 10)% mempunyai sifat yang baik terhadap korosi, memiliki tegangan tarik $30kg/mm^2$ dan sifat mulur diatas 12%.

c. Heat Affected Zone (HAZ)

Menurut Sonawan dan Suratman (2006: 66), pemanasan lokal pada permukaan logam induk selama proses pengelasan menghasilkan daerah pemanasan yang unik, artinya disetiap titik yang mengalami pemanasan itu memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Pada pengelasan busur listrik, permukaan logam yang berhubungan langsung dengan busur listrik akan mengalami pemanasan paling tinggi yang memungkinkan daerah tersebut mencapai titik cairnya.

Menurut Wiryosumarto dan Okumara ((2000: 56), daerah tertimpa panas atau HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus thermal pemanasan dan pendinginan cepat. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur

maka susunan struktur logamnya semakin kasar. Perubahan metalurgi yang paling penting dalam pengelasan adalah perubahan struktur mikro pada daerah HAZ maupun daerah las. Perubahan struktur mikro yang terjadi akan menentukan sifat mekanik pada sambungan las, seperti kuat tarik dan kekerasannya (Aisyah 2011: 16).



Gambar 2.11 Diagram Fasa pada Aluminium AlMgSi (Surdia dan Saito, 2000: 139)

2.9 Uji Tarik

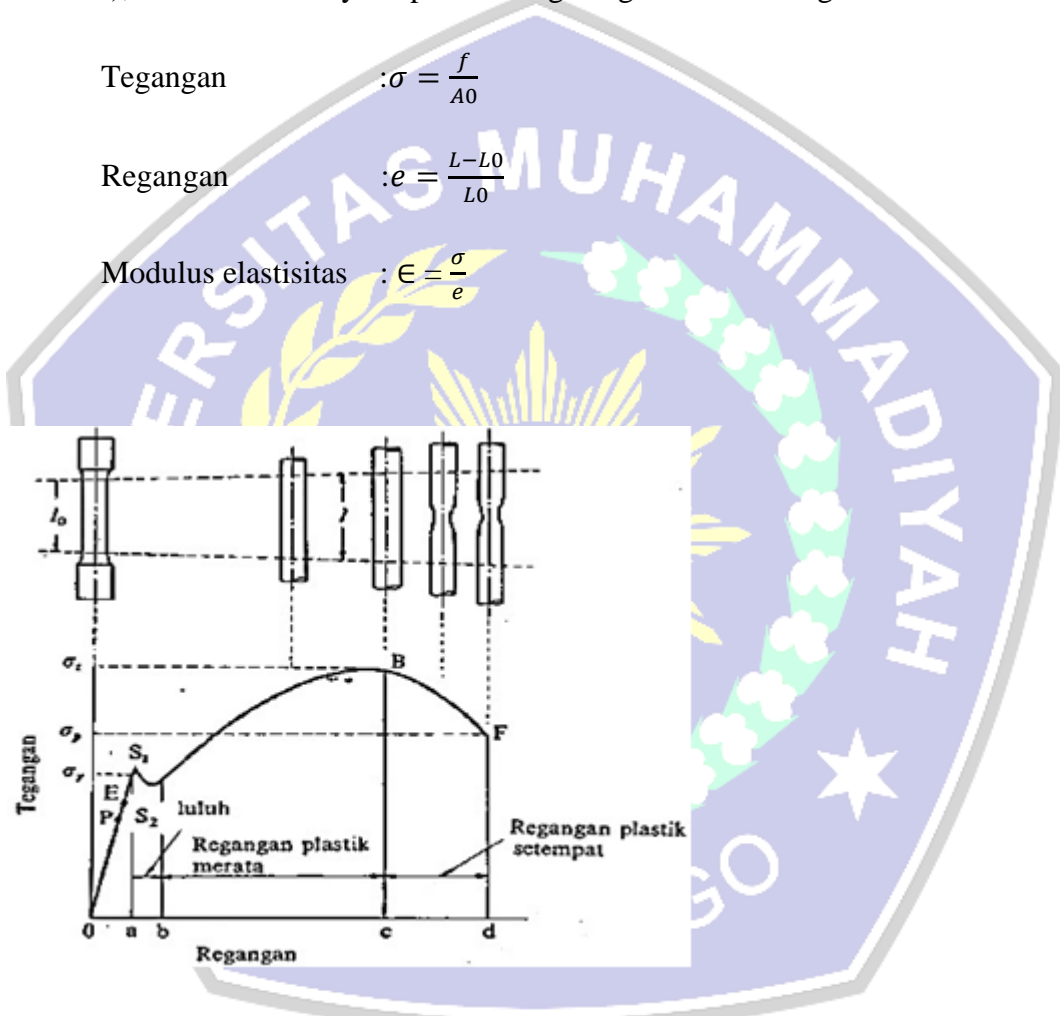
Pengujian tarik dalam penelitian ini dilaksanakan untuk menentukan kekuatan tarik, titik mulur las, perpanjangan pada material. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Salah satu cara untuk mengetahui besaran sifat mekanik yang dapat diketahui adalah kekuatan elastisitas dari logam tersebut. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Nilai kekuatan dan elastisitas dari material uji dapat dilihat dari kurva uji tarik. Dalam pengujian tarik batang uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai batang uji patah. Untuk logam-logam yang liat

kekuatan tariknya harus dikaitkan dengan beban maksimum dimana logam dapat menahan beban sesumbu untuk keadaan yang sangat terbatas. Kecenderungan yang banyak ditemui yaitu dengan menggunakan rancangan statis logam yang liat pada kekuatan luluhnya. Dieter (1993:278) menyatakan bahwa jauh lebih praktis menggunakan kekuatan tarik untuk menentukan kekuatan bahan. Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000: 181), sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Tegangan : $\sigma = \frac{f}{A_0}$

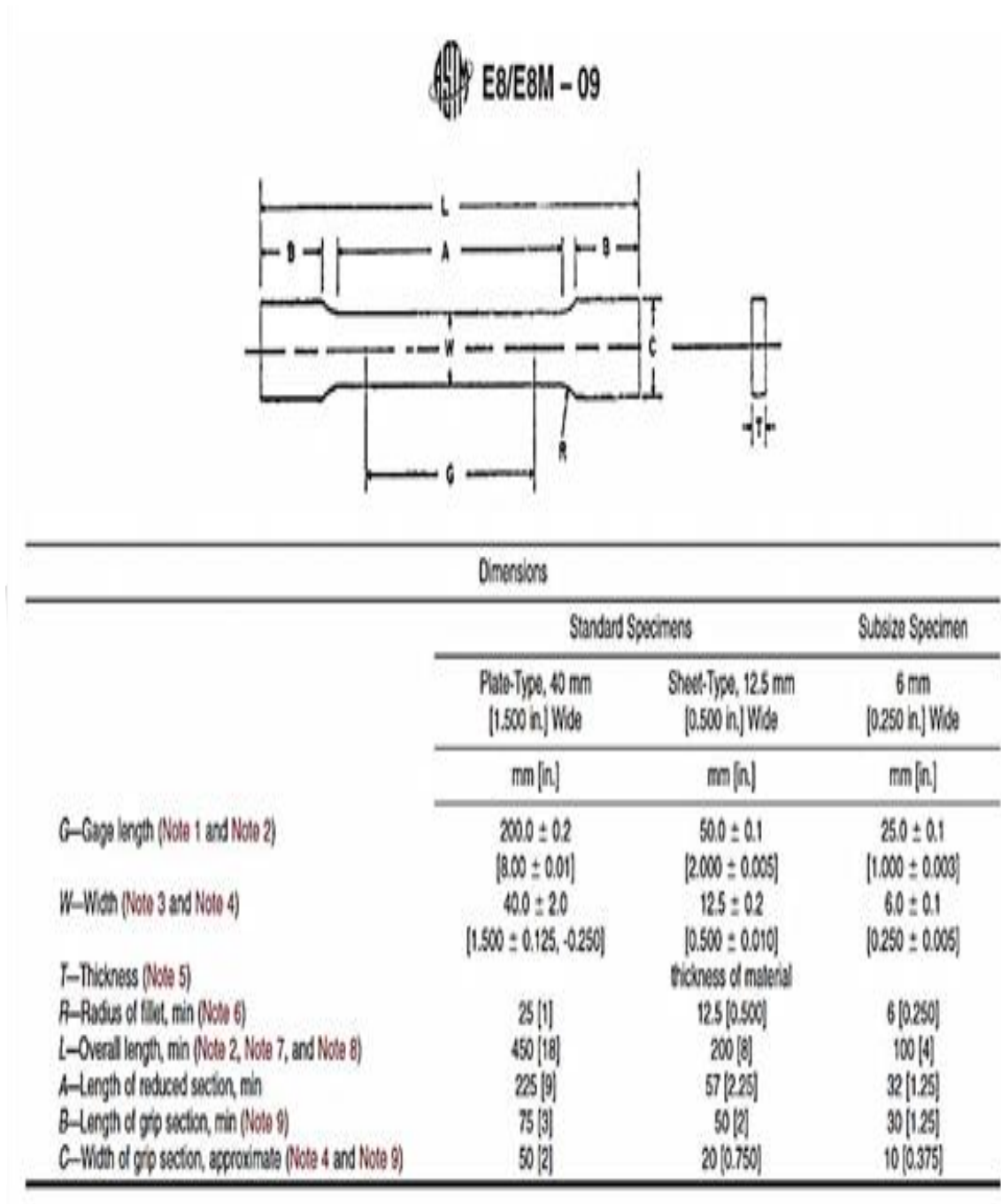
Regangan : $e = \frac{L-L_0}{L_0}$

Modulus elastisitas : $E = \frac{\sigma}{e}$



Gambar 2.12 Kurva tegangan – regangan (Wiryosumarto dan Okumura, 2000: 182)

Pembuatan spesimen uji tarik mengacu pada ASTM E8/EM8-09.



Gambar 2.13 Spesimen Uji Tarik Mengacu Standar ASTM E8/E8M-09 (ASTM2012: 6)

