

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Pengelasan

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Siswanto, 2011). Menurut (Tarkono, 2010) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektrode akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*). Pada penelitian (Syahrani, 2013) melakukan variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan bending pada baja SM 490 diperoleh perbedaan nilai kekuatan tarik dan bending. Penelitian ini menggunakan perbedaan metode pegelasan, penggunaan arus, dan jenis elektroda. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektrode dan jenis kampuh yang digunakan.

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsch Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las,

pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryosumarto, 2000).

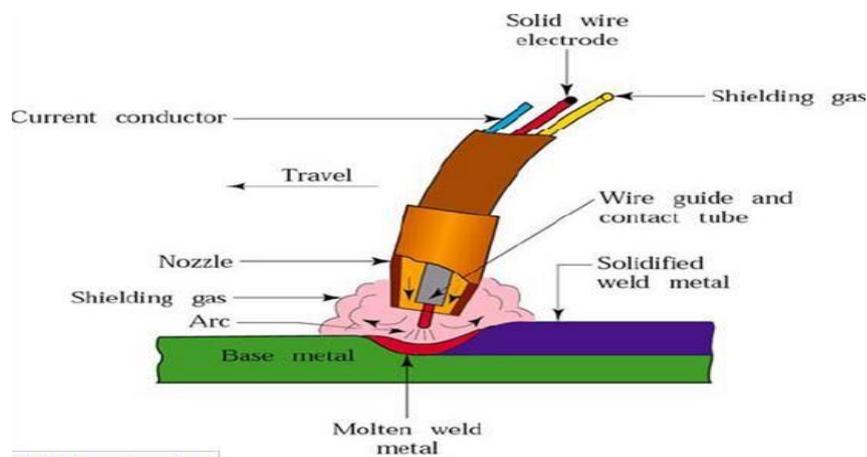
1.2 Mekanisme Pengelasan

Kualitas hasil pengelasan dipengaruhi oleh energi panas yang berarti dipengaruhi tiga parameter yaitu arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. Hubungan antara ketiga parameter itu menghasilkan energi pengelasan yang sering disebut heat input.

1.3 Jenis-jenis Las

a. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

Nama lain dari proses pengelasan ini adalah metal inert gas (MIG) dimana kawat elektroda yang digunakan tidak terbungkus dan sifat suplainya yang terus- menerus. Daerah lasan terlindung dari atmosphere melalui gas yang dihasilkan dari alat las (Genculu, 2007). Gas pelindung yang digunakan adalah gas Argon, helium atau campuran dari keduanya. Untuk memantapkan busur kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2 sampai 5% atau CO₂ antara 5 sampai 20% (Wiryosumarto, 1996) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini.

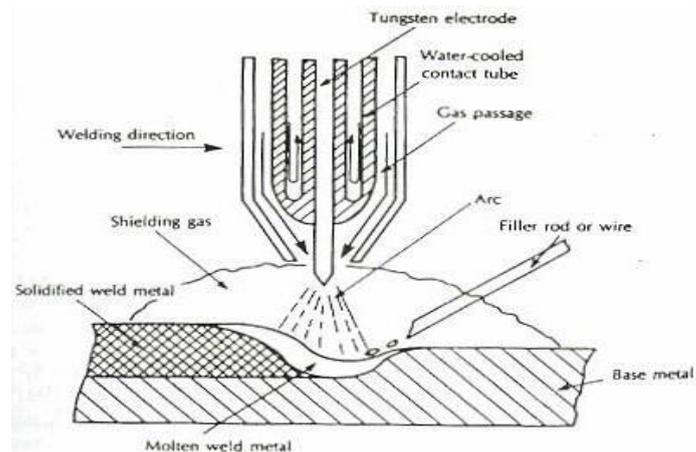


Gambar 2.1 Skematik pengelasan *Gas Metal Arc Welding* [8]

b. Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Gas tungsten arc welding (GTAW) adalah proses las busur yang menggunakan busur antara tungsten elektroda (non konsumsi) dan titik pengelasan. Proses ini digunakan dengan perlindungan gas dan tanpa penerapan tekanan. Proses ini dapat

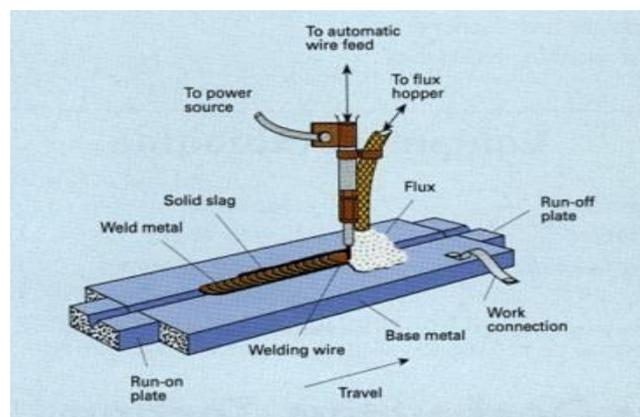
digunakan dengan atau tanpa penambahan filler metal. GTAW telah menjadi sangat diperlukan sebagai alat bagi banyak industri karena hasil las berkualitas tinggi dan biaya peralatan rendah skematik proses pengelasan dapat dilihat seperti gambar



Gambar 2.2 Skematik las *Gas Tungsten Arc Welding* [8]

c. *Submerged Arc Welding* (SAW)

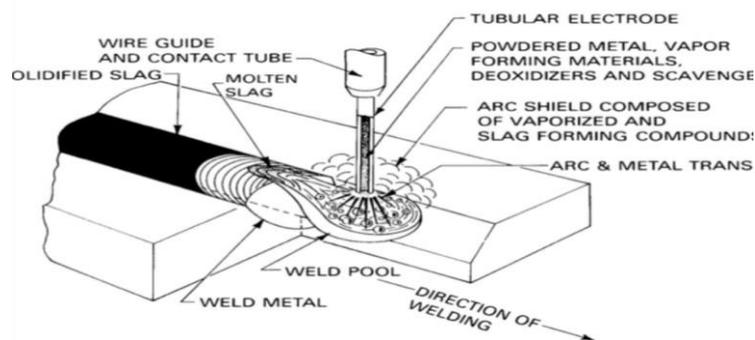
Submerged Arc Welding (SAW) adalah salah satu jenis las listrik dengan proses memadukan material yang dilas dengan cara memanaskan dan mencairkan metal induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara metal induk dan elektroda. Arus dan busur lelehan metal diselimuti (ditimbun) dengan butiran flux di atas daerah yang dilas seperti yang terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Skematik las *Submerged Arc Welding* [8]

d. *Flux-Cored Arc Welding (FCAW)*

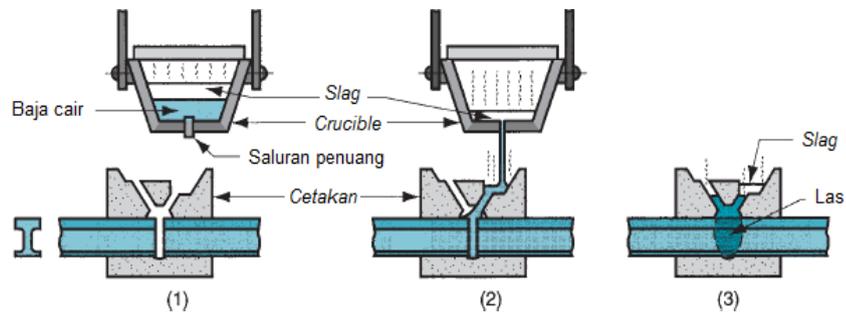
Flux cored arc welding (FCAW) merupakan las busur listrik fluk inti tengah. FCAW merupakan kombinasi antara proses SMAW, GMAW dan SAW. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik AC atau DC dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau rectifier. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioksida CO₂. Biasanya, pada mesin las FCAW ditambah robot yang bertugas untuk menjalankan pengelasan biasa disebut dengan super anemo seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Skematik las *Flux-Cored Arc Welding* [8]

e. *Thermit Welding (TW)*

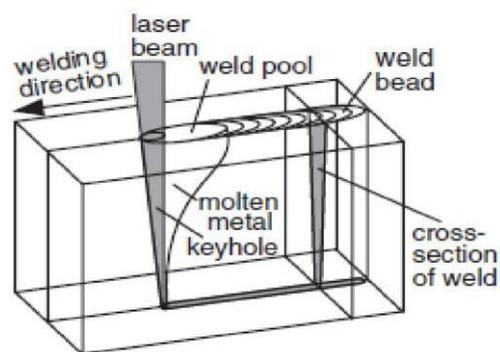
Thermit welding (TW) adalah proses pengelasan di mana panas untuk penggabungan dihasilkan dari logam cair yang berasal dari reaksi kimia *Thermit*. *Thermit* merupakan merk dagang dari *thermite*, yakni sebuah campuran serbuk aluminium dan besi oksida yang bisa menghasilkan reaksi *exothermic* ketika dibakar. Bahan tambah atau *filler* pada pengelasan ini berupa logam cair. Logam cair tersebut dituang pada sambungan yang telah dilengkapi dengan cetakan. Proses penggabungan ini lebih mirip dengan pengecoran dapat dilihat seperti pada gambar



Gambar 2.5 Skematik las *Thermit Welding* [8]

f. *Laser Beam Welding* (LBW)

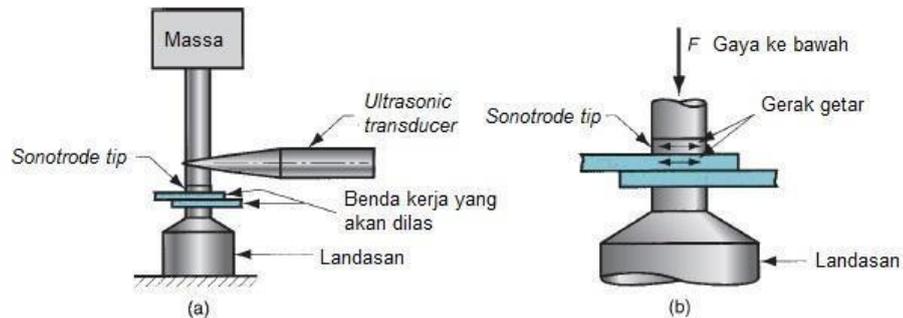
Laser beam welding (LBW) adalah proses pengelasan di mana penggabungan diperoleh dari energi yang terkonsentrasi tinggi, sorotan cahaya sedarap difokuskan pada sambungan benda kerja.



Gambar 2.6 *Laser Beam Welding*

g. *Ultrasonic Welding* (USW)

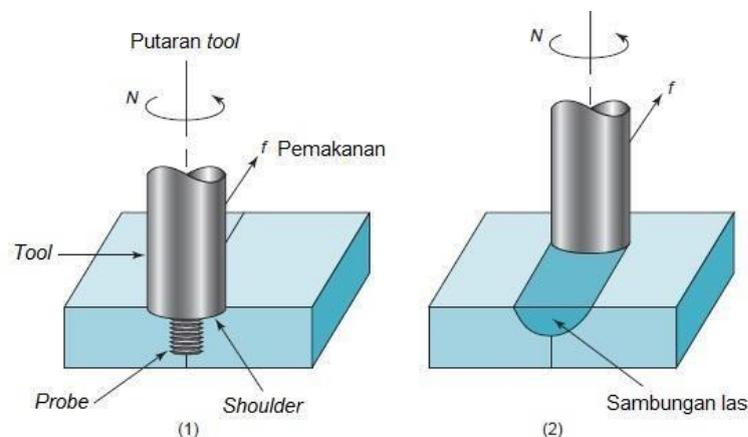
Ultrasonic welding (USW) adalah jenis pengelasan *solid-state* di mana dua benda kerja ditahan/dijepit bersamaan dan diberi getaran berfrekuensi *ultrasonic* supaya terjadi penggabungan. Gerak dari getaran melewati celah antara dua benda kerja yang dijepit secara *lap joint*. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kontak dan ikatan metalurgi yang kuat antara kedua permukaan benda kerja. Panas pada proses USW dihasilkan dari gesekan antar permukaan benda kerja dan deformasi plastis. Suhu panas tersebut berada di bawah titik cair benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7 Skematik las *Ultrasonic Welding* [8]

h. *Friction Stir Welding* (FSW)

Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan *solid-state* di mana sebuah *tool* yang berputar dimakamkan sepanjang garis sambungan antara dua benda kerja. *Tool* yang berputar dan dimakamkan pada garis sambungan tersebut menghasilkan panas serta secara mekanis menggerakkan (*stirring*; bentuk dasar: *stir*, sehingga diberi nama *friction stir welding*) logam untuk membentuk sambungan las seperti yang terlihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8 Skematik las *Friction Stir Welding* [8]

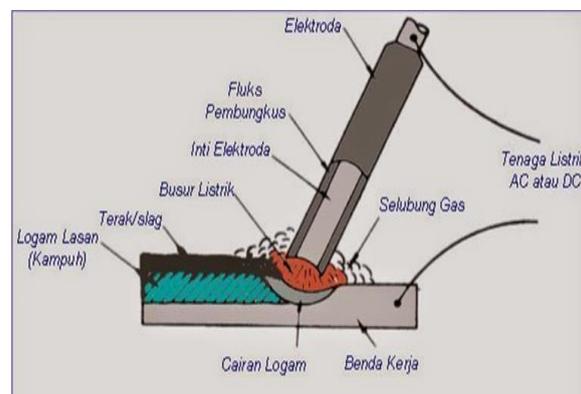
i. *Diffusion Welding* (DFW)

Diffusion welding (DFW) adalah proses pengelasan *solid-state* yang dihasilkan dari pemberian panas dan tekanan supaya terjadi difusi serta penggabungan. Proses tersebut biasanya dilakukan dengan atmosfer yang terkontrol dan waktu yang tepat untuk membiarkan difusi serta penggabungan terjadi. Temperatur yang digunakan sebaiknya di bawah titik cair dari logam benda kerja dan deformasi plastis yang

terjadi pada permukaan benda kerja sebaiknya minimal. Mekanisme penggabungan pada *diffusion welding* terjadi dalam bentuk padat, di mana atom berpindah dan saling menyeberang di antara dua permukaan benda kerja yang saling kontak. Pengelasan ini terkadang menggunakan lapisan bahan tambah yang diletakkan di antara dua benda kerja yang akan disambung (seperti roti isi).

j. *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW)

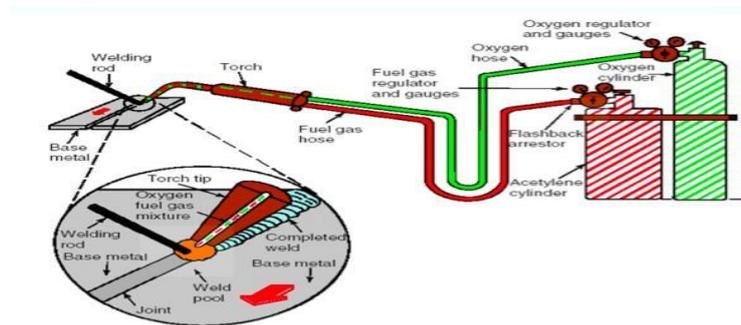
Pengelasan busur adalah pengelasan lebur dimana penyatuan logam dicapai dengan menggunakan panas dari busur listrik dapat dilihat seperti pada gambar



Gambar 2.10 Skematik las *Shielded Metal Arc Welding* [8]

k. *Oxygen Asetilen Welding* (OAW)

Oxygen Asetilen Welding (OAW) suatu proses pengelasan gas yang menggunakan sumber panas nyala api melalui pembakaran gas oksigen dan gas asetilen untuk mencairkan logam dan bahan tambah. Dalam pengelasan OAW ini biasanya digunakan hanya untuk plat tipis, hal ini dikarenakan sambungan las *Oxygen Acetyline* ini mempunyai kekuatan yang rendah dibandingkan las busur listrik seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah



Gambar 2.11 Skematik las *Oxygen Asitilen Welding* [8]

2.4 Pengelasan SMAW

Las busur listrik elektroda terlindung atau lebih dikenal dengan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan pengelasan menggunakan busur nyala listrik sebagai panas pencair logam. Busur listrik terbentuk diantara elektroda terlindung dan logam induk. Karena panas dari busur listrik maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan membeku bersama. Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Karena panas dari busur ini maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus, sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus seperti diterangkan diatas dan juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

2.4.1. Elektroda Las

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (CaCO_3), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda. Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO_2 yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O_2 dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX yang artinya sebagai berikut :

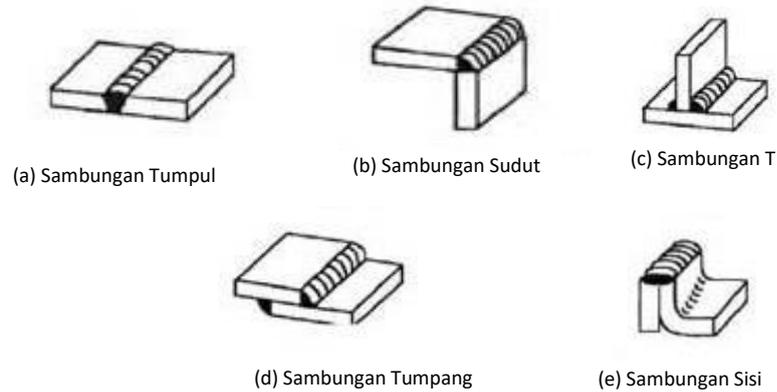
E : menyatakan elektroda busur listrik XX (dua angka setelah E) : menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan lb/in^2

X (angka ketiga) : menyatakan posisi pengelasan

X (angka keempat) : Menyatakan jenis selaput dan jenis jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan

2.5 Sambungan konstruksi baja

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam



Gambar 2.12 Jenis-jenis sambungan [4]

Sambungan tumpul (*butt weld joint*) ialah bentuk sambungan dimana kedua bidang yang akan disambung berhadapan satu sama lain, tetapi sebelumnya dilakukan pengerjaan terhadap bidang sambungan tersebut untuk membentuk kampuh las, agar didapatkan hasil sambungan pengelasan yang kuat (Suryana, 1998). Jenis kampuh sambungan tumpul (*butt joint*) dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Pernagi (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 2.13 Alur sambungan las [8]

2.6 Elektroda Las

a. Elektroda terbungkus

Pengelasan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989).

Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan kuat arus dari elektroda untuk *carbon steel dan stainless steel* berdasarkan diameter yang digunakan terdapat pada table.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda (Nikko Steel index, 1994).

Diameter (mm)	Tipe elektroda dan <i>Ampere</i> yang digunakan			
	E 309-16	E 309L-16	E 309LMo-16	E 309Nb-16
2	50 – 70	35 – 80	35 – 80	35 – 80
2.6	70 – 110	65 – 100	65 – 100	65 – 100
3.2	110 – 130	80 – 125	80 – 125	80 – 125
4	120 – 150	120 – 170	120 – 170	120 – 170
5	160 – 210	160 – 210	160 – 210	160 – 210

b. Elektroda GTAW (*Welding Rod*)

Kawat las atau bahan tambah yang digunakan untuk pengelasan GTAW ini bermacam macam, ada tipe ER 70 S, ER 308 L – 16, ER 309 Mo L, ER 309 Mo L-16/17, ER 316 L – 16, ER 312 – 16. Semua jenis *Welding rod* tersebut dapat

diaplikasikan pada pengelasan baja maupun jenis material yang tahan korosi.

Dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW juga bermacam macam, pemilihan tersebut disesuaikan dengan jenis material yang digunakan. Oleh karena itu tidak boleh sembarangan dalam memilih tungsten agar hasil lasan yang dihasilkan dapat maksimal dan sesuai dengan standar pengelasan. Berikut ini spesifikasi dalam pemilihan tungsten elektroda GTAW dapat dilihat pada tabel 2.2 dibawah ini.

2.7 Kelebihan dan Kekurangan

2.7.1 Kelebihan Pengelasan SMAW

1. Dapat dipakai dimana saja didalam air maupun di luar air
2. Pengelasan dengan segala posisi.
3. Elektroda tersedia dengan mudah dalam banyak ukuran dan diameter.
4. Perlatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana- mana.
5. Tingkat kebisingan rendah.
6. Tidak terlalu sensitif terhadap korosi, oli & gemuk.
7. Dapat di kerjakan pada ketebalan berapapun

2.7.2 Kekurangan Pengelasan SMAW

1. Pengelasan terbatas hanya sampai sepanjang elektroda dan harus melakukan penyambungan.
2. Setiap akan melakukan pengelasan berikutnya flag harus dibersihkan.
3. Tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja non – ferrous.
4. Efisiensi endapan rendah

2.7.3 Kelebihan Pengelasan GTAW

1. Hasil pengelasan tidak perlu dibersihkan karena tidak menghasilkan slag.
2. Aliran gas menjadikan daerah disekitar cairan logam tidak mengandung udara sehingga mencegah pengotoran oleh nitrogen dan oksigen, yang dapat menyebabkan oksidasi.
3. Hasil lasan lebih kuat karena dapat penetrasi yang dalam dan ketahanan korosi lebih tinggi.
4. Hasil pengelasan sangat bersih.

5. Proses pengelasan dapat diamati dengan mudah, asap yang timbul tidak banyak.
6. Jarang terjadi deformasi karena pusat panas sangat kecil.
7. Tidak menghasilkan spater atau percikan las sehingga lasan lebih bersih.

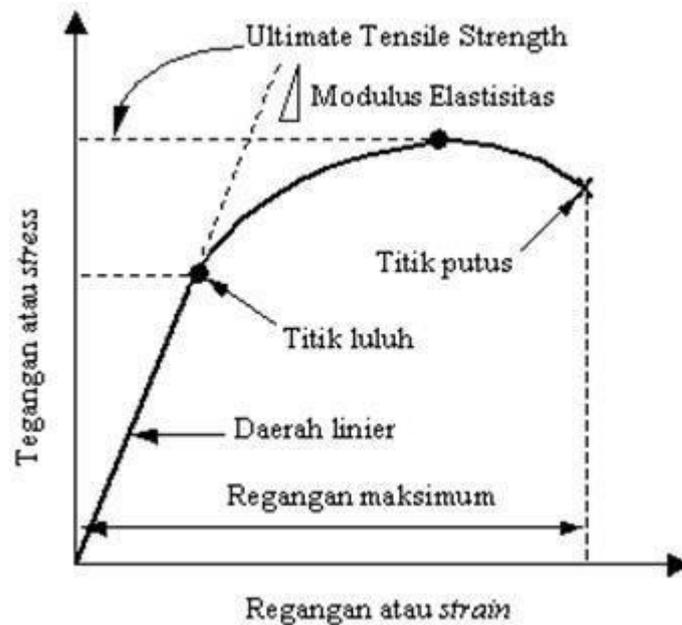
2.7.4. Kekurangan Pengelasan GTAW

1. Untuk efisiensi kecepatan las GTAW rendah.
2. Saat proses pengelasan berlangsung dapat terjadi *burnback*.
3. Cacat las porositas atau lubang-lubang kecil sering terjadi jika gas pelindung permukaan pengelasan tidak dapat melindungi secara maksimal.
4. Dapat terjadi *tungsten inclusion*.

2.8. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (*Tensile Strength, Ultimate Tensile Strength*) adalah tegangan maksimum yang bias ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan tersebut patah. Kekuatan tarik adalah kebalikan dari kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Beberapa bahan dapat patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, yang berarti benda tersebut bersifat rapuh atau getas (*brittle*). Bahan lainnya akan meregang dan mengalami deformasi sebelum patah, yang disebut dengan benda elastis (*ductile*).

Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.14 Kurva Tegangan-Regangan [3]

2.9. Baja ST37

Baja adalah paduan antara besi (Fe) dan karbon (C) dengan adanya penambahan paduan lainnya. Baja yang paling banyak digunakan sebagai hasil akhir adalah komponen otomotif, tranformer listrik dan untuk proses manufaktur lainnya seperti proses pembuatan lembaran besi, proses ekstrusi dan lain-lain. Dasar pemakaian baja seiring dengan terus berkembangnya sebuah industri otomotif dan kebutuhan masyarakat dengan kendaraan bermotor, komponen permesinan, ban konstruksi dan bidang lainnya terutamanya didasarkan sifat mekaniknya jika suatu logam yang sangat keras sulit dalam pembentukannya. Kemampuan pengerasan sebuah baja memiliki rentangan yang sangat besar sehingga dapat disesuaikan pada sifat mekanik yang sesuai dengan yang diinginkan dari baja itu (Troxell, 1998).

Baja karbon rendah (low carbon steel) mempunyai karbon kurang dari 0,30% sehingga memiliki sifat lunak dan juga memiliki kekuatan yang lemah dibandingkan dengan baja karbon menengah dan baja karbon tinggi akan tetapi baja karbon rendah memiliki sifat ulet dan tangguh yang sangat baik. Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon yaitu kurang dari 0,30% perlu perlakuan tambahan jika ingin melakukan modifikasi material atau ingin dilakukan pengerasan material.

Pada umumnya baja dengan kandungan karbon diatas 0,30% bisa langsung dikeraskan, namun untuk kandungan sebuah karbon dibawah 0,30% melalui proses penambahan karbon terlebih dahulu. Dengan sifat-sifat yang dimiliki baja karbon rendah, maka baja karbon rendah dapat dipergunakan sebagai baja-baja plat atau sirip, untuk bahan body kendaraan, untuk konstruksi bangunan jembatan, untuk dibuat sebagai baut, untuk bahan pipa.

2.9.1 Jenis-Jenis Baja

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon 0,10% s/d 0,30%. Baja karbon rendah ini diaplikasikan dalam pembuatan baja strip, baja batangan atau profil dan plat baja.

b. Baja Karbon Menengah

Baja karbon ini digunakan sebagai keperluan alat perkakas bagian mesin berdasarkan total karbon yang terdapat dalam baja ini maka baja karbon dapat digunakan sebagai keperluan-keperluan industri.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi mengandung kadar carbon antara lain 0,60 % s/d 1,7 % C dan setiap satu ton baja karbon tinggi memiliki karbon sebesar 70 – 130 Kg. Baja ini memiliki tegangan Tarik tinggi dan banyak digunakan untuk material peralatan. Contoh aplikasi dari baja ini dalam pembuatan kabel baja dan kawat.

d. Baja Paduan rendah

Baja paduan rendah di klasifikasi dan di bedakan jenis unsur paduannya. Baja paduan rendah diklasifikasi sebagai baja karbon yang memiliki unsur paduan seperti nikel, *chromium* dan *molybdenum*. Jumlah total unsur yang terdapat pada paduannya mencapai 2,07 % - 2,5 % .

e. Baja Paduan Tinggi

Baja paduan tinggi adalah baja yang memiliki kandungan elemen paduan sebanyak lebih dari 8 %. Yang termasuk dalam baja paduan tinggi contohnya adalah *stainless steel*, baja tahan aus, baja tahan panas, *tool steel*, dan baja berkekuatan tinggi.