

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses pengelasan adalah salah satu proses penting dalam industri manufaktur. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. salah satu proses pengelasan yang paling umum dan sering kali digunakan yaitu pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). yang sering terjadi permasalahan adalah ketika kekuatan dari hasil las tidak sesuai yang ditargetkan.

Baja adalah salah satu material yang sering digunakan dalam bidang teknik. Khususnya baja AISI 1045 yang merupakan baja karbon menengah banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, crankshaft, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik.

Teknologi pengelasan adalah salah satu bagian yang tidak bisa dipisahkan dalam teknologi manufaktur. Ruang lingkup penggunaan teknologi pengelasan ini cakupannya meliputi rangka baja, perkapalan, jembatan, kereta api, pipa saluran dan lain sebagainya. Mutu dari pengelasan tergantung dari pengerjaan lasnya sendiri dan juga sangat tergantung dari persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan, karena pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas, secara umum pengelasan dapat diartikan

sebagai suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan saat logam dalam keadaan cair. pada penelitian ini pengelasan yang digunakan adalah las SMAW. hal ini sangat erat hubungannya dengan arus listrik, ketangguhan, cacat las, serta retak yang pada umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dari konstruksi yang dilas.

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya berupa rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

Kekuatan hasil las dipengaruhi oleh tegangan busur, besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. penentuan besar variasi arus dalam pengelasan ini mengambil Untuk dapat mengetahui pengaruh hasil pengelasan las listrik dengan variasi arus dalam pengelasan ini mengambil 60, 80 dan 100 Ampere. untuk mengetahui pengaruh hasil pengelasan listrik pada pelat baja terhadap uji tarik (*tensile test*) dari pengelasan maka perlu dilakukan pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik pada pengelasan SMAW terhadap kualitas kekuatan tarik baja AISI 1045 sebelum dan sesudah dilas.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan yang digunakan adalah baja AISI 1045.
2. Jenis pengelasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah las *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW).
3. Jenis elektroda yang digunakan adalah E6013.
4. Kuat arus yang digunakan dalam pengelasan ini 60, 80, dan 100 Ampere.
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti dapat menerapkan apa yang dipelajari di perkuliahan dengan terjun langsung meneliti proses pengelasan pada baja AISI 1045 dengan variasi arus 60, 80, 100 Ampere.
2. Bagi akademik dapat menambah pengetahuan tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan untuk referensi penelitian selanjutnya.
3. Bagi industri dapat memberikan manfaat apabila pada suatu konstruksi yang menggunakan proses pengelasan terutama pada material baja.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah logam paduan, logam besi sebagai unsur dasar dengan beberapa elemen lainnya, termasuk karbon. Kandungan unsur karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai grade-nya. Elemen berikut ini selalu ada dalam baja: karbon, mangan, fosfor, sulfur, silikon, dan sebagian kecil oksigen, nitrogen dan aluminium. Selain itu, terdapat elemen lain yang ditambahkan untuk membedakan karakteristik antara beberapa jenis baja diantaranya adalah *mangan, nikel, krom, molybdenum, boron, titanium, vanadium* dan *niobium*. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya, berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur peneras dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi.

2.1.1 Sifat-sifat Baja

Baja mempunyai sejumlah sifat yang membuatnya menjadi bahan bangunan yang sangat berharga. Beberapa sifat baja yang penting adalah:

1. Kekuatan

Baja mempunyai daya tarik, lengkung, dan tekan yang sangat besar. Pada setiap partai baja, pabrikan baja menandai beberapa besar daya kekuatan baja itu. Pabrikan baja misalnya, memasukan satu partai baja batangan dan mencatumkan pada baja itu Fe 360. Disini Fe menunjukkan bahwa partai itu menunjukkan daya kekuatan (minimum) tarikan atau daya tarik baja itu. Yang dimaksud dengan istilah tersebut adalah gaya tarik N yang dapat dilakukan baja bergaris tengah 1 mm² sebelum baja

itu menjadi patah. Dalam hal ini daya tarik itu adalah 360 N/mm^2 , dahulu kita mencantumkan daya tarik baja itu Fe 37, karena daya tariknya adalah 37 kgf/mm^2 , karena mengandung sedikit kadar karbon, maka semua jenis baja mempunyai daya tarik yang kuat. Oleh karena daya tarik baja yang kuat maka baja dapat menahan berbagai tegangan, seperti tegangan lentur.

2. Kekerasan

Baja itu sangat keras sehingga dapat dipakai sebagai bahan konstruksi, baja mungkin saja digunakan untuk berbagai tujuan. Apabila untuk produk produk baja tertentu ada suatu keharusan, maka bisa saja baja itu dengan cara dipanaskan dibuat luar biasa kerasnya.

3. Ketahanan terhadap korosi

Tanpa perlindungan, baja sangat cepat berkarat. Untung saja baja diberikan perlindungan yang sangat efektif dengan berbagai cara, yaitu :

a. Perawatan dengan panas

Kekerasan yang lebih besar adalah sangat penting untuk benda-benda tertentu yang dibuat dari baja. Yang dimaksud dari kekerasan suatu bahan adalah ketahanannya terhadap bisa atau tidak dimasuki oleh bahan lain. Untuk dapat mencapai kekerasan yang tinggi, maka diperlukan sistim perawatan dengan panas khusus yang disebut “pengerasan”.

Ada beberapa cara untuk mengeraskan baja :

1. mengeraskan secara mendalam : Benda dari baja baik bagian luar maupun bagian dalam dibuat menjadi sangat keras.
2. mengeraskan permukaan : Hanya bagian luar saja yang keras sedangkan bagian intinya tidak.

b. Pengerasan yang mendalam

Pada pengerasan mendalam, benda yang sudah terbentuk, dipanaskan dengan temperatur yang cukup tinggi. Kemudian dengan cepat didinginkan, tindakan ini disebut mengejutkan baja. Pendinginan ini bisa dilakukan di dalam air minyak atau udara. Benda itu menjadi keras bukan hanya bagian luar saja, tetapi juga intinya menjadi keras. Dengan cara ini baja menjadi cepat rapuh, berarti baja itu dapat cepat patah.

c. Pengerasan permukaan

Untuk peralatan-peralatan tertentu hanya bagian luarnya saja yang harus dikeraskan. Untuk dapat menerima tekanan yang besar, inti benda ini harus tetap lentur. Hal ini dapat dicapai dengan hanya mengeraskan bagian permukaan dari benda tersebut.

d. Tempering

Tempering adalah memanaskan baja yang sudah diperkeras dengan temperatur yang cukup rendah (180°C), diikuti dengan pendinginan secara perlahan-lahan. Tempering dilakukan dengan tujuan memberikan struktur yang lebih merata pada bahan itu. Lewat proses ini maka baja yang telah dikeraskan tadi hanya sedikit saja yang diperlunak, tetapi baja itu menjadi tidak begitu rapuh. Karena tempering, produk tersebut menjadi terhindar dari perubahan bentuk (pertambahan isi) akibat proses pengerasan. Hal ini, terutama ukuran akhir dan semacamnya sangat penting untuk alat pengukur yang tepat seperti caliber.

2.1.2 Klasifikasi Baja

1. Menurut kekuatannya terdapat beberapa jenis baja, diantaranya: ST 37, ST42,

ST 50, dst. Standart DIN (Jerman) St X X kekuatan dalam kg/mm^2 steel (baja).

Contoh : ST37: baja dengan kekuatan 37 kg/mm².

2. Menurut komposisinya, yaitu :

- a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*): C ~ 0,25 %
- b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*): C = 0,25%-0,55%
- c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*): C > 0,55%
- d. Baja paduan rendah (*low alloy steel*): unsur paduan < 10 %
- e. Baja paduan tinggi (*high alloy steel*): unsur paduan >10%

2.1.3 Jenis-jenis Baja

Baja bisa diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dari paduan yang digunakan. Berikut dibawah ini klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya.

1. Baja karbon (*Carbon steel*)

Baja karbon memiliki 2 unsur yaitu besi dan karbon. Persentase kandungan karbon memiliki perbedaan pada campuran logam baja yang menjadi salah satu klasifikasi baja. Berdasarkan dari kandungan karbon, baja dibagi menjadi 3 (tiga) macam yaitu :

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Pada baja karbon rendah mengandung karbon kurang dari 0,3 %. Baja karbon rendah adalah baja paling murah biaya produksi daripada baja karbon lainnya, mudah dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah. Baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, jembatan, pagar dan lain-lain.

b. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

Baja karbon menengah mengandung karbon dengan persentase 0,3 - 0,6 %.

Kelebihan yang dimiliki oleh baja karbon menengah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, *crankshaft*, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik.

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung karbon sebesar 0,6 - 1,7 % dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, tetapi keuletannya lebih rendah. Baja karbon digunakan untuk pembuatan kawat baja dan kabel baja.

2. Baja Paduan (*Alloy steel*)

Baja paduan dapat disimpulkan sebagai suatu baja yang mengalami pencampuran dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel dan unsur lain-lain yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki. Seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya. Baja paduan juga dibagi menjadi tiga macam yaitu :

a. Baja paduan rendah (*Low Alloy Steel*)

Unsur paduan baja ini dibawah 2,5 %. Baja paduan ini memiliki kekuatan dan ketangguhan lebih baik dari baja karbon dengan kadar karbon yang sama. Memiliki keuletan lebih baik dari baja karbon dengan kekuatan yang sama. Baja ini banyak digunakan sebagai pahat kayu dan gergaji.

b. Baja Paduan Khusus (*special alloy steel*)

Baja paduan menengah memiliki unsur paduan 2,5 % - 10 %. Adapun unsur-unsur pada baja jenis ini adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

c. baja paduan tinggi (*High Speed Steel*)

Baja paduan tinggi adalah baja paduan dengan kadar unsur paduan lebih dari 10 %. Adapun unsur-unsur pada baja ini adalah Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

2.1.4 Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,43-0,50 dan termasuk baja karbon menengah. Baja spesifikasi ini banyak sekali digunakan untuk pembuatan peralatan perkakas, roda gigi, *crankshaft*, poros propeller, baling-baling kapal dan konstruksi umum karena mempunyai sifat mampu las dan dapat dikerjakan pada proses pemesinan dengan baik. Komposisi kimia dan sifat mekanis pada baja AISI 1045 dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Baja AISI 1045

Unsur	%
C	0,4-0,45
Mo	0,025
Mn	0,60-0,90
P	Max 0,04
S	Max 0,05
Si	0,1-0,3

Tabel 2. 2 Sifat Mekanis Baja AISI 1045

Sifat Mekanik	Besaran
Kekuatan Tarik, Maks	785 N/mm ²
Kekuatan Tarik, Lulus	471 N/mm ²
Elongasi	21,0 %
Reduksi Area	45,0 %

Adapun data-data dari baja ini adalah sebagai berikut :

1. AISI 1045 diberi nama menurut standar *American Iron and Steel Institute* (AISI) dimana angka 1xxx menyatakan baja karbon, angka 10xx adalah karbon steel sedangkan angka 45 menyatakan kadar karbon persentase (0,45%).
2. Penulisan atau penggolongan baja AISI 1045 ini menurut standar yang lain adalah sama dengan DIN C 45, JIS S 45 C, dan UNS G 10450.
3. Menurut penggunaannya termasuk baja konstruksi mesin.
4. Menurut struktur mikronya termasuk baja *hypoeutectoid* (kandungan karbon $< 0,8 \% C$).

Dengan meningkatnya kandungan karbon maka kekuatan tarik dan kekerasan semakin menjadi naik sedangkan kemampuan regang, keuletan, ketangguhan dan kemampuan lasnya menurun. Kekuatannya akan banyak berkurang bila bekerja pada temperatur yang agak tinggi. Pada temperatur yang rendah ketangguhannya menurun secara drastis.

2.2 Pengelasan

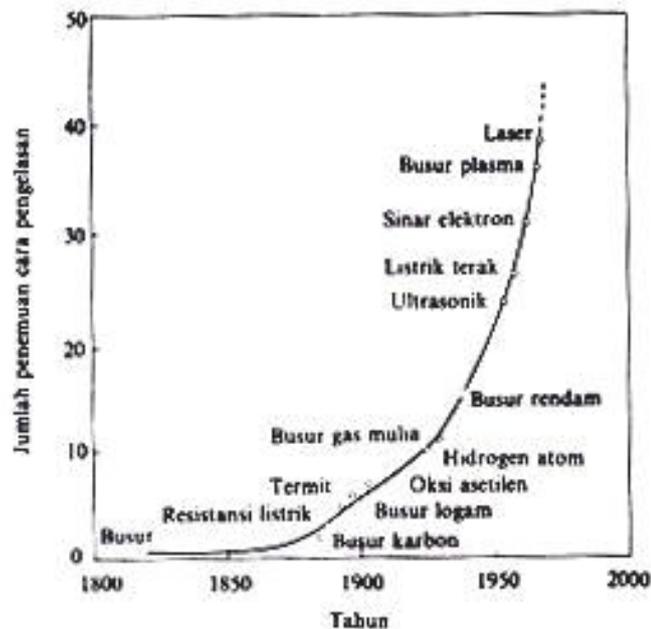
Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah dapat di ketahui bahwa, teknik penyambungan logam telah diketahui sejak zaman prasejarah, misalnya pematrian timah-timah menurut keterangan hal ini telah dilakukan berkisar antara tahun 4000 sampai 3000 SM. Sumber energi panas yang dipergunakan pada waktu itu diduga dihasilkan dari pembakaran kayu, sehingga suhu yang dihasilkan sangat rendah maka proses penyambungan pada saat itu tidak dapat dikembangkan lebih lanjut.

Setelah energi listrik dapat dipergunakan dengan mudah maka teknologi pengelasan maju dengan pesat dan menjadikan penyambungan yang mutakhir. Cara-cara yang banyak digunakan saat ini seperti las busur, las resistansi listrik, las termit dan las gas yang pada umumnya diciptakan pada akhir abad ke 19. Alat-alat busur dipakai secara luas setelah alat tersebut digunakan dalam praktek oleh benardes ditahun 1885. Dalam penggunaan yang pertama ini memakai elektroda yang terbuat dari batang karbon.

Dengan mendekatkan elektroda ke logam induk atau logam yang akan dilas dengan jarak kira-kira 2 mm, maka terjadi busur listrik yang merupakan sumber panas dalam proses pengelasan. Karena panas yang timbul, maka logam pengisi yang terbuat dari logam yang sama dengan logam induk mencair dan mengisi tempat sambungan. Dalam tahun 1889, Zerner mengembangkan cara pengelasan busur yang baru dengan menggunakan busur listrik yang dihasilkan oleh dua batang karbon. Dengan cara ini busur yang dihasilkan ditarik ke logam dasar oleh gaya elektromagnet sehingga terjadi semburan busur yang kuat.

Slavianoff dalam tahun 1892 adalah orang pertama yang menggunakan kawat logam elektroda yang turut mencair karena panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi. Dengan penemuan ini maka elektroda di samping berfungsi sebagai penghantar dan pembangkit busur listrik juga berfungsi sebagai logam pengisi. Kemudian Kjellberg menemukan bahwa kualitas sambungan las menjadi lebih baik bila kawat elektroda logam yang digunakan dibungkus dengan terak. Penemuan ini adalah permulaan dari penggunaan las busur dengan elektroda terbungkus yang sangat luas penggunaannya pada waktu ini.

Kemajuan-kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi yang dicapai sampai dengan tahun 1950, telah mulai mempercepat lagi kemajuan dalam bidang las. Karena itu, tahun 1950 dapat dianggap sebagai permulaan masa keemasan yang ketiga yang masih terus berlangsung terus sampai sekarang. Selama masa keemasan yang ketiga ini telah ditemukan cara-cara las baru antara lain las tekan dingin, las listrik terak, las busur dengan perlindungan gas CO², las gesek, las ultrasonik, las sinar elektron, las busur plasma, las laser dan masih banyak lagi lainnya. Jumlah penemuan pada tahun-tahun tertentu dan jenis pengelasan yang ditemukan dipergunakan dalam praktek pada waktu ini, sebagian masih memerlukan perbaikan yang mungkin dalam waktu yang dekat akan menjadi lebih bermanfaat dan dapat merupakan sumbangan yang berharga kepada kemajuan teknologi las.



Gambar 2. 1 Perkembangan Cara Pengelasan

Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche 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.

Mengelas menurut Alip (1989) adalah suatu aktivitas 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.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan.

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, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

2.2.1 Klasifikasi Pengelasan

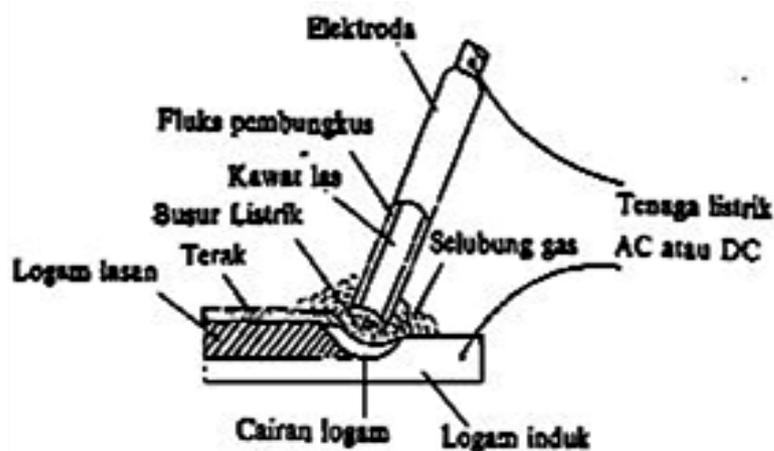
Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi las dalam kelompok las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya, sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Jenis-jenis pengelasan yang umumnya dilakukan adalah :

1. *Shield Metal Arc Welding (SMAW)*

Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut terbakar akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawat las, busur listrik dan daerah las di sekitar busur listrik terhadap pengaruh udara luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las.

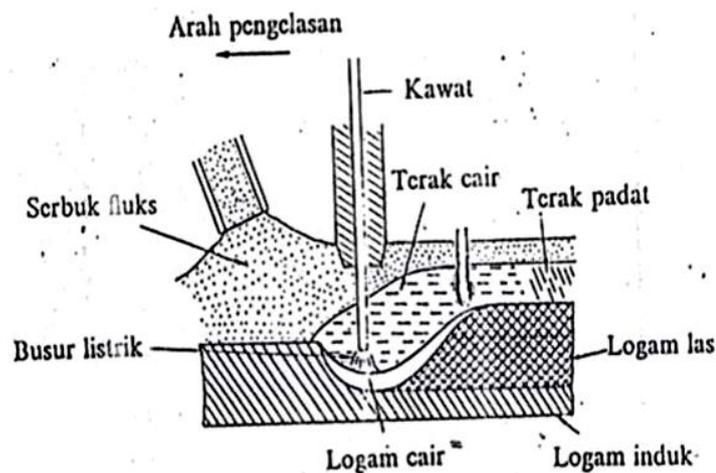
Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus.



Gambar 2. 2 Skematis Las SMAW

2. Pengelasan busur terendam (SAW)

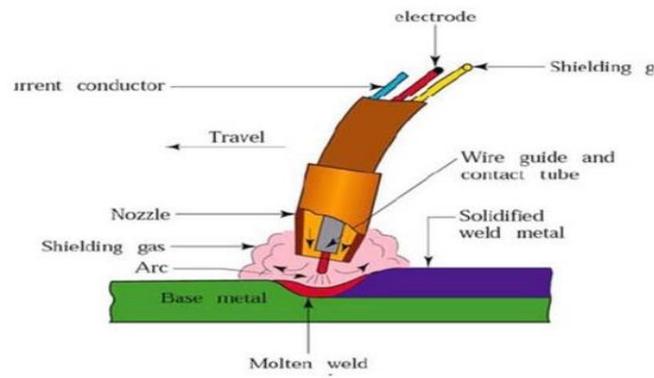
Ini adalah pengelasan dimana logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang fluks dan elektroda yang merupakan kawat pejal diumpangkan secara terus menerus, dalam pengelasan ini busur listriknya terendam dalam fluks. Prinsip las busur terendam ini material yang dilas adalah baja karbon rendah, dengan kadar karbon tidak lebih dari 0,05%. Baja karbon menengah dan baja konstruksi paduan rendah dapat juga dilas dengan proses SAW, namun harus dengan perlakuan panas khusus dan elektroda khusus.



Gambar 2. 3 Proses Pengelasan Busur Terendam

3. Gas Metal Arc Welding (GMAW)

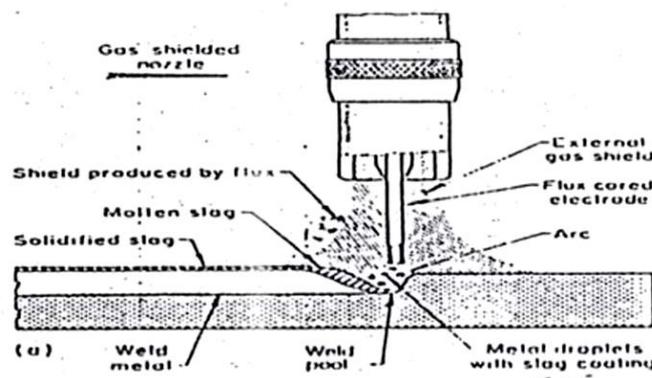
Pengelasan ini menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk peleburan logam, perlindungan terhadap logam cair menggunakan gas mulia (inert gas) atau CO_2 merupakan elektroda terumpan. Proses GMAW dimodifikasikan juga dengan proses menggunakan fluks yaitu dengan penambahan (*magnetizen-fluks*) atau fluks yang diberikan sebagai inti (*fluks cored wire*). Arus yang digunakan pada proses pengelasan GMAW adalah arus searah (DC).



Gambar 2. 4 Proses Pengelasan Busur Logam Gas

4. Proses pengelasan busur berinti fluks (FCAW)

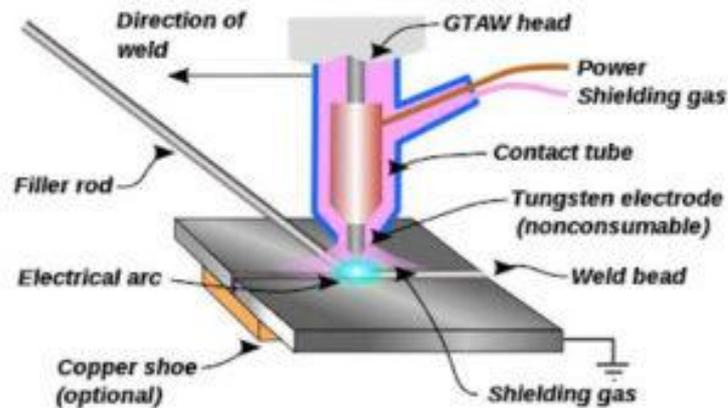
Proses peleburan logam terjadi diantara logam induk dengan elektroda berbentuk *turbolens* yang sekaligus menjadi bahan pengisi, fluks merupakan inti dari elektroda ,terbakar menjadi gas, akan melindungi proses dari udara luar.



Gambar 2. 5 Proses Pengelasan Berinti Fluks

5. Proses pengelasan busur TIG (*Tungsten Inert Gas*)

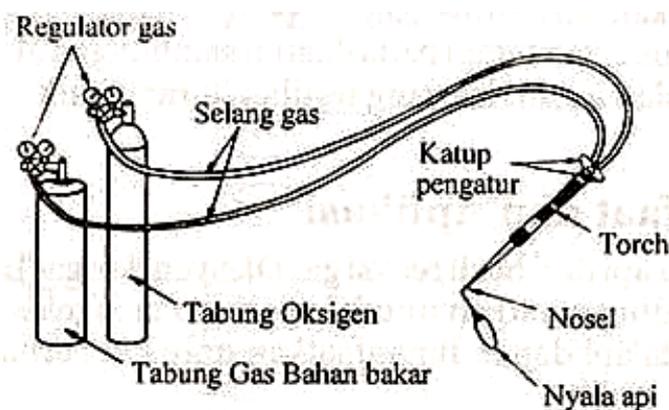
Pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari tungsten (wolfram), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari torch, untuk mencegah oksidasi dipakai gas pelindung yang keluar dari torch biasanya berupa gas argon 99%. Pada proses pengelasan ini peleburan logam terjadi karena panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan logam induk.



Gambar 2. 6 Proses Pengelasan Busur Las TIG

6. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Las oksidasetilen adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair nyala (*flame*) gas asetilen (yaitu proses pembakaran C_2H_2 dengan O_2), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Disamping untuk keperluan pengelasan, las gas dapat juga dipergunakan sebagai *preheating*, *brazing*, *cutting* dan *hard facing*. Pada saat pembakaran gas-gas tersebut diperlukan adanya *oxygen*. *Oxygen* ini didapatkan dari udara dimana udara sendiri mengandung *oxygen* (21%), juga mengandung *nitrogen* (78%), *argon* (0,9%), *neon*, *hydrogen*, *carbon dioksida*, dan unsur yang membentuk gas.



Gambar 2. 7 Las Oksi Asetilen

8. Pengelasan Gesek (*Friction Stir Welding*)

Pengelasan gesek (*Friction Stir Welding*) merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan oleh gesekan antara dua material. Gesekan biasanya terjadi pada dua permukaan benda kerja yang berputar relatif satu dengan yang lain.

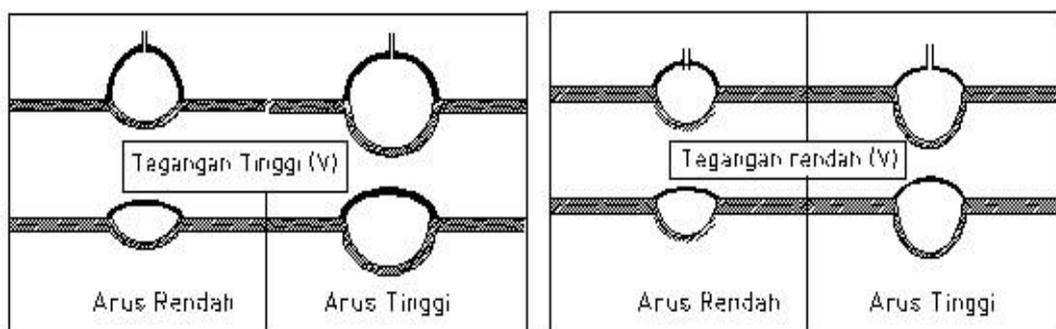
2.2.2 Parameter Pengelasan

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

Parameter pengelasan yang harus diperhatikan dalam proses pengelasan adalah sebagai berikut :

1. Pengaruh dari Arus Listrik (I)

Setiap kenaikan arus listrik yang dipergunakan pada saat pengelasan akan meningkatkan penetrasi serta memperbesar kuantiti lasnya. Penetrasi akan meningkat 2 mm per 100 Ampere dan kuantiti las meningkat juga 1,5 Kg/jam per 100 Ampere.



Gambar 2. 8 Pengaruh Arus Listrik

2. Pengaruh dari Tegangan Listrik (V)

Setiap peningkatan tegangan listrik (V) yang dipergunakan pada proses pengelasan akan semakin memperbesar jarak antara tip elektroda dengan material yang akan dilas, sehingga busur api yang terbentuk akan menyebar dan mengurangi penetrasi pada material las. Konsumsi fluksi yang dipergunakan akan meningkat sekitar 10% pada setiap kenaikan 1 volt tegangan.

3. Pengaruh Kecepatan Pengelasan

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40 cm/menit, setiap pertambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (*Welding Bead*), penetrasi, lebar serta kedalaman las pada benda kerja akan berkurang. Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang dibawah 40 cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal, hal ini dikarenakan over heat.

4. Pengaruh Polaritas arus listrik (*Alternating Current* atau *Direct Current*)

Pengelasan dengan kawat elektroda tunggal pada umumnya menggunakan tipe arus *Direct Current* (DC), elektroda positif (EP), jika menggunakan elektroda negatif (EN) penetrasi yang terbentuk akan rendah dan kuantiti las yang tinggi.

Pengaruh dari arus *Alternating Current* (AC) pada bentuk butiran las dan kuantiti pengelasan elektroda positif dan elektroda negatif adalah sama yaitu cenderung *porosity*, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai fluks yang khusus.

Arus adalah aliran pembawa muatan listrik, simbol yang digunakan adalah huruf besar I dalam satuan ampere. Pengelasan adalah penyambungan dua logam dan atau logam paduan dengan cara memberikan panas baik diatas atau dibawah titik cair

logam tersebut, baik dengan atau tanpa tekanan serta ditambah atau tanpa logam pengisi yang dimaksud dengan arus pengelasan di sini adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan mengalirkan panas ke logam pengisi atau elektroda. Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan menurut *Howard BC, 1998* dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 3 Hubungan Diameter Elektroda Dengan Arus Pengelasan

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60 - 90
2,6	60 – 90
3,2	80 – 140
4,0	150 – 190
5,0	180 – 250

2.2.3 Klasifikasi Kawat Elektroda dan Fluksi

1. Klasifikasi Elektroda

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 :

- a. E menyatakan elektroda busur listrik
- b. XX (dua angka) sesudah E menyatakan kekuatan tarik.
- c. X (angka ketiga) menyatakan posisi pengelasan angka 1 untuk pengelasan segala posisi. angka 2 untuk pengelasan posisi datar di bawah tangan.

- d. X (angka keempat) menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok dipakai untuk pengelasan.

Elektroda berselaput yang digunakan pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Untuk ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm.

Spesifikasi elektroda dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini :

Tabel 2. 4 Spesifikasi Elektroda Baja Lunak

Jenis Elektroda	Jenis Fluks	Posisi Pengelasan *	Jenis Listrik **	Kekuatan Tarik (N/mm²)	Kekuatan Luluh (N/mm²)	Perpanjangan (%)
E6010	<i>High Cellulose</i>	F,V,OH,H	DC (+)	510	530	27
E6013	<i>High Tytania</i>	F,V,OH,H	AC/DC (±)	510	450	25
E6019	<i>Limeenit</i>	F,V,OH,H	AC/DC (±)	460	410	32
E7016	<i>Low Hydrogen</i>	F,V,OH,H	AC/DC (+)	570	500	32

Catatan : * Arti Simbol : F = datar, V = vertikal, OH = atas kepala, H=horizontal,
H-S = las sudut horizontal

**Arti simbol : (+) = polaritas balik, (-) = polaritas lurus, (±) = polaritas Ganda

2. *Fluksi*

Fluksi merupakan pembungkus elektroda yang sangat diperlukan untuk meningkatkan mutu sambungan karena *fluksi* bersifat melindungi metal cair dari udara bebas serta menstabilkan busur. Terdapat 2 macam *Fluksi* sesuai dengan pembuatannya :

1. *Fused Fluksi*

Fused Fluksi terbuat dari campuran butir-butir material seperti mangan, kapur, *boxit*, *kwarsa* dan *fluorpar* didalam suatu tungku pemanas. Cairan terak yang terbentuk akan diubah ke dalam bentuk *fluksi* dengan jalan :

- a. Dituang di suatu cetakan dalam bentuk beberapa lapis atau susun yang tebal kemudian dipecah serta disaring sesuai dengan ukuran butiran yang diinginkan.
- b. Dari kondisi panas dituang ke dalam air, sehingga timbul percikan-percikan yang kemudian disaring sesuai ukurannya. Metode ini lebih efisien, tetapi kualitas *fluksi* yang dihasilkan mengandung hidrogen yang cukup tinggi.

2. *Bonded Fluksi*

Bonded Fluksi ini dibuat di pabrik dengan jalan mencampur butiran-butiran material yang ukurannya jauh lebih halus seperti mineral, *ferroalloy*, *water glass* sebagai pengikat dalam suatu pengaduk (*mixer*) yang khusus. Campuran tersebut kemudian akan dikeringkan dalam suatu pengering yang berputar pada temperature 6000 – 8000°C.

2.2.4 Desain Sambungan Las

Untuk menghasilkan kualitas sambungan las yang baik, faktor yang harus diperhatikan yaitu kampuh las. Kampuh las ini berguna untuk menampung bahan

pengisi agar lebih banyak yang merekat pada benda kerja, dengan demikian kekuatan las akan terjamin. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan jenis kampuh adalah:

1. Ketebalan benda kerja.
2. Jenis benda kerja.
3. Kekuatan yang diinginkan.
4. Posisi pengelasan.

Sebelum memulai pengelasan terlebih dahulu tentukan jenis sambungan las atau kampuh pengelasan yang akan digunakan. Hal-hal yang harus diperhatikan bahwa sambungan yang dibuat akan mampu menerima beban (beban statis, beban dinamis, atau keduanya). Dengan adanya beberapa kemungkinan pemberian beban sambungan las, maka terdapat beberapa jenis sambungan las. Jenis kampuh las juga merupakan salah satu penyebab yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan las. Sebelum pengelasan dilaksanakan kampuh las harus melalui proses pengerjaan awal, karat, minyak, cat harus dihilangkan untuk memperoleh pembakaran yang baik.

a. Kampuh V Tunggal

Sambungan V tunggal juga dapat dibuat tertutup dan terbuka. Sambungan ini juga lebih kuat dari pada sambungan persegi, dan dapat dipakai untuk menerima gaya tekan yang besar, serta lebih tahan terhadap kondisi beban statis dan dinamis. Pada pelat dengan tebal 5 –20 mm penetrasi dapat dicapai 100%.

b. Kampuh Persegi

Sambungan ini dapat dibuat menjadi 2 kemungkinan, yaitu sambungan tertutup dan sambungan terbuka. Sambungan ini kuat untuk beban statis tapi tidak

kuat untuk beban tekuk.

c. Kampuh V Ganda

Sambungan ini lebih kuat dari pada V tunggal, sangat baik untuk kondisi beban statis dan dinamis serta dapat menjaga perubahan bentuk kelengkungan sekecil mungkin dipakai pada ketebalan 18 -30 mm.

d. Kampuh Tirus Tunggal

Sambungan ini digunakan untuk beban tekan yang besar. Sambungan ini lebih baik dari sambungan persegi, tetapi tidak lebih baik dari pada sambungan V. Letaknya disarankan terbuka dan dipakai pada ketebalan pelat 6-20 mm.

e. Kampuh U Tunggal

Kampuh U tunggal dapat dibuat tertutup dan terbuka. Sambungan ini lebih kuat menerima beban statis dan diperlukan untuk sambungan berkualitas tinggi. Dipakai pada ketebalan 12-25 mm.

f. Kampuh U Ganda

Sambungan U ganda dapat dibuat secara tertutup dan terbuka, sambungan ini lebih kuat menerima beban statis maupun dinamis dengan ketebalan pelat 12-25 mm dapat dicapai penetrasi 100%.

g. Kampuh J Ganda

Sambungan J ganda digunakan untuk keperluan yang sama seperti sambungan V ganda, tetapi tidak lebih baik untuk menerima beban tekan. Sambungan ini dapat dibuat secara tertutup ataupun terbuka.

Jenis-jenis sambungan las yang pada umumnya digunakan dalam pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Jenis alur	Jenis lasan	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)			—	

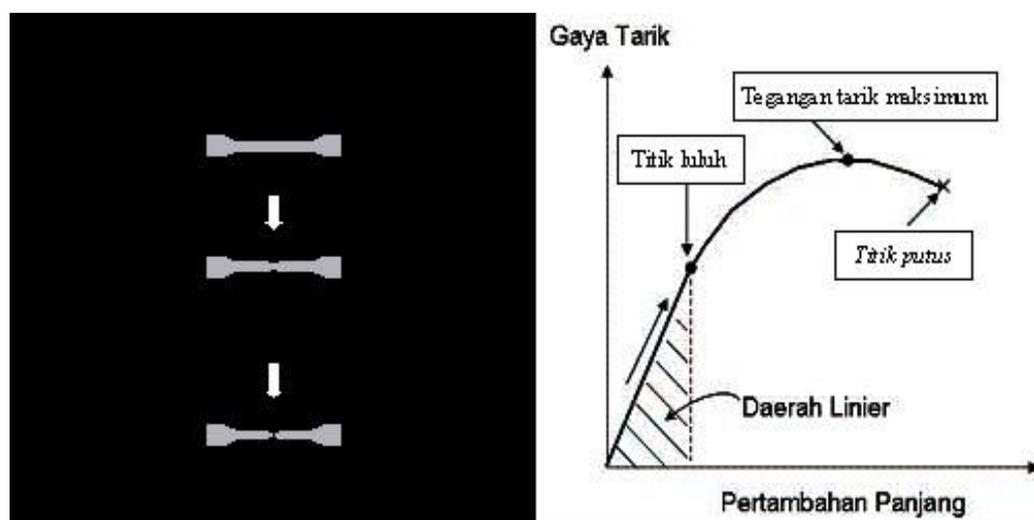
Gambar 2. 9 Jenis-Jenis Sambungan Las

2.3 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik bertujuan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.satu ujung benda.

Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) pada beban uji adalah proses pergeseran butiran Kristal logam yang mengakibatkan melemahnya gaya elektromagnetik setiap atom logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu secara perlahan dan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan untuk mengetahui penjangnya benda uji dan hasil kurva tegangan regangan.

Oleh karena pentingnya pengujian tarik ini, hendaknya mengetahui mengenai pengujian ini. Dengan adanya kurva tegangan regangan kita dapat mengetahui kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan, modulus elastisitas, ketangguhan, dan lain-lain. Pada pengujian tarik ini juga harus mengetahui dampak pengujian terhadap sifat mekanis dan fisik suatu logam. Dengan mengetahui parameter-parameter tersebut maka dapat data dasar mengenai kekuatan suatu bahan atau logam.

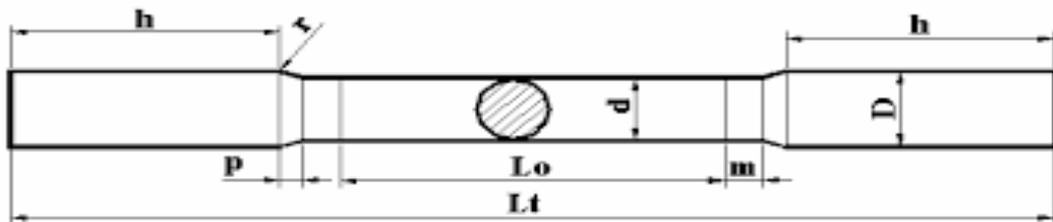


Gambar 2. 10 Gambar Proses Singkat Uji Tarik

Dalam sambungan las sifat tarik berhubungan dengan sifat dari logam jenis induk, jenis elektroda yang digunakan, sifat daerah HAZ, sifat logam las dan sifat

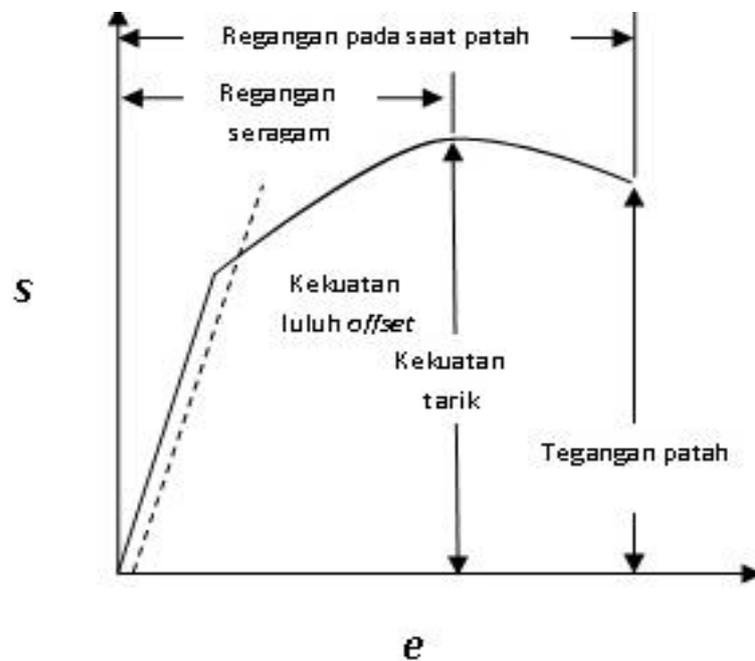
dinamik dari sambungan berhubungan erat dengan geometri dan distribusi tegangan dalam sambungan.

BATANG UJI BULAT



Gambar 2. 11 Standart Uji Tarik ASTM

Pengujian batang tersebut dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sehingga batang uji patah. Agar dapat mengetahui kekuatan tarik dengan bentuk kurva tegangan-regangan teknik. Seperti pada gambar dibawah sebagai berikut :



Gambar 2. 12 Kurva Tegangan – Regangan

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membusur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan tarik maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_t = \frac{P_{maks}}{A_o} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

P_{maks} = Gaya yang bekerja/Beban maksimal (kg)

A_o = Luas Penampang (cm^2)

σ_t = Tegangan Tarik (kg/cm^2)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan regangan teknik adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal. Dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

ε = Besar regangan

L_i = Panjang benda uji akhir (mm)

L_o = Panjang benda uji awal (mm)

Pada tegangan dan regangan yang dihasilkan, dapat diketahui nilai modulus elastisitas. Persamaannya dituliskan dalam persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

E = Besar modulus elastisitas (kg/mm^2)

ε = Regangan

σ = Tegangan (kg/mm^2)