

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA dan LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Kualitas hasil pengelasan selain tergantung pada pengerjaan lasnya sendiri, juga sangat tergantung kepada persiapan sebelum pelaksanaan pengelasan antara lain; pengetahuan tentang sifat-sifat bahan yang akan dilas, pemilihan jenis mesin las, pemilihan jenis elektroda, besar arus las, kecepatan pengelasan dan lain.

Pengaruh kecepatan pengelasan pada *submerged arc welding* (SAW) atau pengelasan busur terendam baja SM 490 terhadap ketangguhan beban impak telah diselidiki. Kecepatan pengelasan merupakan salah satu parameter pengelasan yang berpengaruh terhadap sifat fisis dan mekanis, khususnya ketangguhan impak charpy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketangguhan impak tertinggi sebesar 1,825 Joule/mm², diperoleh pada kecepatan pengelasan 6,35 mm/detik, (Leman dkk, 2004).

Sifat-sifat mekanis lasan baja karbon rendah semakin meningkat jika besar arus pengelasan semakin besar, penelitian dilakukan dengan mengatur variasi besar arus antara (100 ÷ 160) Ampere, (Santoso, 2006).

Porositas lasan merupakan permasalahan yang sering terjadi pada industri manufaktur pengelasan aluminium dan paduannya. Banyak faktor yang berpengaruh terhadap cacat porositas lasan aluminium dan salah satunya adalah penggunaan logam pengisi (filler wire) yang berpengaruh terhadap mekanisme proses pembekuan *di kampuh lasan*. Ada 2 jenis kawat las (ER5556A & ER5087) yang digunakan untuk meneliti pengaruh porositas lasan aluminium paduan 5083

yang dilas dengan metoda las MIG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase porositas lasan 5083 yang menggunakan kawat las ER5087 memiliki persentase yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan kawat las ER5556A, (Winarto, 2006).

2.2. Landasan Teori

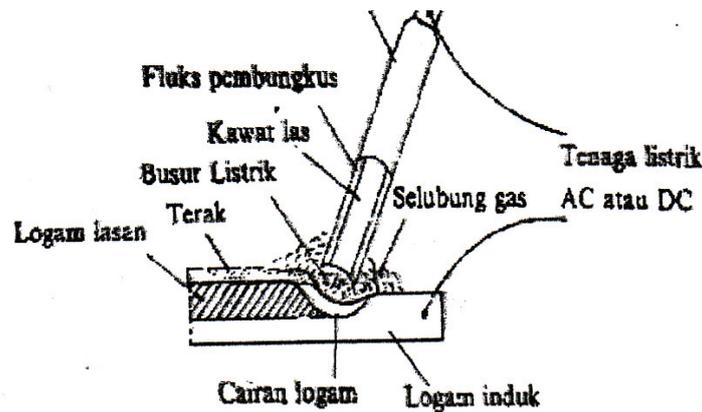
(1). Pengertian Las

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 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. 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). Las Listrik

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 kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. 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. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks* yang digunakan. Bahan *fluks* yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

Keuntungan dari las listrik adalah (a) proses pengelasan lebih mudah dan sederhana dibandingkan dengan las busur yang lain, (b) Peralatan yang diperlukan lebih sederhana, ringkas dan murah dibandingkan las busur yang lain, dan (c) Lingkup penggunaan yang lebih luas, karena semua jenis logam dapat disambungkan dengan menggunakan proses pengelasan ini.



Gambar 2-1. Las SMAW (Wiryo Sumarto, 2000)

(3) Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi dengan lapisan 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 tangkai sebagai tempat penjepitan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur. Hal yang kurang menguntungkan adalah busur listriknya kurang mantap, sehingga butiran yang dihasilkan agak besar dibandingkan jenis lain. Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *fluks* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan tingkat pengaman tinggi.

(4) Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik berdasarkan American Welding Society (AWS) dinyatakan dengan tanda E

XXXX. Symbol atau kode huruf E yang diikuti oleh empat atau lima angka dibelakangnya, sebagai contoh E6013. elektroda dengan kode E6013 untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing – masing, yaitu :

- E : Elektroda untuk las busur listrik
- 60 : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 60.000 psi.
- 1 : Menyatakan posisi pengelasan, angka 1 dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.

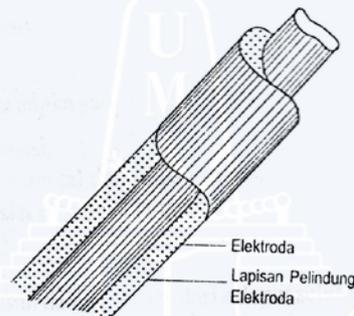
Angka nomor ketiga pada kode elektroda, yaitu angka yang menyatakan posisi pengelasan :

- 1 : Untuk pengelasan semua posisi
- 2 : Untuk pengelasan posisi Horizontal dan bawah tangan
- 3 : Untuk pengelasan pada posisi dibawah tangan

Angka terakhir pada simbol elektroda :

- 0 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosasoda. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.
- 1 : Elektroda dengan penembusan dalam. Bahan dari selaput selulosa Potasium. Bentuk rigi-rigi cembung atau rata.
- 2 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari titania sodium. Bentuk rigi-rigi cekung
- 3 : Elektroda dengan penembusan dangkal. Bahan dari selaput titania (rutil). Bentuk rigi-rigi cekung.
- 4 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput titania serbuk besi. Penembusan sedang dan cepat membeku.

- 5 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.
- 6 : Elektroda dengan penembusan sedang. Bahan dari selaput soda hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung, digunakan untuk mengelas logam yang kadar belerangnya tinggi.
- 7 : Elektroda dengan penembusan menengah. Bahan dari selaput oksida besi. Bentuk rigi-rigi datar dan cepat membeku.
- 8 : Elektroda dengan penembusan dangkal dan menengah. Bahan dari selaput serbuk besi hydrogen rendah. Bentuk rigi-rigi cekung.



Gambar 2.2. Elektroda las (WWW.Welding.Co.Id)

Bagian yang sangat penting dalam las busur listrik ialah elektroda las. Selama proses pengelasan elektroda akan meleleh dan akhirnya akan habis. Jenis elektroda yang digunakan akan membantu menentukan hasil pengelasan, sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Jenis elektroda sangat banyak. Berdasarkan selaput pelindungnya dibagi atas 2 (dua) macam, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput.

Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau fluks. Pelapisan fluks pada bagian ini dapat dilakukan dengan cara detrusi, semprot atau celup. Selaput yang ada pada elektroda jika terbakar akan menghasilkan gas CO₂ yang berfungsi untuk melindungi cairan las, busur listrik dan sebagainya benda kerja dari udara luar. Udara luar mengandung gas oksigen, yang dapat mengakibatkan bahan las mengalami oksidasi.

Selaput elektroda mempunyai fungsi-fungsi antara lain :

- a. Mencegah terbentuknya oksida-oksida dan nitride logam sewaktu proses pengelasan berlangsung.
- b. Membuat terak pelindung sehingga dapat mengurangi kecepatan pendinginan yang bertujuan agar las-lasan yang terjadi tidak getas dan rapuh.
- c. Memberikan sifat khusus terhadap hasil las-lasan dengan cara menambah zat-zat tertentu yang terkandung dalam selaput.
- d. Membantu mengontrol ukuran dan frekuensi tetesan logam cair
- e. Memungkinkan dilakukannya posisi pengelasan yang berbeda.

Sebuah elektroda mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap hasil pengelasan. Oleh karena itu, pemilihan elektroda harus benar-benar tepat. Untuk pemilihan elektroda yang digunakan kita harus memperhatikan beberapa hal antara lain :

- a. Jenis logam yang akan dilas
- b. Tebal bahan yang akan dilas
- c. Kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan
- d. Posisi pengelasan

e. Bentuk kampuh benda kerja.

(5) Arus Listrik

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi. Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

(6) Struktur Mikro Daerah Lasan

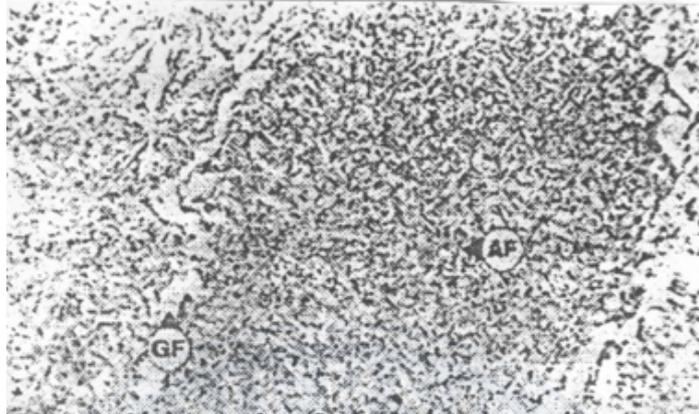
Daerah lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: (a) daerah logam las, (b) daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ), dan (c) logam induk yang tak terpengaruhi panas.

(a) **Daerah logam las.** Daerah logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Komposisi logam las terdiri dari komponen logam induk dan bahan tambah dari elektroda. Karena logam las dalam proses pengelasan ini mencair kemudian membeku, maka

kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen, ketidakhomogenya struktur akan menimbulkan struktur ferit kasar dan bainit atas yang menurunkan ketangguhan logam las. Pada daerah ini struktur mikro yang terjadi adalah struktur cor. Struktur mikro di logam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh ke arah tengah daerah logam las (Sonawan, 2004).

Penambahan unsur paduan pada logam las menyebabkan struktur mikro cenderung berbentuk bainit dengan sedikit ferit batas butir, kedua macam struktur mikro tersebut juga dapat terbentuk, jika ukuran butir austenitnya besar. Waktu pendinginan yang lama akan meningkatkan ukuran batas butir ferit, selain itu waktu pendinginan yang lama akan menyebabkan terbentuk ferit. Struktur mikro logam las biasanya kombinasi dari struktur mikro dibawah ini : (1) Batas butir ferit, terbentuk pertama kali pada transformasi austenit-ferit, biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada suhu 1000-6500C. (2) Ferit *Widmanstätten* atau *ferrite with aligned second phase*, struktur mikro ini terbentuk pada suhu 750-6500C di sepanjang batas butir austenit, ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat sehingga memenuhi permukaan butirnya, (3) Ferit *acicular*, berbentuk *intragranular* dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya ferit *acicular* ini terbentuk sekitar suhu 6500C dan mempunyai ketangguhan paling tinggi dibandingkan struktur mikro yang lain, (4) Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada suhu 400-5000C. Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan ferit, tetapi lebih rendah dibanding martensit. (5) Martensit akan terbentuk, jika proses

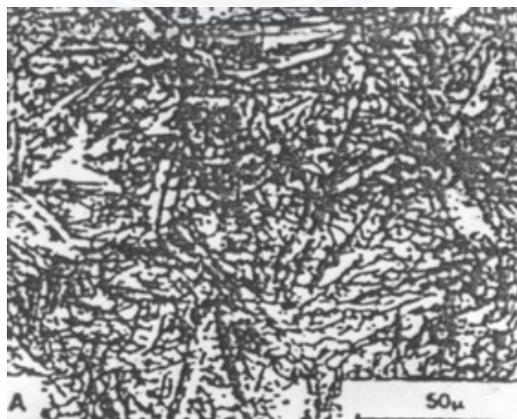
pengelasan dengan pendinginan sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.



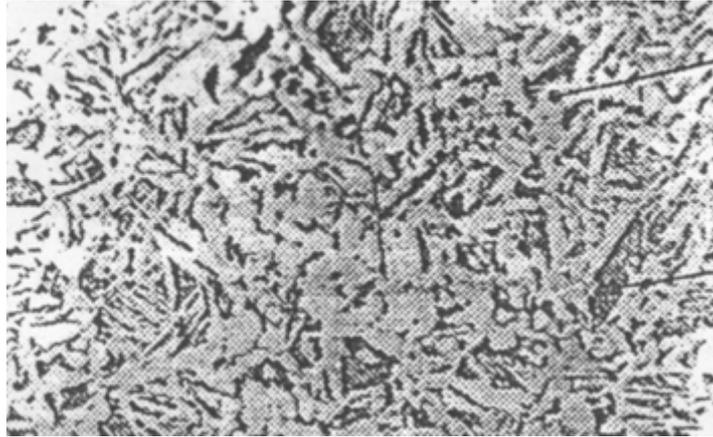
Gambar 2-3. Struktur mikro *acicular ferrite* (AF) dan *grain boundary ferrite* (GF) atau ferit batas butir (Sonawan, 2004)



Gambar 2-4. Struktur mikro ferit *Widmanstätten* (ASM, 1989)



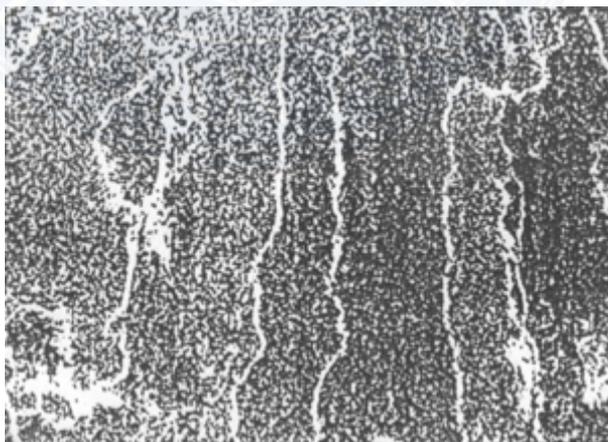
Gambar 2-5. Struktur mikro martensit



Gambar 2-6. Struktur mikro ferit dan perlit (Sonawan, 2004)



Gambar 2-7. Struktur mikro bainit (ASM 1989)



Gambar 2-8. Struktur mikro daerah *columnar* ((ASM 1989)

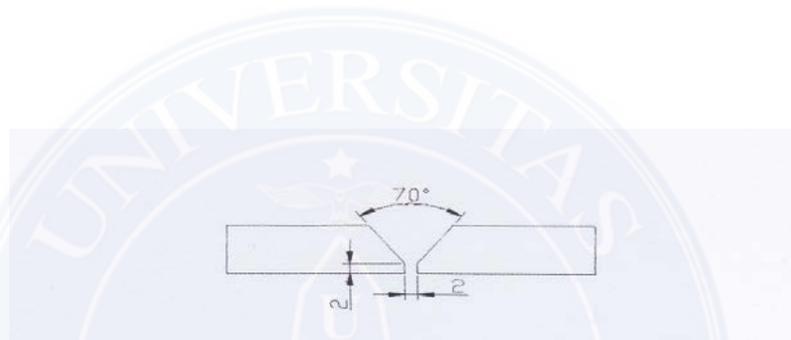
- (b) **Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ).** Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar. Pada daerah HAZ terdapat temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa austenit dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit-perlit kemudian bertransformasi menjadi austenite 100%. Pada HAZ terdapat daerah temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit dan austenit dan daerah ini disebut transformasi sebagian yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit-perlit berubah menjadi ferit dan austenit.
- (c) **Logam induk.** Logam induk adalah bagian logam dasar di mana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping ketiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.9 Perubahan sifat fisis pada daerah las cair

(7) Sambungan Kampuh V

Sambungan kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam atau plat dengan ketebalan 6-15 mm. Sambungan ini terdiri dari sambungan kampuh V terbuka dan sambungan kampuh V tertutup. Sambungan kampuh V terbuka dipergunakan untuk menyambung plat dengan ketebalan 6-15 mm dengan sudut kampuh antara $60^\circ \div 80^\circ$, jarak akar 2 mm, tinggi akar 1-2 mm (Sonawan, 2004).



Gambar 2.10 Kampuh V

(8). Baja Paduan Rendah

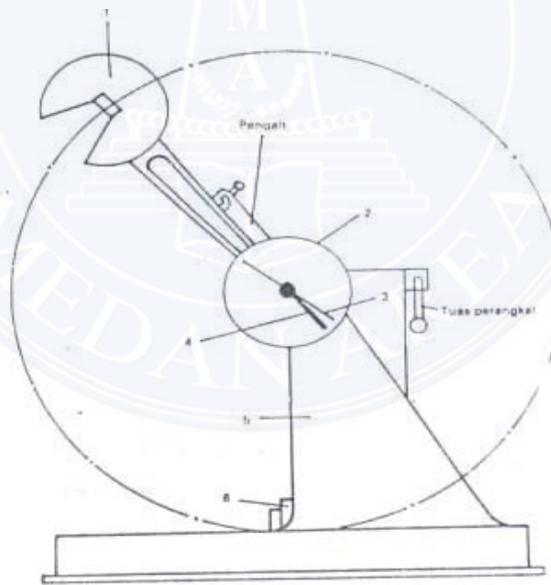
Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kerta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan. Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas (Wiryosumarto, 2000).

- (a) **Baja tahan suhu rendah.** Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam konstruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa.
- (b) **Baja kuat.** Baja ini dibagi dalam dua kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena kadar karbonnya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam konstruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm².
- (c) **Baja tahan panas.** Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 6000C. Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ menjadi keras. Kekerasan yang tertinggi terdapat pada daerah HAZ.

(9) Pengujian Sifat-sifat Mekanis

- (a) **Ketangguhan.** Ketangguhan adalah ketahanan bahan terhadap pembebanan tiba-tiba atau kejutan (takikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Tujuan utama dari pengujian impak adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang

dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian impak adalah pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan benda uji standar. Pada pengujian pukul takik (*impact test*) digunakan batang uji yang bertakik (*notch*). Pada metode *Charpy*, batang uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya ditahan kearah mendatar oleh penahan yang berjarak 40 mm. Bandul akan berayun memukul batang uji tepat dibelakang takikan. Untuk pengujian ini akan digunakan sebuah mesin dimana sebuah batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang pemukul yang diberi pemberat. Batang uji diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat pada bidang lintasan pemukul.



Gambar 2-11. Alat uji ketangguhan jenis *Charpy* (Supardi, 1996)

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1. Pendulum | 4. Batang pembawa jarum |
| 2. Piring busur derajat | 5. Badan mesin uji |
| 3. Jarum penunjuk sudut | 6. Tempat benda uji dipasang |

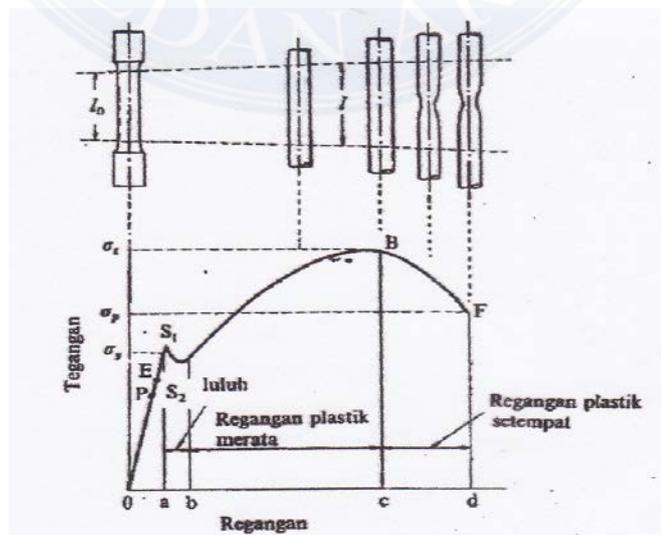
Kerja yang dilakukan untuk mematahkan benda kerja adalah

$$W = G \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(2-3)$$

dimana : W = kerja patah dalam Joule
G = beban yang digunakan dalam kg
L = panjang lengan ayun dalam m
 β = sudut jatuh dalam derajat
 α = sudut awal dalam derajat

(b) **Pengujian Komposisi.** Pengujian komposisi adalah pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam bahan. Pada baja unsur yang berpengaruh dalam penguatan baja yang dominan adalah karbon, dan unsur-unsur lain yang berpengaruh antara lain (1) belerang (S) bersifat menurunkan keuletan pada terak, (2) Molibdendan (Mo), (3) Tungsten (W) bersifat mengendalikan kegetasan pada perlakuan temper, (4) Kadar fosfor (P) yang rendah dapat menaikkan kuat tarik baja, tetapi P bersifat membuat baja getas pada suhu rendah, (5) Vanadium (V) membawa sifat penurunan keuletan pada baja, (6) Ni dan Mn bersifat memperbaiki keuletan baja, Mn juga bersifat mengikat karbida sehingga perlit dan ferlit menjadi halus. Proses pengujian komposisi berlangsung dengan pembakaran bahan menggunakan elektroda dimana terjadi suhu rekristalisasi, dari suhu rekristalisasi terjadi penguraian unsur yang masing-masing beda warnanya. Penentuan kadar (%) berdasar sensor perbedaan warna. Proses pembakaran elektroda ini sekitar 3 detik. Pengujian komposisi dapat dilakukan untuk menentukan jenis bahan yang digunakan dengan melihat persentase unsur yang ada.

(c) **Pengujian Tarik.** 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 dimaksudkan 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. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan 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 dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan



Gambar 2-12. Kurva tegangan-regangan (Wiryo Sumarto, 2000)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan bertambah besar, secara perlahan-lahan, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai, perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o}$$

dimana : σ_u = tegangan nominal (kg/mm²)

F_u = beban maksimal (kg)

A_o = luas penampang mula dari penampang batang (mm²)

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L - L_o}{L_o} \times 100\%$$

dimana : ε = regangan (%)

L = panjang akhir (mm)

L_o = panjang awal (mm)

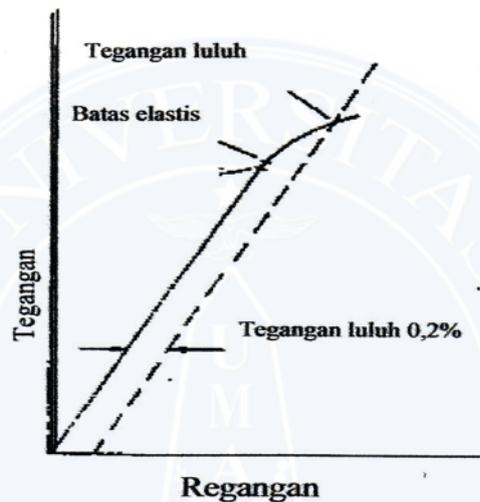
Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\% = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

dimana: q = reduksi penampang (%)

A_o = luas penampang mula (mm²)

A_1 = Luas penampang akhir (mm²)



Gambar 2-13. Batas elastis dan tegangan luluh 0,2 % (Smith,1984)

- (d) **Pengujian Kekerasan.** Proses pengujian logam kekerasan logam dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya pembebanan yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan. Pengujian kekerasan logam ini secara garis besar ada 3 jenis yaitu cara goresan, penekanan, cara dinamik. Proses pengujian yang mudah dan cepat dalam memperoleh angka kekerasan yaitu penekanan. Penentuan kekerasan penekanan ada 3 cara yaitu *Brinell*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Pada penelitian ini digunakan cara mikro *Vickers* dengan

menggunakan penekan berbentuk piramida intan. Besar sudut antara permukaan piramida yang saling berhadapan 136°. pada pengujian ini bahan ditekan dengan gaya tertentu dan terjadi cetakan pada bahan uji dari intan. Pengujian ini sering dinamakan uji kekerasan piramida intan, karena menggunakan bentuk piramida intan. Nilai kekerasannya disebut dengan kekerasan HV atau VHN (*Vickers Hardness Number*), didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan bekas penekanan.

$$VHN = \frac{2F \sin \frac{\theta}{2}}{L^2} = \frac{2F \sin \frac{136^\circ}{2}}{L^2} = \frac{1,854F}{L^2}$$

dimana : F = Beban (kg)

L = Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut piramida 136°

- (e) **Foto Struktur Mikro.** Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi harus menggunakan alat pengamat struktur mikro. Penelitian ini menggunakan mikroskop cahaya. Persiapan yang dilakukan sebelum mengamati struktur mikro adalah pengefraisan spesimen, pengampelasan, pemolesan dan pengetsaan. Setelah dipilih, bahan uji diratakan kedua permukaannya dengan menggunakan mesin frais, dalam pendinginan harus selalu terjaga agar tidak timbul panas yang mempengaruhi struktur mikro. Setelah rata digosok dengan menggunakan ampelas mulai dari yang kasar sampai yang halus. Arah pengampelasan tiap tahap harus diubah, pengampelasan yang lama dan penuh kecermatan akan menghasilkan permukaan yang halus dan rata. Bahan yang halus dan rata itu diberi autosol

untuk membersihkan noda yang menempel pada bahan. Langkah terakhir sebelum dilihat struktur mikro adalah dengan mencelupkan spesimen kedalam larutan etsa dengan penjepit tahan karat dan permukaan menghadap keatas. Kemudian spesimen dicuci, dikeringkan dan dilihat stuktur mikronya.

