

## BAB II KERANGKA TEORI

### 2.1. Pengertian Las

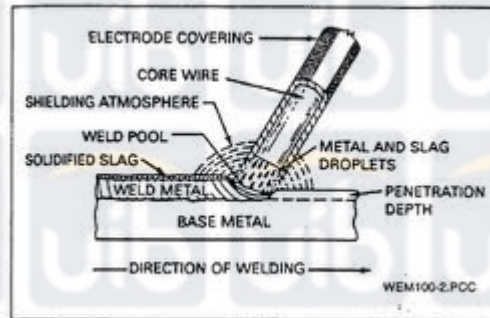
Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

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 las 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.



**Gambar 2.1 Gambar Pengelasan**

## 2.2. Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. 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 kampuh bagian 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. Sehingga ukuran elektroda yang digunakan harus disesuaikan dengan besarnya arus las.

Sumber : Howard BC (1998)

Diameter Elektroda (mm)	Arus (Ampere)
2,5	60-90
2,6	60-90
3,2	80-130
4,0	150-190
5,0	180-250

Tabel 2.1 Hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan

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 ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

### 2.3. Elektroda Terbungkus

Pengelasan dengan 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.

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 pengamanan tinggi.

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1998).

#### **2.4. Besar 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 manic melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

### **2.5. Baja *High-Strength Low Alloy Steels* (HSLA)**

Baja *high-strength low alloy steels* (HSLA) adalah baja paduan rendah dengan kekuatan tinggi, baja *high-strength low alloy steels* (HSLA) ini banyak digunakan untuk berbagai macam struktur. HSLA terbentuk dari beberapa unsur atau sifat-sifatnya yaitu tembaga (Cu), nikel (Ni), Chromium (Cr), Molybdenun (Mo), Vanadium (Va) dan Columbium.

### **2.6. Baja Mutu Rendah**

Baja mutu rendah adalah baja mutu yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, konstruksi gudang, jembatan.

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 tumbuh 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/mm<sup>2</sup>.
- c. 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 600<sup>0</sup>C.

Pengelasan yang banyak digunakan untuk baja paduan rendah adalah las busur elektroda terbungkus, las busur rendah dan las MIG (las logam gas mulia). Perubahan struktur daerah las selama pengelasan, karena adanya pemanasan dan pendinginan yang cepat menyebabkan daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) menjadi keras. Kekerasan tertinggi terdapat pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*).

## **2.7. Struktur Mikro Daerah Las-lasan**

Daerah las-lasan terdiri dari tiga bagian yaitu: daerah logam las, daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* disingkat menjadi HAZ dan logam induk yang tak dipengaruhi 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, ketidakhomogennya 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 dilogam las dicirikan dengan adanya struktur berbutir panjang (*columnar grains*). Struktur ini berawal dari logam induk dan tumbuh kearah 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 *Widmanstatten*. Struktur mikro logam las biasanya kombinasi dari struktur mikro dibawah ini:

- a) Batas butir ferit, terbentuk pertama kali pada transformasi austenit-ferit biasanya terbentuk sepanjang batas austenit pada suhu 650-1000<sup>0</sup>C.
- b) Ferit *widmanstatten* atau *ferrite with aligned second phase*, struktur mikro ini terbentuk pada suhu 650-750<sup>0</sup>C disepanjang batas butir austenit, ukurannya besar dan pertumbuhannya cepat sehingga memenuhi permukaan butirnya.

- c) Ferit *acicular*, terbentuk *intragranular* dengan ukuran yang kecil dan mempunyai orientasi arah yang acak. Biasanya ferit *acicular* ini terbentuk sekitar suhu  $650^{\circ}\text{C}$  dan mempunyai ketangguhan paling tinggi dibandingkan struktur mikro yang lain.
- d) Bainit, merupakan ferit yang tumbuh dari batas butir austenit dan terbentuk pada suhu  $400\text{-}500^{\circ}\text{C}$ . Bainit mempunyai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan ferit, tetapi lebih rendah dibandingkan martensit.
- e) Martensit akan terbentuk, jika proses pengelasan dengan pendinginan sangat cepat, struktur ini mempunyai sifat sangat keras dan getas sehingga ketangguhannya rendah.

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 besar.

Pada daerah HAZ terdapat tiga titik yang berbeda, titik 1 dan 2 menunjukkan temperatur pemanasan mencapai daerah berfasa austenit dan ini disebut dengan transformasi menyeluruh yang artinya struktur mikro baja mula-mula ferit+perlit kemudian bertransformasi menjadi austenit 100 %. Titik 3 menunjukkan temperatur pemanasan, daerah itu mencapai daerah berfasa ferit



dan austenit dan ini yang 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 dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat. Disamping tiga pembagian utama tersebut masih ada satu daerah pengaruh panas, yang disebut batas las (Wiryosumarto, 2000).

### **2.8. Heat input**

Pencairan logam induk dan logam pengisi memerlukan energi yang cukup. Energi yang dihasilkan dalam operasi pengelasan dihasilkan dari bermacam-macam sumber tergantung pada proses pengelasannya. Pada pengelasan busur listrik, sumber energi berasal dari listrik yang diubah menjadi energi panas. Energi panas ini sebenarnya hasil kolaborasi dari arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan. parameter ketiga yaitu kecepatan pengelasan ikut mempengaruhi energi pengelasan karena proses pemanasannya tidak diam akan tetapi bergerak dengan kecepatan tertentu.

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*. Persamaan dari *heat input* hasil dari penggabungan ketiga parameter dapat dituliskan sebagai berikut:

$$HI \text{ (Heat Input)} = \frac{\text{Tegangan pengelasan (E) x Arus pengelasan (I)}}{\text{Kecepatan pengelasan (v)}}$$

Dari persamaan itu dapat dijelaskan beberapa pengertian antara lain, jika kita menginginkan masukan panas yang tinggi maka parameter yang dapat diukur yaitu arus las yang dapat diperbesar atau kecepatan las diperlambat. Besar kecilnya arus las dapat diukur langsung pada mesin las. Tegangan las umumnya tidak dapat diatur secara langsung pada mesin las, tetapi pengaruhnya terhadap masukan panas tetap ada.

Efisiensi masing-masing proses pengelasan dapat dilihat dari tabel dibawah ini:

Proses pengelasan	Efisiensi (%)
SAW ( <i>Submerged Arc Welding</i> )	95
GMAW ( <i>Gas Metal Arc Welding</i> )	90
FCAW ( <i>Flux Cored Arc Welding</i> )	90
SMAW ( <i>Shielded Metal Arc Welding</i> )	90
GTAW ( <i>Gas Tungsten Arc Welding</i> )	70

Tabel 2.2 Efisiensi proses pengelasan (Malau, 2003)

## 2.9. 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. Pengujian tarik untuk kualitas dimaksudkan untuk mengetahui beberapa 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.



Gambar 2.2 Mesin Uji Tarik *Torsse (Tokyo Testing Machine MFG.,CO.,LTD)*

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.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.



Gambar 2.3 Grafik Tegangan dan Regangan

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

Dimana:  $\sigma_u$  = Tegangan nominal ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )

$F_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_o$  = Luas penampang mula dari penampang batang ( $\text{mm}^2$ )

Regangan (presentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukuran ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

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

Dimana:  $\varepsilon$  = Regangan (%)

$L$  = Panjang akhir (mm)

$L_o$  = Panjang awal (mm)