

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. LANDASAN TEORI**

##### **2.1.1 Las dalam berbagai bidang**

Berdasarkan penemuan benda-benda sejarah dapat diketahui bahwa teknik penyambungan logam telah diketahui sejak zaman prasejarah, misalnya pembrasingan logam paduan emas tembaga dan pematrian paduan timbal-timah. Menurut keterangan yang didapat telah diketahui dan dipraktekkan dalam rentang waktu antara tahun 3000 sampai 4000 SM. Alat-alat las busur dipakai secara luas setelah alat tersebut digunakan dalam praktek oleh Benardes (1985).

Pengertian pengelasan menurut Widharto (1996) adalah salah satu cara menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair.

Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran. Kedua ujung logam yang akan disambung dibuat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau dengan logam itu sendiri sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat tidak mudah dipisahkan (Arifin, 1997). Jenis pengelasan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu pengelasan lebur dan padat. Adapun macamnya yaitu Pengelasan busur (*Arc Welding, AW*), Pengelasan Resistansi Listrik (*Resistance Welding, RW*), Pengelasan Gas (*Oxyfuel Gas Welding, OFW*), dan macam pengelasan padat yaitu

Pengelasan Difusi (*Diffusion Welding, DFW*), Pengelasan Gesek (*Friction Welding, FW*), Pengelasan Ultrasonik (*Ultrasonic Welding, UW*).

Saat ini terdapat sekitar 40 jenis pengelasan. Dari seluruh jenis pengelasan tersebut hanya dua jenis yang paling populer di Indonesia yaitu pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*) dan las karbit (*Oxy Acetylene Welding/OAW*). Pengelasan dapat dilakukan dengan berbagai cara sebagai berikut:

- a. Pemanasan tanpa tekanan
- b. Pemanasan dengan tekanan
- c. Tekanan tanpa memberikan panas dari luar (panas diperoleh dari dalam material itu sendiri).
- d. Tanpa logam pengisi dan dengan logam pengisi

Pengelasan pada umumnya dilakukan dalam penyambungan logam, tetapi juga sering digunakan untuk menyambung plastik tetapi pembahasan ini akan difokuskan pada penyambungan logam. Pengelasan merupakan proses yang penting baik ditinjau secara komersial maupun teknologi, karena :

- a. Pengelasan merupakan penyambungan yang permanen.
- b. Sambungan las dapat lebih kuat dari pada logam induknya, bila digunakan logam pengisi yang memiliki kekuatan lebih besar dari pada logam induknya.
- c. Pengelasan merupakan cara yang paling ekonomis dilihat dari segi penggunaan material dan biaya fabrikasi.

- d. Metode perakitan mekanik yang lain memerlukan pekerjaan tambahan (penggurdian lubang) dan pengencang sambungan (rivet dan baut).
- e. Pengelasan dapat dilakukan dalam pabrik atau dilapangan.

Walupun demikian pengelasan juga memiliki keterbatasan dan kekurangan :

- a. Kebanyakan operasi pengelasan dilakukan secara manual dengan upah tenaga kerja yang mahal.
- b. Kebanyakan proses pengelasan berbahaya karena menggunakan energi yang besar.
- c. Pengelasan merupakan sambungan permanen sehingga rakitannya tidak dapat dilepas. Jadi metode pengelasan tidak cocok digunakan untuk produk yang memerlukan pelepasan rakitan (misalnya untuk perbaikan atau perawatan).
- d. Sambungan las dapat menimbulkan bahaya akibat adanya cacat yang sulit dideteksi. Cacat ini dapat mengurangi kekuatannya.

### **2.1.2 Desain Sambungan Las**

Desain sambungan las dan bentuk sambungan (*welding joint*), serta bentuk dan ukuran alur las dalam konstruksi untuk merancang sambungan las adalah:

- a. Persyaratan umum atau spesifikasi mutu (kekuatan) yang diinginkan.
- b. Bentuk dan ukuran konstruksi las.
- c. Tegangan timbul akibat pengelasan (*residual stress*), maupun tegangan yang diperhitungkan akan timbul akibat pemakaian (pembebanan).

d. Jenis proses las yang boleh dipakai.

Beberapa Standar telah mengatur jenis – jenis sambungan, ada sembilan jenis alur sambungan (kampuh) las yang utama seperti pada Gambar 2.1

Jenis Posisi	Jenis				
	Sambungan Tumpang (Lap Joint)	Sambungan T (Tee Joint)	Sambungan Tumpul (Butt Joint)	Sambungan Sudut (Corner joint)	Sambungan Sisi (Edge Joint)
Flat					
Horisontal					
Vertikal					
di Atas Kepala					

Gambar 2.1 Jenis alur sambungan las (Harsono, 2000)

### 2.1.3 Klasifikasi Baja Karbon

Menurut Wiryosumarto dan Okumura (2000), baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit unsur lainnya misalnya: Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, bila kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun. Karena itu baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi.

#### **2.1.4 Baja Karbon Rendah**

Baja jenis ini mempunyai kadar karbon kurang dari 0,30 %. Baja ini bersifat ulet dan tangguh serta mempunyai mampu mesin (*machineability*), mampu bentuk (*formability*) dan mampu las (*weldability*) yang lebih baik bila dibandingkan baja karbon sedang dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah mempunyai kepekaan yang rendah terhadap retak las dibandingkan dengan baja karbon lainnya karena kadar karbon yang paling rendah.

#### **2.1.5 Baja Karbon Sedang**

Baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,30 % - 0,45 %. Baja ini bersifat kuat dan keras tetapi mampu lasnya tidak sebaik baja karbon rendah. Sifatnya yang mudah menjadi keras karena kadar karbon yang cukup tinggi ditambah dengan adanya hidrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las sehingga bisa dikatakan sifat mampu lasnya kurang baik daripada baja karbon rendah.

#### **2.1.6 Baja Karbon Tinggi**

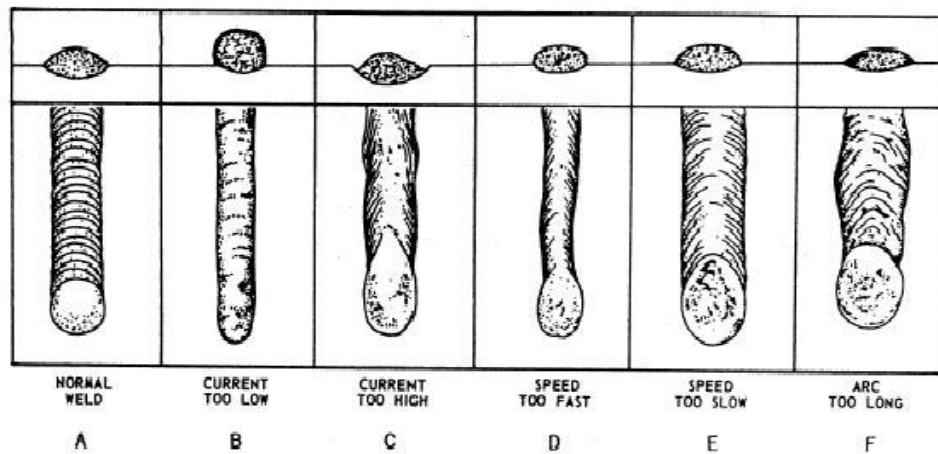
Merupakan baja dengan kadar karbon 0,45 % - 1,70 %. Secara umum, baja karbon tinggi mempunyai kekuatan dan kekerasan yang paling tinggi dibanding baja jenis lainnya karena kadar karbonnya adalah yang paling tinggi sehingga pada umumnya paling sulit dilas.

### 2.1.7 Arus Pengelasan

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart *American Welding Society* (AWS), dengan contoh AWS E7018 untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai dapat dilihat pada Tabel. Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Tabel 2.1 Hubungan Diameter Elektroda dengan Arus Pengelasan (Howard, 1998)

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1.6	25-45
2.0	50-75
2.5	75-95
3.25	95-130
4.0	135-180
5.0	155-240



Gambar 2.2 Pengaruh arus listrik dan kecepatan pengelasan terhadap hasil sambungan las (Wiryo Sumarto, 2008).

### 2.1.8. Struktur Mikro Baja Karbon Rendah, Sedang dan Tinggi

Berdasarkan kandungan karbonnya, baja diklasifikasikan menjadi :

1. Baja karbon rendah : 0,1 – 0,3 % karbon
2. Baja karbon sedang : 0,3 – 0,85 % karbon
3. Baja karbon tinggi : 0,85 – 1,3 % karbon

Struktur yang dimiliki oleh baja sangat ditentukan oleh kandungan karbonnya. Pada baja karbon rendah, struktur didominasi oleh ferrit dan sedikit perlit. Pada baja karbon sedang, struktur baja terdiri dari ferrit dan perlit dengan perbandingan tergantung pada kandungan karbonnya karena semakin tinggi karbon semakin banyak perlitnya. Sedangkan pada baja karbon tinggi, struktur didominasi oleh perlit dan sedikit sementit.



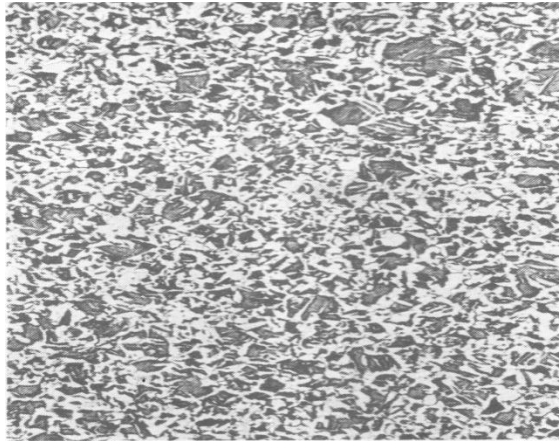
Gambar 2.3 Baja karbon rendah, sedang dan tinggi ( Amanto, 1999 )

Tabel 2.2. Sifat Mekanik Baja SS400(Wiryosumarto dan Toshie, 2000)

Massa Jenis	2.68 g/cc
<i>Modulus Young</i>	70,3 Gpa
Kekuatan Tarik Maksimum	228 Mpa
Kekuatan Luluh	193 Mpa
<i>Poisson's Ratio</i>	0.33
Kekerasan <i>Vickers</i>	68 Hv

Baja karbon rendah yang juga disebut baja lunak banyak sekali digunakan untuk konstruksi umum, dengan ditambahkan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Plat baja SS400 merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,30% dan dengan sedikit kandungan silikon. Beberapa hasil penelitian menemukan bahwa kandungan silikonnya antara 0.06 dan 0.037%. Karakteristik baja SS400 dapat dilihat pada Tabel 2.2. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi (Wiryosumarto dan Toshie, 2000).

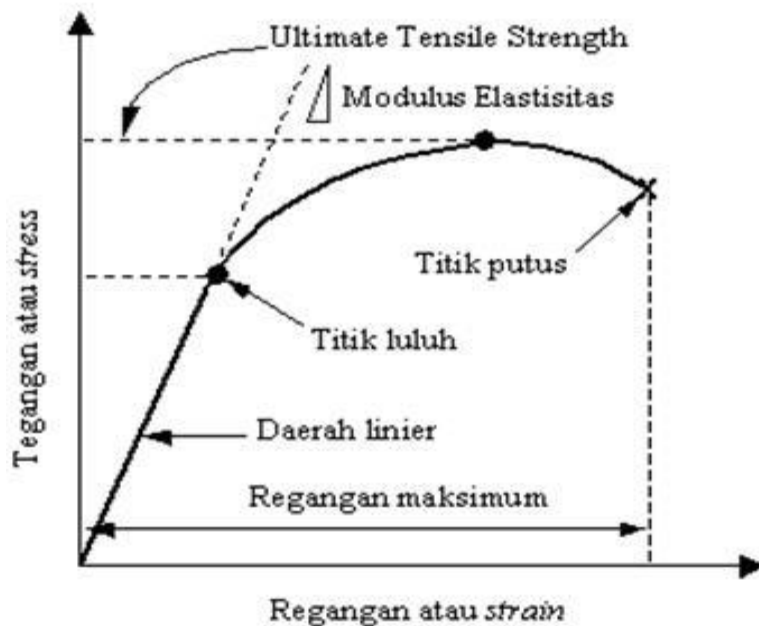




Gambar 2.4 Standart struktur baja karbon rendah SS400 ( Wiryosumarto, 2000 )

### **2.1.9 Pengujian Tarik**

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian mekanik yang dilakukan. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan digunakan untuk memastikan beberapa sifat mekanik bahan yang penting dalam desain. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik. Tegangan tersebut diperoleh dengan cara membagi beban dengan luas awal penampang lintang benda uji. Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan adalah regangan linear rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur benda uji (Dieter, 1996).

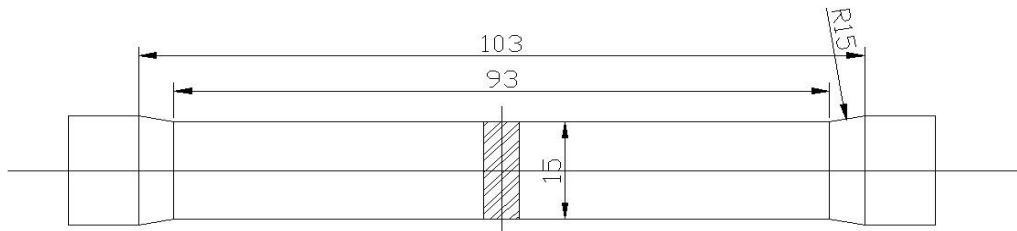


Gambar 2.5 Kurva tegangan-regangan ( Callister, 2007 )

Bentuk besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik yang pernah dialami, laju regangan, suhu, dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan, dan pengurangan luas. Parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan dua yang terakhir menyatakan keliatan bahan (Dieter, 1996).

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 yang diatur pada ASTM E8.



Widht	Gauge Length	Paralel Length	Radius of Fillet	Thickness
W	L	P	R	T
15	8 √A	L + approx .10	15	9

Gambar 2.6 Spesimen Uji Tarik Standar JIS ( Japanese Industri Standart )

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.

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \dots\dots\dots \text{pers (1)}$$

Dimana :  $\sigma_u$  = Tegangan nominal (kg/mm<sup>2</sup>)

$P_u$  = Beban maksimal (kg)

$A_o$  = Luas penampang mula dari penampang batang (mm<sup>2</sup>)

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots \text{pers (2)}.$$

Dimana:  $\varepsilon$  = Regangan (%)

L = Panjang akhir (mm)

L<sub>0</sub> = 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:

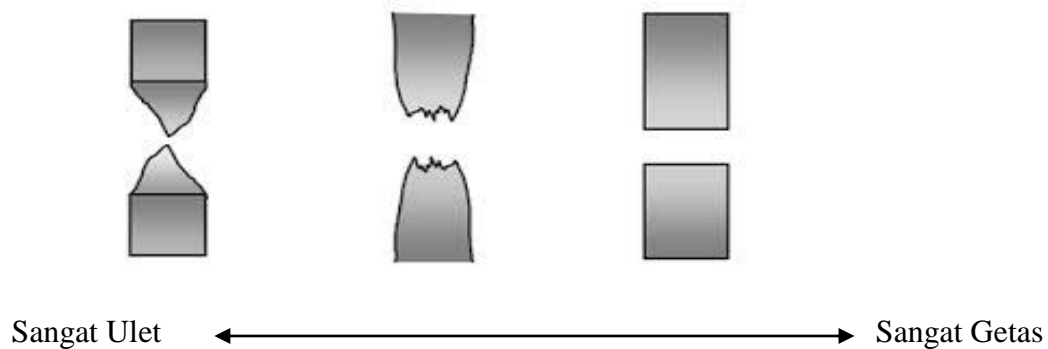
$$q = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots \text{pers (3)}.$$

Dimana: q = Reduksi penampang (%)

A<sub>0</sub> = Luas penampang mula (mm<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = Luas penampang akhir (mm<sup>2</sup>)

Sampel hasil pengujian tarik dapat menunjukkan beberapa tampilan perpatahan diilustrasikan pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.7 Ilustrasi penampang samping bentuk perpatahan benda uji tarik sesuai dengan tingkat keuletan/kegetasan (Akhmad,2009).

Perpatahan ulet memberikan karakteristik berserabut (*fibrous*) dan gelap (*dull*), sementara perpatahan getas ditandai dengan permukaan patahan yang berbutir (*granular*) dan terang. Perpatahan ulet umumnya lebih disukai karena bahan ulet umumnya lebih tangguh dan memberikan peringatan lebih dahulu sebelum terjadinya kerusakan, ini juga terjadi pada sambungan las.

## 2.2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.2.1. Pengelasan

R.Razzaq Satrio Wibowo(2011) penelitian las gesek (*friction welding*) dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi jembatan, perkapalan, industri karoseri dan lain-lain. Disamping untuk konstruksi, las juga dapat untuk memperbaiki cacat logam pada hasil pengecoran logam, mempertebal yang aus. Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai bahan pencair yang akan dilas.

Dalam penggunaan yang pertama ini Benardes memakai elektroda yang dibuat dari batang karbon atau grafit. Karena panas yang timbul, maka logam pengisi yang terbuat dari logam yang sama dengan logam induk mencair dan mengisi tempat sambungan.

Zerner (1889) mengembangkan cara pengelasan busur yang baru dengan menggunakan busur listrik yang dihasilkan oleh dua batang karbon. Slavianoff (1892) adalah orang pertama yang menggunakan kawat logam elektroda yang turut mencair karena panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi. Kemudian Kjellberg menemukan bahwa kualitas sambungan las menjadi lebih baik bila kawat elektroda logam yang digunakan dibungkus dengan terak.

Di samping penemuan-penemuan oleh Slavianoff dan Kjellberg dalam las busur dengan elektroda terbungkus seperti diterangkan diatas, Thomas (1886) menciptakan proses las resistansi listrik, Goldschmitt (1895) menemukan las termit dan tahun 1901 las oksasi-asitelin mulai digunakan oleh Fouche dan Piccard.

Kemudian pada tahun 1926 ditemukannya las hidrogen atom oleh Lungumir, las busur logam dengan pelindung gas mulia oleh Hobart dan Denerserta las busur rendam oleh Kennedy (1935). Wasserman (1936) menyusul dengan menemukan cara pembrasingan yang mempunyai kekuatan tinggi.

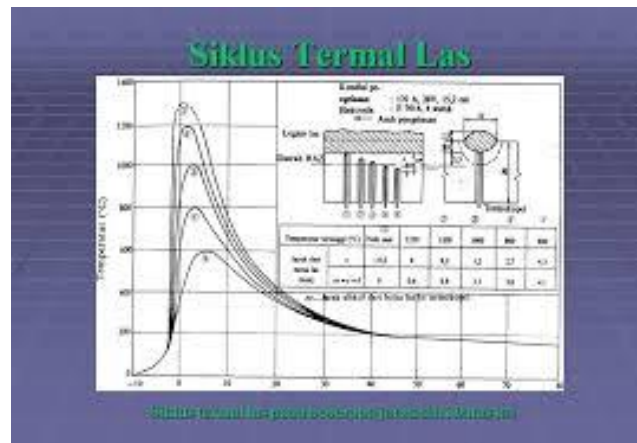
Dari tahun 1950 sampai sekarang telah ditemukan cara-cara las baru antarlain las tekan dingin, las listrik terak, las busur dengan pelindung gas CO<sub>2</sub>, las gesek, las ultrasonik, las sinar elektron, las busur plasma, las laser, dan masih banyak lagi lainnya.

Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah suatu proses penyambungan logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan atau dapat juga didefinisikan sebagai ikatan metalurgi yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara atom.

Terwujudnya standar-standar teknik pengelasan akan membantu memperluas ruang lingkup pemakaian sambungan las dan memperbesar ukuran bangunan konstruksi yang dapat dilas. Dengan kemajuan yang dicapai sampai saat ini, teknologi las memegang peranan penting dalam masyarakat industri modern.

### **2.2.2. Siklus Termal Daerah Las (*Heat Affected Zone*)**

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan pada daerah las, sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 2.8 dan gambar 2.9 menunjukkan siklus termal daerah lasan pada gambar 2.8 dapat dilihat siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) dengan kondisi pengelasan tetap, sedangkan pada gambar 2.9 menunjukkan siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda. Lamanya pendinginan dalam suatu daerah temperatur tertentu dari suatu siklus termal las sangat mempengaruhi kualitas sambungan, karena itu banyak sekali usaha-usaha pendekatan untuk menentukan lamanya waktu pendinginan.



Gambar 2.8 Siklus termal dari beberapa tempat dalam daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) ( Wiryosumarto, 2004 )

Sifat mekanik dari daerah HAZ sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 8000°C sampai 5000°C, sedangkan retak dingin dimana hidrogen memegang peranan penting terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 8000°C sampai 3000°C atau 1000°C. Sedangkan untuk Siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Siklus termal disekitar lasan dengan kondisi pengelasan yang berbeda ( Ahmad, 1994 )



### **2.2.3. Ketangguhan Daerah Lasan**

Bila patah getas terjadi pada logam dengan daya tahan yang rendah, perpatahan tersebut dapat merambat dengan kecepatan sampai 200 m/detik yang dapat menyebabkan kerusakan dalam waktu yang sangat singkat sekali.

Dalam hal sambungan las patah getas ini menjadi lebih penting karena adanya faktor – faktor yang membantu seperti: konsentrasi tegangan, struktur tidak sesuai dan adanya cacat dalam lasan. Pengaruh struktur logam las terhadap ketangguhan pada dasarnya sama seperti pada batas las, tetapi pada logam las dalam proses pengelasan ini mencair dan kemudian membeku maka kemungkinan besar terjadi pemisahan komponen yang menyebabkan terjadinya struktur yang tidak homogen.

### **2.2.4. Ketangguhan Logam Las**

Logam las adalah logam yang dalam proses pengelasan mencair kemudian membeku, sehingga logam las ini banyak sekali mengandung oksigen dan gas-gas lain. Dalam menganalisa ketangguhan logam las harus diperhatikan pengaruh unsur lain yang terserap selama proses pengelasan, terutama oksigen, dan pengaruh dari struktur logam itu sendiri. Struktur logam daerah pengaruh panas atau HAZ berubah secara berangsur dari struktur logam induk ke struktur logam las, pada daerah HAZ dekat dengan daerah lebur, kristal tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar daerah ini dinamakan batas las.

Didalam daerah pengaruh panas besar butir dan struktur berubah sesuai dengan siklus termal yang terjadi pada waktu pengelasan, karena siklus termal yang terjadi sangat kompleks sehingga ketangguhannya pun semakin kompleks.

### 2.2.5. Klasifikasi Pengelasan

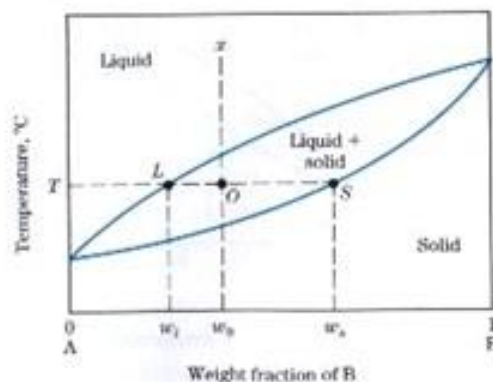
Ditinjau dari sumber panasnya, pengelasan dapat dibedakan menjadi:

1. Mekanik
2. Listrik
3. Kimia

Sedangkan menurut cara pengelasan, dibedakan menjadi dua bagian besar:

1. Pengelasan Tekanan (*Pressure Welding*)
2. Pengelasan Cair (*Fusion Welding*)

Berdasarkan buku *Haynes Techbook Welding Manual, Jay Storer And John Haynes* diagram temperatur cair material dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.10 Diagram Temperatur Cair Material (*Haynes Techbook Welding Manual, Jay Storer And John Haynes, 1926*)

### **2.2.6. Pengelasan Cair (Fusion Welding)**

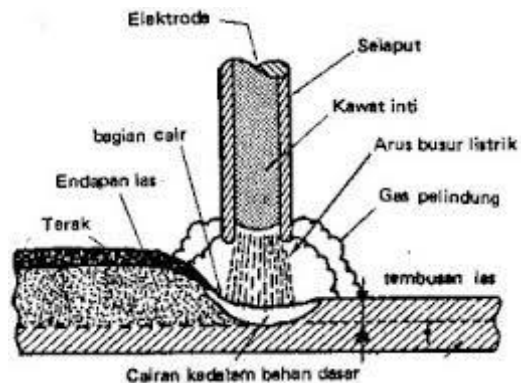
Pengelasan cair (*fusion welding*) adalah proses penyambungan logam dengan cara mencairkan logam yang tersambung, yaitu:

1. *Oxyacetylene Welding*
2. *Elektrik Arc Welding*
3. *Shield Gas Arc Welding (TIG, MIG, MAG dan Submerged Welding)*
4. *Resistance Welding (Spot Welding, Seam Welding, Upset)*
5. *Welding, Flash Welding, Electro Slag Welding dan Electro Gas Welding)*
6. *Electro Beam Welding*
7. *Laser Beam Welding*
8. *Plasma Welding*

### **2.2.7. Jenis-Jenis Pengelasan yang Umum Dilakukan**

1. Proses pengelasan busur logam terbungkus (*Shielded Metal Arc Welding*)

Salah satu jenis proses las busur listrik elektoda terumpan, yang menggunakan busur listrik yang terjadi antara elektroda dan benda kerja setempat, kemudian membentuk paduan serta membeku menjadi lasan. Elektroda terbungkus yang berfungsi sebagai fluks akan terbakar pada waktu proses pengelasan dan gas yang terjadi akan melindungi proses pengelasan terhadap pengaruh udara luar, cairan yang terbungkus akan terapung membeku pada permukaan las yang disebut slag. Proses pengelasan elektroda terbungkus terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Proses pengelasan busur las terbungkus ( Alfujri, 2008 )

## 2. Proses pengelasan busur terendam (*Shield Arc Welding*)

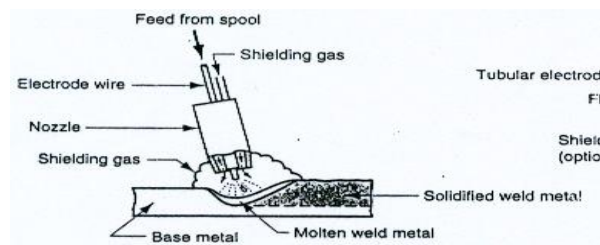
Ini adalah salah satu pengelasan dimana logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang fluks dan elektroda yang merupakan kawat pejal diumpankan secara terus menerus, dalam pengelasan ini busur listriknya terendam dalam fluks dapat dilihat pada gambar 2.11 Prinsip las busur terendam 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. Proses pengelasan busur terendam (SAW) dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Proses pengelasan busur terendam ( Widharto, 2003 )

### 3. Proses pengelasan busur logam gas (*Gas Metal Arc Welding*)

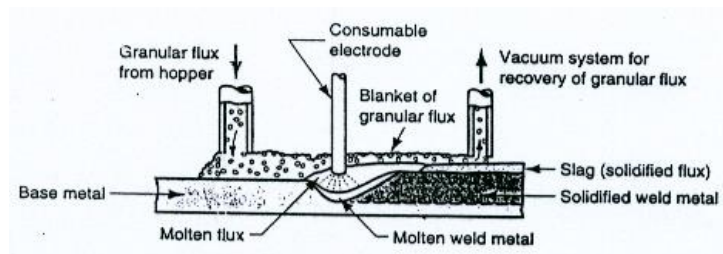
Jenis pengelasan ini menggunakan busur api listrik sebagai sumber panas untuk peleburan logam, perlindungan terhadap logam cair menggunakan gas mulia (*inert gas*) atau  $\text{CO}_2$  merupakan elektroda terumpan yang diperlihatkan pada gambar 2.13. Proses GMAW dimodifikasikan juga dengan proses menggunakan fluks yaitu dengan penambahan fluks yang magnetik atau fluks yang diberikan sebagai inti.



Gambar 2.13 Proses pengelasan busur logam gas ( Alfujri, 2008 )

### 4. Proses pengelasan busur berinti fluks

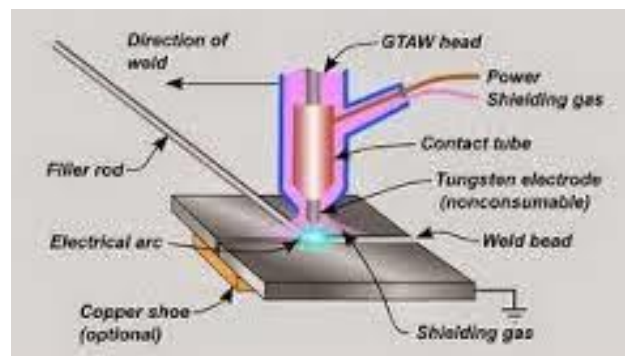
Proses pengelasan busur berinti fluks merupakan proses pengelasan busur listrik elektroda terumpan. Proses peleburan logam terjadi diantara logam induk dengan elektroda berbentuk turbolens yang sekaligus menjadi bahan pengisi, fluks merupakan inti dari elektroda dan terbakar menjadi gas, akan melindungi proses dari udara luar, seperti gambar 2.14.



Gambar.2.14 Proses pengelasan berinti fluks ( Wiryosumarto, 2000 )

## 5. Proses pengelasan busur tungsten gas (*Gas Tungsten Arc Welding*)

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 2.15 Proses pengelasan busur tungsten gas ( Wiryosumarto, 2000 )

### 2.2.8. Parameter Pengelasan

Kestabilan dari busur api yang terjadi pada saat pengelasan merupakan masalah yang paling banyak terjadi dalam proses pengelasan dengan SAW, 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.

### 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 100A dan kuantiti las meningkat juga 1,5 Kg/jam per 100A.

### 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 penambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (*WeldingBead*), 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 Curret* 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 Curret* (AC) pada bentuk butiran las dan kuantitifpengelasan antara elektroda positif dan negatif adalah sama yaitu

cenderung porosity, oleh karena itu dalam proses pengelasan yang menggunakan arus AC harus memakai fluks yang khusus.

### 2.2.9. Kawat 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)
- c. Sesudah E menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam ribuan  $\text{lb/in}^2$  lihat tabel. (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.

Contoh : E 7018

Artinya:

1. Kekuatan tarik 70.000 psi
2. Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi.
3. Jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dan pengelasan dengan arus AC atau DC, kandungan selaput serbuk besi 25%-40%, hidrogen rendah. Dan banyak digunakan untuk pengelasan pipa, plat dan konstruksi lainnya.



### **2.2.10. Pengaruh Variabel Arus SMAW Menggunakan Pengujian *Ultrasonik Phased Array*.**

Pada proses pengelasan SMAW terdapat bermacam – macam jenis elektroda dengan berbagai ukuran diameter, kesemuanya itu dilakukan untuk menyesuaikan ketebalan plat dan jenis baja karbon, serta mengurangi permasalahan utama pada proses pengelasan yaitu terjadinya cacat pada proses pengelasan. Proses pengelasan ini menggunakan bahan baja paduan rendah SS 400 pada spesimen dengan ukuran 200 x 100 x 10 mm. Proses pengelasan dengan posisi bawah tangan (1G), menggunakan kampuh V. Jenis Elektroda yang digunakan adalah Elektroda E7016 dan E7018 berdiameter 3,2 mm dengan variasi arus 80 A, 100 A, dan 120 A.

Kajian penelitian ini dititikberatkan pada analisa hasil cacat las yang terjadi pada proses pengelasan SMAW dengan menggunakan pengujian *Ultrasonik Phased Array*. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu metode eksperimen, yaitu pengumpulan data langsung dan metode literatur, yaitu pengumpulan data yang diperoleh secara tidak langsung, yaitu pada buku, bahan bacaan, modul, atau media cetak yang berhubungan dengan obyek yang diteliti dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

Hasil pada pengelasan E7016 dan E7018 arus 80 ampere dan 100 ampere banyak ditemukan cacat las jenis *slag inclusion* dan *lack of fusion* dengan volume cacat *slag* terbesar yaitu 155 mm<sup>3</sup> dan volume cacat *lack of fusion* terbesar yaitu 140 mm<sup>3</sup>. Sedangkan pada arus 120 ampere tidak ditemukan cacat didalam area logam las. Namun semua benda kerja hasil las telah terindikasi cacat las jenis

*incomplete penetration* dan *undercut* pada daerah *root* dan permukaan las. Sesuai data tersebut dapat diketahui hasil las dengan menggunakan elektroda E7016 dan E7018 diameter 3.2 mm pada arus 120 ampere adalah parameter las dengan hasil lasan terbaik.