

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1.Latar belakang**

Dalam pekerjaan suatu proyek konstruksi Proses pengelasan biasanya digunakan untuk fabrikasi dalam aplikasi engineering, misalnya untuk pesawat terbang, otomotif, dan industri perkapalan (Gery, dkk.2005). Pengelasan merupakan penyambungan dua atau lebih material dalam keadaan plastis atau cair dengan menggunakan panas (heat) atau tekanan (pressure) atau keduanya ((Wiryo Sumarto, 1996). Pengelasan merupakan metoda penyambungan material yang paling populer dalam dunia industri dan konstruksi. Untuk mendapatkan hasil lasan yang baik maka cara pengelasan harus betul – betul memperhatikan kesesuaian antara sifat – sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan di sekitarnya.

Cara pengelasan yang paling banyak digunakan pada waktu ini adalah pengelasan dengan busur listrik terlindung (Wiryo Sumarto, 1996). Las busur listrik terlindung atau pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dapat dilakukan di lingkungan darat dan di lingkungan bawah air (underwater wetwelding). Pada proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) di darat tidak memerlukan perlakuan secara khusus, namun pada saat proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) di dalam laut maka kawat

elektroda harus dilapisi dengan selotip atau lilin.

Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wiryosumarto, 2000).

Pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair adalah suatu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) dan gas. Jenis dari las busur listrik ada 4 yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO<sub>2</sub>), las busur tanpa gas, las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (Shielding Metal Arc Welding).

Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau Direct Current (DC), mesin las arus bolak-balik atau Alternating Current (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC). Mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC)

digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif.

Pilihan ketika menggunakan DC polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda SMAW didisain untuk digunakan hanya DC- atau DC+. Elektroda lain dapat menggunakan keduanya DC- dan DC+. Elektroda E7018 dapat digunakan pada DC polaritas terbalik (DC-). Pengelasan ini menggunakan elektroda E7018 dengan diameter 3,2 mm, maka arus yang digunakan berkisar antara 115-165 Amper. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda (Soetardjo, 1997).

Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja paduan rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur rendam dan las MIG (las logam gas mulia). Baja paduan rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Wiryo Sumarto, 2000).

Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan

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 lasan 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 arus dalam pengelasan ini mengambil 80 A, 90 A dan 100 A.

Melalui tugas akhir ini akan dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan ketahanan uji bending weld joint material baja SS400 pada proses pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Dalam penelitian ini akan dipelajari sifat mekanik dan komposisi dari baja yang terbentuk dari sambungan hasil pengelasan tersebut. Dengan demikian diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai kualitas material dan sambungan las pada proses pengelasan pada kondisidan lingkungan yang berbeda.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengerjaan sambungan las atau kekuatan kontruksi bahan peralatan, dan meyakinkan bahwa hasil yang didapat mengacu pada standar dan spesifikasi yang dituju maka diadakan pengujian pada material tersebut. Pengujian dapat digolongkan sebagai berikut pengujian merusak, pengujian tanpa rusak dan pengujian hidrostatik (Widharto, 2013:33).

Berdasarkan uraian yang dituliskan di latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang **berjudul “ Analisa Pengaruh Variasi Arus Listrik Dan Jenis Kampuh X Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Uji Bending Sambungan Baja SS400 “**.

### **1.2. Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini menggunakan 1 jenis kampuh las yaitu, jenis Kampuh X dengan variasi arus listrik 80 Ampere, 90 Ampere, dan 100 Ampere.
2. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah yaitu baja SS400.
3. Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini ialah E6013 dengan ukuran 2,6 mm.
4. Pengujian dilakukan dengan cara uji bending.
5. Dengan menggunakan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) arus DC.
6. Pengelasan menggunakan posisi 1G (bawah tangan).

### **1.3. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah di atas, rumusan masalah yang akan di kaji dalam penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah perbedaan nilai kekuatan uji bending dengan variasi arus listrik 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere pada jenis kampuh X?
2. Bagaimana pengaruh uji bending terhadap arus listrik 80 Ampere, 90Ampere

dan 100 Ampere dengan menggunakan Janis kampuh X?

#### **1.4. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan nilai kekuatan uji bending dengan variasi arus listrik 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere pada jenis kampuh X.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang di harapkan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk memberikan informasi mengenai kekuatan lentur suatu material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las pada proses pengelasan SMAW dari pengujian uji bending.
2. Memberikan pengetahuan dan wawasan kepada mahasiswa dan masyarakat dalam bidang sambungan las agar dapat meningkatkan kualitas hasil pengelasan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Baja**

Baja pada dasarnya adalah paduan besi dan karbon. Selain terdiri dari besi dan karbon, baja juga mengandung unsur lain. Sebagian berasal dari pengotoran bijih besi yang biasanya kadarnya ditekan serendah mungkin. Sebagian lagi unsur yang digunakan pada proses pembuatan besi atau baja. Selain itu, sering kali juga sejumlah unsur paduan sengaja ditambahkan ke dalam untuk memperoleh sifat tertentu sehingga jenis baja akan beragam (Zakharov, 1962).

Baja adalah paduan yang paling banyak digunakan oleh manusia, jenis dan juga bentuknya sangat banyak. Karena penggunaannya yang sangat luas, maka berbagai pihak sering membuat klasifikasi menurut kebutuhan masing – masing. Ada beberapa cara mengklasifikasikan baja, diantaranya:

1. Menurut penggunaannya: baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas dan lainnya.
2. Menurut kekuatannya: baja lunak, baja kekuatan tinggi.
3. Menurut struktur mikronya: baja eutektoid, baja hypoeutectoid, baja hypereutectoid, baja ferritik dan lainnya.
4. Menurut komposisinya: baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi dan lainnya.

Baja dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu baja karbon rendah, baja karbon menengah dan baja karbon tinggi. Baja karbon rendah (*Low Carbon* )

*Steel/Mild Steel*) merupakan baja karbon yang mempunyai kadar karbon sampai 0,30%. Baja karbon rendah sangat luas penggunaannya, yaitu sebagai konstruksi umum untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur – baut, pipa, lambung kapal, dan lain – lain. Strukturnya terdiri dari ferrit dan sedikit perlit sehingga kekuatan baja ini relatif rendah dan lunak tetapi memiliki keuletan yang tinggi. Baja ini tidak dapat dikeraskan (kecuali dengan pengerasan permukaan).

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/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 6000 C.



## 2.2. Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara Fe dan C dengan kadar C sampai 2,14%. Sifat-sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Setiap baja termasuk baja karbon sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kadar karbon yang dikandungnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25 %, baja karbon sedang mengandung 0,25 – 0,6 % karbon, dan baja karbon tinggi mengandung 0,6 – 1,4 % karbon.

### 2.2.1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah mengandung kurang dari 0,25 % karbon. Kebanyakan dari produk baja ini berbentuk pelat hasil pembentukan roll dingin dan proses anneal. Kandungan karbonnya yang rendah dan mikrostrukturnya yang terdiri dari fasa ferit dan pearlit menjadikan baja karbon rendah bersifat lunak dan kekuatannya lemah namun keuletan dan ketangguhannya sangat baik. Baja karbon rendah kurang responsif terhadap perlakuan panas untuk mendapatkan mikrostruktur martensit maka dari itu untuk meningkatkan kekuatan dari baja karbon rendah dapat dilakukan dengan proses roll dingin maupun karburisasi.

### 2.2.2. Baja Karbon Sedang

Baja ini mengandung karbon antara 0,25% – 0,60 %. Didalam perdagangan biasanya dipakai sebagai alat-alat perkakas, baut, porosengkol, roda gigi, ragum, pegas dan lain-lain.

### 2.2.3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi ialah baja yang mengandung karbon antara 0,60% – 1,4%. Baja ini biasanya digunakan untuk keperluan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi.

## 2.3. Baja SS400

Baja SS400 merupakan lembaran baja dengan ketebalan yang relatif kecil dibandingkan ukuran panjang dan lebarnya. Lembaran baja setelah dirol mempunyai sifat-sifat yang mudah dilas dan dibentuk. Dalam konstruksi baja, plat baja banyak digunakan untuk konstruksi jembatan, industri dll. B

Arus listrik adalah aliran pembawa muatan listrik dari mesin las yang digunakan untuk menyambung dua logam dengan mengalirkan panas ke loga pengisi atau elektroda. Pelat baja SS 400 / Standar ASTM (*American Society for Test and Material*) merupakan baja carbon rendah (*low carbon*) yang paling umum digunakan di dunia industry. Material jenis ini terdapat banyak ketersediaanya di pasar sebagai pelat, lembaran, flat, bar, bagian dll .Baja SS 400 lebih sering digunakan di industry karena kemampuan mesinnya (*Machinability*) dan kemampuan lasnya (*Weldability*). Kode ‘SS’ pada sebagian produk baja merujuk pada *Stainless Steel*. Contohnya produk berkode SS316, SS 410, dan SS 304 menurut standart ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Pada produk berkode SUS 316, SUS 410, dan SUS 304 menurut standart JIS (*jepanes Industrial Standards*) dimana SUSkependekan dari *Steel Use Stainless*.

### 2.3.1. Unsur Kimia dan Sifat Mekanik Baja SS400

Berikut ini merupakan tabel komposisi kimia dan sifat mekanik yang terdapat pada baja SS400.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja SS400

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Fe
0.20	0.09	0.53	0.01	0.04	0.03	0.03	Balance

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Baja SS400

Nama	Kekuatan Luluh min. (Mpa)		Kekuatan Tarik (Mpa)	Perpanjangan min. %		
	Ketebalan	Ketebalan		Ketebalan	Ketebalan	Ketebalan
	< 16 mm	≥ 16 mm		<5mm	5-16mm	≥16mm
SS400	245	235	400-510	21	17	21

#### 2.4. Sel Elektroda

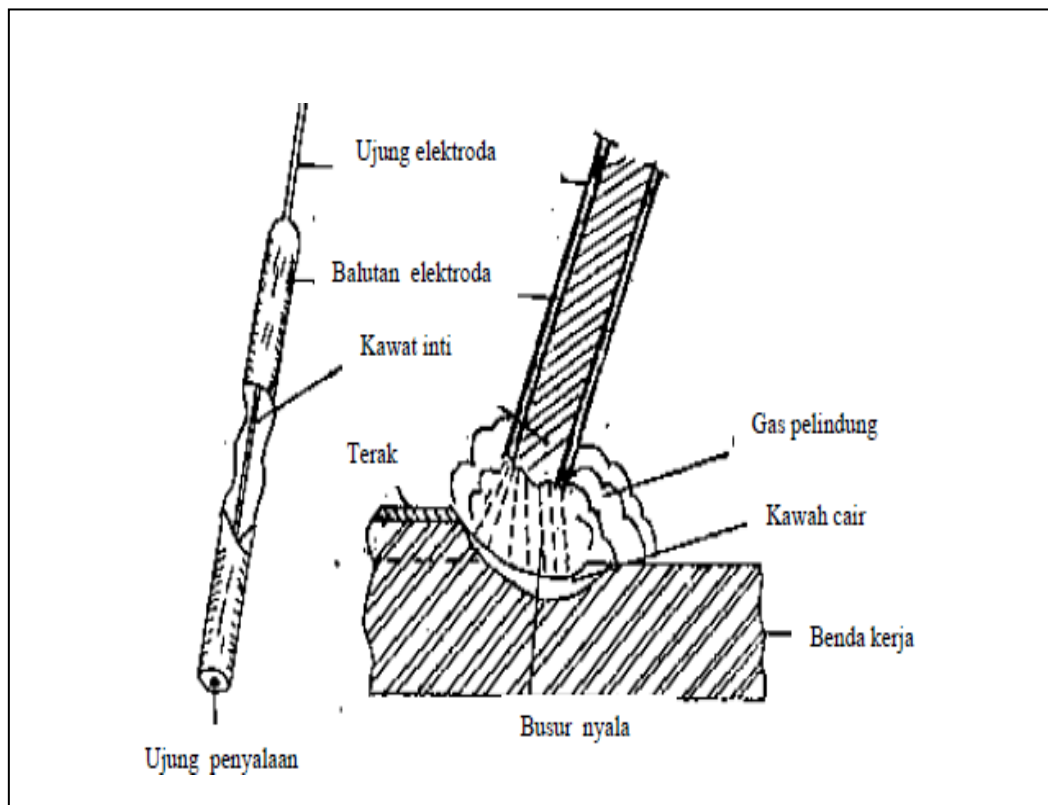
Elektroda karbon maupun logam pada umumnya digunakan dalam jenis las busur. Kedua jenis elektroda tersebut mengalirkan arus listrik antara elektroda dan busur listrik. Pad alas busur elektroda logam, elektroda juga merupakan sumber logam pengisi. Elektroda dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu elektroda yang dilapisi dan tidak dilapisi.

Fungsi lapisan elektroda dapat diringkas sebagai berikut:

1. Menyediakan suatu perisai yang melindungi gas sekeliling busur api dan

logam cair sehingga mencegah oksigen dan nitrogen memasuki logam las.

2. Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir – butir cairan logam.
3. Menyediakan terak pelindung yang juga menurunkan kecepatan logam las sehingga menurunkan kerapuhan akibat pendinginan.
4. Mengisi kembali setiap kekurangan yang disebabkan oleh oksidasi elemen – elemen tertentu dari genangan las selama pengelasan dan menjamin las mempunyai sifat – sifat mekanis yang memuaskan
5. Membantu mengontrol frekuensi tetesan logam.



Gambar 2.1 Sel Elektroda Terbungku

Elektroda yang ada di pasaran biasanya dibungkus dengan campuran bahan-bahan fluks yang tergantung dari penggunaannya. Walaupun jenis elektroda sangat banyak jumlahnya, tetapi secara garis besar dapat digolongkan dalam kelas-kelas berikut yang pembagiannya didasarkan atas fluks yang membungkusnya (Wiryosumarto, 1996). Jenis-jenis elektroda diklasifikasikan oleh beberapa standar dan yang digunakan dalam penelitian ini adalah standar AWS A5.1 (*Spesification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*). Menurut AWS klasifikasi elektroda dengan baja lunak untuk busur las listrik mempunyai kode

E XXYZ, dimana :

E : Elektroda

XX : Kekuatan

Y : Posisi Pengelasan

Z :Jenis Arus Pengelasan

Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (fluks), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat tabel 2.3. di bawah ini :

Tabel 2.3 Spesifikasi Elektroda Terbungkus dari Baja Lunak las sudut

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi* <sup>1)</sup> pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E6010.....	Natrium selulosa tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6011.....	Kalium selulosa tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012.....	Natrium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E6013.....	Kalium titania tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E6020.....	Oksida besi tinggi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
E6027.....	Serbuk besi, oksida besi	H-S F	AC atau DC polaritas lurus AC atau DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
Kekuatan tarik terendah kelompok E70 setelah dilaskan adalah 70.00 psi atau 49,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E7014.....	Serbuk besi, titania	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015.....	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016.....	Kalium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,6	42,2	22
E7024.....	Serbuk besi, titania	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028.....	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22
Klasifikasi AWS-ASTM			Kekuatan tumbuk terendah	* <sup>1)</sup> Arti simbol: F = datar V = vertikal OH = atas kepala H = horizontal H-S = horizontal las sudut		
E6010, E6011.....			2,8 kg-m pada 28,9°C			
E6027, E7015.....						
E7016, E7018.....						
E7028.....			2,8 kg-m pada 17,8°C			
E6012, E6013.....						
E6020, E7014.....			tidak disyaratkan			
E7024.....						

Pengelasan dengan E6013 mudah dikendalikan serta bentuk kampuh las baik, walaupun arus las tinggi. Hasil pengelasan mempunyai rigi – rigi las yang cembungan jarang menimbulkan percikan. Penjelasan standarisasi dari E6013 menurut AWS A5.1 (*Spesification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*) adalah sebagai berikut :

E : Elektroda

60 : Kekuatan Minimumnya 60.000 Psi

1 : Posisi Pengelasan Untuk *All Position*

3 : Dapat Dipakai Pada Arus Bolak-Balik (AC) dan Arus Searah (DC)

## 2.5. Proses Pengelasan (*welding Process*)

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas (AWS D1.1, 2002). Dalam proses penyambungan ini adakalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*). Pengelasan merupakan metoda penyambungan material yang paling populer dalam dunia industri dan konstruksi karena memiliki beberapa keuntungan antara lain :

1. Dapat dipakai untuk menyambung sebgayaan logam komersil.
2. Dapat dipakai disegala tempat dan pada posisi manapun.
3. Mudah mendesain sambungan dan sangat fleksibel.
4. Sambungan las memberikan kekuatan yang relatif sama dengan logam aslinya.
5. Bila dibandingkan dengan cara klem atau baut, pengelasan memberikan beratbenda yang lebih ringan.
6. Pengelasan merupakan cara yang paling murag dibandingkan dengan caral

## 2.6. Klasifikasi Cara pengelasan

Sampai pada waktu ini banyak sekali cara-cara yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesepakatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara 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. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya.

Berdasarkan klasifikasi cara kerja pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu :

1. Pengelasan cair (*welding*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana untuk menyambungkan logam pertama-tama dipanasi sampai logam tersebut mencair, mencairnya logam tersebut diakibatkan dari panas yang berasal dari busur listrik.
2. Pengelasan tekan (*grazing*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana logam tersebut pertama-tama dipanaskan lalu setelah logam tersebut mencair kemudian diberikan tekanan tersebut mencair kemudian diberikan tekanan hingga kedua logam tersebut menyatu.
3. Pematrian (*soldering*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana logam pada sambungannya diberi logam yang mempunyai titik cair yang lebih rendah dari logam yang akan disambung, sehingga logam induk yang akan disambung tidak mencair.



## **2.7. Posisi Pengelasan**

Posisi pengelasan yaitu pengaturan sikap atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan bawah tangan (down hand position), posisi pengelasan mendatar (horizontal position) posisi pengelasan tegak (vertical position) dan posisi pengelasan diatas kepala (over head position) seperti dijelaskan dibawah ini (Kenyon, 1985).

### **1. Posisi Pengelasan Bawah Tangan (Down Hand Position)**

Posisi pengelasan ini merupakan posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau miring yaitu letak elektroda berada diatas benda kerja.

### **2. Posisi Pengelasan Mendatar (Horizontal Position)**

Mengelas dengan posisi horizontal merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar atau horizontal. Pada posisi pengelasan seperti ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari elektroda las. pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda – benda yang berdiri tegak. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal.

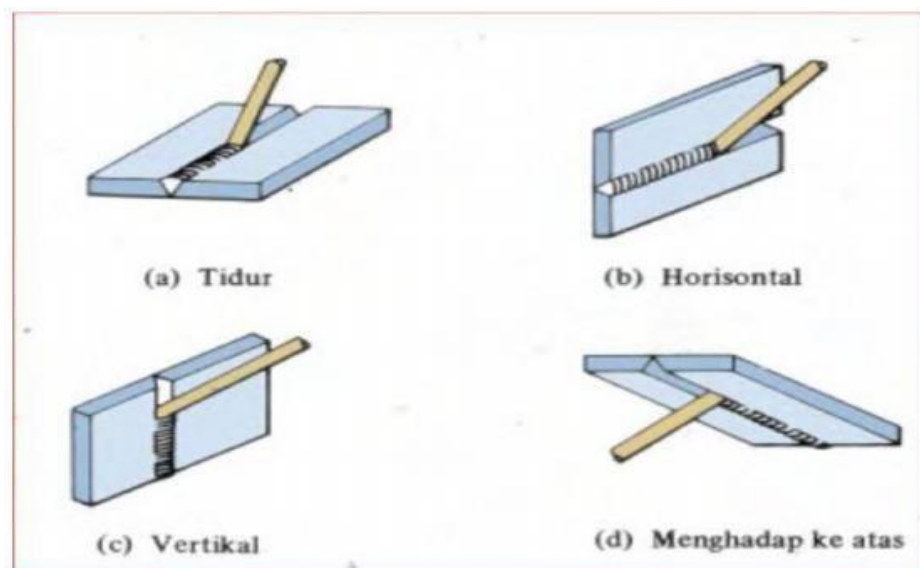
### 3. Posisi Pengelasan Tegak (Vertical Position)

Pengelasan dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak atau vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertikal position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun.

Misalnya pada pengelasan badan kapal laut arah vertikal.

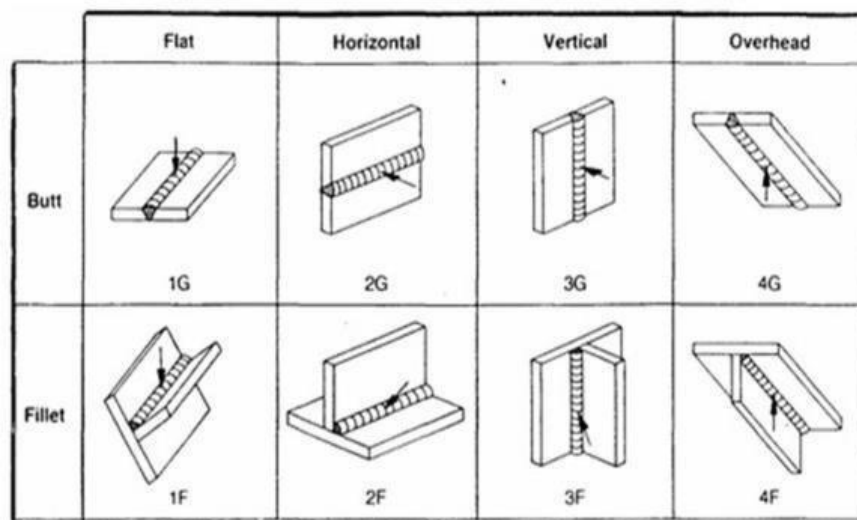
### 4. Posisi Pengelasan Diatas Kepala (Over Head Position )

Benda kerja terletak diatas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan diatas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan pengelasan-pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya diatas kepala, yaitu letak elektrodanya berada dibawah benda kerja. Misalnya pengelasan atap bagian gudang dalam.

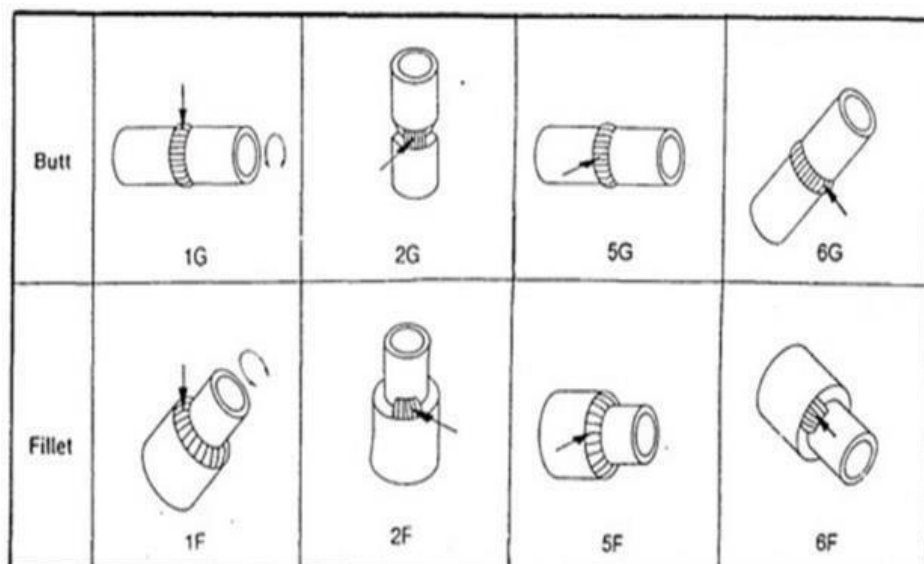


Gambar 2.2 Posisi Pengelasan

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah penyesuaian posisi pengelasan. Contoh posisi-posisi pengelasan seperti gambar berikut :



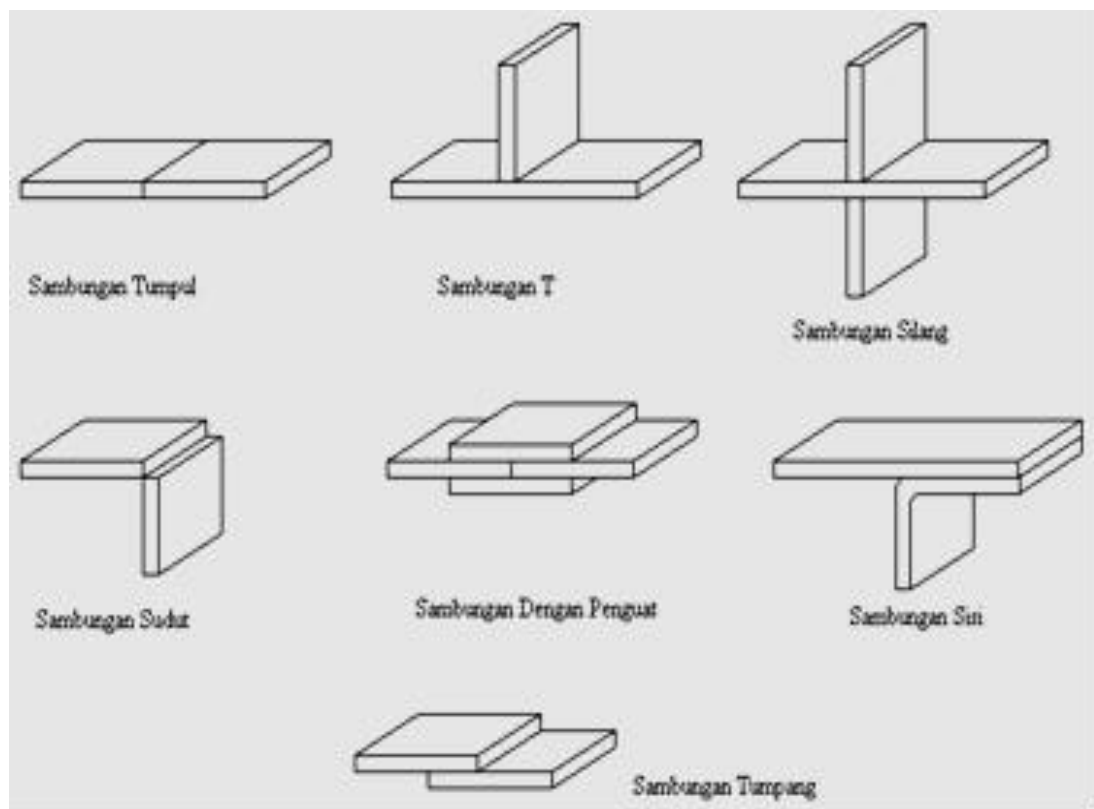
Gambar 2.3 Posisi – Posisi Pengelasan Plat



Gambar 2.4 Posisi Pengelasan Pipa

## 2.8. Klasifikasi Sambungan Las

Sambungan las dalam konstruksi baja pada dasarnya terbagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar tersebut diatas terjadi sambungan silang, sambungan dengan penguat dan sambungan sisi. Jenis sambungan tergantung dari berbagai faktor seperti ukuran, dan bentuk batang yang akan membentuk sambungan, tipe pembebanan, besarnya luas sambungan yang akan dilas dan biaya relatif untuk berbagai macam sambungan las (Wiryosumarto, 2000).

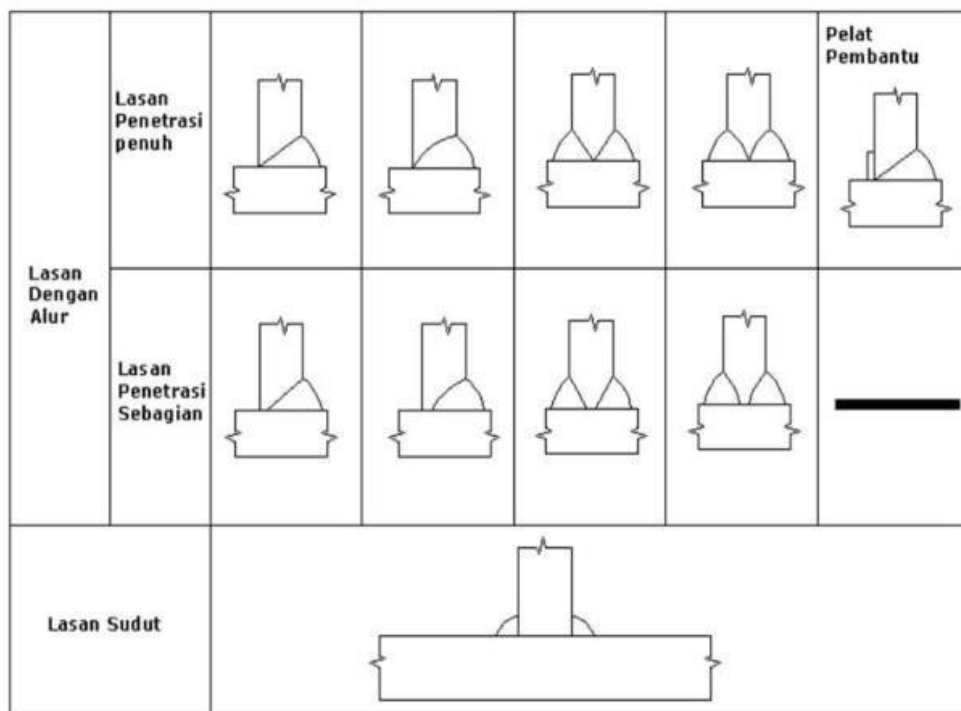


Gambar 2.5 Jenis – Jenis Sambungan Dasar

pada gambar diatas meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah (Wiryosumarto, 2000).

### 1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

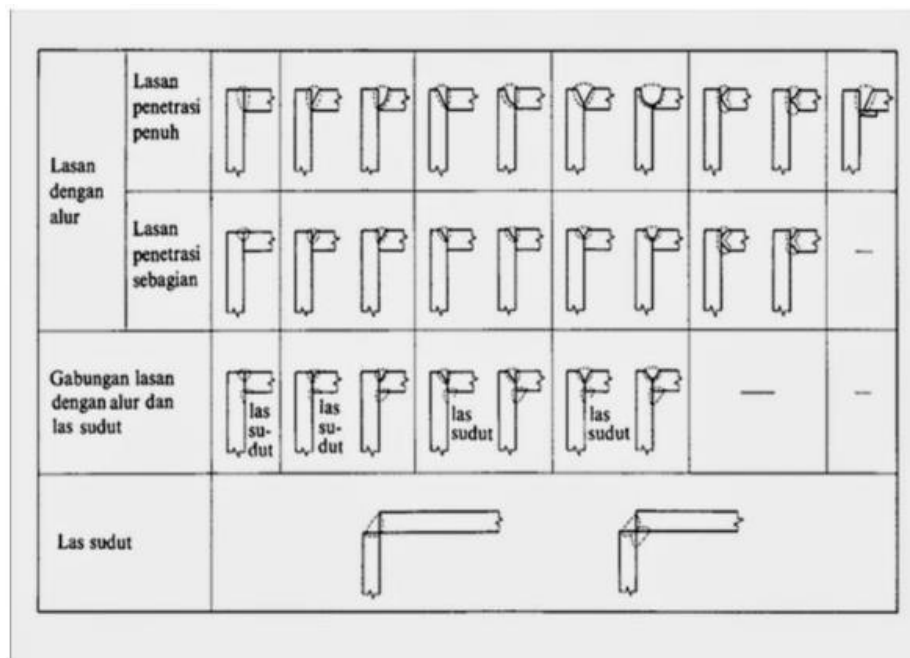
Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.6 Sambungan T dan bentuk silang

## 2. Sambungan Sudut

Dalam sambungan jenis ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat cegah dengan membuat alur pada pelat tegak. Bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus atau pengelasan dengan pelat pembantu (Wiryosumarto, 2000).



Gambar 2.7 Macam – Macam Sambungan Sudut

## 3. Sambungan Tumpul (Butt Joint)

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Pada sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan dengan pelat

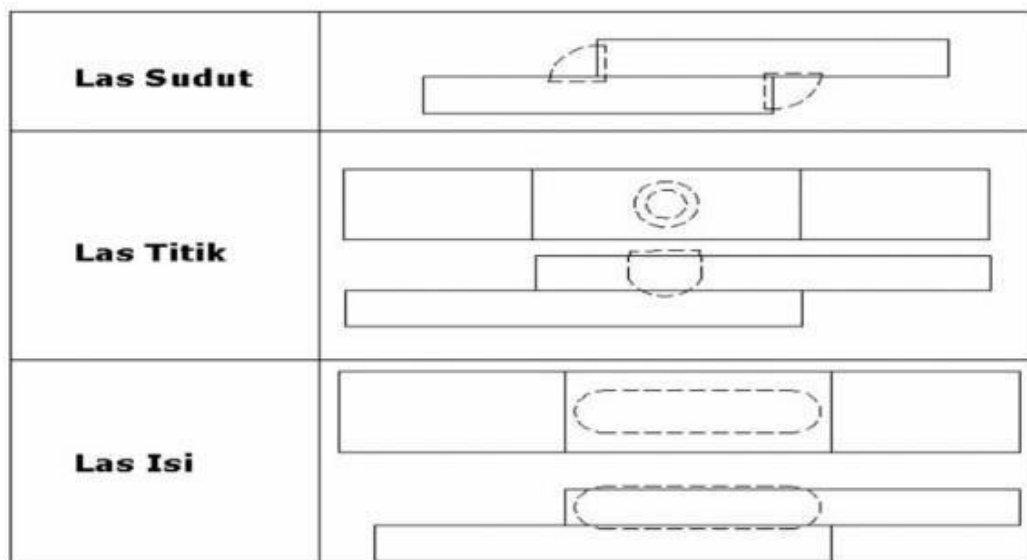
pembantu. Bentuk alur-alur pada sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu pemilihan bentuk alur sangat penting. Bentuk dan ukuran alur sambungan datar ini sudah banyak distandarkan dalam standar AWS, BS, DIN, dan lain-lain. Pada dasarnya dalam memilih bentuk alur harus menuju pada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan. Karena hal ini, maka dalam pemilihan bentuk alur diperlukan kemampuan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan yang sering dilakukan (Wiryo Sumarto, 2000).

Jenis lasan Jenis alur	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 2.8 Alur Sambungan Las Tumpul

#### 4. Sambungan Tumpang

Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi.



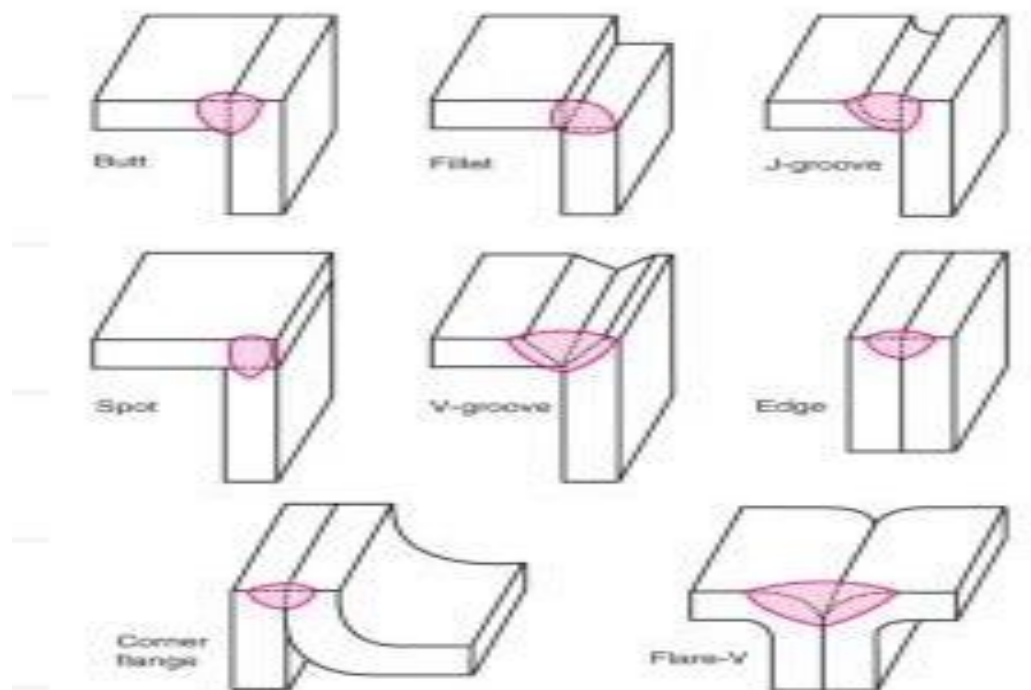
Gambar 2.9 Macam – Macam Sambungan Tumpang

#### 5. Sambungan Sisi

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti pada gambar 2.10. Untuk jenis yang pertama pada pelatnya harus dibuat alur. Sedangkan jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya



harus dibuat alur. Sedangkan jenis kedua pengelasan dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini, maka jenis sambungan ini hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal.

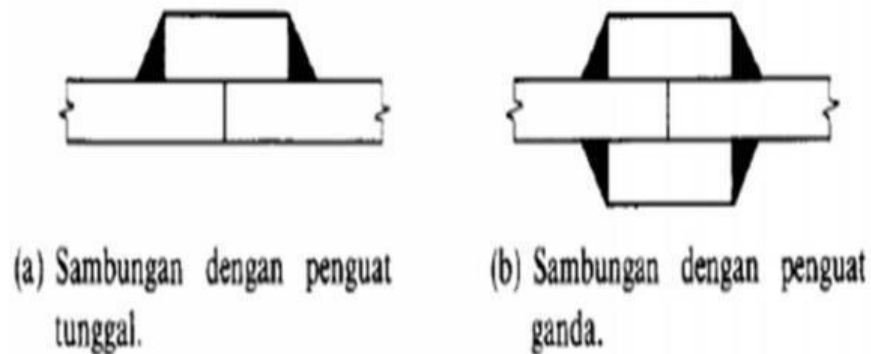


Gambar 2.10 Sambungan Sisi

#### 6. Sambungan dengan Pelat Penguat

Sambungan ini dibagi dalam dua jenis yaitu sambungan dengan pelat penguat tunggal dan dengan pelat penguat ganda seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.11. Dari gambar dapat dilihat bahwa sambungan ini mirip dengan sambungan tumpang. Dengan alasan yang sama pada sambungan tumpang,

maka sambungan ini pun jarang digunakan dalam penyambungan konstruksi utama.



Gambar 2.11 Sambungan Dengan Plat Penguat

## 2.9. Elektroda

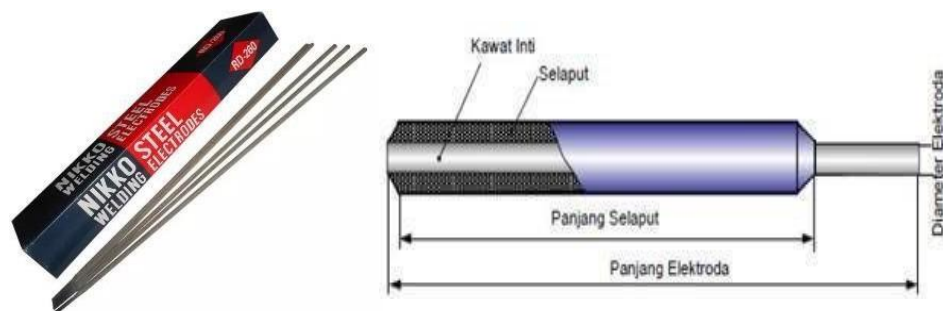
Elektroda karbon maupun logam pada umumnya digunakan dalam jenis las busur. Kedua jenis elektroda tersebut mengalirkan arus listrik antara elektroda dan busur listrik. Pada alas busur elektroda logam, elektroda juga merupakan sumber logam pengisi. Elektroda dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu elektroda yang dilapisi dan tidak dilapisi.

Fungsi lapisan elektroda dapat diringkas sebagai berikut:

1. Menyediakan suatu perisai yang melindungi gas sekeliling busur api dan logam cair sehingga mencegah oksigen dan nitrogen memasuki logam las.
2. Pemantap busur dan penyebab kelancaran pemindahan butir – butir cairan logam.
3. Menyediakan terak pelindung yang juga menurunkan kecepatan logam las sehingga menurunkan kerapuhan akibat pendinginan.

4. Mengisi kembali setiap kekurangan yang disebabkan oleh oksidasi elemen –elemen tertentu dari genangan las selama pengelasan dan menjamin las mempunyai sifat – sifat mekanis yang memuaskan
5. Membantu mengontrol frekuensi tetesan logam.

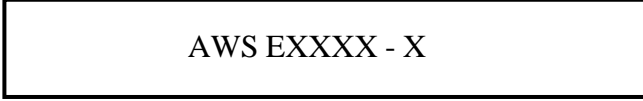
Elektroda las SMAW terdiri dari dua komponen utama yaitu inti logam dan lapisan fluks. Inti logam terbuat dari material yang akan digabungkan sedangkan lapisan fluks berfungsi untuk melindungi busur las dari udara dan gas atmosfer yang terpengaruh pada proses pengelasan. Lapisan fluks pada elektroda SMAW juga berperan dalam membersihkan permukaan benda kerja menghasilkan gas pelindung serta mengatur peleburan logam.



Gambar 2.12 Kawat Las Elektroda

#### 1. Klasifikasi Elektroda

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



AWS EXXXX - X

Gambar 2.13 Arti dan Simbol Elektroda

AWS : *American Welding Society.*

EXXXX : E adalah sebuah elektroda.

E60 : 60 adalah kekuatan tarik elektroda.

E601X : 1 adalah posisi pengelasan.

E601X : Digit yang terakhir adalah kode untuk jenis fluk coating yang digunakan.

Tabel 2.4 Spesifikasi Elektroda Baja Lunak (AWS A5.1 64T)

<b>Kualifikasi AWSASTM</b>	<b>Jenis Fluks</b>	<b>Posisi Pengelasan *</b>	<b>Jenis Listrik **</b>	<b>Kekuatan Tarik (Mpa)</b>	<b>Kekuatan Luluh (Mpa)</b>	<b>Perpanjangan (%)</b>
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>Llmeenit</i>	F,V,OH,H	AC/DC(±)	460	410	32
E7016	<i>Low Hidrogen</i>	F,V,OH,H	AC/DC(+)	570	500	32
E7018	<i>Iron Powder/Lo w Hidrogen</i>	F,V,OH,H	AC/DC(±)	560	500	31
E7024	<i>Iron Powder/Tytani a</i>	H-S,F	AC/DC(±)	540	480	29

**Catatan**      \*: Arti Simbol F=Datar, V=Vertikal,OH=Atas  
Kepala,H=Horizontal,H-S=Las sudut horizontal  
\*: Arti Simbol; (+) Polaritas Balik,(-) PolaritasLurus,  
(±) Polaritas Ganda.

Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 2.5 Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan

<b>Diameter elektroda (mm)</b>	<b>Arus (Ampere)</b>
1,5	20-40
2,0	30-60
2,6	40-80
3,2	70-120
4,0	120-170
5,0	140-230

#### 2.9.1. 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 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 tepi 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 10% pada setiap kenaikan 1 V tegang.

### 3. Pengaruh kecepatan pengelasan.

Jika kecepatan awal pengelasan dimulai pada kecepatan 40cm/menit setiap penambahan 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 40cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal

#### 2.9.2. Besar Arus Listrik

Diameter elektroda, ketebalan bahan yang akan dilas, jenis elektroda, bentuk sambungan, diameter kawat elektroda, dan posisi pengelasan semuanya mempengaruhi besarnya arus pengelasan.

Arus las adalah parameter las yang mempengaruhi homogenitas dan kecepatan pencairan logam induk secara langsung. Semakin tinggi arus las yang digunakan maka akan semakin bagus deposit lasnya dan kecepatan pencairannya. Hasil las dipengaruhi oleh besar arus pada pengelasan, jika arus terlalu rendah maka busur listrik tidak stabil.

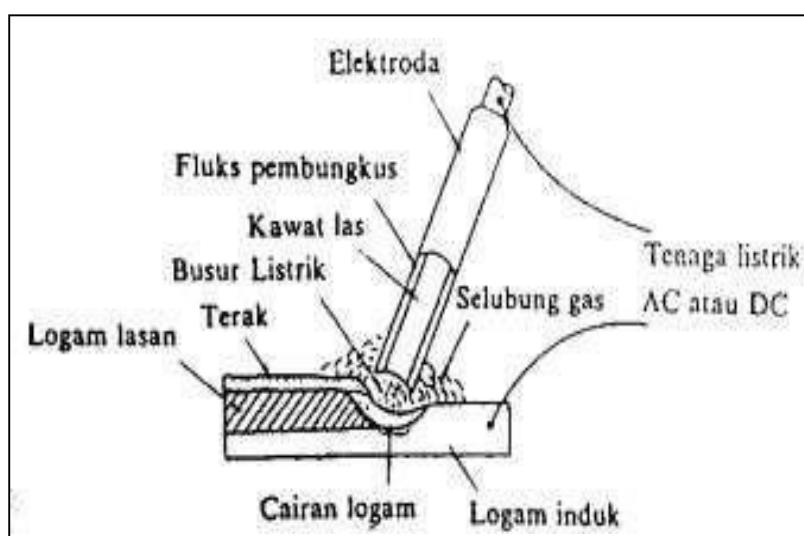
Logam dasar tidak melebur dikarenakan panas yang terjadi tidak cukup, sehingga menghasilkan rigi lasan kecil dan tidak rata serta penetrasi yang kurang dalam tingkat homogenitasnya antara logam induk dan hasil las juga kurang bagus. Jika arus dalam pengelasan terlalu besar dapat menghasilkan manik melebar, percikan las yang banyak dan menghasilkan penetrasi yang dalam.

#### **2.10. *Shielded Metal Welding (SMAW)***

Proses pengelasan SMAW yang umumnya disebut Las Listrik adalah proses pengelasan yang menggunakan panas untuk mencairkan material dasar dan elektroda. Panas tersebut ditimbulkan oleh lonjakan ion listrik yang terjadi antara katoda dan anoda (ujung elektroda dan permukaan plat yang akan dilas). Panas yang timbul dari lonjakan ion listrik ini besarnya dapat mencapai 4000° sampai 4500° Celcius. Proses terjadinya pengelasan karena adanya kontak antara ujung elektroda dan material dasar sehingga terjadi hubungan pendek dan saat terjadi hubungan pendek tersebut tukang las (*welder*) harus menarik elektrode sehingga terbentuk busur listrik yaitu lonjakan ion yang menimbulkan panas. Panas akan mencairkan elektrode dan material dasar sehingga cairan elektrode dan cairan material dasar akan menyatu membentuk logam lasan (*weld metal*). Untuk menghasilkan busur



yang baik dan konstan tukang las harus menjaga jarak ujung elektroda dan permukaan material dasar tetap sama. Adapun jarak yang paling baik adalah sama dengan diameter elektroda yang dipakai. Mesin las SMAW menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC), mesin Las arus DC dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif.



Gambar 2.14 Proses Pengelasan SMAW

## 2.11. Pengujian Bending

Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji bending digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil sambungan las baik di weld metal maupun HAZ. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa factor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Kekuatan (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan C.
3. Tegangan luluh (*yield*).

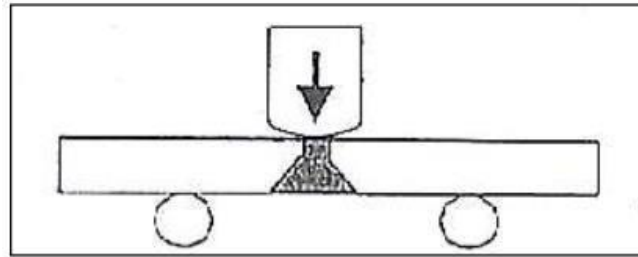
Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dapat dibedakan menjadi 2 yaitu *transversal bending* dan *longitudinal bending*.

### 1. Transversal Bending.

Pada transversal bending ini, pengambilan spesimen tegak lurus dengan arah pengelasan. Berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian *transversal bending* dibagi menjadi tiga :

#### 1. *Face Bend* (Bending pada permukaan las)

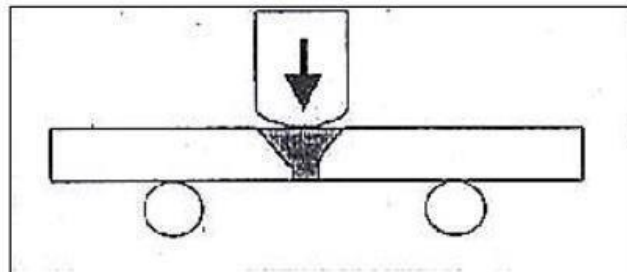
Dikatakan *Face Bend* jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 2.15 Face Bend pada Transversal Bending

### 2. *Root Bend* (Bending pada akar las)

Dikatakan *Root Bend* jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan. Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di *fusion line* (garis perbatasan WM dan HAZ).

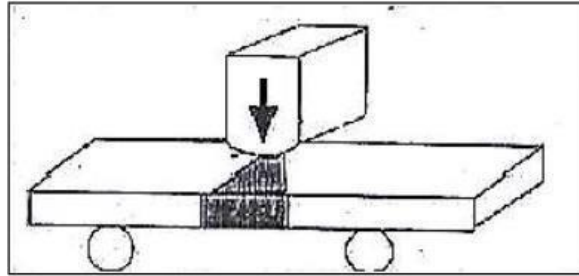


Gambar 2.16 Root Bend pada Transversal Bending

### 3. *Side Bend* (Bending pada sisi las)

Dikatakan *Side Bend* jika bending dilakukan sehingga sisi las. Pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang di las lebih besar dari 3/8 inchi. Pengamatan dilakukan pada sisi las tersebut, apakah timbul retak

atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



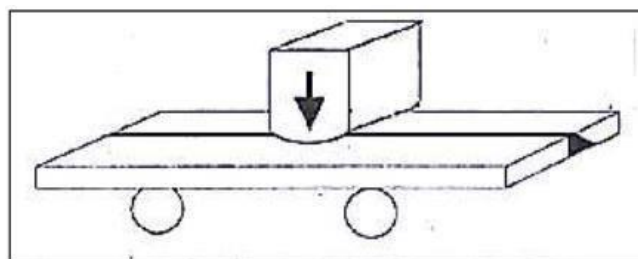
Gambar 2.17 Side Bend pada Transversal Bending.

## 2. Longitudinal Bending

Pada longitudinal bending ini, pengambilan spesimen searah dengan arah pengelasan berdasarkan arah pembebanan dan lokasi pengamatan, pengujian longitudinal bending dibagi menjadi dua :

### 1. Face Bend (Bending pada permukaan las)

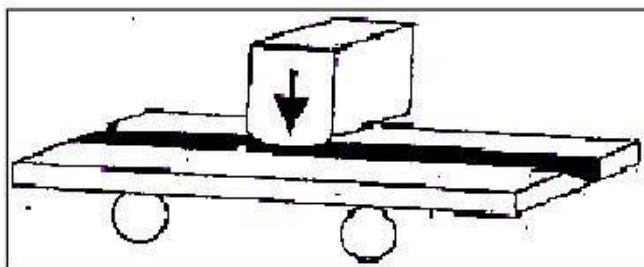
Dikatakan Face Bend jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).



Gambar 2.18 Face Bend pada Longitudinal Bending

## 2. Root Bend (Bending pada akar las)

Dikatakan Root Bend jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan WM dan HAZ).

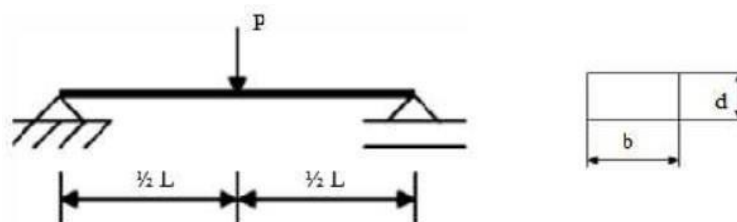


Gambar 2.19 Root Band pada Longitudinal Bending.

Secara umum proses pengujian bending memiliki 2 cara pengujian, yaitu: Three point bending dan Four point bending. Kedua cara pengujian ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing karena tiap cara pengujian memiliki cara perhitungan yang berbeda-beda.

### 1. Three Point Bending

Three point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 1 penekan.



Gambar 2.20 *Three Point Bending*

$$\sigma = \frac{3.p.l}{2.b.h^2}$$

Keterangan Rumus :

$\sigma$  = Tegangan lengkung (kgf/mm<sup>2</sup>)

P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

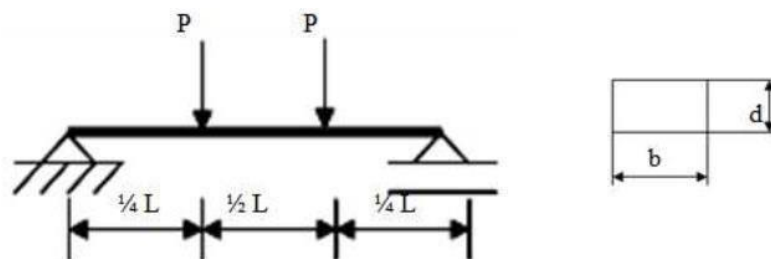
L = Jarak point (mm)

b = lebar benda uji (mm)

h = Ketebalan benda uji (mm)

## 2. Four Point Bending

Four point bending adalah cara pengujian yang menggunakan 2 tumpuan dan 2 penekan



Gambar 2.21 *Four point bending*

$$\sigma = \frac{3.p.l}{4.b.h^2}$$

Keterangan Rumus :

$\sigma$  = Tegangan lengkung (kgf/mm<sup>2</sup>)

$P$  = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

$L$  = Jarak point (mm)

$b$  = lebar benda uji (mm)

$h$  = Ketebalan benda uji (mm)