

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman modern seperti sekarang ini kita tidak akan luput dari namanya kemajuan teknologi, contohnya kemajuan pengembangan di bidang konstruksi baik konstruksi yang pekerjaannya sederhana maupun konstruksi yang mempunyai tingkat kesulitan dan persyaratan tinggi. Salah satu contoh konstruksinya ialah pengelasan yang sangat dibutuhkan oleh dunia industri. Hal tersebut tidak dapat kita pisahkan dari yang namanya pengelasan dimana pengelasan mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan refarasi logam. Penggunaan unsur pengelasan pada konstruksi logam banyak sekali kita temukan khusus nya bidang rancang bangun, karena sambungan las merupakan salah satu sambungan yang praktis dan efisiensi pada logam. Yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi juru las nya agar mendapatkan hasil pengelasan dengan kualitas baik. Sambungan las memiliki peranan penting serta banyak digunakan dalam berbagai macam keperluan (wiryosumarto dan okumura 2004).

Dalam kehidupan sehari hari banyak kita temukan konstruksi yang menggunakan sambungan las, seperti konstruksi baja, jembatan, kerangka konstruksi, konstruksi ketel dan tangki, serta konstruksi mesin. Di dalam sambungan las yang dibebani pada konstruksi diasumsikan bahwa beban harus terdistribusi

sepanjang lasan dan tegangan yang terjadi menyebarkan setiap titik dari penampang efektif (Ahmad 2006, 57)

Pengelasan adalah proses penyambungan logam dimana logam menjadi satu akibat panas dengan pengaruh tekanan dan tanpa pengaruh tekanan, atau didefinisikan sebagai hasil ikatanan metalurgi yang didapatkan dari gaya tarik menarik antar atom (Ahmad 2006, 54)

Pengelasan yang sering digunakan dalam dunia konstruksi secara umum ialah pengelasan dengan metode menggunakan busur nyala logam terlindung atau bisa dikenal *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*. Metode pengelasan SMAW lebih banyak digunakan pada masa ini karena penggunaannya lebih praktis, pengoperasiannya simpel, dapat menyambung dengan berbagai macam posisi pengelasan dan lebih efisien (Wiryosumarto dan Okumura 2004, 6)

Agar sambungan antara dua bagian logam memiliki mutu yang baik diperlukan suatu pengelasan yang tepat dan sambungan serta bentuk kampuh las yang sesuai dengan kegunaan dari hasil lasan tersebut. Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang efisien ((Wiryosumarto & Okumura, 2004:159). Bentuk alur sambungan tumpul sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan sambungan dan jaminan sambungan. Pemilihan besar sudut pada alur sangat penting, pada dasarnya pemilihan besar sudut alur pada bentuk sambungan tumpul dengan variasi kampuh memiliki berbagai hasil yang berbeda. ini harus menuju kepada penurunan masukan panas dan penurunan logam las sampai kepada harga terendah yang tidak menurunkan mutu sambungan.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan pengerjaan sambungan las atau kekuatan konstruksi 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 Tegangan Lengkung Terhadap Jenis Kampuh Las Pada Pengelasan SMAW**”

1.2 Batasan Masalah

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

1. Penelitian ini hanya menggunakan 3 variasi jenis kampuh las yaitu, Kampuh V, kampuh U dan kampuh J.
2. Bahan yang digunakan menggunakan baja karbon rendah SS400.
3. Elektroda yang digunakan terdapat penelitian ini ialah E6013 dengan ukuran 2,6mm.
4. Menggunakan arus sebesar 100 amper.
5. Pengujian dilakukan dengan cara uji bending.
6. Menggunakan las SMAW arus DC
7. Pengelasan menggunakan posisi 1 G (bawah tangan)

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas, rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini iyalah sebagai berikut:

1. Apakah ada perbedaan pada kekuatan lengkung dengan menggunakan variasi kampuh V, kampuh U dan kampuh J?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan lengkung terhadap variasi kampuh V, kampuh U dan kampuh J?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk Mengetahui kekuatan lengkung terhadap variasi kampuh V kampuh U dan kampuh J pada sambungan las.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan acuan bagi penelitian yang sejenis, khususnya dalam pengelasan SMAW terhadap sifat material 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 Pengelasan

Pengelasan adalah penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Menurut Duetche Industrie Normen (DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tidak terpisahkan dari sistem manufaktur, pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang berlanjut (Wiryosumarto,2000).

Proses pengelasan pada prinsipnya adalah menyambungkan dua atau lebih komponen, lebih tepat ditunjukkan pada proses perakitan (assembly) beberapa komponen menjadi bentuk mesin. Komponen yang dirakit bisa dari produk hasil pengecoran, pembentukan atau pemesinan, baik dari logam yang sama atau pun berbeda. Pengelasan adalah penyambungan dua bahan logam atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Sambungan las saat ini banyak diterapkan pada pembangunan konstruksi karena kelebihanannya pada kekuatan untuk menahan beban, serta kemudahan pelaksanaannya yang mempengaruhi nilai ekonomis

sehingga pengelasan menjadi pilihan utama pembangunan konstruksi. Kebutuhan las yang semakin berkembang berbanding lurus dengan perkembangan pada pengelasan, misalnya pada metode pengelasan, metode pengelasan yang ada sekarang ini sudah mengalami perkembangan (Alip,1989).

2.2. 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[3].

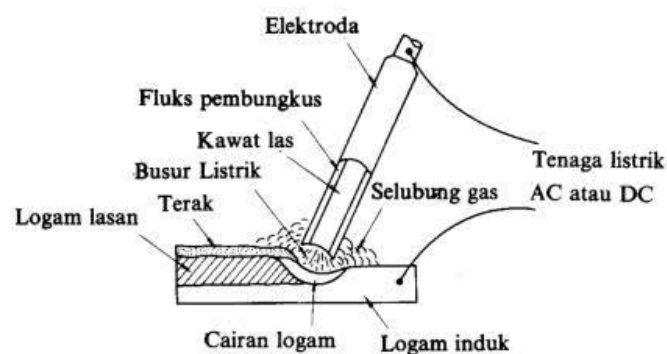
Berdasarkan klasifikasi cara kerja pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu :

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 hingga kedua logam tersebut menyatu.

3. Pematrian (*soldering*) adalah proses penyambungan sebuah logam dimana logam pada sambunganya diberi logam yang mempunyai titik cair yang lebih rendah dari logam yang akan disambung, sehingga logam induk yang akan di sambung tidak mencair.

2.3. Pengelasan SMAW

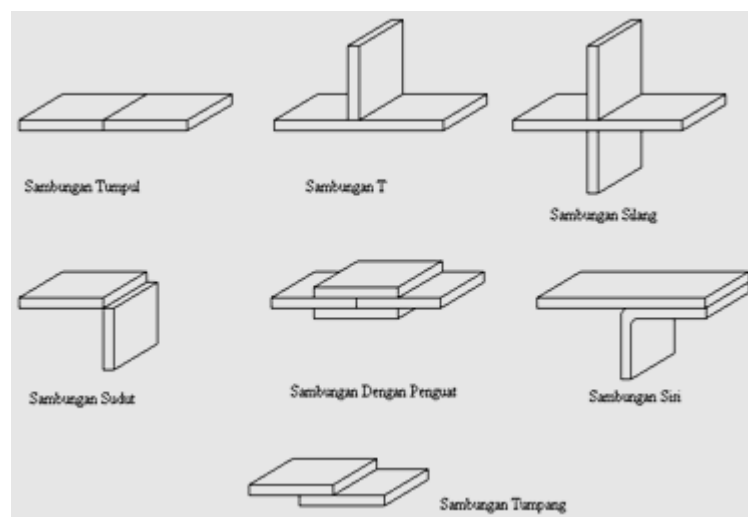
SMAW (Shield Metal Arc Welding) adalah proses pengelasan di mana panas dari busur listrik yang dihasilkan antara tepi elektroda yang dilapisi dan permukaan logam yang dilapisi menyebabkan logam meleleh. Metode pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks (H Wiryosumarto.2000) . Selama pengelasan, fluks meleleh dan membentuk terak, terak bertindak sebagai lapisan pelindung logam cair untuk mencegah udara di sekitarnya dari oksidasi dan menghasilkan gas untuk melindungi elemen logam cair dari meleleh di ujung elektroda dan jatuh ke tempat sambungan. Sambungan yang digunakan adalah sambungan tumpul atau sambungan butt joint atau lebih dikenal juga pengelasan groove.



Gambar 2.1 Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

2.4. 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)

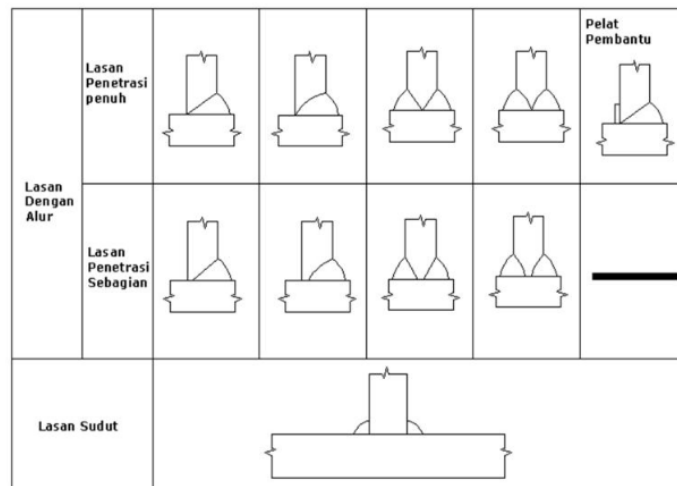


Gambar 2.2 Jenis – Jenis Sambungan Dasar.

Ada tujuh jenis sambungan dasar pengelasan seperti pada gambar diatas meskipun dalam prakteknya dapat ditemukan banyak variasi dan kombinasi, diantaranya adalah (Wiryosumarto, 2000)

1. Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

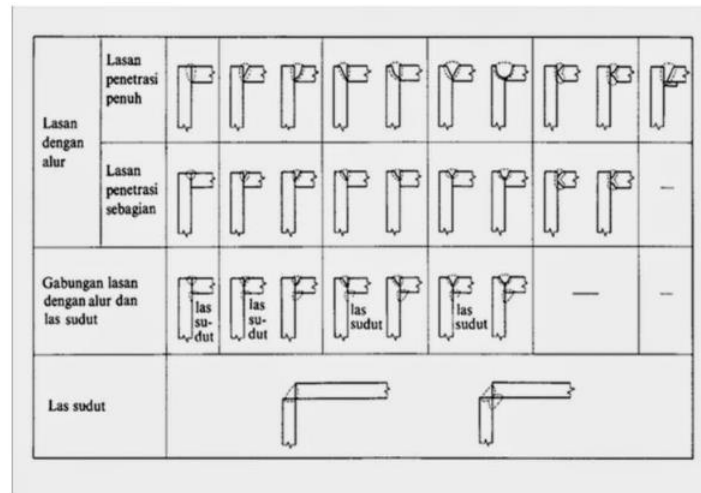
Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi, dalam hal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



Gambar 2.3 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 2.4 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 dan pengalaman yang luas. Bentuk-bentuk yang telah distandarkan pada

umumnya hanya meliputi pelaksanaan pengelasan yang sering dilakukan (Wirjosumarto, 2000)

Jenis lasan	Lasan dengan alur		
	Lasan Penetrasi penuh tanpa pelat penahan	Lasan penetrasi penuh dengan pelat penahan	Lasan penetrasi sebagian
Persegi (I)			
V tunggal (V)			
Tirus tunggal (IV)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 2.5 Alur Sambungan Las Tumpul

4. Sambungan Tumpang

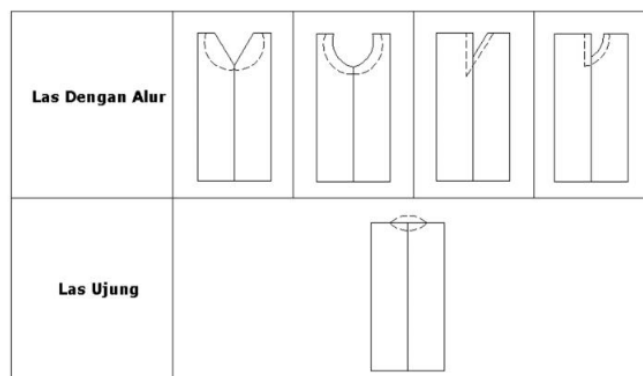
Sambungan tumpang dibagi dalam tiga jenis. Karena sambungan ini memiliki efisiensi yang rendah, maka jarang sekali digunakan dalam pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi.

Las Sudut	
Las Titik	
Las Isi	

Gambar 2.6 Macam – Macam Sambungan Tumpang

5. Sambungan Sisi

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung seperti pada gambar 2.6. 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 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.

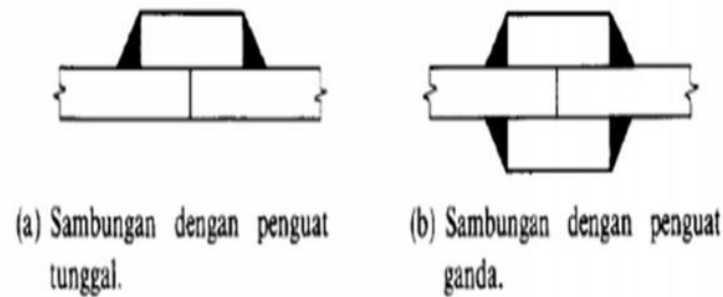


Gambar 2.7 Sambungan Sisi

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 2.8. 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 2.8 Sambungan Dengan Plat Penguat

2.5. 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)

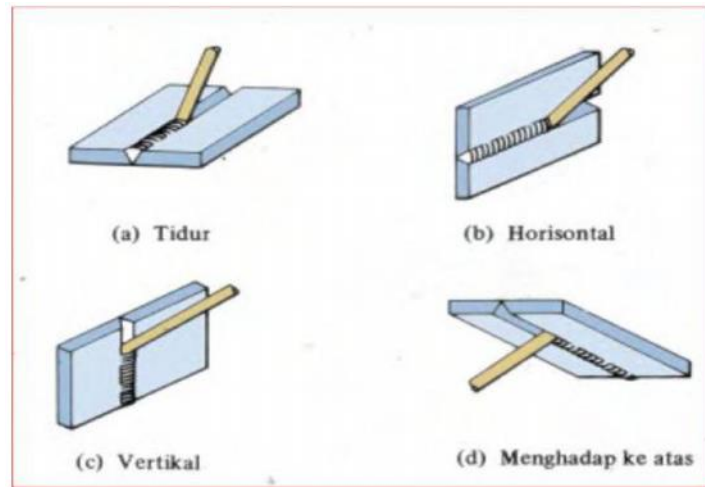
Mengelas dengan posisi horizontal merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar atau horizontal. Pada posisi pengelasan seperti ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau 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.

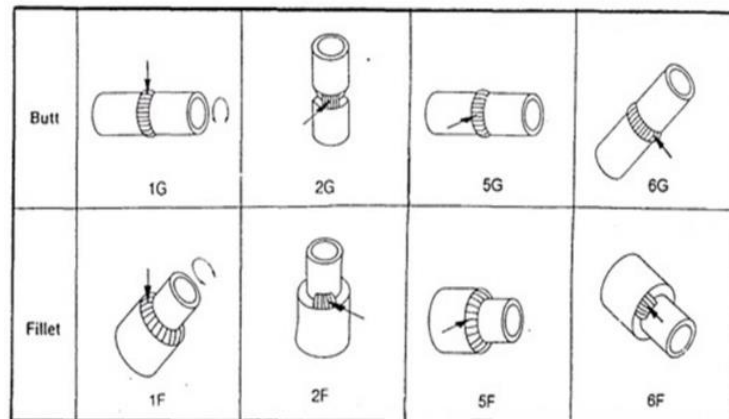


Gambar 2.9 Posisi Pengelasan

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

	Flat	Horizontal	Vertical	Overhead
Butt	 1G	 2G	 3G	 4G
Fillet	 1F	 2F	 3F	 4F

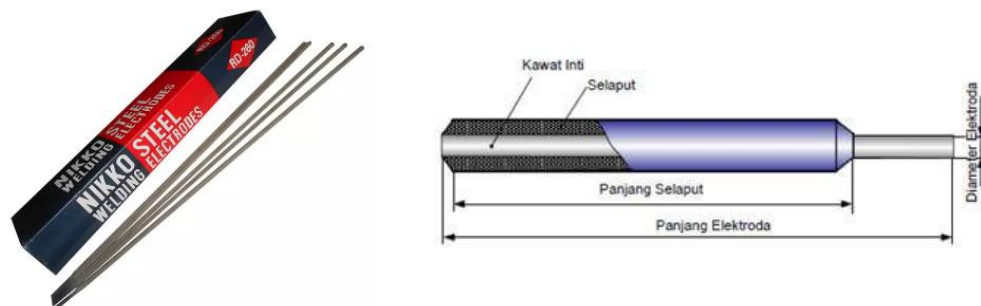
Gambar 2.10 Posisi – Posisi Pengelasan Plat



Gambar 2.11 Posisi Pengelasan Pipa

2.6. Elektroda

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 berpengaruh 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 berikut:

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 flux coating yang Digunakan.

Tabel 2.1 Spesifikasi Elektroda Baja Lunak (AWS A5.1 64T)

Kualifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi Pengelasan *	Jenis Listrik **	Kekuatan Tarik (Mpa)	Kekuatan Luluh (Mpa)	Perpanjangan (%)
E6010	<i>High Cellulose</i>	F,V,OH,H	DC(+)	510	530	27
E6013	<i>High Tytania</i>	F,V,OH,H	AC/DC(±)	510	450	25
E6019	<i>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/Low Hidrogen</i>	F,V,OH,H	AC/DC(±)	560	500	31
E7024	<i>Iron Powder/Tytania</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,(-) Polaritas Lurus,
 (+) Polaritas Ganda.

Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan menurut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.2 Hubungan diameter elektroda dengan Arus pengelasan

Diameter elektroda (mm)	Arus (Ampere)
1,5	20-40
2.0	30-60
2,6	40-80
3,2	70-120
4,0	120-170
5,0	140-230

2.7. 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 pertambahan kecepatan akan membuat bentuk jalur las yang kecil (*Welding Bead*), penetrasi, lebar serta kedalaman las pada benda kerja akan berkurang. Tetapi jika kecepatan pengelasannya berkurang dibawah 40cm/menit cairan las yang terjadi dibawah busur api las akan menyebar serta penetrasi yang dangkal.

2.8. 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.

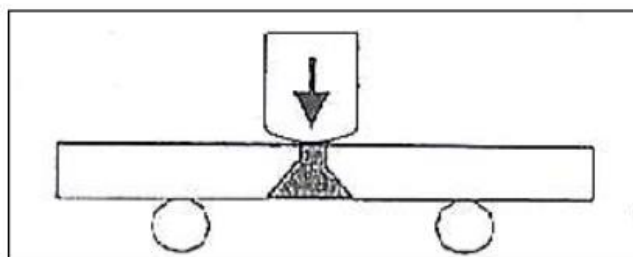
Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji bending dapat dibedakan menjadi 2 yaitu transversal bending dan longitudinal bending.

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)

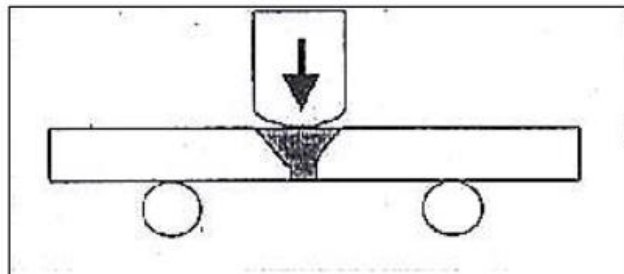
Dikatakan Face Bend jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan. Apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion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



Gambar 2.14 Face Bend pada Transversal Bending

2. Root Bend (Bending pada akar las)

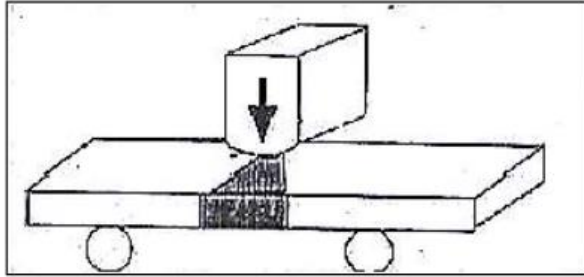
Dikatakan Rote Bend jika bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan. Pengamatan dilakukan pada akar las yang mengalami tegangan, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak dimanakah letaknya, apakah di weld metal, HAZ atau di fusion line (garis perbatasan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



Gambar 2.15 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).



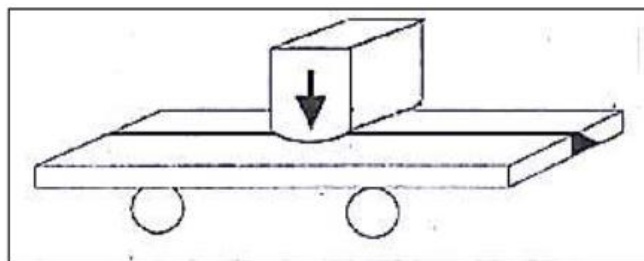
Gambar 2.16 Side Bend pada Transversal Bending.

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)

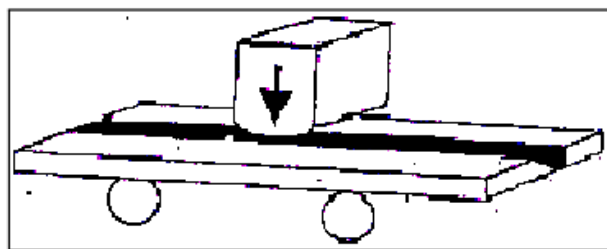
Dikatakan Face Bend jika bending dilakukan sehingga permukaan las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan. Pengamatan dilakukan pada permukaan las yang mengalami tegangan, apakah timbul retak atau tidak. Jika timbul retak di manakah letaknya, apakah di Weld metal, HAZ atau di fusion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



Gambar 2.17 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 2.18 Root Band pada Longitudinal Bending.

2.9 Prosedur Pengujian Bending

Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandril ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu :

1. P-No. dari material yang diuji.
2. Elongation dari material yang diuji.
3. Kekuatan luluh (yield strength) dari material yang diuji.

Berdasarkan standard and code ASME sec. IX, ukuran diameter mandril ditentukan berdasarkan P-No. dari material yang diuji. Namun jika P-No. material tidak ditemukan pada referensi di standar tersebut, maka dapat digunakan data elongation material uji untuk mencari diameter mandril atau penekan.

Berbeda dengan standard and code ASME sec. IX yang menggunakan P-No. dan data elongation material, pada standar yang lain yaitu AWS D1.1 justru menggunakan data kekuatan luluh (yield strength) dari material yang diuji untuk menentukan diameter mandril atau penekan. Pada Gambar 7 dapat dilihat cara penentuan diameter mandril / penekan berdasarkan standard and code ASME sec. IX.

SI Units					
Material	Thickness of Specimen, mm	A, mm	B, mm	C, mm	D, mm
P-No. 23 to P-No. 21 through P-No. 25; P-No. 21 through P-No. 25 with F-No. 23 or 26; P-No. 35; any P-No. metal with F-No. 33, 36, or 37	$t = 3$ or less	$16\frac{1}{2}t = 50$	$8\frac{1}{4}t = 25$	$18\frac{1}{2}t + 1.6 = 57$	$9\frac{1}{4}t + 0.8 = 29$
P-No. 11A, P-No. 11B; P-No.25 to P-No. 21 or P-No. 22 or P-No. 25	$t = 10$ or less	$6\frac{2}{3}t = 67$	$3\frac{1}{2}t = 33$	$8\frac{2}{3}t + 3.2 = 90$	$4\frac{1}{3}t + 1.6 = 45$
P-No. 51; P-No. 49	$t = 10$ or less	$8t = 80$	$4t = 40$	$10t + 3.2 = 103$	$5t + 1.6 = 52$
P-No. 52; P-No. 53; P-No. 61; P-No. 62	$t = 10$ or less	$10t = 100$	$5t = 50$	$12t + 3.2 = 123$	$6t + 1.6 = 62$
All others with greater than or equal to 20% elongation	$t = 10$ or less	$4t = 40$	$2t = 20$	$6t + 3.2 = 63$	$3t + 1.6 = 32$
Materials with 3% to less than 20% elongation	$t =$ [see Note (1)]	$32\frac{2}{3}t$ max.	$16\frac{1}{4}t$ max.	$A + 2t + 1.6$ max.	$\frac{1}{2}C + 0.8$ max.

Gambar 2.19 Diameter mandril – penekan berdasarkan ASME sec. IX

Specified or Actual Base Metal Yield Strength	A in [mm]	B in [mm]	C in [mm]	D in [mm]
50 ksi [345 MPa] & under	1-1/2 [38.1]	3/4 [19.0]	2-3/8 [60.3]	1-3/16 [30.2]
over 50 ksi [345 MPa] to 90 ksi [620 MPa]	2 [50.8]	1 [25.4]	2-7/8 [73.0]	1-7/16 [36.6]
90 ksi [620 MPa] & over	2-1/2 [63.5]	1-1/4 [31.8]	3-3/8 [85.7]	1-11/16 [42.9]

Note: Plunger and interior die surfaces shall be machine-finished.

Gambar 2.20 Diameter mandril – penekan berdasarkan AWS D1.1

1. Syarat Keberterimaan Berdasarkan ASME sec. IX.

Untuk dapat lulus dari uji tekuk (bending) berdasarkan standard and code ASME sec. IX maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria berikut ini :

1. Keretakan pada weld metal atau HAZ maksimal 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan cembung yang telah ditekuk.
2. Retak pada pojok permukaan yang telah ditekuk tidak diperhitungkan. Kecuali yang disebabkan oleh slag inclusion , lack of fusion , atau cacat lainnya.
3. Pada pengelasan overlay cladding tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 1.5 mm dihitung dari segala arah. Pada interface tidak boleh terdapat retak terbuka melebihi 3 mm.

2. Syarat Keberterimaan Berdasarkan AWS D1.1.

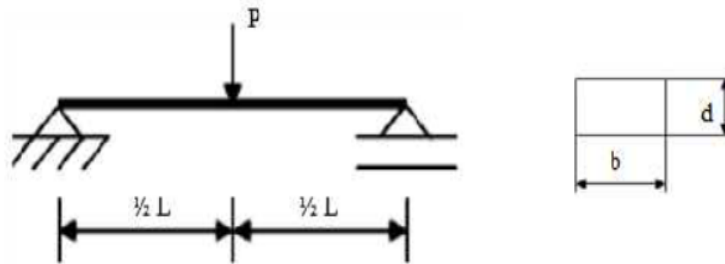
Untuk dapat lulus dari uji tekuk (bending) berdasarkan standard and code AWS D1.1 maka hasil pengujian harus memenuhi kriteria berikut ini :

1. Keretakan maksimal 3 mm diukur dari segala arah pada permukaan cembung yang telah ditekuk.
2. Jumlah cacat terbesar tidak boleh melebihi 10 mm pada cacat yang ukurannya antara 1 mm sampai 3 mm.
3. Retak pada pojok permukaan maksimal 6 mm, kecuali yang disebabkan oleh slag inclusion atau cacat fusi yang lainnya maka maksimal dimensi yang diperbolehkan adalah 3 mm.

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 2.21 *Three Point Bending*

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2 bd^2} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan Rumus :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

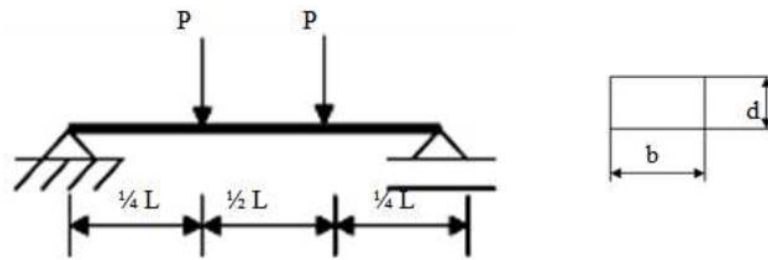
L = Jarak point (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)

2. Four Point Bending

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



Gambar 2.22 *Four point bending*

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{4 bd^2} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan Rumus :

σ_f = Tegangan lengkung (kgf/mm²)

P = beban atau Gaya yang terjadi (kgf)

L = Jarak point (mm)

b = lebar benda uji (mm)

d = Ketebalan benda uji (mm)