BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Indrafahrudi (2012), melakukan penelitian tentang "Pengaruh Kecepatan Pengelasan Terhadap Ketangguhan dan Distribusi Kekerasan Hasil Las Baja JIS G 3101 SS 400" didapatkan kesimpulan bahwa pada proses pengelasan yang dilakukan dengan cepat akan menghasilkan jumlah layer yang semakin banyak. Parameter pengelasan juga berpengaruh terhadap hasil dan kualitas lasan. Semakin tinggi kecepatan maka ketangguhan hasil sambungan las semakin menurun, pada kecepatan 1,5 mm/detik didapatkan nilai ketangguhan yang terbaik diantara variasi kecepatan yang lain yaitu sebesar 145,46 kg.mm/mm^2. Dilihat dari distribusi kekerasan pada masing-masing variabel mengalami beberapa perbedaan. Namun, hasil distribusi kekerasan yang merata adalah pada kecepatan 4,28 mm/detik dengan jumlah layer 5 buah dan nilai distribusi kekerasannya adalah 194,6; 235,5; 197,8; 189,2; 174,3; 160,5; 156,0; 169; 149,3.

Tamitakarza (2013), melakukan penelitian tentang "Pengaruh Kuat Arus Pada Pengelasan *Metal Inert Gas* dalam Posisi Pengelasan *Flat* Terhadap Kekuatan *Impact* Pada Baja St60". Hasilnya Dengan semakin bertambahnya kuat arus maka nilai kekuatan impactnya semakin tinggi diakibatkan karena masukan panas yang dihasilkan lebih rendah dan belum cukup untuk menyebarkan panas secara merata, sehingga pendinginannya berlangsung lebih cepat. Dengan adanya pendinginan cepat maka struktur logam las yang terbentuk adalah struktur yang keras sehingga ketika dilakukan pengujian *impact* harga *impact* yang di dapat rendah.

Arrahman (2014), melakukan penelitian tentang "Pengaruh Arus Pengelasan GMAW Terhadap Tengangan Bending dan Perubahan Struktur Mikro pada Baja St45". Hasil dari penelitiannya diperoleh tegangan bending tertinggi pada arus pengelasan 160 Ampere dengan nilai 698,285 N/mm^2, dan arus pengelasan 240 Ampere dengan nilai terkecil sebesar 297,142 N/mm^2. Pada grafik hubungan antara variasi arus pengelasan dan tegangan bending, menunjukkan semakin besar arus pengelasan maka nilai tegangan bending cenderung semakin menurun. Nilai tegangan bending terbesar dengan masukan panas 6000 joule/cm pada variasi arus pengelasan 160 Ampere, menunjukkan bahwa sturuktur butiran

pada daerah HAZ yang terbentuk pada saat solidifikasi berupa *acicular ferrite* yang berupa bilah-bilah menyilang pada saat pembekuan. Sedangkan pada daerah HAZ yang mendapat masukan panas lebih tinggi pada struktur butiran pada baja ferit perlit St 45, didominasi oleh struktur grain boundary ferrite pada daerah HAZ. Struktur butiran ini akan mempengaruhi kekuatan bending hasil pengelasan pada baja St 45 menjadi lebih rendah dibanding arus yang lebih rendah dengan seiring bertambahnya arus pengelasan.

Kadir, dkk (2014), melakukan penelitian tentang "Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan GMAW Baja Tahan Karat Austenitik AISI 316L Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik". Hasil dari Variasi kecepatan pengelasan sangat berpengaruh terhadap masukan panas pada daerah sambungan las dan struktur mikro yang terjadi pada daerah HAZ dan hampir tidak terdapat endapan karbida krom pada batas butir dan logam las. Pada daerah fusi (*fusion line*) atau FL yang tidak terlalu lebar nilai kekerasan naik, hal ini menunjukkan konsistensi terhadap struktur mikro dengan butir lebih halus dibandingkan dengan daerah logam las dan logam induk. Kekerasan mikro vickers daerah terpengaruh panas (HAZ) dan logam induk mendekati sama dengan logam induk,hal ini sangat dipengaruhi oleh panas masukan yang hampir sama untuk pengelasan semiotomatis bila dibandingkan dengan pengelasan manual, serta tidak banyak terjadi perubahan transformasi fasa pada daerah HAZ dibandingkan dengan daerah fusi.

2.2. Proses Pengelasan

2.2.1. Definisi Pengelasan

Berdasarkan dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. (Wiryosumarto, 2008:1).

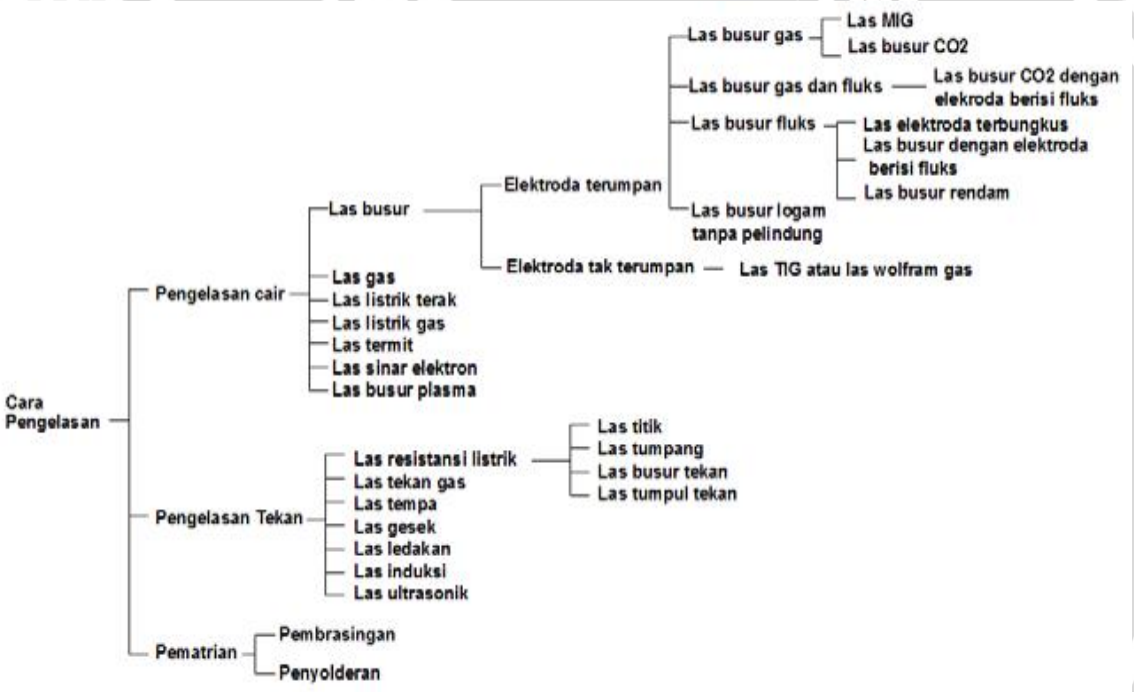
Pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS), (1989) Pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las yang dilakukan secara dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), hanya dengan tekanan (*pressure*), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*).

Dari beberapa definisi diatas dapat ditarik kesimpulan pengelasan merupakan proses penyambungan antara logam atau logam paduan dengan cara mencairkan material hingga temperatur las menggunakan energi panas.

2.2.2. Kalsifikasi Pengelasan

Berdasarkan klasifikasi cara pengelasan dibagi dalam tiga bagian utama yaitu : Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu. Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk tidak turut mencair.

Untuk perincian lebih lanjut dari klasifikasi pengelasan ini dapat melihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan.
Sumber: Wiryosumarto (2008: 8).

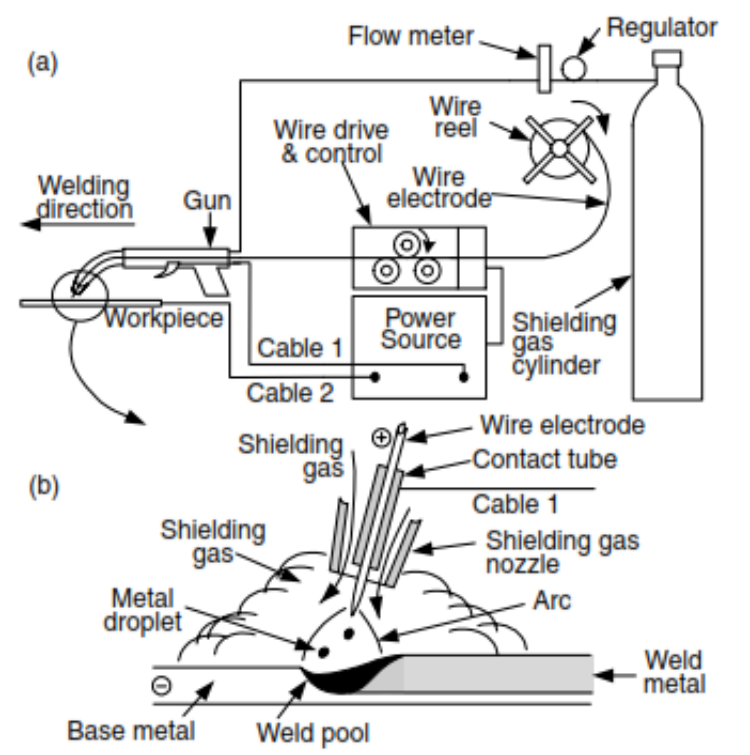
2.3. Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)

Las *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan sebuah pengembangan dari pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Pengelasan GMAW adalah jenis las busur listrik dimana kawat las pengisi yang berfungsi sebagai elektroda diumpan secara terus-menerus. Las GMAW mempunyai dua tipe gas pelindung yaitu *inert gas* dan *actif gas* yang kemudian sering dikenal dengan sebutan las *Metal Inert Gas* (MIG) dan las *Metal Actif Gas* (MAG). *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau sering di sebut dengan las *Metal Inert Gas* (MIG).

Pada las listrik MIG juga panas ditimbulkan oleh busur listrik antara dua elektron dan bahan dasar.

Elektroda merupakan gulungan kawat yang berbentuk rol yang geraknya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik. Gerakan dapat diatur sesuai dengan keperluan. Tangkai las dilengkapi dengan nosel logam untuk menghubungkan gas pelindung yang dialirkan dari tabung gas melalui selang gas.

Gas yang dipakai adalah CO_2 untuk pengelasan baja lunak dan baja. Argon atau campuran argon dan helium untuk pengelasan aluminium dan baja tahan karat. Proses pengelasan MIG ini dapat secara semi otomatik atau otomatik. Semi otomatik dimaksudkan pengelasan secara manual, sedangkan otomatik adalah pengelasan yang seluruhnya dilaksanakan secara otomatik.



Gambar 2.2 a.) Proses pengelasan MIG secara keseluruhan
b.) Daerah pengelasan MIG yang diperbesar
Sumber: Kou (2003:20)

Adapun kelebihan yang didapatkan dari penggunaan pengelasan MIG adalah sangat efisien dan proses pengerjaan yang cepat, dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan (*welding positif*), tidak menghasilkan slag atau terak layaknya terjadi pada las SMAW, Memiliki angka deposisi (*deposition rates*) yang lebih tinggi dibandingkan SMAW,

membutuhkan kemampuan operator yang baik, proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*) sangat cocok untuk pekerjaan konstruksi, dan membutuhkan sedikit pembersihan *post-weld.*

2.4. *Heat Input*

Heat input atau masukan panas adalah ukuran relatif dari energi yang ditransfer per satuan panjang pengelasan. Masukan panas didapatkan dari perkalian antara tegangan dengan arus dibanding kecepatan pengelasan dari sumber panas. Dapat dijelaskan pada rumus berikut :

$$H = \frac{E\,I}{V}$$ (Messler,1999:134) (2.1)

dengan :

H = masukan panas (Joule/mm)

E = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

V = kecepatan pengelasan (mm/s)

2.5. Parameter pengelasan

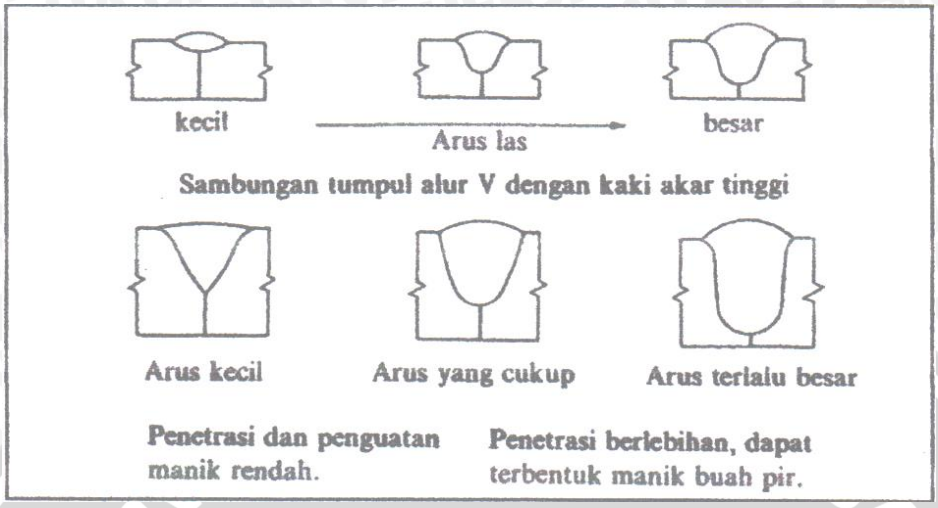
Dalam proses pengelasan ada beberapa parameter yaitu tegangan, arus dan kecepatan pengelasan. Parameter tersebut mempengaruhi masukan panas pada proses pengelasan. Untuk itu dilakukan penelitian yang akan membahas mengenai pengaruh dari arus dengan kecepatan pengelasan yang digunakan sebagai parameter pengelasan yang akan divariasikan.

2.5.1. Besar Arus

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan logam induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Kuat arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta peguatan matrik las tinggi.

Arus las memberikan pengaruh yang terbesar pada penetrasi dan penguatan. Arus yang terlalu kecil akan menghasilkan penetrasi dan penguatan manik yang rendah, dan bila

terlalu besar akan menghasikan manik berbentuk buah pir dan akan mudah terjadi retak panas. Untuk pengaruh tegangan busur dapat ditunjukkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Ilustrasi Pengaruh arus pengelasan terhadap bentuk manik
Sumber: Wiryosumarto (2008:241)

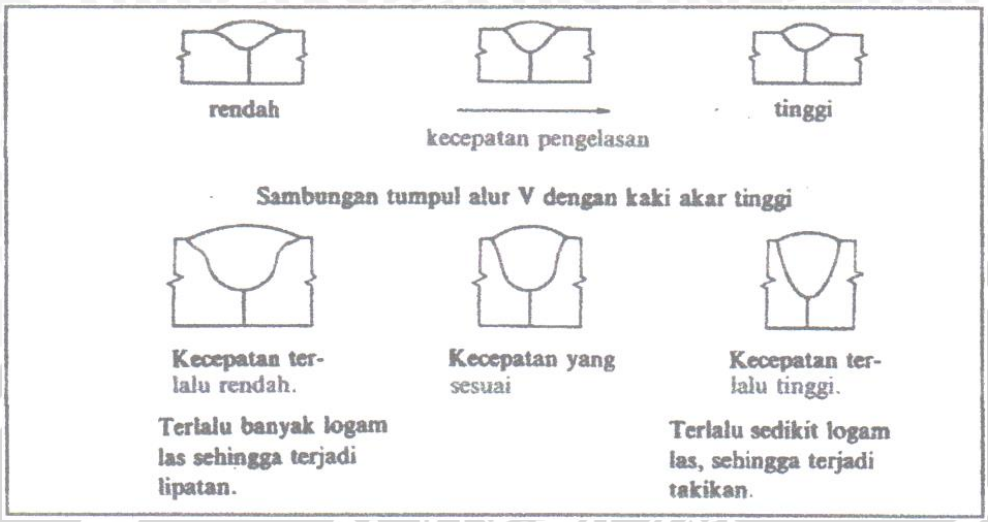
2.5.2. Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan harus berdasarkan waktu dengan satuan detik. Hal ini diperuntukan karena dimensi logam induk diatur untuk menyeimbangkan masukan panas tiap milimeter dari logam tersebut. Ketika kecepatan pengelasan diatur, nyala busur harus ditetapkan berdasarkan banyaknya waktu agar menghasilkan kecepatan rata-rata yang akurat. Untuk pengelasan secara terus menerus disarankan menggunakan waktu selama 30 detik. Hal ini tidak mungkin dilakukan untuk jenis produksi tertentu misalnya lasan pendek maka lasan uji harus dijalankan pada sendi mockup yang akan menentukan kecepatan pengelasan. Kecepatan pengelasan secara akurasi dapat dilakukan dengan las manual atau semi otomatis tergantung pada welder. Namun, dengan pengelasan otomatis kecepatan dapat diatur pada jalannya kereta dengan motor yang dikendalikan untuk mengatur jalannya logam induk terhadap pembentukan busur las tang elektroda. (Funderburk, 1999:2)

Bila tegangan dan arus dibuat tetap, sedang kecepatan pengelasan dinaikkan maka jumlah deposit per satuan panjang las jadi menurun. Tetapi di samping itu sampai pada suatu kecepatan tertentu, kenaikan kecepatan akan memperbesar penembusan. Bila kecepatan pengelasan dinaikkan terus maka masukan panas per satuan panjang juga akan menjadi kecil, sehingga pendinginan akan berjalan terlalu cepat yang mungkin dapat memperkeras daerah HAZ.

Pada Prakteknya menunjukkan bahwa makin tinggi kecepatan makin kecil perubahan bentuk yang terjadi. Kecepatan pengelasan yang rendah akan menyebabkan

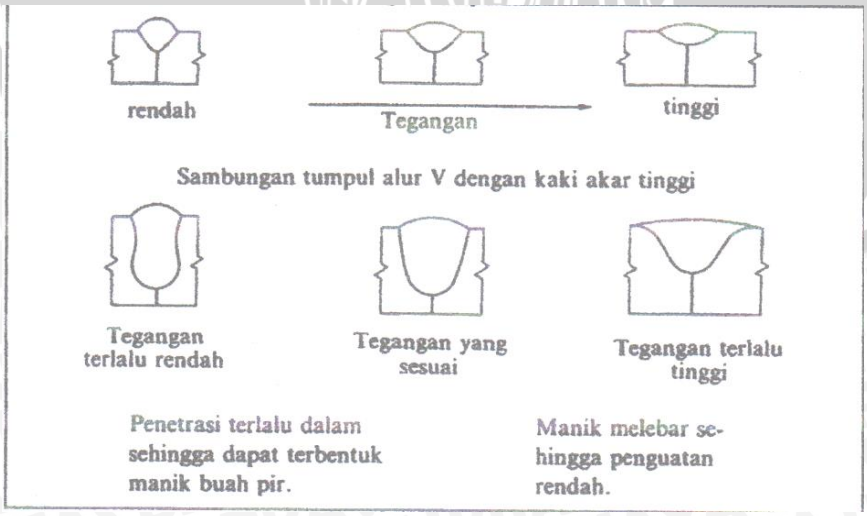
logam las yang banyak dan pembentukan manik datar yang dapat menimbulkan terjadinya lipatan manik. Sedangkan kecepatan yang tinggi akan terbentuk logam las yang terlalu sedikit dan menyebabkan terjadinya bentuk manik yang cekung dan takik. Pengaruh kecepatan pengelasan dapat ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4 Ilustrasi Pengaruh kecepatan pengelasan terhadap bentuk manik
Sumber: Wiryosumarto (2008:241)

2.5.3. Tegangan busur

Tegangan busur sangat mempengaruhi pada bentuk manik las. Pada tengangan busur yang rendah menghasilkan penetrasi terlalu dalam sehingga terbentuk manik buah pir. Sedangkan tengangan busur yang tinggi akan menghasilkan manik las yang lebar dan dangkal sehingga penguatan rendah. Untuk pengaruh tegangan busur dapat ditunjukkan pada gambar 2.5 dibawah ini.



Gambar 2.5 Ilustrasi Pengaruh tegangan busur terhadap bentuk manik
Sumber : Wiryosumarto (2008:241)

2.6. Pengelasan Baja

2.6.1. Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan antara besi dan karbon dengan sedikit silikon (Si), mangan (Mn), sulfur (S), tembaga (Cu) dan fosfor (P). Sifat dari baja karbon tergantung pada kadar karbon. Berdasarkan kadar karbonnya dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu:

1. Baja karbon rendah, baja yang mengandung kadar karbon dari 0,3%.
2. Baja karbon sedang, baja yang mengandung kadar karbon dari 0,3% - 0,45%.
3. Baja karbon tinggi, baja yang mengandung kadar karbon dari 0,45% - 1,7%.

Apabila melihat dari kadar karbon naik, kekuatan dan kekerasannya juga semakin bertambah tinggi tetapi perpanjangnya akan menurun. Untuk klasifikasi dari baja karbon dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon

Jenis dan Kelas		Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm^2)	Kekuatan tarik (kg/mm^2)	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0,08	18 – 28	32 - 36	40 - 30	18 - 28	Pelat tipis
	Baja sangat lunak	0,08 - 0,12	20 – 29	36 - 42	40 - 30	18 - 28	Batang, kawat
	Baja lunak	0,12 - 0,20	22 – 30	38 - 48	36 - 24	18 - 28	Kontruksi umum
	Baja setengah lunak	0,20 - 0,30	24 – 36	45 - 55	32 - 22	18 - 28	
Baja karbon sedang	Baja setengah keras	0,30 - 0,40	30 – 40	50 - 60	30 - 17	18 - 28	Alat-alat mesin, perkakas, rel, pegas, dan kawat piano
	Baja keras	0,40 - 0,50	34 – 46	58 - 70	26 - 14	18 - 28	
Baja karbon tinggi	Baja sangat keras	0,50 - 0,80	36 – 47	65 - 100	20 - 11	18 - 28	

Sumber : Wiryosumarto (2008:90)

2.6.2. Sifat Mampu Las Baja Karbon Rendah

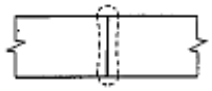
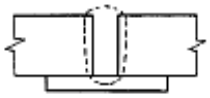
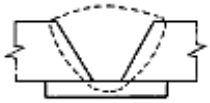
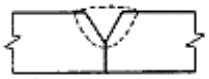
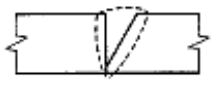
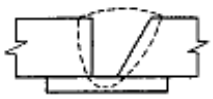
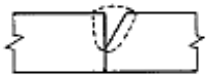
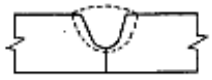
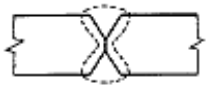
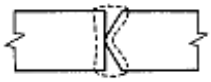
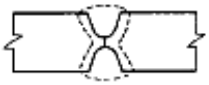
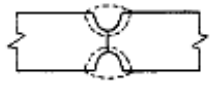
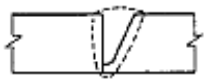
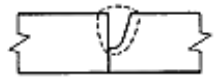
Faktor-faktor yang sangat mempengaruhi mampu las dari baja karbon rendah adalah kekuatan takik dan kepekaan terhadap retak las. Kekuatan takik pada baja karbon rendah dapat dipertinggi dengan menurunkan kadar karbon (C) dan menaikkan kadar mangan (Mn). Suhu transisi dari kekuatan takik menjadi turun dengan naiknya harga perbandingan Mn/C. Baja karbon rendah kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon

lainya atau baja karbon paduan. Tetapi las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau didalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi. (Wiryosumarto, 2008:90)

2.7. Jenis dan Bentuk Alur Sambungan Las

Bentuk sambungan las sangat berpengaruh terhadap efisiensi pengerjaan, efisiensi sambungan dan jaminan sambungan. Karena itu dalam memilih bentuk sambungan las sangat penting dan harus sesuai dengan standar. Untuk pemilihan jenis-jenis alur sambungan las tumpul dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Alur Sambungan Las Tumpul

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)		—	

Sumber: Wiryosumarto (1985:158)

Dari beberapa alur sambungan las yang sering digunakan dalam proses pengelasan adalah model V tunggal. Dalam penelitian yang digunakan alur sambungan V tunggal (*single v groove*), Standar sudut yang digunakan sesuaiAWS (*American Welding Society*) adalah 60°.

2.8. Sifat Mampu Las

Sifat mampu las dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan, logam untuk dapat dilas, tanpa mengalami penurunan sifat-sifat yang dimilikinya secara berlebihan. Logam yang dilas dapat mengalami penurunan mutu akibat terjadinya penggetasan, cacat atau retakan.

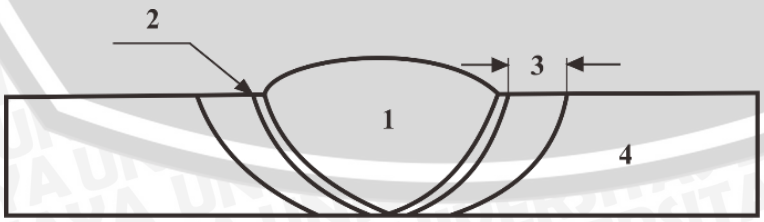
Usaha atau perlakuan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- Logam diberikan perlakuan berupa pemanasan awal (*pre heat*) sebelum dilakukannya pengelasan.
- Logam diberikan perlakuan berupa pemanasan pasca pengelasan (*post weld heat treatment*).
- Logam diberikan perlakuan berupa prosedur pengelasan khusus, misalnya menggunakan elektroda dengan *fluks* berhidrogen rendah.

Jika suatu logam tidak memerlukan banyak usaha atau perlakuan di atas, maka dapat dikatakan sifat mampu las logam itu tinggi atau baik.

2.9. Daerah lasan

Daerah las terbagi dalam tiga bagian yaitu logam las, *Heat Affected Zone* (HAZ), dan logam induk. Masing-masing dari daerah mempunyai sifat tersendiri yang diharapkan mempunyai sifat mekanik yang sama meskipun terjadi perubahan temperatur. Untuk daerah lasan dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



Gambar 2.6 Pembagian Daerah Las
Sumber: ASM Handbook Vol.I

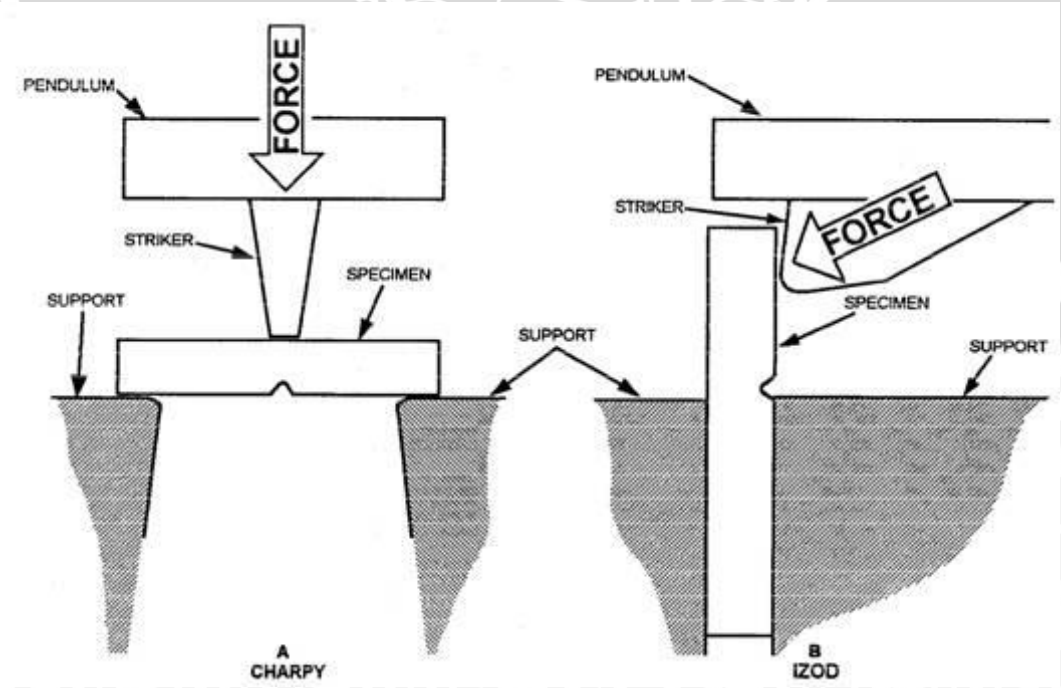
1. Logam las (weld metal), adalah daerah hasil peleburan antar logam kemudian membeku.
2. Garis Penggabungan (fusion line), garis batas antara logam cair dengan logam induk.

3. Daerah pengaruh panas (HAZ), merupakan daerah logam dasar yang mengalami perubahan sifat temperatur akibat proses pengelasan.
4. Logam induk adalah logam dari benda kerja yang dilas.

2.10. Pengujian impact

Pengujian *impact* merupakan suatu pengujian yang digunakan untuk mengukur ketahanan benda uji dalam menyerap energi potensial dari pendulum yang diayunkan. Beban pendulum yang berayun pada ketinggian tertentu dan menumbuk benda uji hingga mengalami perpatahan. Banyaknya energi yang diserap oleh benda uji untuk terjadinya perpatahan ukuran ketahanan *impact* atau ketangguhan bahan. Tujuan pengujian *impact* dalam penelitian ini untuk mengetahui penyerapan energi yang diterima pada logam yang tidak sejenis.

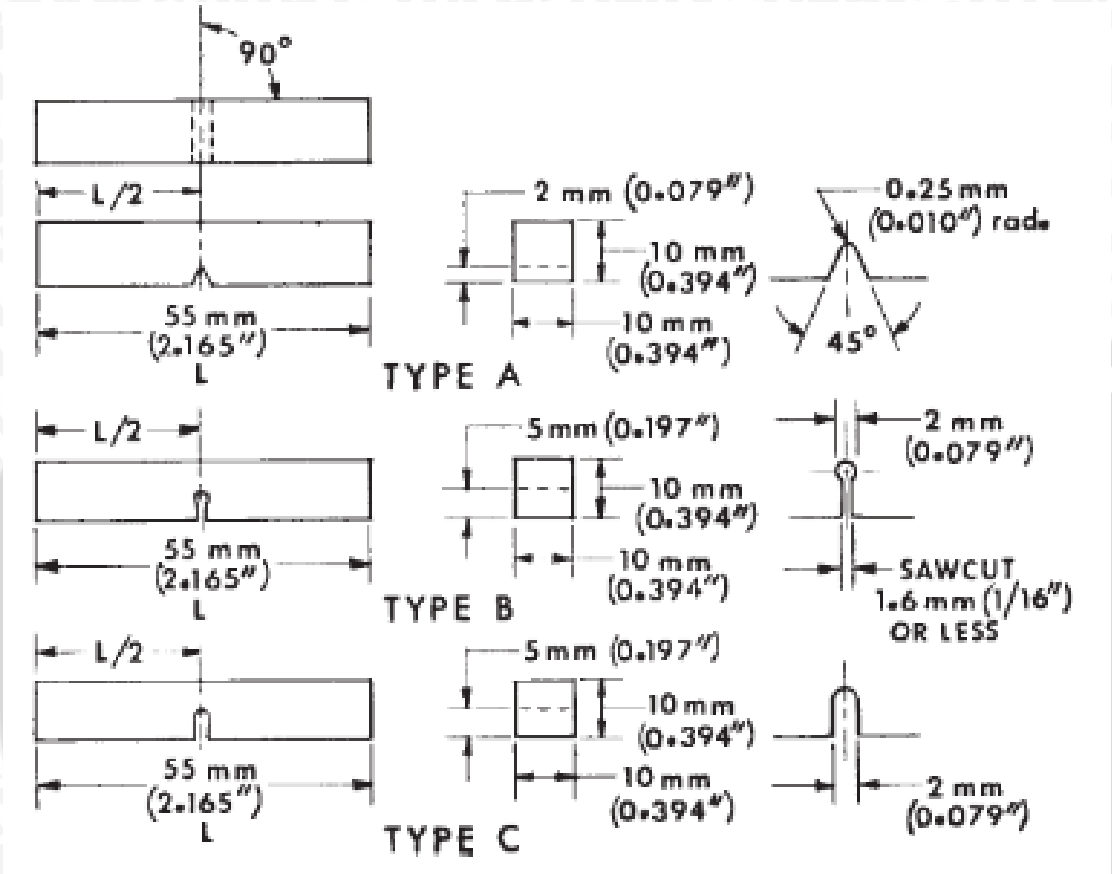
Dalam pengujian ini ada dua metode yaitu metode charpy dan metode izod. Pada metode charpy spesimen diletakkan mendatar dan kedua ujung spesimen ditumpu pada suatu landasan, letak takikan (*notch*) tepat ditengah dengan arah pemukulan dari belakang akikan. Sedangkan pada metode izod spesimen dijepit pada salah satu ujungnya dan diletakkan tegak dengan arah pemukulan dari depan takikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2.7 Skematis pembebanan impak dengan metode charpy dan izod
Sumber: Anonymous 1 (2010)

2.10.1. Macam-macam spesimen pengujian *impact* charpy

Pada spesimen pengujian *impact* charpy ada tiga macam spesimen yaitu takik bentuk V, takik bentuk lubang kunci dan takik bentuk U. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.8 Macam-macam spesimen pengujian *impact charpy*
Sumber : ASTM E23

2.10.2. Macam-macam patahan

Secara umum patahan yang terjadi pada pengujian *impact* digolongkan menjadi tiga, yaitu :

1. Perpatahan berserat, yang melibatkan mekanisme pergeseran bidang-bidang kristal di dalam material logam yang ulet (*ductile*), Ditandai dengan permukaan patahan berserat yang menyerap cahaya dan berpenampilan buram.
2. Perpatahan granular/kristalin, yang dihasilkan oleh mekanisme pembelahan (*cleavage*) pada butir-butir dari material logam yang rapuh (*brittle*), Ditandai dengan permukaan patahan yang datar yang mampu memberikan daya pantul cahaya yang tinggi (mengkilat).

3. Perpatahan campuran (berserat dan granular), Merupakan kombinasi dua jenis perpatahan di atas.

2.10.3. Rumus perhitungan

Untuk mendapatkan nilai energi yang diserap pada sambungan las dapat menggunakan persamaan berikut :

- Energi yang dibutuhkan secara ideal (Verma, ER. CL, 1976 : 86) :

$$E' = \mathrm{WH1} - \mathrm{WH2}$$

$$E' = \mathrm{W}\,(\mathrm{H1} - \mathrm{H2})$$

$$E' = \mathrm{W}\,((\mathrm{R} - \mathrm{R}\cos\beta) - (\mathrm{R} - \cos\alpha)))$$

$$E' = \mathrm{W}((1 - \cos\beta) - (1 - \cos\alpha))$$

$$\mathrm{E}' = \mathrm{W\,R}\,(\cos\beta - \cos\alpha) \quad \text{(Kgf.mm)} \quad (2.2)$$

dengan :

E’ = energi untuk mematahkan spesimen (Kgf.mm)

R = panjang lengan pendulum (mm)

W = berat pendulum (N)

A_0 = luas penampang (mm^2)

H1 = tinggi kedudukan awal pendulum (mm)

H2 = tinggi pendulum setelah mematahkan (mm)

α = sudut simpangan awal (^{o})

β = sudut simpangan akhir dengan beban (^{o})

- Kerugian energi terjadi karena adanya gesekan dalam poros bantalan (Davis, 1964:236). Energi gesekan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\mathrm{f} = \mathrm{W\,R}\,(\cos\beta_0 - \cos\alpha) \quad \text{(Kgf.mm)} \quad (2.3)$$

dengan :

β_0 = sudut simpangan akhir dengan tanpa beban (^{o})

f = energy gesekan (Kgf.mm)

- Energi aktual yang diperlukan

$$\mathrm{E} = \mathrm{E}' - \mathrm{f} \quad \text{(Kgf.mm)} \quad (2.4)$$

dengan :

E = energi aktual (Kgf.mm)

- Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen setiap satuan luas

$$A_k = \frac{E}{A_0} \qquad (Kgf.mm\ /mm^2) \qquad (2.5)$$

dengan :

A_k = Kekuatan *impact* (Kgf.mm /mm^2)

A_0 = Luas penampang batang lintang dibawah takik (mm^2)

2.11. Hipotesis

Dari tinjauan pustaka dapat ditarik hipotesis bahwa arus pengelasan semakin besar sampai batas titik optimumnya mempunyai masukan panas pada logam induk juga semakin besar akan menyebabkan temperatur peleburan logam las yang tinggi, sehingga proses pendinginan dengan udara berlangsung lambat dan menyebabkan daerah HAZ melebar serta struktur butiran dapat berkembang dan berpengaruh pada tingginya nilai kekuatan *impact*. Semakin tinggi kecepatan pengelasan sampai batas titik optimumnya berpengaruh pada nilai masukan panas (*heat input*) semakin rendah menyebabkan proses pendinginan dengan udara cepat sehingga struktur butiran belum berkembang sepenuhnya dan menurunkan nilai kekuatan *impact*.