

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Abdul Azis, Wildan, 2006, melakukan penelitian tentang “Pengaruh Debit Gas Argon Dan Kuat Arus Pada Sambungan Las Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Pengelasan GMAW”. Hasilnya kekuatan tarik hasil pengelasan semakin meningkat dengan semakin besar debit gas Argon yang diberikan dan semakin besar arus yang digunakan pada proses pengelasan GMAW ini. Kekuatan tarik rata-rata terendah sebesar 15,284 (N/mm<sup>2</sup>) pada debit gas Argon 6 (ltr/menit), dan arus 150 (Ampere). Sedangkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 38,958 (N/mm<sup>2</sup>) pada debit gas Argon 14 (ltr/menit) dan arus 250 (Ampere). Jadi dengan menaikkan arus pengelasan dan debit gas Argon akan dapat meningkatkan kekuatan tarik hasil pengelasan.

Rifqi, M. Qomar, 2005, melakukan penelitian tentang “Pengaruh Debit Gas Argon Dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Impact Sambungan Dengan Pengelasan GMAW”. Dalam penelitian ini kekuatan *Impact* hasil pengelasan semakin meningkat dengan semakin besar debit gas argon yang diberikan dan semakin besar arus yang digunakan dalam proses pengelasan GMAW ini. Kekuatan *Impact* rata-rata terendah sebesar 34,589 (kg.mm/mm<sup>2</sup>) pada debit gas Argon 6 (lt/mnt) dan arus 250 Ampere. Sedangkan kekuatan *Impact* rata-rata tertinggi sebesar 122,381 (kg.mm/mm<sup>2</sup>) pada debit gas Argon 18 (lt/mnt) dan arus 330 Ampere. Jadi dengan menaikkan arus pengelasan dan debit gas Argon akan dapat meningkatkan kekuatan *Impact* dari hasil pengelasan.

I N Budiarsa (2008) melakukan penelitian tentang “Pengaruh besar arus pengelasan dan kecepatan volume alir gas pada proses las GMAW terhadap ketangguhan aluminium 5083”. Pada penelitian ini hasilnya Besar arus, Kecepatan volume aliran gas, dan interaksi ke dua parameter tersebut, memberikan pengaruh pada proses pengelasan GMAW terhadap nilai ketangguhan HAZ. Pada penggunaan besar arus sebesar 250 Ampere akan memberikan nilai ketangguhan rendah pada tiap-tiap kecepatan volume debit gas yang digunakan pada pengelasan (17 Liter/menit, 18 Liter/menit, 19 Liter/Menit). Kemudian pada penggunaan kecepatan volume debit gas sebesar 19 Liter/menit memberikan nilai

ketangguhan yang tertinggi pada tiap-tiap besar arus yang digunakan pada pengelasan (240 Ampere, 250 Ampere, 260 Ampere).

## 2.2 Proses Pengelasan

### 2.2.1 Definisi Pengelasan

Pengelasan dapat didefinisikan sebagai proses penyambungan dua buah logam atau lebih sampai mencapai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan lainnya serta menggunakan sumber energi panas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari sebuah benda atau logam yang dipanaskan.

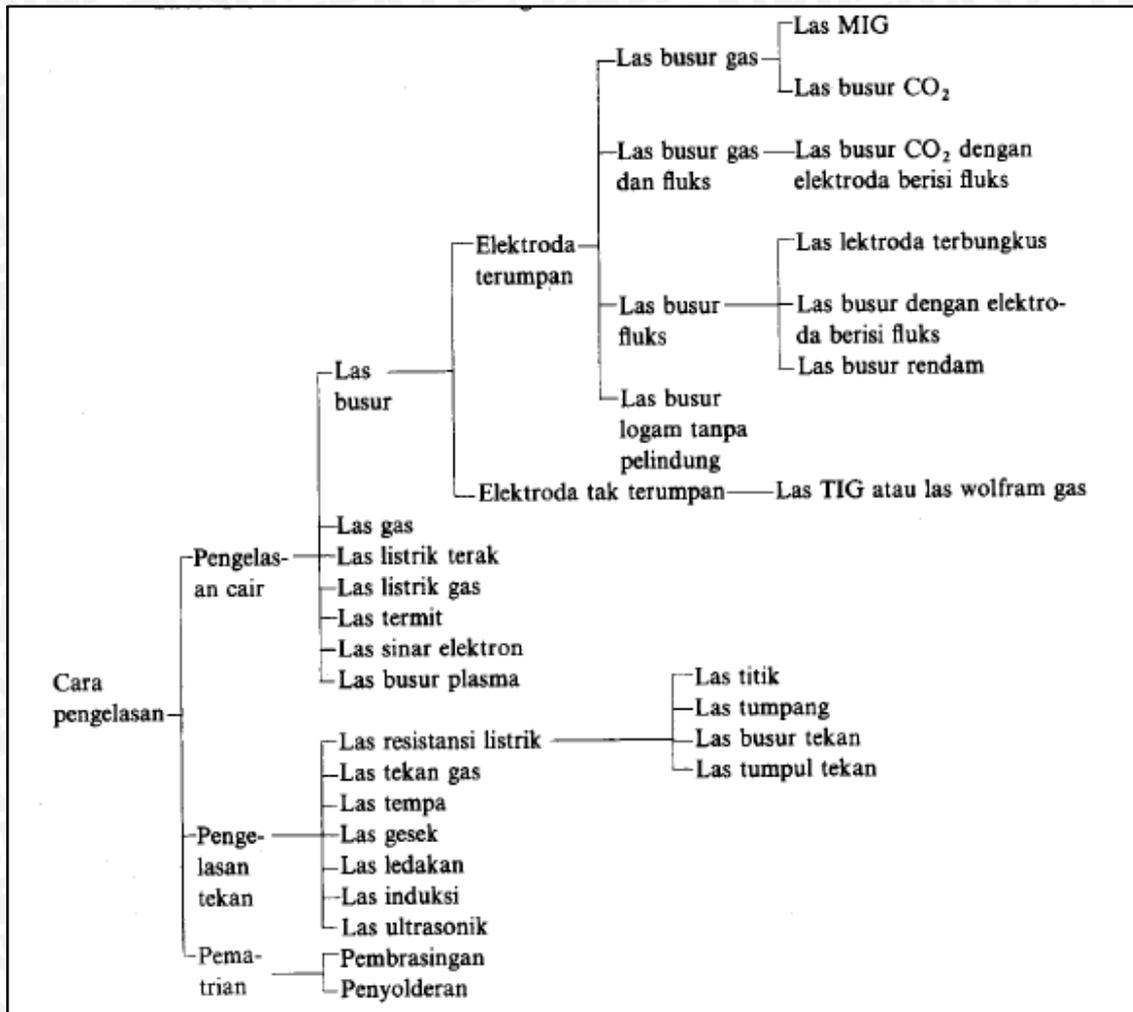
Berdasarkan *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau sambungan logam yang dilakukan dalam keadaan cair. Hal ini bisa dikatakan pula bahwa las merupakan sambungan dari beberapa logam dengan menggunakan bantuan energi panas.

Dari kedua definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa proses las adalah proses yang menggunakan energi panas dan temperatur yang dicapai sangat tinggi. Akibat proses pemanasan, pencairan, dan kemudian pendinginan maka logam akan mengalami perubahan ukuran maupun perubahan bentuknya.

### 2.2.2 Klasifikasi Pengelasan

Berdasarkan cara kerjanya proses pengelasan dibagi menjadi tiga kelas utama, yaitu:

1. Pengelasan cair merupakan cara pengelasan yang dilakukan dimana pada sambungan logam yang dipanaskan sampai mencair menggunakan sumber energi panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan merupakan suatu cara pengelasan yang dilakukan dimana pada sambungan logam dipanaskan kemudian ditekan menjadi satu.
3. Pematrian merupakan cara pengelasan dimana pada sambungan logam diikat dan disatukan menjadi satu dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam pengelasan ini pada logam induk tidak ikut mencair.



Gambar 2.1 Klasifikasi Cara Pengelasan  
 Sumber: Wiryosumarto, 1985: 8

### 2.3 Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG (*Metal Inert Gas*) atau yang biasa kita kenal dengan *GMAW* (*Gas Metal Arc Welding*) merupakan salah satu jenis pengelasan listrik yang digunakan untuk menyambungkan dua logam atau lebih dengan menggunakan bahan kawat las sebagai elektroda dan menggunakan jenis elektroda gulungan (Filler metal) yang sama dengan logam dasar yang digunakan (base metal) dan juga harus menggunakan gas pelindung. Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda untuk menyambungkan dua buah logam atau lebih. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat yang gerakannya keluarnya kawat tersebut diatur oleh sebuah motor listrik. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Gas yang digunakan dalam las MIG sebagai pelindung antara lain gas helium (He), gas argon (Ar),



gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) atau campuran dari gas-gas tersebut. Gas tersebut juga sebagai media penjegah terjadinya oksidasi selama pengelasan (Wiryosumarto, 1985: 16).

Dalam menggunakan las *MIG* dapat memberikan Keuntungan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifatnya antara lain:

1. Konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat baik dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
2. Karena dapat menggunakan arus listrik yang tinggi, maka kecepatannya juga tinggi sehingga efisiensinya sangat baik.
3. Ketangguhan dan elastisitas, kedekatan udara, serta sifat-sifat lainnya lebih baik daripada yang dihasilkan dengan cara pengelasan lain.
4. Terak yang terbentuk cukup banyak.

Sedangkan untuk kekurangannya menggunakan las *MIG* antara lain sebagai berikut:

1. Harga gas pelindung seperti helium argon relatif mahal.
2. Agak sulit untuk pengelasan posisi tegak dan untuk jenis plat-plat yang tipis.

Dari sifat-sifat yang dijelaskan pada uraian diatas sebagian besar disebabkan karena sifat dari busur yang dihasilkan. Busur yang dihasilkan cenderung selalu berbentuk runcing. Hal inilah yang dapat menyebabkan butir-butir logam cair menjadi halus dan pemindahan yang terjadi berlangsung dengan cepat seakan-akan disemburkan.

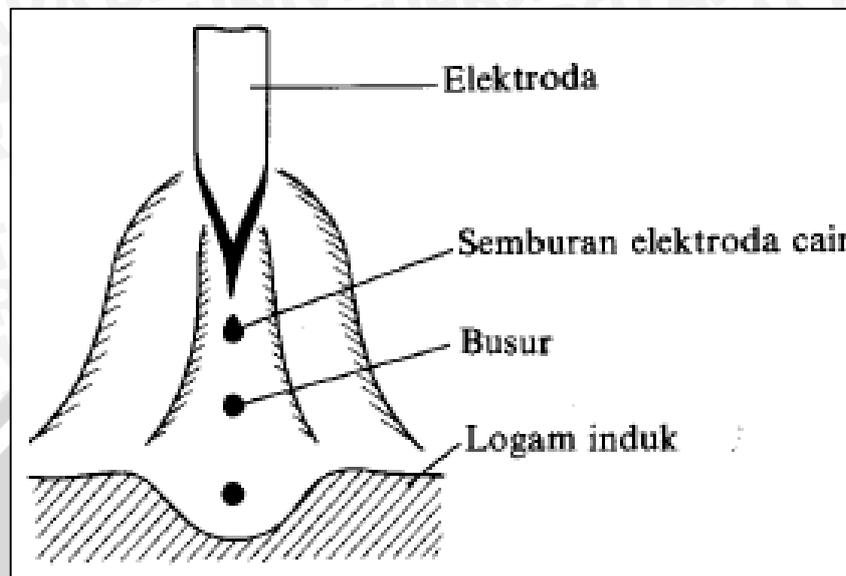
#### 2.4 Parameter Pengelasan

Secara umum ada 4 variabel utama dalam proses pengelasan *MIG* yaitu tegangan busur, arus pengelasan, kecepatan pengelasan, dan gas pelindung. Penjelasan sebagai berikut :

##### 1. Arus Pengelasan

Arus pengelasan sangat menentukan penetrasi las dan juga arus pengelasan juga mempengaruhi tegangan las. *GMAW* dapat menggunakan arus *AC* (*alternating current*) atau *DC* (*direct current*). Untuk pemilihan jenis arus harus melihat benda yang akan dilas terlebih dahulu. Keunggulan menggunakan arus *DC* adalah hasil busur yang ditimbulkan cukup baik, sehingga sangat sesuai untuk jenis pengelasan plat yang tipis. Sedangkan untuk arus *AC* lebih sering digunakan karena dari segi harga, penggunaan yang tidak terllu sulit, dan sederhananya untuk perawatan. Dengan arus pengelasan yang tinggi ujung dari elektroda akan menjadi runcing, hal ini menyebabkan butir-butir

logam mencair menjadi halus dan proses pemindahannya berlangsung cepat, seakan disemburkan. Hal ini tampak pada gambar 2.2



Gambar 2.2 pemindahan sembur las MIG  
Sumber : Wiryosumarto, Harsono, 1996 : 20

## 2. Tegangan Busur

Tegangan busur merupakan tegangan yang diukur antara elektroda dengan logam induk. Tegangan busur sendiri dipengaruhi oleh arus engelasan, jarak antara elektroda dengan logam induk, serta jenis gas pelindung yang dipakai. Untuk panjang busur sendiri juga menentukan lebar celah lasan.

## 3. Kecepatan pengelasan

Kecepatan pengelasan sendiri mempengaruhi lebar lajur pengelasan dan kedalaman penetrasi las. Pada beberapa aplikasi kecepatan pengelasan dipandang sebagai obyektif dengan variable lain dipilih untuk mendapatkan konfigurasi pengelasan yang diinginkan pada kecepatan tertentu. Untuk kasus lain, kecepatan pengelasan merupakan variable tidak bebas yang dipilih dengan variable lain untuk mendapatkan mutu dan hasil pengelasan yang baik.

## 4. Gas pelindung

Pada proses pengelasan GMAW gas yang digunakan merupakan gas mulia, karena gas mulia sendiri sifatnya stabil dan tidak mudah bereaksi dengan unsur lain. Fungsi dari gas pelindung adalah untuk melindungi busur listrik dan logam las dari terkontaminasinya udara dari luar. Ada beberapa jenis gas pelindung yaitu:

#### A. Argon (Ar)

Argon merupakan salah satu jenis gas pelindung yang digunakan dengan cara sendiri atau dicampur menggunakan gas lainnya untuk mencapai karakteristik busur yang diinginkan pada saat proses pengelasan logam fero maupun non-fero. Hampir pada semua proses pengelasan GMAW dapat dilakukan menggunakan gas argon atau campuran gas argon untuk mendapatkan sifat mampu las, properti mekanik, karakteristik busur las dan produktifitas yang baik. Gas argon membuat busur lebih stabil dan halus serta mengurangi percikan, argon lebih mudah mengion sehingga tidak memerlukan tegangan busur yang tinggi penghantar panas argon yang rendah menyebabkan pengaliran panas melalui busur listrik lambat sehingga baik untuk plat logam yang tipis.

#### B. Helium (He)

Helium adalah gas pelindung yang digunakan untuk aplikasi pengelasan yang membutuhkan masukan panas (heat input) yang lebih besar untuk meningkatkan penetrasi yang lebih dalam dan kecepatan pengelasan yang lebih cepat.

#### C. Karbondioksida

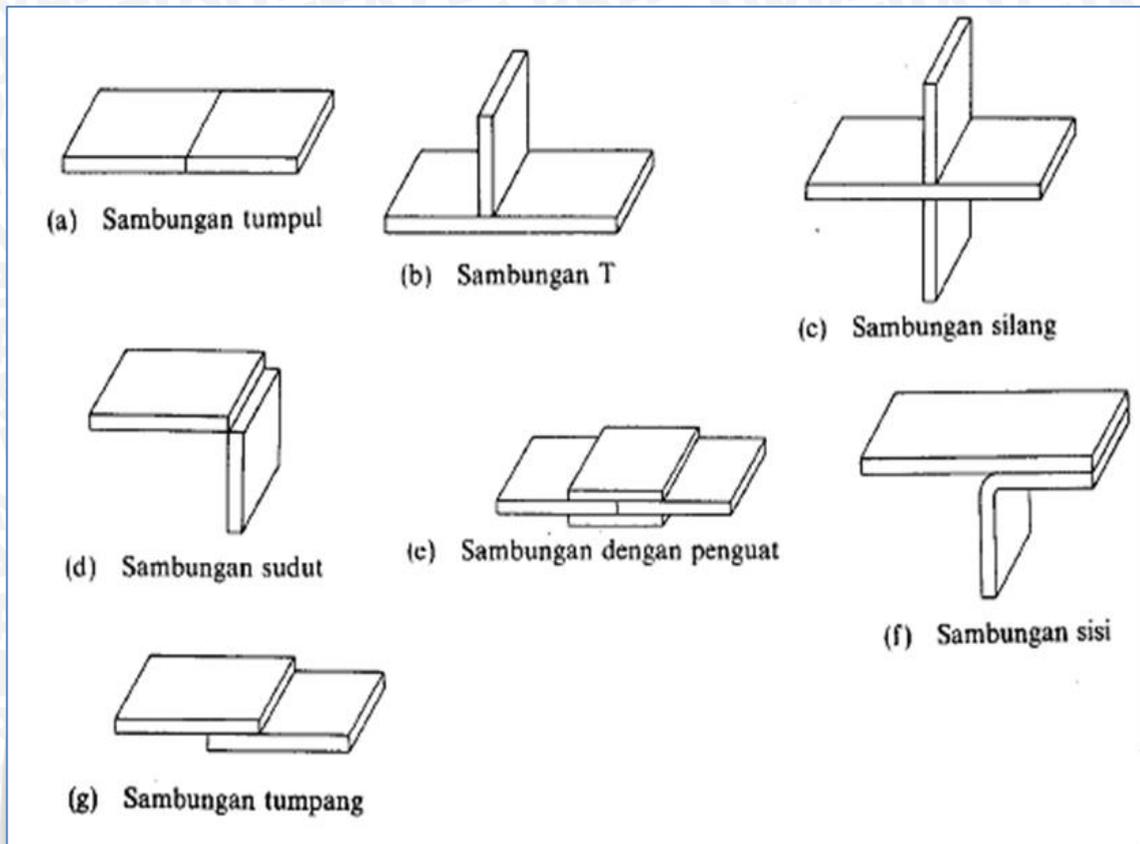
Gas karbon dioksida pada umumnya digunakan untuk proses pengelasan logam fero. Kelebihan dari gas pelindung karbon dioksida adalah kecepatan pengelasan yang cepat dan penetrasi yang lebih dalam. Gas karbon dioksida juga dapat dicampur menggunakan gas pelindung yang lainnya untuk menambah karakteristik kimia gas tersebut.

#### D. Nitrogen (N<sub>2</sub>)

Gas Nitrogen paling jarang ditemukan, namun sering digunakan di wilayah Eropa ketika gas Helium sulit ditemukan. Nitrogen banyak digunakan untuk jenis pengelasan *non ferrous metal* seperti tembaga dan paduan tembaga lainnya.

### 2.5 Klasifikasi Sambungan Las

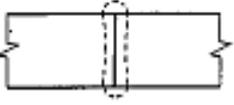
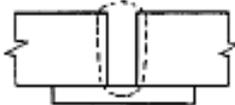
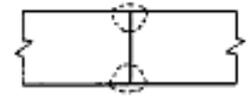
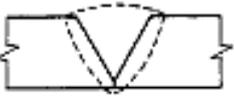
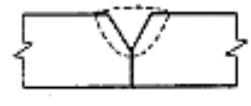
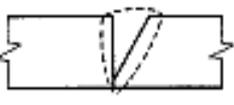
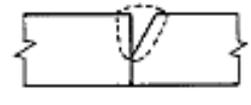
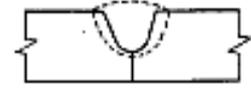
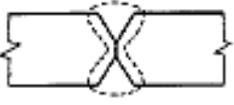
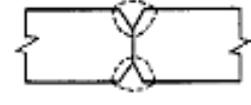
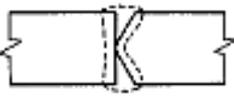
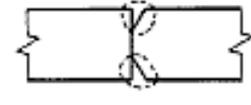
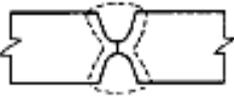
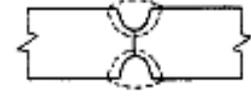
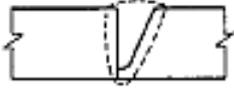
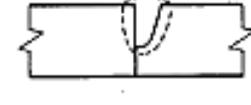
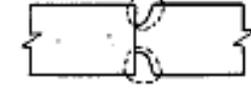
Berdasarkan jenis sambungannya terdapat 7 jenis sambungan pengelasan, antara lain: sambungan tumpul, sambungan T, sambungan silang, sambungan sudut, sambungan dengan penguat, sambungan sisi, dan sambungan tumpang. Berikut ini pada gambar 2.3 merupakan gambar jenis sambungan pengelasan.



Gambar 2.3 Jenis- jenis Sambungan  
Sumber: Wiryosumarto, Harsono 1985: 157

## 2.6 Jenis dan Bentuk Kampuh (Alur) Las

Bentuk dan jenis kampuh las yang akan dipakai dalam penelitian sangat berpengaruh terhadap hasil dan kekuatan sambungan lasan. Dalam pemilihan bentuk kampuh las atau alur yang dipakai harus menyesuaikan dengan jenis material yang dipakai dan ketebalan material, agar hasil lasan sesuai dengan yang diperlukan. Salah satu jenis kampuh yang sering digunakan didalam pengelasan adalah model *single vee*. Dalam penelitian ini jenis kampuh yang digunakan model *single vee*  $60^\circ$ . Standar untuk model *single vee* dari AWS (*American Welding Society*) adalah  $60^\circ$ . Pada gambar 2.4 dibawah ini merupakan macam-macam bentuk dan jenis kampuh yang sering dipakai dalam proses pengelasan.

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 (V)			
U tunggal (U)		—	
V ganda (X)		—	
Tirus ganda (K)		—	
U ganda (H) (DU)		—	
J tunggal (J)		—	
J ganda (DJ)		—	

Gambar 2.4 Alur sambungan las

Sumber : Wiryosumarto, Harsono, 1996 : 158

## 2.7 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan merupakan pengaturan posisi pengelasan atau letak gerakan elektroda las dan *brander*/pembakar. Untuk posisi pengelasan yang dilakukan oleh orang

biasanya tergantung dengan jenis kampuh atau alurnya yang akan dilas atau posisi celah benda yang akan dilakukan pengelasan. Berikut ini terdapat 4 posisi pengelasan seperti gambar 2.x antara lain :

1. Posisi datar (1G)

Posisi pengelasan ini dilakukan untuk jenis pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yang sedikit miring dan posisi elektroda berada diatas benda kerja.

2. Posisi Horizontal (2G)

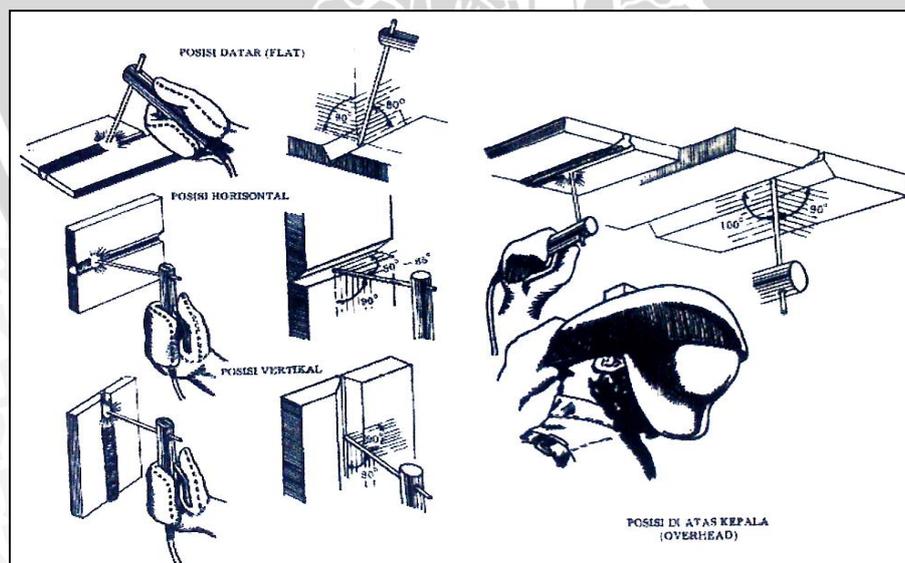
Posisi pengelasan ini dilakukan mengikuti arah horizontal dari benda kerja. Pada posisi ini yang perlu diperhatikan adalah posisi kemiringan dan arah ayunan elektroda serta posisi dari benda kerja itu berdiri tegak atau miring dari arah gerak elektroda.

3. Posisi Vertical (3G)

Posisi pengelasan ini dilakukan mengikuti arah vertical dari benda kerja. Pada posisi ini yang perlu diperhatikan adalah posisi dari benda kerja. Pada umumnya posisi pengelasan vertikal pada benda berdiri tegak atau miring mengikuti arah elektroda yang naik atau turun.

4. Posisi diatas kepala (4G)

Posisi pengelasan ini dilakukan pada benda kerja permukaan datar atau permukaan miring, akan tetapi berada diatas kepala. Dimana posisi elektroda berada dibawah benda kerja.



Gambar 2.5 Berbagai posisi pengelasan

Sumber : Widharto, Sri, 2003 : 31

## 2.8 Efek Arus Pengelasan

Arus pengelasan sangat berpengaruh pada hasil pengelasan. Besar atau kecil arus yang dipakai mempengaruhi besar masukan panas pada benda kerja. Akan tetapi besarnya arus las yang dipakai tergantung dengan jenis las yang digunakan, bahan yang digunakan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, macam elektroda, posisi pengelasan dan diameter elektroda. Dalam daerah lasan mempunyai kapasitas panas yang tinggi maka akan dengan sendirinya diperlukan pemanasan tambahan.

Masukan panas didefinisikan sebagai jumlah total panas yang dihasilkan dari proses pengelasan yang dipakai untuk mencairkan logam yang dilas. Harga masukan panas merupakan fungsi dari arus listrik, tegangan busur listrik, dan kecepatan pengelasan. (Howard Cary, 1989 : 470)

$$H = \frac{E.I.60}{v} \quad (2-1)$$

Dimana :

- H = Masukan panas (Joule/mm)
- E = Tegangan pengelasan (volt)
- I = Arus pengelasan (Ampere)
- v = Kecepatan pengelasan (mm/menit)

## 2.9 Pengelasan Baja Karbon Rendah

### 2.9.1 Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu (Wiryosumarto, 1985: 89). Sifat dari baja karbon itu sendiri sangat tergantung pada kadar karbon. Berdasarkan kadar karbonnya, baja dibedakan menjadi tiga :

- a. Baja karbon rendah, dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%
- b. Baja karbon sedang, dengan kandungan karbon 0,3% - 0,45%
- c. Baja karbon tinggi, dengan kandungan karbon 0,45% - 1,70%

Tabel 2.1 Klasifikasi baja karbon

Jenis dan Kelas	Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik(kg/m <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekerasan Brinell	Penggunaan
Baja lunak khusus	0,08	18 – 28	32 - 36	40 - 30	18 - 28	Pelat tipis
Baja karbon rendah	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)

### 2.9.2 Pengelasan Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah yang disebut juga baja lunak sering digunakan untuk konstruksi umum. Baja karbon rendah pada umumnya mudah dilas menggunakan berbagai cara pengelasan (proses las). Dalam pengelasan baja karbon rendah ini dapat dilakukan tanpa melalui proses preheating maupun postheating. Pada pengelasan baja karbon rendah ini jarang terjadi retak, akan tetapi retak las pada baja karbon rendah ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau di dalam baja tersebut terdapat Belerang (S) yang cukup tinggi.

### 2.9.3 Pengelasan Baja Karbon Rendah dan Tinggi

Baja karbon sedang maupun baja karbon tinggi mengandung banyak karbon dan unsur lain yang dapat memperkeras baja itu sendiri. Oleh sebab itu, daerah pengaruh panas

atau *Heat Affected Zone* (HAZ) pada baja ini mudah menjadi keras ditambah dengan adanya difusi hidrogen yang menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las. Selain itu apabila pada pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama kuat dengan logam lasnya akan mempunyai perpanjangan yang rendah.

### 2.10 Mampu Las Baja (*Weld Ability*)

Mampu las adalah kemampuan material untuk disambung dengan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan. Kontruksi baja biasanya akan dibuat dengan melakukan pengelasan, untuk itu diperlukan lembaran baja yang tebal dan mempunyai sifat mampu las yang baik. Namun tidak bisa dihindari perubahan sifat meterial karena panas saat pengelasan membuat daerah yang dipengaruhi panas terjadi pengerasan atau menghasilkan retakan atau juga terjadinya penurunan keuletan pada sambungan las. (Surdia, 1999:77).

### 2.11 Metalurgi Las

Pengelasan adalah proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas sehingga di sekitar hasil lasan mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan perubahan metalurgi, deformasi, dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan sebagainya yang berpengaruh terhadap keamanan dan konstruksi las.

### 2.12 Daerah Pengaruh Panas (*HAZ*)

Daerah pengaruh panas atau *Heat Affected Zone* (HAZ) adalah suatu batas logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar. Daerah HAZ memiliki tiga daerah pengelasan yaitu :

1. Daerah logam induk adalah daerah yang tidak mengalami perubahan mikrostruktur.
2. Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) merupakan daerah terjadinya pencairan logam induk yang mengalami perubahan mikrostruktur karena pengaruh panas saat pengelasan dan pendinginan setelah pengelasan.
3. Daerah las merupakan daerah terjadinya pencairan logam dan kemudian secara cepat mengalami pembekuan.

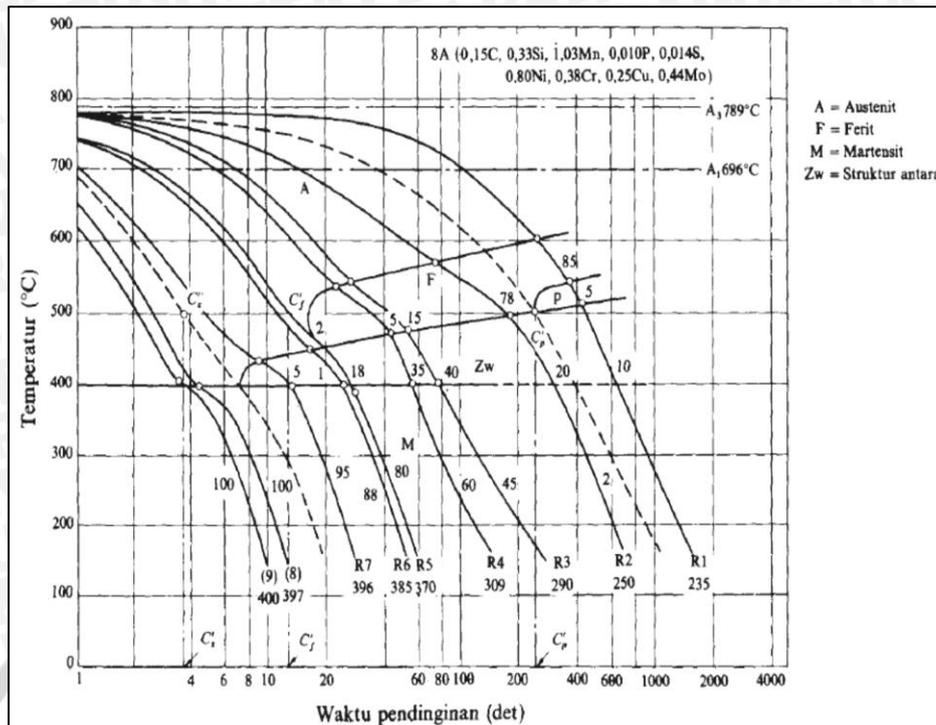
### 2.13 Siklus Termal Las

Siklus termal las adalah proses pemanasan dan pendinginan pada daerah lasan. Struktur dan sifat mekanik pada HAZ sangat dipengaruhi oleh siklus termal yang terjadi dimana proses pemanasan dan pendinginan terjadi di daerah lasan. Jumlah masukan panas dan lamanya pendinginan pada suatu daerah tertentu sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil lasan. Struktur logam pada HAZ berubah secara perlahan dari struktur logam induk ke struktur logam las. Pada daerah HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir-butir kasar. Daerah ini yang disebut dengan batas las (Wiryo Sumarto, 1985: 65).

Struktur mikro dan sifat mekanik daerah HAZ sebagian besar tergantung pada lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 500°C. Sedangkan retak dingin terjadinya sangat tergantung oleh lamanya pendinginan dari temperatur 800°C sampai 300°C atau 100°C (Wiryo Sumarto, 1985: 59).

### 2.14 Struktur Mikro Daerah Pengaruh Panas (HAZ)

Diagram transformasi pendinginan berlanjut atau diagram CCT struktur, kekerasan dan transformasi di daerah HAZ dapat diketahui. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.6. Diagram ini dapat digunakan untuk membahas pengaruh struktur terhadap retak las maupun keuletannya sehingga dapat digunakan untuk menentukan prosedur pengelasan. Biasanya diagram CCT menunjukkan pula kekerasan yang akan dimiliki oleh baja setelah proses pendinginan mengikuti siklus termal tertentu. Pada Gambar 2.6 menunjukkan hubungan antara prosentase struktur dan kekerasan baja dengan melalui beberapa macam waktu pendinginan. Dengan mengukur waktu yang diperlukan saat pendinginan dan menggabungkan dengan diagram CCT, maka struktur dan kekerasan baja pada daerah HAZ dapat ditentukan. Diagram CCT dapat dengan segera mengetahui kecepatan terbentuknya struktur dalam baja dan kekerasan yang terjadi karena pengelasan.



Gambar 2.6 Diagram CCT  
Sumber: Wiryosumarto, 1985: 62

## 2.15 Pendinginan dan Media pendinginan

Dalam proses *quenching* dilakukan pendinginan secara cepat dengan tujuan untuk mendapatkan struktur martensit. Semakin banyak unsur karbon maka struktur martensit yang terbentuk juga akan semakin banyak, karena martensit terbentuk dari fase austenit yang didinginkan secara cepat. Hal ini terjadi karena atom karbon yang terdapat didalam tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak dalam struktur kristal yang membentuk struktur tetagonal ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga nilai kekerasannya meningkat.

Untuk mendinginkan logam hasil lasan dikenal berbagai macam bahan, yaitu:

### 1. Air

Air mampu melakukan pendinginan secara cepat, bahkan untuk memperbesar daya pendinginannya sering dilarutkan garam dapur antara 5 sampai 10%.

### 2. Minyak atau Oli

Minyak maupun oli juga dapat melakukan pendinginan secara cepat. Oli maupun minyak memiliki viskositas (kekentalan), semakin kecil nilai viskositas maka daya pendinginannya semakin besar.

### 3. Udara

Udara memberi pendinginan secara perlahan karena udara tersebut ada yang disirkulasi dan ada pula yang tidak disirkulasi.

#### 4. Garam

Garam memberi pendinginan yang cepat dan merata sehingga sering digunakan terutama untuk proses hardening.

### 2.16 Cacat las

Prosedur pengelasan yang kurang tepat dapat menimbulkan hasil yang kurang baik atau cacat pada pada specimen yang dilas dan menyebabkan diskontinuitas dalam las. Cacat yang pada umumnya sering ditemukan adalah peleburan yang tidak sempurna, penetrasi kampuh yang kurang memadai, porositas, peleburan yang berlebihan, masuknya terak, dan retak-retak. Contoh-contoh dari cacat las ini diperlihatkan pada gambar 2.10.

#### - Peleburan yang tidak sempurna

Peleburan yang tidak sempurna diakibatkan karena antara logam dasar dan logam las yang tidak dapat melebur secara menyeluruh pada spesimen. Hal ini terjadi jika pada permukaan yang akan disambung tidak dibersihkan dengan baik atau masih dilapisi kotoran, terak, oksida, atau bahan lainnya. Untuk penyebab yang lainnya adalah untuk pemakaian peralatan las yang arus listriknya tidak memadai, sehingga logam dasar tidak dapat mencapai titik lebur dan laju pengelasan yang terlalu cepat dapat menimbulkan pengaruh yang sama.

#### - Penetrasi kampuh yang kurang memadai

Penetrasi kampuh yang kurang memadai adalah suatu keadaan dimana kedalaman las tidak sesuai dengan kedalaman kampuh yang dibuat. Cacat ini, yang terutama berkaitan dengan las tumpul, hal ini disebabkan karena perencanaan alur yang tidak sesuai dengan proses pengelasan, ukuran elektroda yang terlalu besar atau tidak tepat, arus listrik yang tidak memadai, dan laju pengelasan terlalu cepat.

#### - Porositas

Porositas terjadi pada saat rongga-rongga gas kecil yang terperangkap selama proses pendinginan. Cacat ini ditimbulkan karena arus listrik yang digunakan terlalu tinggi atau busur nyala yang terlalu panjang. Porositas dapat terjadi secara merata dalam las, atau dapat merupakan rongga yang terpusat didasar las sudut atau dasar dekat plat pelindung. Penyebab lainnya, karena pengelasan yang buruk dan pemakaian plat pelindung yang tidak tepat.

#### - Peleburan yang berlebihan

Peleburan yang berlebihan merupakan terjadinya alur pada dasar didekat ujung kaki las yang tidak terisi penuh oleh logam las tersebut. Arus listrik dan nyala busur yang

berlebihan juga dapat membakar atau menimbulkan alur pada dasar logam. Cacat ini mudah terlihat dan masih bisa diperbaiki.

- Masuknya terak

Masuknya terak merupakan masuknya kotoran yang akibatkan karena reaksi kimia yang mencair. Terak terbentuk ketika proses pengelasan akibat reaksi kimia pada lapisan elektroda yang mencair, serta terdiri dari oksida dan senyawa lain. Karena kerapatan terak yang lebih kecil dari logam las yang mencair, terak biasanya berada pada permukaan dan dapat dihilangkan dengan mudah setelah dingin. Namun pendinginan sambungan yang terlalu cepat juga dapat menjerat terak sebelum naik ke permukaan logam. Las yang sering terjadi cacat retak adalah pengelasan yang menghadap ke atas.

- Retak

Retak adalah terjadinya pecah-pecah pada logam las, baik secara searah maupun transversal terhadap garis las, yang ditimbulkan oleh tegangan internal. Retak pada logam las bisa mencapai logam dasar, atau retak terjadi seluruhnya pada logam dasar disekitar las. Retak mungkin merupakan cacat las yang paling berbahaya, akan tetapi retak halus yang disebut *microfissures* umumnya tidak mempunyai pengaruh yang berbahaya pada lasan. Retak bisa terbentuk pada saat las mulai memadat dan pada umumnya diakibatkan karena unsur-unsur yang getas disepanjang pembatasan. Pemanasan yang merata dan pendinginan yang lambat dapat mencegah pembentukan terak “panas”. Sedangkan pemakaian elektroda rendah-hidrogen bersama pemanasan awal akhir yang sesuai akan mencegah retak “dingin”. (wira, 1986 : 199).

## 2.17 Pengujian Sambungan Las

### 2.17.1 Pengujian tidak merusak (*Non Destruction Test*)

Adalah pengujian yang dilakukan dengan tidak merusak material yang akan diuji. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis cacat las yang terjadi dalam proses pengelasan. Yang termasuk dalam pengujian ini adalah uji ultrasonic, uji radiografi, uji cairan tembus dan lain-lain.

### 2.17.2 Pengujian Merusak (*Destruction Test*)

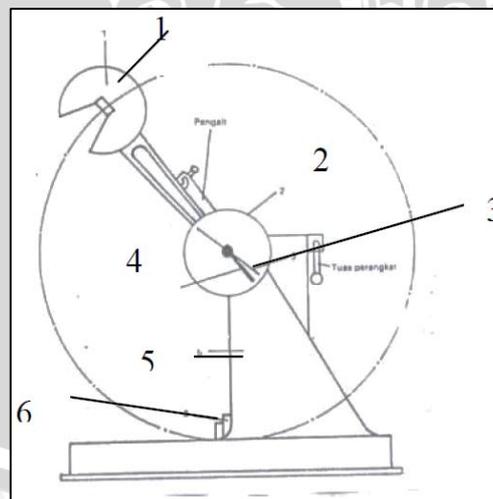
Adalah pengujian yang dilakukan dengan merusak material lasan sampai terjadi kerusakan pada material yang diuji. Pengujian ini dilakukan untuk melihat jenis kekuatan

material apakah getas ataupun ulet. Yang termasuk dalam pengujian ini adalah uji mekanik seperti uji tarik, uji *Impact*, uji bending, uji metalografi, dan lain-lain.

### 2.19 Uji Kekuatan *Impact*

Ketangguhan merupakan ketahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan secara tiba-tiba (takikan yang tajam). Tujuan utama dari pengujian *Impact* pada penelitian ini adalah untuk mengukur kegetasan atau keuletan bahan terhadap beban tiba-tiba yang ditabrakkan dengan cara mengukur energi potensial dari sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian *Impact* merupakan pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode *charpy* dengan menggunakan benda uji standar. Pada pengujian pukuk takik (*impact test*) digunakan benda uji yang bertakik (*notch*).

Pada pengujian metode *charpy*, benda uji diletakkan mendatar dan ujung-ujungnya ditahan kearah mendatar oleh penahan dengan jarak 40 mm. Bandul akan berayun memukul benda uji tepat dibelakang takikan yang telah dibuat. Untuk pengujian *Impact* ini akan digunakan sebuah mesin dimana sebuah batang dapat berayun dengan bebas. Pada ujung batang dipasang sebuah pemukul yang diberi pemberat. Benda uji diletakkan di bagian bawah mesin dan takikan tepat pada bidang lintasan pemukul tersebut.



Gambar 2.7 Pengujian Kekuatan *Impact*

Sumber: Supardi, 1996

Keterangan:

1. Pendulum

21

2. Piring busur derajat
3. Jarum penunjuk sudut
4. Batang pembawa jarum
5. Badan mesin uji
6. Tempat benda uji dipasang

Kerja yang dilakukan untuk mematahkan benda kerja adalah  $W = G \cdot L (\cos \beta - \cos \alpha)$

Dimana:

$W$  = kerja patah (Joule)

$G$  = beban yang digunakan (kg)

$L$  = panjang lengan ayun dalam (m)

$\beta$  = sudut jatuh

$\alpha$  = sudut awal

Bila diketahui luas penampang dibawah takikan ( $A$ ), dapat disimpulkan perolehan nilai ketangguhan batang uji dihitung sebagai berikut:

$$\text{Nilai Ketangguhan} = \frac{\text{Kerja Patah (W)}}{\text{Luas Penampang dibawah takikan (A)}}$$

Adapun tujuan pengujian *Impact* adalah untuk mengetahui seberapa besar suatu material dengan luas penampang tertentu mampu menerima beban *Impact* atau dengan data lain seberapa besar energi yang mampu diserap oleh material tersebut ketika menerima beban *Impact*.

### 2.19.1 Macam-macam Pengujian *Impact*

Dibawah ini merupakan macam- macam jenis pengujian *Impact* :

#### 1. *Tension Impact Test*

Spesimen yang digunakan tidak menggunakan *notch* (takik) akan tetapi spesimen tersebut dijepit pada kedua ujungnya dimana salah satu ujungnya adalah jepitan tetap. Sedangkan pada ujung yang lainnya diberi beban tarik secara *Impact*.

#### 2. Pengujian *Pukul Takik (Beam Impact Test)*

Pada pengujian ini menggunakan spesimen bertakik. Ada 2 macam pembebanan yaitu:

a. *Charphy Impact Test*

Dalam pengujian ini menggunakan specimen berbentuk balok segi empat dengan takik ditengahnya. Beban pemukul terletak pada posisi vertical dari specimen sehingga tepat mengenai punggung notch.

b. *Izod Impact Test*

Dalam pengujian ini dilakukan dengan jalan menjepit specimen pada salah satu ujungnya secara vertical dan tepat pada batas bibir *notch*, sedangkan beban *Impact* bekerja secara horizontal pada bagian atas specimen.

3. *Torsion Impact Test*

Prinsip kerjanya sama dengan *Tension Impact Test*. Adapun perbedaannya adalah terletak pada pembebanannya. Pada *Torsion Impact Test* beban *Impact* berupa torsi yang dikenakan pada salah satu ujungnya.

### 2.19.2 Rumus Perhitungan

Energi atau usaha untuk mematahkan specimen dapat dicari dari persamaan sebagai berikut:

- o Energi yang dibutuhkan secara ideal

$$A' = mgh_1 \times mgh_2 \quad (2-2)$$

$$A' = G (h_1 - h_2) \quad (2-3)$$

$$A' = W R (\cos(90^\circ - \alpha_1 - \cos\beta) (kg.mm) \quad (2-4)$$

- o Kerugian energi pada alat

$$f = W R (\cos(90^\circ - \alpha_0 - \cos\beta) (kg.mm)$$

- o Energi aktual yang diperlukan

$$A = A' \cdot f (kg.mm) \quad (2-5)$$

- o Energi yang diperlukan untuk mematahkan spesimen setip satuan luas

$$A_k = \frac{A}{F_0} \left( \frac{kg.mm}{mm^2} \right) \quad (2-6)$$

Keterangan,

R = radius lintasan (mm)

W = berat pendulum (kg)

F<sub>0</sub> = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

B = sudut awal (°)

α<sub>0</sub> = sudut dry run (°)

α<sub>1</sub> = sudut akhir (°)

### 2.19.3 Macam-macam Patahan dan Sifatnya

Dengan mempelajari sifat permukaan patahan dapat membantu dalam menentukan hubungan sifat patahan terhadap harga *impact strength* suatu material. Patahan dapat terjadi dalam 3 bentuk :

1. Patahan Getas

Patahan ini mempunyai permukaan yang rata dan mengkilap bila disambungkan kembali maka sambungannya akan baik dan rapat. Hal ini menunjukkan patahan tersebut tidak diikuti deformasi dari bahan tersebut sehingga harga kekuatan *Impactnya* rendah (Wiryo Sumarto, Harsono, 1996 : 192).

2. Patahan Liat

Patahan ini mempunyai permukaan yang tidak rata, nampak seperti beludru dan berserat. Hal ini menunjukkan harga kekuatan *Impactnya* tinggi karena diikuti dengan deformasi dulu (Wiryo Sumarto, Harsono, 1996 : 189).

3. Patahan Campuran

Patahan ini merupakan campuran antara patahan getas dan patahan liat. Patahan ini adalah patahan yang paling sering terjadi. (Wiryo Sumarto, Harsono, 1996 : 199).

### 2.20 Pengujian Mikrostruktur

Tujuan dari pengujian mikrostruktur adalah memperoleh gambar yang memperlihatkan fasa dari sebuah logam dan paduannya, sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik dari material logam tersebut. Pemeriksaan suatu struktur mikro dapat memberikan informasi tentang bentuk struktur, ukuran butir dan banyaknya bagian struktur yang beragam. Langkah- langkah untuk melakukan pengamatan struktur mikro adalah memotong spesimen menjadi ukuran yang lebih kecil kurang lebih seukuran 20 mm x 10mm x 15mm, penempatan spesimen ke dalam cetakan dan cetakan tadi diisi resin dengan tujuan untuk mempermudah dalam proses penghalusan, pengampelasan dengan menggunakan amplas halus secara berurutan, mulai dari yang paling kasar (nomor kecil) sampai yang halus (nomor besar), pemolesan dengan menggunakan bubuk penggosok ataupun pasta diamond.

### 2.21 Hipotesa

Semakin besar arus pengelasan akan mempengaruhi masukan energi panas yang tinggi sehingga suhu untuk peleburannya tinggi dan laju untuk pendinginan semakin lama maka akan mempengaruhi kekuatan *Impact* yang. Sedangkan untuk debit gas CO<sub>2</sub> yang

semakin tinggi mempengaruhi proses perlindungan pada saat proses pengelasan dari oksidasi atmosfer dan mempengaruhi kekuatan *Impactnya*.

