

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penelitian Sebelumnya

Muhammad Khusnul Yaqin (2011) meneliti tentang pengaruh *preheating* dan *postheating* terhadap lebar HAZ, struktur mikro dan distribusi kekerasan pada proses pengelasan SMAW besi cor kelabu FC25. Menganalisa pengaruh *preheat* dan *postheat* terhadap terjadinya retak las, lebar HAZ dan juga membandingkan pengaruhnya terhadap struktur mikro dan distribusi kekerasan pada pengelasan besi cor kelabu FC 25. Proses pengelasan dalam penelitian ini yaitu SMAW dengan menggunakan kawat las ENiFe-CI. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi perlakuan yaitu *preheat* (200°C dan 400°C), *preheat + postheat* (625°C ± 1 jam) dan tanpa *preheat-postheat*.

Dari pengamatan secara visual, kelima spesimen tidak ditemui retak las maupun porosity. Lebar HAZ terbesar terjadi pada spesimen dengan *preheat* 400°C + *postheat*, yaitu sebesar 2,63mm. Semakin besar temperatur *preheat* maka semakin lebar HAZnya. Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro, diketahui bahwa dengan adanya *preheat* dapat mengurangi terjadinya struktur yang keras (perlit halus dan grafit yang besar) pada HAZ. Nilai kekerasan HAZ menurun sering dengan bertambahnya temperatur. *preheat*. Adanya proses *postheat* juga menurunkan nilai kekerasan.

Andriansyah Firman (2012) meneliti tentang pengaruh *preheating* pada pengelasan MIG multilayer terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada baja SA 516 grade 60. Variasi pengelasan pada temperatur kamar (32<sup>0</sup> C), *preheat* temperatur 900<sup>0</sup> C, 150<sup>0</sup> C, 200<sup>0</sup> C pada tiap specimen. Specimen yang digunakan adalah SA-516 grade 60 dengan ketebalan 30mm. proses pengelasannya dengan 11 layer dengan bentuk groove pada specimen menggunakan double V groove. Hasil lasan tersebut diuji tarik, kekerasan, diamati struktur mikro dan makronya. Dari hasil penelitian didapatkan pada pengujian tarik, patah yang terjadi untuk semua specimen variasi temperatur *preheat* berada di logam induk dan bukan di HAZ atau di daerah las. Hal ini disebabkan karena adanya perbaikan pada hasil pengelasan multilayer. Untuk nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah las, sedangkan nilai kekerasan antar spesimen variasi *preheat* didapatkan pada spesimen non*preheat* temperatur 32<sup>0</sup>C memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi. Struktur mikro yang terjadi HAZ dan daerah las pada layer 1 berbeda dengan layer 6, hal ini disebabkan pada layer 1 mengalami perubahan struktur mikro akibat adanya proses pemanasan kembali akibat pengelasan pada layer selanjutnya.

Suheni dan Syamsuri (2007) meneliti tentang pengaruh perubahan arus las TIG terhadap kekuatan impact pada material yang berbeda. disini peneliti memvariasikan arus saat pengelasan, dan mendapatkan hasil, semakin besar arus yang diberikan, maka lebar HAZ akan semakin meningkat. Arus yang semakin tinggi akan menghasilkan panas yang lebih tinggi yang akan membuat daerah daerah HAZ melebar. Dan hasil dari pengujian impact yang didapat menunjukkan, nilai kekuatan tertinggi didapat dari benda yang memiliki lebar HAZ yang paling tinggi.

Rahmawan, Nadhif (2008) dalam penelitiannya mengenai pengaruh *preheating* dan *postheating* terhadap retak las, lebar HAZ, struktur mikro dan sifat mekanis pada pengelasan GMAW baja SHT 490. menganalisa pengaruh *preheat-postheat* terhadap terjadinya retak las, lebar daerah HAZ dan juga membandingkan pengaruhnya terhadap struktur mikro, keuletan, kekerasan dan kekuatannya. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa Variasi treatment pada pengelasan GMAW baja SHT490 yaitu *preheat* (200°C), *preheat-postheat* (250°C) dan tanpa *preheat + postheat*. Berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa spesimen non *preheat-postheat* memiliki kekuatan tarik dan kekuatan luluh serta kecenderungan retak yang paling tinggi dibandingkan spesimen *preheat-postheat* maupun spesimen *preheat* saja. Spesimen non *preheat-postheat* juga memiliki angka kekerasan yang paling tinggi dan lebar HAZ yang paling sempit dibandingkan kedua spesimen yang lainnya.

## 2.2 Proses Pengelasan

### 2.2.1 Definisi dan Klasifikasi Pengelasan

Pada proses pembuatan suatu konstruksi, baik konstruksi bangunan maupun konstruksi mesin. Pada masa ini teknologi sudah sangat luas dipergunakan dalam bidang teknik. Sambungan yang menggunakan cara ini lebih ringan, ringkas serta biaya murah.

Berdasarkan dari Deutsche Industri Normen (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain las adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan mempergunakan energy panas. Sedangkan Berdasarkan American Welding Society (AWS), proses pengelasan adalah proses penyambungan material dengan menggunakan kumpuh las, sedangkan kumpuh las didefinisikan sebagai logam yang membeku dari logam yang sebelumnya berada dalam keadaan cair akibat pemanasan pada temperatur tertentu dengan atau tanpa penekanan.

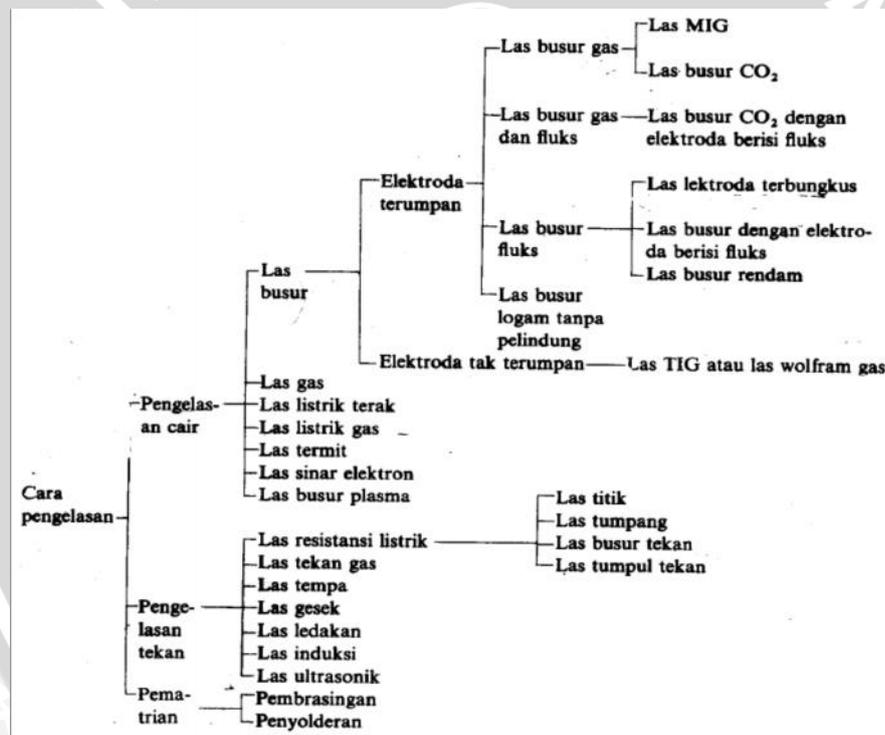
Dari kedua definisi tadi dapat disimpulkan bahwa proses las adalah proses yang menggunakan energy panas dan temperatur yang dicapai sangat tinggi. Akibat pemanasan,

pencairan dan kemudian pendinginan maka logam akan mengalami perubahan ukuran maupun perubahan bentuknya. (Wiriyosumarto, 1996 : 1)

Berdasarkan cara kerjanya pengelasan dapat dibagi menjadi tiga kelas utama yaitu :

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

Lebih lanjut klasifikasi cara pengelasan dapat dirinci sesuai ketiga kelas utama tersebut diatas. Secara lengkap perinciannya dapat dilihat pada skema dibawah ini :



Gambar 2.1 Klasifikasi proses pengelasan.

Sumber : Wiriyosumarto (1994 : 8)

### 2.2.2 Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*)

*Metal Inert Gas* (MIG) adalah jenis las listrik yang menggunakan bahan kawat las sebagai elektroda terumpannya. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Untuk mencegah terjadinya oksidasi selama pengelasan digunakan gas pelindung berupa gas mulia seperti helium, argon atau campuran keduanya. Untuk memantapkan busur kadang

kadang ditambahkan gas O<sub>2</sub> antara 2 sampai 5 % atau CO<sub>2</sub> antara 5 sampai 20%. Dalam banyak hal penggunaan las MIG sangat menguntungkan . hal ini disebabkan karena sifat sifatnya yang baik, misalnya :

- Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
- Karena dapat menggunakan arus yang tinggi maka kecepatannya juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik
- Terak yang terbentuk cukup banyak
- Ketangguhan dan elastisitasnya, kekedapan udara, ketidak pekaan, terhadap retak dan sifat sifatnya lainnya lebih baik dari pada yang dihasilkan dengan cara pengelasan lain.

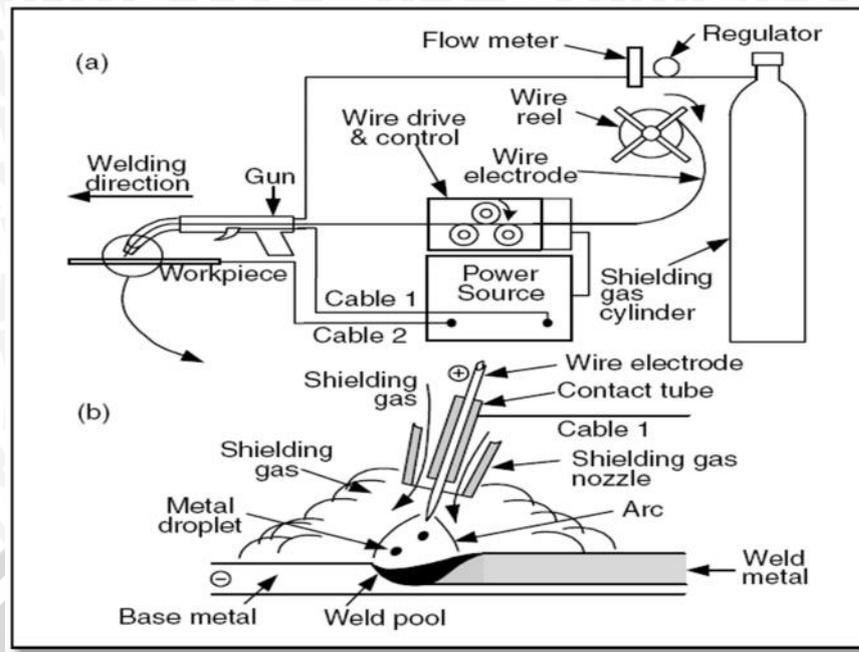
Sedangkan kekurangannya antara lain :

- Harga gas pelindung seperti helium, argon relative lebih mahal
- Agak sukar untuk pengelasan posisi tegak dan untuk pelat pelat tipis

Secara umum ada 4 variable utama pada MIG yaitu tegangan busur, arus pengelasan, kecepatan pengelasan (*travel speed*) dan gas pelindung

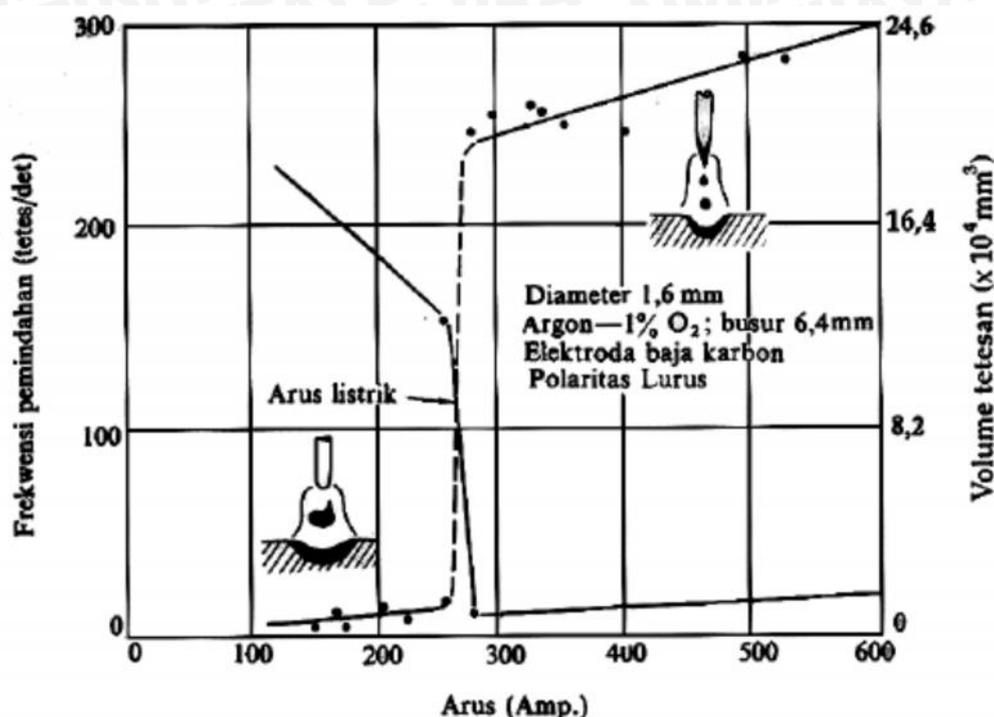
#### 1. Arus Pengelasan

Arus pengelasan sangat menentukan penetrasi las karena berbanding langsung dan paling tidak secara eksponensial. Arus pengelasan juga mempengaruhi tegangan. MIG dapat menggunakan arus AC (*alternating current*) atau DC (*direct current*). Pemilihan arus tergantung jenis bahan yang akan di las. Keunggulan penggunaan listrik arus DC adalah mantapnya busur yang ditimbulkkan, sehingga sangat sesuai untuk pengelasan plat yang sangat tipis. Sedangkan arus AC lebih sering dipergunakan karena pertimbangan harga, mudahnya penggunaan dan sederhananya perawatan.. dengan arus pengelasan yang tinggi maka ujung dari elektroda akan selalu runcing. Hal ini menyebabkan butir butir logam cair menjadi halus dan pemindahannya berlangsung dengan cepat, seakan – akan disemburkan. Hal ini tampak pada gambar 2.4



Gambar 2.2 Pengelasan MIG (a) keseluruhan dan (b) daerah pengelasan.  
Sumber: Kou (2003:20)

Selain itu dengan arus yang tinggi mengakibatkan suhu peleburan logam akan tinggi. Ini mengakibatkan butiran logam lebih bisa berkembang sehingga dapat meningkatkan kekuatannya. Sebaliknya bila arus pengelasan rendah maka ujung elektroda akan tumpul, hal ini menyebabkan butir-butir logam cair menjadi besar dan pemindahannya berlangsung dengan lama. Selain itu suhu peleburannya akan rendah, ini mengakibatkan butir-butir logam tidak bisa berkembang dan kekuatannya rendah. (Wirjosumarto, 1996 : 20) . Pengaruh perubahan arus terhadap ukuran dan frekuensi tetesan logam dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.3 pengaruh arus terhadap ukuran dan frekuensi tetesan  
 Sumber ; Wiryosumarto, Harsono 1996 : 21

### 2.2.3 Pengelasan Baja Karbon Rendah

Berdasarkan *American Iron and Steel Institute* (AISI), baja dianggap baja karbon jika kandungan unsur selain Fe dan C seperti Cr, Co, Mo, Ni, Nb, Ti, V, Zr dan unsur lain yang ditambahkan untuk mendapatkan efek paduan yang dikehendaki tidak lebih dari 5 % atau ketika kandungan maksimal paduan yang ditentukan yaitu: 0,65 % Mn; 0,6 % Si; 0,6 % Cu dan unsur lain tidak lebih dari kandungan unsur-unsur tersebut. Baja karbon yang memiliki kandungan karbon di bawah 0,30 % disebut baja karbon rendah. Baja karbon dengan kandungan 0,30 sampai 0,50 % C disebut baja karbon menengah; dan baja karbon yang mengandung 0,50 sampai 1,00 % C disebut baja karbon tinggi (AWS, 1982:9). Semakin tinggi kandungan karbon, maka kekuatan dan kekerasannya akan semakin bertambah, akan tetapi perpanjangannya (*elongation*) semakin menurun.

Baja karbon rendah memiliki kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya atau dengan baja karbon paduan. Tetapi retak las pada baja ini dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat tebal atau bila di dalam baja tersebut terdapat belerang bebas yang cukup tinggi.

Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapannya sempurna dan persyaratannya dipenuhi.

Pada kenyataannya baja karbon rendah adalah baja yang mudah dilas. Retak las yang mungkin terjadi pada pengelasan pelat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau mencegah adanya *hydrogen porosity* dengan menggunakan elektroda hidrogen rendah, serta metode-metode yang lain.

### 2.2.4 Weldability pada Pengelasan

Pengertian *weldability* menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) adalah sifat mampu las yang dimiliki oleh suatu material dan dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu:

1. Jenis material

Jenis material ditentukan oleh komposisi kimia, sifat metalurgi dan sifat mekanik dari material. Dimana komposisi kimia dan sifat metalurgi mempengaruhi karakteristik sifat mekanik dari material tersebut. Selain itu, unsur paduan lain juga menentukan sifat mekanik dari material tersebut.

2. Faktor keamanan perencanaan

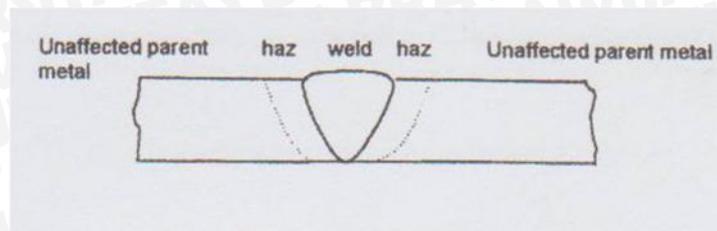
Terdiri dari perencanaan dan tegangan yang terjadi pada benda kerja. Kedua hal tersebut sangat berpengaruh terhadap hasil pengelasan yang diinginkan. Tahap perencanaan meliputi energi yang bekerja pada benda kerja, dimensi material, serta pengaturan sambungan. Tegangan yang terjadi pada benda kerja dipengaruhi oleh tipe dan tingkat tegangan, temperatur dan korosi.

3. Proses pengelasan

Proses pengelasan terdiri dari tiga tahapan yaitu persiapan, eksekusi, dan perlakuan setelah proses pengelasan. Tahap persiapan meliputi penentuan metode pengelasan, tipe sambungan, perlakuan panas sebelum proses dan kondisi lingkungan. Tahap eksekusi meliputi penentuan parameter pengelasan yaitu masukan panas serta kontrol panas. Tahapan *finishing* setelah proses pengelasan adalah penentuan perlakuan panas setelah proses pengelasan dan proses gerinda.

### 2.3 Siklus termal las

Daerah las terdiri dari 3 bagian utama yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas yang dalam bahasa inggrisnya HEAT Affected Zone, atau sering disebut HAZ serta daerah logam induk



Gambar 2.4 HAZ

Sumber : Wiryosumartono, 1994 : 29

Daerah ketiga ini bagian yang mengalami perubahan struktur hanyalah daerah logam lasan dan HAZ. Sedangkan daerah logam induk tidak mengalami perubahan struktur karena tidak mendapat masukan panas. Logam las adalah bagian dari logam yang pada waktu pengelasan mencari dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas / HAZ adalah daerah logam induk yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat di daerah lasan (Wiryosumarto, 1991 : 58) pengelasan menghasilkan temperature yang kompleks disepanjang daerah lasan yang juga menghasilkan variasi panas pengelasan didaerah lasan. Panas pengelasan akan mencairkan logam lasan, selanjutnya panas tersebut akan merambat dan terdistribusi kedalam lasan yang lain. Setelah proses pengelasan di hentikan, maka logam cair akan membeku dimana kecepatan pendinginan sangat berpengaruh terhadap kualitas sambungan las yang dihasilkan. Disamping kuatnya daerah utama tersebut masih terdapat daerah yang membatasi antar daerah logam las dengan haz yang disebut dengan daerah batas butir.

Struktur dan sifat mekanik dari HAZ sangat dipengaruhi oleh siklus termal yang terjadi di daerah lasan yaitu proses pemanasan dan pendinginan yang terjadi di daerah lasan. Jumlah masukan panas dan lamanya pendinginan dalam suatu daerah tertentu sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil lasan. Struktur logam pada HAZ berubah secara berangsur angsur dari struktur logam induk ke struktur logam las. Pada HAZ yang dekat dengan garis lebur, kristalnya tumbuh dengan cepat dan membentuk butir butir kasar. Daerah ini yang disebut dengan batas las. Pada daerah ini dimana butir butirnya sangat kasar logam menjadi sangat getas dan ini disebut penggetasan batas las (Wiryosumarto, 1991 : 67)

Apabila jumlah masukan panasnya meningkat maka akan menyebabkan tingkat kegetasannya meningkat pula pada batas las ini terjadi konsentrasi tegangan yang disebabkan oleh gas diskontinitas pada kaki manic lasan takik serta retak las. Kegetasan dibatas las ini disamping disebabkan oleh butiran butiran yang kasar mungkin juga oleh cacat las akan titik titik pusat konsentrasi tegangan yang ada didalamnya (Wiryosumarto, 1991 : 68)

Faktor faktor yang mempengaruhi kecepatan pendinginan pada pada logam las pada siklus termal :

- Geometri las, mencakup ketebalan dari suatu benda kerja, bentuk dan ukuran dari endapan las dan sudut antara benda yang disambung.
- Karakteristik termal dari material, karakteristik termal dari material sering juga dihubungkan dengan konduktivitas termal dari material.

#### 2.4 Preheating

Kegunaan *preheating* dapat membantu melepaskan tegangan sisa dan mencegah retak pada logam las. Gas hidrogen merupakan salah satu penyebab retak logam las, dimana gas hidrogen berdifusi pada logam yang dipanaskan dan bergerak menjauhi tempat awal dan mengalami transformasi secara metalurgi.

Dengan *preheating* akan memperlambat laju pendinginan sehingga hidrogen yang berdifusi dalam logam las dapat keluar dan tidak terperangkap dalam logam las. Selain itu *preheating* dapat mengurangi pengerasan yang terjadi di HAZ dan mengurangi pengerasan logam dasar di dekat area las. Secara umum jika kekerasan setelah pengelasan pada HAZ tidak melebihi 35 HRC atau 327 BHN, *preheating* pada baja secara umum tidak diperlukan. Perlakuan *preheating* dipengaruhi oleh komposisi kimia logam, temperatur logam atau lingkungan dan tebal material.

#### 2.5 Polaritas pengelasan

Ada tiga polaritas yang umumnya ada pada mesin las tergantung pada listrik yang digunakan, namun pada pengelasan MIG hanya ada dua, yaitu AC dan DC+ . Arah aliran elektron disebut sebagai polaritas . Elektron umumnya mengalir dari bermuatan negatif ( terpolarisasi ) ke yang bermuatan positif . Jika arus searah digunakan dan benda kerja terhubung ke terminal positif disebut DCSP (polaritas lurus) (DC - ) . Di sisi lain , jika bahan induk terhubung ke terminal negatif dari power supply langsung disebut DCRP (polaritas terbalik) (DC + )

Jika arus bolak-balik digunakan polaritas disebut sebagai AC . Selain itu, sekitar 70 % dari panas di DC - polaritas diarahkan ke benda kerja dan 30 % dari panas diarahkan ke elektroda dan sebaliknya ketika DC + polaritas digunakan . Di AC polaritas sekitar 50 % dari panas diarahkan ke benda kerja dan 50 % dari panas diarahkan ke elektroda . Perbedaan dalam hasil distribusi panas dalam berbagai geometri las. Dalam DC - polaritas menghasilkan kolom las yang sempit dan dalam karena energi tinggi dalam logam induk . Busur memaksa

tetasan jauh dari benda kerja karena rendahnya tingkat emisi elektron dari elektroda negatif . Untuk + polaritas DC , hasil las dangkal .

Metode ini dapat digunakan untuk membersihkan permukaan benda kerja dengan mengetuk dari film oksida dengan ion positif dari shielding gas . AC polaritas memberikan penetrasi yang cukup baik dari kolam las dan pembersihan oksida , (Kou,2003).

## 2.6 Jenis dan bentuk kampuh las

Bentuk kampuh dalam sambungan las sangat mempengaruhi efisiensi pengerjaan dan jaminan konstruksi yang akan dilas. Dalam memilih bentuk kampuh harus memperhatikan ketebalan material yang akan disambung. Adapun jenis – jenis kampuh las untuk jenis sambungan tumpul adalah :

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

Gambar 2.5 Alur sambungan Las Tumpul  
Sumber : Wiryosumarto, Harsono, 1996 : 158

## 2.7 Baja

### 2.7.1 Definisi Baja

Baja merupakan paduan dari besi dan karbon dengan unsure lain dimana kadar karbonnya tidak melebihi 2%. Karbon merupakan unsure campuran utama dari baja. Pengaruh karbon pada baja dapat memberikan sifat keras pada baja, sehingga untuk keperluan – keperluan dibidang teknik maka pemilihan baja disesuaikan dengan kadar karbonnya (Sriati Djaprie, 1994 : 377).

Sebagian besar produksi logam adalah besi dan paduannya. Untuk memperoleh logam – logam yang mempunyai sifat yang diinginkan, ketahanan aus, kekerasan, ketahanan korosi, ketahanan gesek, keuletan dan sebagainya maka diperlukan penambahan bahan bahan lain ke dalam besi. Penambahan ini akan memberikan keuntungan – keuntungan yang besar terhadap sifat – sifat mekani dan kimiawi (Tata Surdia, 1999 : 77 )

## 2.8 Laju Pendinginan (*Cooling Rate*)

Untuk pelat yang tebal (memerlukan lebih dari 6 layer dalam pengelasannya), kecepatan pendinginan yang terjadi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$R = \frac{2\pi.k(T_c - T_o)^2}{H_{net}} \quad (\text{Kou, 2003}) \quad (2-1)$$

dengan:

R = kecepatan pendinginan pada garis tengah las ( $^{\circ}\text{C}.\text{s}^{-1}$ )

k = konduktifitas termal ( $\text{J}.\text{mm}^{-1}.\text{s}^{-1}.\text{^{\circ}\text{C}}^{-1}$ )

$T_o$  = temperatur awal pelat ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_c$  = temperatur dekat temperature *Pearlite* atau “nose” dari diagram TTT ( $^{\circ}\text{C}$ ), untuk baja,

$T_c = 550^{\circ}\text{C}$

$H_{net}$  = masukan panas persatuan panjang ( $\text{J}.\text{mm}^{-1}$ ),

$$H_{net} = \frac{\eta E I}{v} \quad (\text{Kou, 2003}) \quad (2-2)$$

dengan:

$\eta$  = efisiensi sumber panas

E = tegangan (volt)

I = arus listrik (ampere)

v = kecepatan pengelasan ( $\text{mm}.\text{s}^{-1}$ )

Untuk pelat yang tipis (memerlukan kurang dari 4 layer dalam pengelasannya), kecepatan pendinginannya sebagai berikut: (Tsai, 1995:12)

$$R = 2\pi.k.\rho.C_s.\left(\frac{h}{H_{net}}\right)^2 (T_c - T_o)^3 \quad (\text{Kou, 2003}) \quad (2-3)$$

dengan :

h = ketebalan logam dasar

$C_s$  = panas spesifik volumetrik, untuk baja sebesar  $0,0044 \text{ J}.\text{mm}^{-3}.\text{^{\circ}\text{C}}^{-1}$

Persamaan kecepatan pendinginan diatas berlaku untuk kecepatan pendinginan pada garis tengah las (*center line weld*). Untuk menentukan apakah suatu pelat yang digunakan

merupakan pelat tebal atau pelat tipis, didefinisikan sebuah *dimensionless quantity* yang disebut dengan *the relative plate of thicknes* ( $r$ ). Persamaan kecepatan pendinginan untuk pelat tebal digunakan, apabila  $r$  lebih besar dari 0,75 dan persamaan kecepatan pendinginan untuk pelat tipis digunakan, apabila  $r$  kurang dari 0,75.

## 2.9 Baja QTS (*Quench-Tempered Steel*)

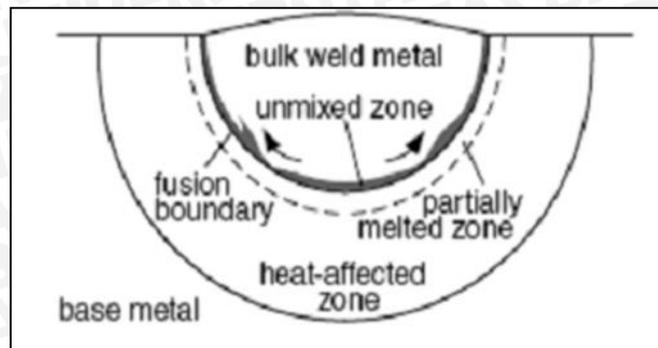
Baja *hot roll quenched* merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,29342 % yang diproduksi PT. Krakatau Steel dengan proses rol panas (pada suhu 20-30° di atas  $A_{C3}$ ) yang kemudian disemprot dengan air (*quench*) yang dimaksudkan untuk meningkatkan kekuatan baja tersebut. Setelah itu diberikan proses *finishing* berupa proses perlakuan panas *tempering* sehingga produk pelat ini dinamakan *Hot Roll Quench-Tempered Steel* (QTS).

*Tempering* dilakukan untuk menurunkan tegangan dalam, melunakkan baja dan meningkatkan keuletan baja yang telah dikeraskan (Kamenichny, 1969:93). Baja yang telah melalui proses *quenching* dipanaskan pada suhu di bawah  $A_{C1}$ . Waktu *holding* yang digunakan tidak kurang dari 30-40 menit, dan pendinginan dilakukan di udara ruang. Martensit yang dihasilkan dari proses *quenching* sebagai fasa metastabil mengandung karbon sebagai larutan padat. Pada suhu di bawah  $A_{C1}$  dalam waktu yang cukup lama, larutan karbon yang lewat jenuh ini terus berubah menjadi bentuk ferit dan karbida (martensit temper) yang lebih stabil. Martensit temper ini lebih tangguh daripada martensit metastabil sehingga merupakan bahan yang banyak digunakan meskipun lebih lunak (Vlack, 1991:411).

Karena proses yang sedemikian rupa, baja QTS memiliki kekerasan yang tinggi, sehingga tidak dapat ditembus peluru. Akan tetapi baja ini memiliki kekurangan terkait sifat mampu lasnya (*weldability*). Indikasinya adalah hasil sambungan las baja ini dalam beberapa waktu tertentu mengalami retak las (*delay cracking*) dan rentannya daerah sambungan ditembus peluru. Resiko retak akan meningkat akibat adanya hidrogen selama pengelasan yang menimbulkan cacat porositas (Kou, 2003:411).

## 2.10 Daerah Hasil Pengelasan

Daerah hasil pengelasan secara umum dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.6 Pembagian daerah lasan.

Sumber : Kou (2003 : 254)

Daerah lasan terdiri dari 5 daerah, yaitu :

- a. Logam induk (*base metal*)  
Adalah logam dasar yang tidak terpengaruh, dimana panas atau suhu pengelasan tidak menyebabkan perubahan struktur dan sifat dari logam tersebut.
- b. Logam lasan (*weld metal*)  
Adalah bagian dari penggabungan logam pengisi dengan logam induk yang mencair dan kemudian membeku.
- c. Daerah pengaruh panas (*heat affected zone/HAZ*)  
Adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan yang cepat.
- d. Daerah batas las (*fusion boundary*)  
Adalah daerah batas antara daerah las (*weld metal*) dengan HAZ.
- e. *Unmixed zone*  
Adalah daerah cair di antara daerah batas las (*fusion boundary*) dengan HAZ yang diam selama sirkulasi logam cair.

## 2.11 Pengujian impact

Pengujian impact merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengetahui ketangguhan suatu material. Ketangguhan merupakan sifat material yang menunjukkan banyaknya energi yang dapat diserap oleh material untuk mematahkan spesimen (Smith, William F., 2004 : 248). Dalam pengujian impact, spesimen (benda kerja) mendapatkan beban kejut hingga spesimen mengalami patah. Dengan data yang didapatkan dalam pengujian impact dan perhitungan yang dilakukan dapat diketahui besar energi yang dapat diserap material sebelum material mengalami kerusakan (patah).

Terdapat beberapa metode dalam pengujian dampak antara lain:

a. Pengujian Tarik Kejut (*Tensile Impact Test*)

Pada pengujian tarik kejut, salah satu ujung spesimen dijepit sedangkan ujung yang lain mendapatkan beban tarik secara kejut. Biasanya digunakan untuk material yang ulet.

b. Pengujian Puntir Kejut (*Torsion Impact Test*)

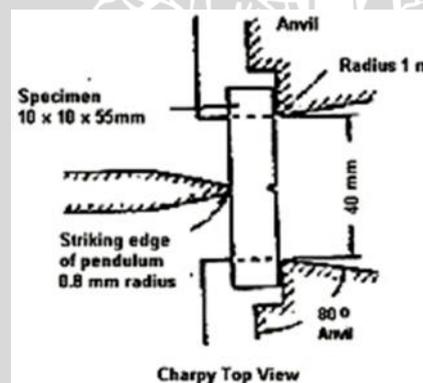
Pada pengujian puntir kejut, salah satu ujung spesimen dijepit sedangkan ujung yang lain mendapatkan beban puntir secara kejut.

c. Pengujian Pukul Takik

Pada pengujian pukul takik spesimen sebelumnya diberi takik dengan bentuk dan dimensi tertentu dan kemudian mendapatkan beban pukulan secara kejut. Dalam hal ini energi yang digunakan untuk mematahkan spesimen berasal dari energi potensial dari pendulum yang digunakan untuk memberi beban pukulan pada spesimen. Dalam pengujian pukul takik terdapat 2 cara pembebanan, antara lain:

a. Metode *Charpy*

Dalam pengujian dampak dengan metode *charpy*, spesimen (benda kerja) dibuat sesuai dengan bentuk dan dimensi yang standar. Pada pengujian, spesimen ditumpu pada kedua ujungnya dan posisi takik membelakangi pendulum, sehingga pendulum akan memukul punggung takik, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4 berikut :



Gambar 2.7. Skema pengujian dampak, metode *charpy*

Sumber : Pranoto, Bardji.Ir.1992: 24

b. Metode *Izod*

Dalam pengujian dampak dengan metode *izod*, benda kerja (spesimen) dibuat sesuai dengan bentuk dan dimensi yang standar. Pada pengujian spesimen dijepit pada salah satu ujungnya tepat dibibir takikan, posisi takik menghadap pendulum (pemukul).

Pada spesimen yang telah dilakukan pengujian impak, akan dapat diketahui jenis patahan yang dihasilkan. Adapun jenis –jenis patahan tersebut antara lain:

a. Patahan Getas

Ciri-cirinya adalah permukaan patahan rata dan mengkilap, apabila disambung kembali, kedua permukaan potongan akan menyambung dengan baik. Hal ini disebabkan pada saat proses patahnya, spesimen tidak mengalami deformasi.

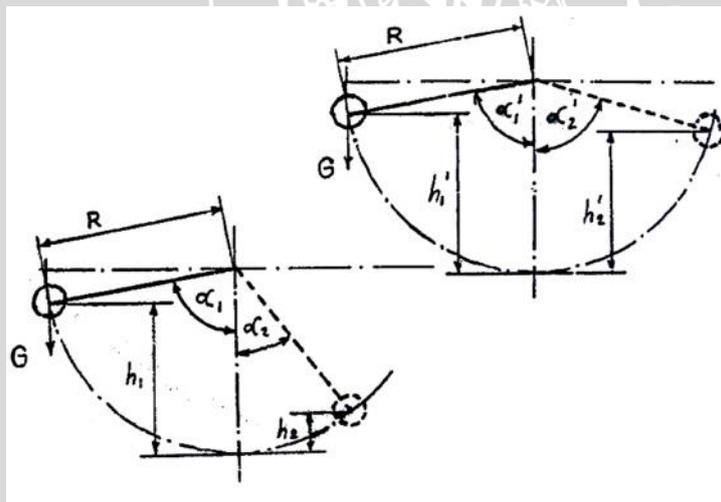
b. Patahan Liat

Ciri-cirinya adalah permukaan patahan tidak rata dan tampak seperti beludru, buram dan berserat. Hal ini disebabkan pada saat terjadi patah, spesimen mengalami deformasi sehingga terjadi proses penyobekan logam.

c. Patahan Campuran

Ciri-cirinya adalah permukaan patahan sebagian terdiri dari patahan getas dan sebagian yang lain adalah patahan liat

Adapun rumus yang digunakan dalam pengujian impak dengan metode pukul takik dapat diturunkan berdasarkan gambar 5. berikut:



Gambar 2.8 Skema pengujian impak, metode pukul takik  
Sumber : Pranoto, Bardji.Ir.1992: 24

Keterangan :

$h_1$  = jarak ayunan pendulum dalam lintasan sudut  $\alpha_1$

$h_2$  = jarak ayunan pendulum dalam lintasan sudut  $\alpha_2$

$h_1'$  = jarak ayunan pendulum dalam lintasan sudut  $\alpha_1'$

$h_2'$  = jarak ayunan pendulum dalam lintasan sudut  $\alpha_2'$

$R$  = radius lintasan pendulum

$G$  = berat pendulum (kg)

$F_0$  = luas penampang patahan benda kerja ( $\text{cm}^2$ )

a. Energi yang diperlukan secara ideal

$$\begin{aligned} A_a &= m.g.h_1 - m.g.h_2 \\ &= G.(h_1 - h_2) && (\text{verma, ER.CL, 1976}) && (2-4) \\ &= G.R. [\cos(90^\circ - r_1^\circ) - \cos S^\circ] \end{aligned}$$

b. Kerugian energi pada alat

$$f = G.R. [\cos(90^\circ - r_0^\circ) - \cos S^\circ] \quad (\text{verma, ER.CL, 1976}) \quad (2-5)$$

c. Energi aktual yang dibutuhkan

$$A = A_a - f \quad (\text{verma, ER.CL, 1976}) \quad (2-6)$$

d Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen tiap satuan luas penampang

$$A_k = \frac{A}{F} \quad (\text{verma, ER.CL, 1976}) \quad (2-7)$$

## 2.12 Pengujian Macrography

Pengujian ini adalah salah satu metode yang biasanya digunakan untuk melihat hasil dari pengujian spesimen. Pada dasarnya metode ini bisa dilakukan dengan kasat mata, namun untuk tujuan penelitian, perlu digunakan alat untuk mengambil gambar dengan pembesaran yang sama dan dengan cara ini, mampu mengukur secara rinci dimensi benda uji.

## 2.13 Hipotesis

*Preheating* dalam proses pengelasan berpengaruh terhadap laju pendinginan setelah pengelasan. Semakin tinggi suhu *preheat* maka laju pendinginannya semakin rendah. Laju pendinginan yang rendah akan memperlebar dimensi HAZ lasan dan menaikan kekuatan *impact* benda.