

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sugiarto dan Denny W (2007) dalam tulisannya berjudul pengaruh penambahan magnet eksternal terhadap perubahan siklus termal dan struktur butiran HAZ. Penelitian tersebut menggunakan baja JIS G 3131 SPHC yang dilas SMAW dengan variasi kuat medan magnet yang ditambahkan sebesar 0,864 mt; 1,529 mt; 1,871 mt; 2,093 mt. Hasil dari penelitian ini adalah penambahan induksi magnet dari luar berpengaruh pada siklus termal, temperatur puncak las, dan struktur butiran las. Semakin besar induksi magnet yang ditambahkan menghasilkan temperature puncak dan laju pendinginan pada grafik siklus termal semakin menurun. Temperature puncak dan laju pendinginan yang semakin rendah menghasilkan struktur butiran las yang semakin besar.

Zhena dkk (2014) dalam penelitiannya tentang pengaruh induksi magnet eksternal terhadap laju pendinginan dan kekuatan impak hasil pengelesan baja QTS, dari penelitiannya didapat hasil bahwa pada pendinginan cepat yang terjadi pada specimen tanpa penambahan induksi magnet terbentuk butiran yang kecil. Dan pada penambahan induksi magnet yang semakin besar, dengan pendinginan yang lambat terbentuk struktur butiran yang besar. Hal tersebut tentu berdampak pada tingkat keuletan material las. Sehingga semakin kecil laju pendinginan maka akan membentuk material yang ulet, begitu juga sebaliknya, laju pendinginan yang cepat akan membentuk material yang getas sehingga berpengaruh pada kekuatan impaknya.

2.2 Proses Pengelasan

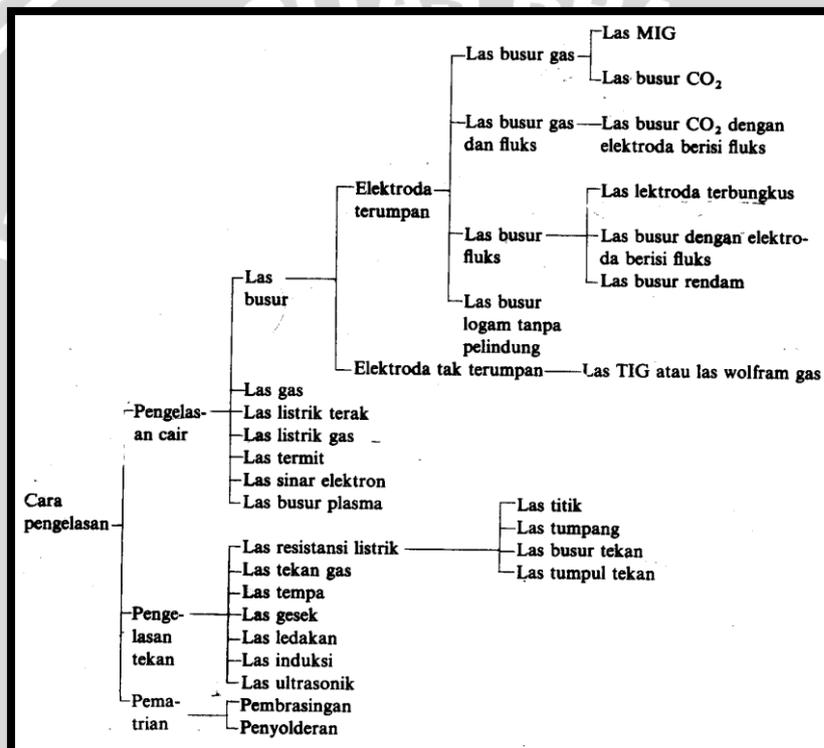
2.2.1 Definisi dan Klasifikasi Pengelasan

Berdasarkan definisi 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. (Wiryo Sumarto, 1994:1)

Berdasarkan cara kerja, proses pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan, dan pematrian.

- a) Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan gas yang terbakar
- b) Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu
- c) Pematrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang memiliki titik lebur rendah. Dalam cara ini logam induk tidak ikut mencair.

Adapun perincian lebih lanjut mengenai klasifikasi proses pengelasan dapat digambarkan dalam gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Klasifikasi Proses Pengelasan

Sumber : Wiryosumarto, (1994 : 8)

2.2.2 Pengelasan Baja Karbon

2.2.2.1 Klasifikasi Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu (Wiryosumarto, 1994:89). Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya sesuai dengan tabel 2.1. Secara umum, baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,30 %; Baja karbon sedang memiliki kadar karbon 0,30 sampai 0,45 % karbon dan baja karbon

tinggi berisi karbon 0,45 sampai 1,70 %. Semakin tinggi kadar karbon, maka kekuatan dan kekerasannya akan semakin bertambah, akan tetapi perpanjangannya (*elongation*) semakin menurun.

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	95–100	pelat tipis
	Baja sangat lunak 0,08–0,12	20–29	36–42	40–30	80–120	batang, kawat
	Baja lunak 0,12–0,20	22–30	38–48	36–24	100–130	Konstruksi umum.
↓ Baja setengah lunak 0,20–0,30	24–36	44–55	32–22	112–145		
Baja karbon sedang	↑ Baja setengah keras 0,30–0,40	30–40	50–60	30–17	140–170	Alat-alat mesin.
	Baja Karbon tinggi 0,04–0,50	34–46	58–70	26–14	160–200	Perkakas
	↓ Baja sangat keras 0,50–0,80	36–47	65–100	20–11	180–235	Rel, pegas, dan kawat piano

Sumber : Wiryosumarto (1994 : 90)

2.2.2.2 Pengelasan Baja Karbon Rendah

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 prelat tebal dapat dihindari dengan pemanasan mula atau dengan menggunakan elektroda hidrogen rendah.

2.2.3 Pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*)

Pada pengelasan MIG, kawat las pengisi juga berfungsi sebagai elektroda yang diumpankan secara terus-menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk. Gas pelindung dalam pengelasan jenis ini utamanya digunakan untuk melindungi daerah pengelasan yang mencair (*molten metal*) dari oksidasi oleh udara atmosfer. Gas pelindung yang digunakan biasanya adalah gas argon, helium atau campuran dari

keduanya. Untuk memantapkan busur, kadang-kadang ditambahkan gas O₂ antara 2 sampai 5 % atau CO₂ antara 5 sampai 20 %. Keuntungan penggunaan las MIG jika dibandingkan dengan pengelasan lain, yaitu:

- 1) Karena konsentrasi busur yang tinggi, maka busurnya sangat mantap dan percikannya sedikit sehingga memudahkan operasi pengelasan.
- 2) Karena dapat menggunakan arus yang tinggi, kecepatan pengelasan juga sangat tinggi, sehingga efisiensinya sangat baik.
- 3) Terak yang terbentuk cukup banyak.
- 4) Ketangguhan dan elastisitas, kedekatan udara, ketidakpekaan terhadap retak dan sifat-sifat lainnya lebih baik daripada yang dihasilkan dengan cara pengelasan lain.

Karena hal-hal tersebut di atas, maka las MIG banyak sekali digunakan dalam praktek terutama untuk pengelasan baja-baja kualitas tinggi seperti baja tahan karat, baja kuat dan logam-logam bukan baja yang tidak dapat dilas dengan cara lain.

Dalam las MIG, biasanya digunakan listrik arus searah dengan tegangan tetap sebagai sumber tenaga. Dengan sumber tenaga ini, biasanya penyemburan terjadi bila polaritasnya adalah polaritas balik. Disamping polaritas, pemilihan arus dan gas pelindung juga memegang peranan penting dalam pengelasan jenis ini. Karena busur dalam las MIG konsentrasinya tinggi, maka jelas bahwa penetrasinya sangat dalam di tempat busur dan segera mendangkal di daerah sekitarnya.

Kawat pengisi dalam las MIG biasanya diumpankan secara otomatis, sedangkan alat pembakarnya digerakkan dengan tangan dengan ini tercipta suatu alat las semi otomatis seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Kadang-kadang, las MIG juga dilaksanakan secara otomatis penuh, dimana alat pembakarnya ditempatkan pada suatu kedudukan pengelasan yang berjalan (*welding carriage*).



Gambar 2.2 Mesin las MIG
Sumber: *Anonymous* (2011)

2.2.4 *Weldability* pada Pengelasan

Pengertian *weldability* menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) 8528 (ISF,2008:1) 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.

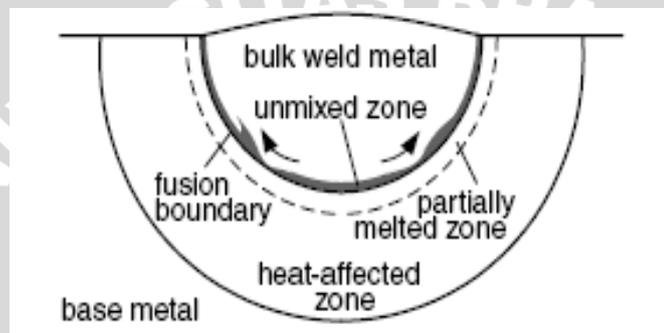
3. Proses pengelasan

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 Daerah Hasil Pengelasan

Daerah yang terpenting dari suatu sambungan las adalah daerah pengaruh panas, yaitu daerah yang bersebelahan dengan daerah lasan, sehingga pemanasan pada saat pengelasan dapat menimbulkan perubahan metalurgi di daerah tersebut. Daerah-daerah sambungan pada las dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pembagian daerah lasan
Sumber : Kou (2003 : 254)

Daerah lasan terdiri dari 4 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 Batas Las (*Fusion Boundary*)

Adalah daerah batas antara daerah las (*weld metal*) dengan HAZ.

d. 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.

Di dalam daerah HAZ terdapat daerah batas las (*fusion boundary*) dengan HAZ yang disebut *unmixed zone*.

2.4 Konveksi pada *Weld Pool*

Berdasarkan definisi dari *American Heritage Dictionary*, konveksi merupakan pergerakan fluida yang disebabkan adanya gaya eksternal (Messler, 1999: 291), dimana fluida pada *weld pool* adalah logam cair. Konveksi pada kolam las tersebut dapat ditingkatkan dengan cara memperbesar gaya-gaya yang bekerja pada kolam las tersebut. Adapun gaya-gaya pada *weld pool* antara lain :

1. Gaya Angkat Permukaan / Gaya *Bouyancy* (F_b)

Gaya *bouyancy* merupakan gaya yang diakibatkan oleh adanya perbedaan densitas pada daerah kolam las. Perbedaan densitas yang terjadi disebabkan oleh adanya perbedaan temperatur lokal atau komposisi lokal pada *weld pool*. Adapun besar gaya *bouyancy* dapat dinyatakan dalam rumusan berikut:

$$F_B = -\rho \cdot \beta \cdot g \cdot (T - T_o) \quad (\text{Kou, 1987: 91}) \quad (2-1)$$

dimana :

ρ = densitas logam cair [kg/m³]

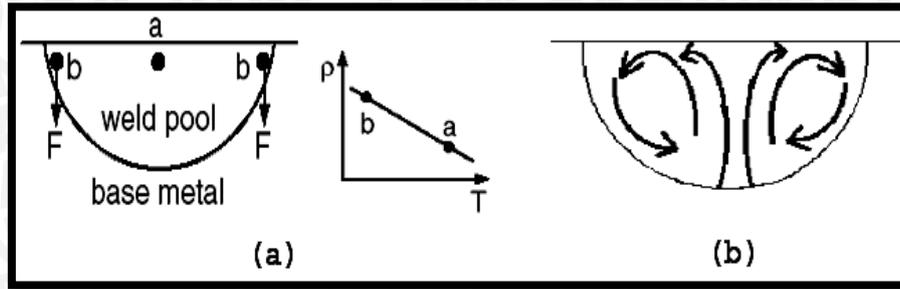
β = koefisien ekspansi termal logam cair [m/°K]

g = percepatan gravitasi [m/s²]

T = temperatur tinjauan [°K]

T_o = temperatur referensi (temperatur kamar) [°K]

Gaya *bouyancy* adalah gaya yang menyebabkan logam las cair di bagian tengah kolam las yang relatif lebih panas, mengapung ke permukaan. Sementara logam yang di bagian pinggir kolam las yang temperaturnya cenderung lebih rendah tenggelam ke kolam las, arah gayanya seperti tampak pada gambar 2.4 a. dan aliran logam cairnya seperti tampak pada gambar 2.4 b.



Gambar 2.4 a. Arah gaya pada kolam las karena gaya angkat permukaan

b. Aliran pada kolam las karena gaya angkat permukaan

Sumber : Herrera (2003 : 2)

Gaya *bouyancy* ini memberikan pengaruh yang kecil pada sirkulasi logam las cair bila dibandingkan dengan gaya elektromagnetik. Oleh karena itu, gaya ini dapat diabaikan (Kou, 1987:92).

2. Gaya Tekan Permukaan /Gaya *Marangoni* (F_γ)

Gaya *Marangoni* adalah gaya yang diakibatkan oleh adanya perbedaan temperatur lokal, sehingga memunculkan perbedaan tegangan permukaan. Adanya gradien tegangan permukaan mengakibatkan gaya yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_\gamma = -\frac{\partial \gamma}{\partial T} \cdot \nabla T \quad (\text{Kou, 1987: 91}) \quad (2-2)$$

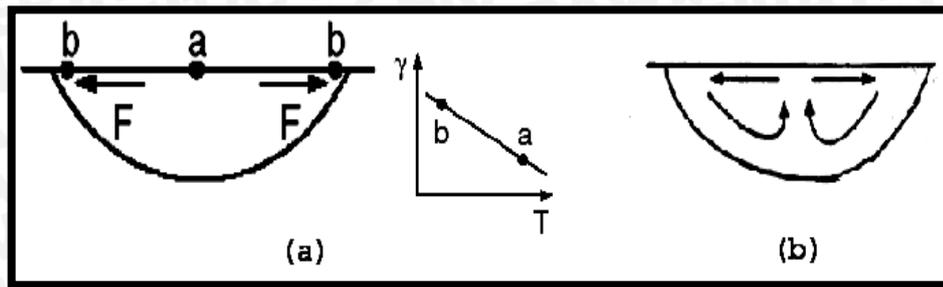
dimana :

γ = tegangan permukaan logam cair [N/mm²]

T = temperatur [°K]

∇T = gradien temperatur [°K]

Gaya *marangoni* menyebabkan logam cair mengalir dari pusat permukaan *weld pool* sampai tepi dan akan kembali lagi ke bawah permukaan *weld pool*, dan arah alirannya seperti tampak pada gambar 2.5 b. Penyebabnya seperti tampak pada gambar 2.5 a, dimana tegangan permukaan logam yang dingin cenderung lebih tinggi sehingga akan menarik cairan logam menjauh dari tengah ke titik b. Sedangkan cairan logam yang lebih panas, tegangan permukaannya lebih rendah berada di titik a. Maka akan mengakibatkan aliran bergerak secara radial. Fenomena ini secara lebih jelas dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.5 a. Arah gaya pada kolam las karena gaya tegangan permukaan
 b Aliran pada kolam las karena gaya tegangan permukaan

Sumber : Herrera (2003 : 2)

3. Gaya Elektromagnetik

Pada pengelasan listrik (*arc welding*) menimbulkan medan magnet dan medan listrik. Interaksi keduanya akan menimbulkan gaya elektromagnetik (gaya *lorentz*) yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

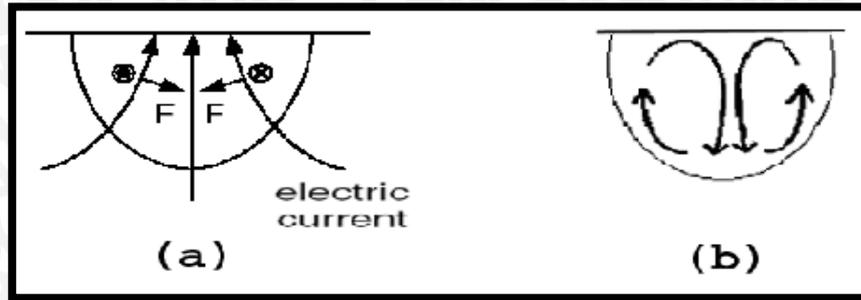
$$F_{em} = J \times \Phi \quad (\text{Kou, 1987: 91}) \quad (2-3)$$

dimana :

$$J = \text{rapat arus} \quad [\text{A}]$$

$$\Phi = \text{fluk medan magnet} \quad [\text{Wb}]$$

Adalah gaya yang menyebabkan aliran fluida pada pusat *weld pool* mengarah tegak lurus ke bawah dan menuju ke samping, seperti tampak pada gambar 2.6 b. Hal ini dikarenakan arus yang memusat di *weld pool* dan bersamaan dengan induksi medan magnet yang disebabkan oleh arus tersebut, yang menyebabkan gaya elektromagnetik mengarah ke bawah dan ke dalam *weld pool*, seperti tampak pada gambar 2.6 a, dengan demikian logam cair akan tertekan ke bawah sepanjang sumbu *weld pool* dan muncul sepanjang batas *weld pool*, seperti tampak pada gambar 2.6 b berikut :



Gambar 2.6 a. Arah gaya elektromagnetik

b. Aliran pada kolam las karena gaya elektromagnetik

Sumber : Kou (2003 : 115)

Gaya elektromagnetik di tengah kolam las akan mendorong logam las cair yang panas ke bawah sampai ke dasar kolam, sehingga perpindahan panas yang terjadi mengakibatkan sebagian dasar kolam las mencair dan *weld pool* semakin dalam (Messler, 1999:300). Gaya elektromagnetik dengan sirkulasi logam cair yang dihasilkan sangat berperan dalam proses pencampuran (*mixing*) dalam *weld pool*. Hal ini berpengaruh terhadap tingkat homogenitas komposisi dalam kolam las (Kou, 1987:100).

Gaya elektromagnetik dalam pengelasan listrik (*arc welding*) dapat ditingkatkan dengan 2 cara yaitu:

- a. Meningkatkan arus listrik yang digunakan dalam pengelasan sehingga rapat arus (J) dan rapat fluks magnet meningkat.
- b. Meningkatkan fluks magnetik (B) dengan menambahkan medan magnet eksternal.

Apabila meningkatkan gaya elektromagnetik dengan memperbesar arus pengelasan akan memperbesar masukan panas dan menimbulkan masalah baru seperti tegangan sisa, distorsi dan perubahan pada struktur mikro (Messler, 1999 : 306).

2.5 Pengaruh Konveksi *Weld Pool* pada Pengelasan

Konveksi yang terjadi pada kolam las cair selama proses pengelasan berlangsung akan mempengaruhi aliran fluida, dan akan mempengaruhi bentuk kolam las sebagai akibat pengikisan fluida yang disebabkan oleh distribusi panas, pencampuran yang akan

menentukan tingkat homogenitas kimia sebagai hasil *macrosegregation*, dan distribusi porositas akibat gas yang terlarut (Messler, 1999:291).

Konveksi ini akan berpengaruh pada homogenitas kimia dan solidifikasi manik las karena adanya proses sirkulasi selama konveksi berlangsung dan akan mempengaruhi hasil metalurgi dan sifat mekanik lasan. Adapun pengaruh konveksi pada pengelasan adalah :

a) Pengaruh Konveksi terhadap Penetrasi

Aliran fluida, dalam hal ini logam cair pada *weld pool* sangat mempengaruhi penetrasi. Karakteristik bentuk dari penetrasi tergantung pada arah dan kecepatan dari logam las cair. Pada konveksi *weld pool*, pengaruh gaya marangoni dan gaya elektromagnetik mengakibatkan *weld pool* menjadi dalam dan sempit (Kou, 1987:97).

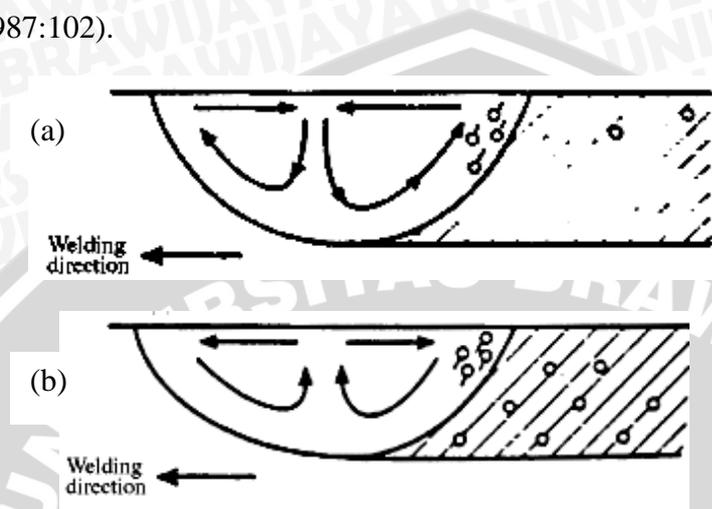
b) Pengaruh Konveksi terhadap Pemisahan (*Segregation*)

- i. Pada pengelasan dengan menggunakan logam penambah, terjadinya *macro segregation* apabila pencampuran (*mixing*) pada *weld pool* tidak sempurna dan pada pengelasan *disimilar*. Pada pengelasan listrik, gaya elektromagnetik memberi pengaruh yang besar terhadap proses pencampuran pada *weld pool*. Karena adanya konveksi yang terjadi, logam cair dapat tercampur dengan sempurna sebelum mengalami solidifikasi, sehingga homogenitas *weld pool* meningkat (Kou, 1987:100).
- ii. Pada umumnya, komposisi yang homogen pada *weld pool* tidak terjadi pada semua bagian. Adanya lapisan tipis di dekat batas las (*pool boundary*) yang memiliki kecepatan nol atau cenderung diam selama proses pencampuran berlangsung. Daerah ini memiliki komposisi yang berbeda dengan daerah lain yang mengalami sirkulasi. Daerah ini disebut *unmixed zone*. Dimana daerah ini rentan terhadap mekanisme kegagalan, terutama serangan korosi. Daerah ini tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat dikurangi dengan cara memperbesar konveksi. Yaitu dengan cara meningkatkan gaya elektromagnetik, sehingga *unmixed zone* terbawa arus konveksi yang diakibatkan gaya ini (Kou, 1987:100).

c) Pengaruh Konveksi terhadap *Gas Porosity* dan Inklusi

Pada proses pengelasan terjadi reaksi antara logam las cair, logam induk dan udara sekelilingnya. Hal ini terjadi karena pada kondisi panas, logam bersifat sangat reaktif. Porositas dan inklusi terbentuk akibat adanya interaksi antara logam cair panas permukaan kolam pada logam induk sehingga gas-gas yang terlarut pada logam cair

akan bereaksi dengan logam induk dan menyebabkan gelembung gas pada daerah *weld pool* yang dingin. Gelembung gas yang tinggal akan membentuk lubang-lubang halus saat solidifikasi. Konveksi yang terjadi pada *weld pool* secara teoritis dapat membantu melepaskan gelembung gas yang terbentuk ke atmosfer sebelum terjadi solidifikasi, dan bergantung pada arah konveksi yang terjadi pada *weld pool* terlihat pada gambar 2.7. (Kou, 1987:102).



Gambar 2.7 (a) Pola aliran karena gaya tegangan permukaan serta efeknya

(b) Pola aliran karena gaya elektromagnetik serta efeknya

Sumber : Kou (1987:102)

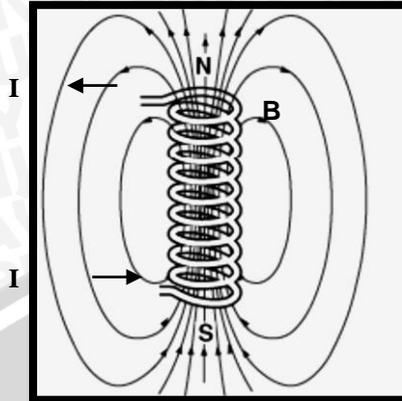
2.6 Medan Magnet Solenoida

Medan magnet dapat didefinisikan sebagai area di sekitar sebuah magnet atau sebuah penghantar yang dialiri arus listrik. Sedangkan vektor magnet dinamakan induksi magnet (*magnetic induction*), yang dapat dinyatakan dengan garis-garis induksi (*line of induction*).

Solenoida merupakan kumparan atau lilitan kawat yang biasanya membungkus inti logam dan dapat menghasilkan medan magnet apabila arus listrik dialirkan pada kumparan tersebut. *Solenoida* dapat menghasilkan medan magnet yang besarnya dapat dikontrol. Adapun arah garis medan magnet tergantung pada arah aliran arus listrik dalam kumparan (*solenoida*) yang dapat dijelaskan dalam gambar 2.8.

Apabila ke dalam solenoida dimasukkan bahan ferromagnetik seperti besi, baja, silikon, maka medan magnet yang dihasilkan akan bertambah besar. Peningkatan medan magnet yang terjadi pada *solenoida* merupakan penjumlahan antara medan magnet yang dihasilkan *solenoida* itu sendiri dan medan magnet eksternal yang dihasilkan inti *solenoida*

yang menjadi magnet. Peningkatan medan magnet yang terjadi tersebut dinamakan induksi magnetik atau rapat fluks magnetik.



Gambar 2.8. Arah garis medan magnet *solenoida*

Sumber : Sartono (2006 :8)

Besarnya peningkatan medan magnet yang terjadi diukur dengan menggunakan besaran yang dinamakan permeabilitas magnetik yang merupakan perbandingan antara induksi magnet yang dihasilkan (B), dengan kuat medan magnet yang terjadi (H) atau permeabilitas magnetik adalah kemampuan magnetisasi material yang merespon medan magnet linear dari luar, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$\mu = \frac{B}{H} \quad (2-4)$$

dimana :

μ	= permeabilitas magnetik	[N/A ²]
B	= induksi magnetik	[N/A.m]
H	= kuat medan magnet	[A/m]

Apabila dalam *solenoida* tidak terdapat inti logam maka permeabilitas magnetik merupakan permeabilitas ruang kosong (μ_0), dimana $\mu_0 = 4.\pi.k = 4\pi.10^{-7}$ N/A². Adapun nilai permeabilitas dari beberapa material dapat ditunjukkan pada tabel 2.2. berikut:

Tabel 2.2. Nilai permeabilitas relatif beberapa material

Jenis material	Permeabilitas (μ) [N/A^2]
Aluminium	1,25666
Tembaga	1,25662
Baja Karbon Rendah	1,28016
Stainless Steel 430	1,40160

Sumber : Sartono (2006 :7)

2.7 Perhitungan Prosentase struktur

Perhitungan prosentase struktur dilakukan untuk menentukan prosentase struktur dari fasa tertentu atau suatu kandungan tertentu. Teknik yang paling sederhana yaitu dengan melihat struktur mikro, memperkirakan luasan suatu fraksi, atau dengan membandingkan struktur mikro dengan pembesaran tertentu yang terdiri dari beberapa jenis dan gambar struktur. Salah satu metode yang digunakan adalah dengan menggunakan *software* bantu yaitu *imageJ*.

2.8 Metode Vickers

Uji kekerasan *Vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136 °. Sudut ini dipilih karena nilai tersebut mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada pengujian kekerasan *brinell*. Karena bentuk penumbuknya piramid, maka pengujian ini sering disebut pengujian piramid intan. Angka kekerasan intan, atau kekerasan *vickers* didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. Beban yang diberikan antara lain : 5, 10, 20, 30, 50, 100 dan 120 kg. Angka kekerasan dapat ditentukan dari persamaan berikut (Lakhtin, Y. 1977 :84) :

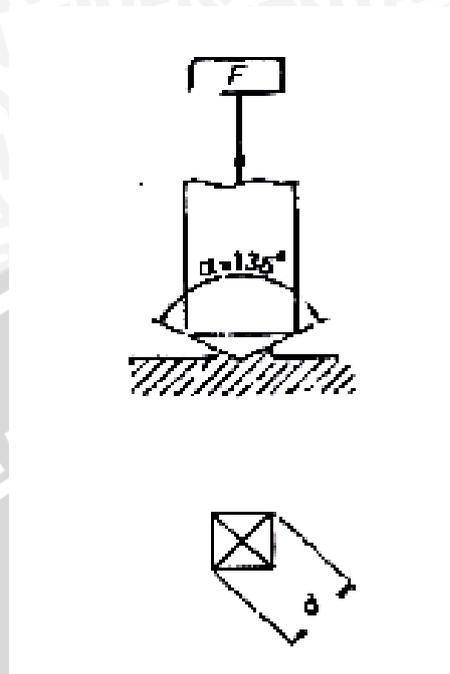
$$VHN = \frac{2.P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} = \frac{1,8544P}{d}$$

Dimana :

P = Beban yang diterapkan (kg)

D = Panjang diagonal rata-rata (mm)

θ = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan (136°)



Gambar 2.6 Vickers test

Sumber : Hadi Pranoto, Bardji : 8.

2.9 Hipotesa

Gaya elektromagnetik berpengaruh terhadap laju konveksi dan sirkulasi pada kolam las (*weld pool*). Semakin besar induksi magnet eksternal yang diberikan, maka semakin besar gaya elektromagnetik yang bekerja di dalam kolam las, sehingga laju konveksi dan sirkulasi pada kolam las akan semakin meningkat. Karena semakin meningkatnya laju konveksi dan sirkulasi, maka pencampuran logam dalam kolam las semakin merata sehingga mikrostruktur *HAZ* dan *unmixed zone* yang dihasilkan akan semakin homogen dan semakin tinggi nilai kekerasannya.