

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Aluminium alloy seri 5083 (Al-Mg) merupakan logam ringan yang memiliki berbagai kelebihan sehingga banyak diaplikasikan dalam dunia industri manufaktur dalam ruang lingkup yang sangat luas seperti konstruksi kapal, jembatan, konstruksi bangunan dan lain sebagainya. Hal tersebut dapat terjadi karena didalam logam tersebut memiliki sifat mekanis yang sangat baik dan *support* dalam proses produksi didunia industri, diantaranya yaitu mempunyai ketahanan terhadap korosi, kekuatan tarik *tensile strenght* yang baik, dan mampu las. Adapun penelitian mengenai material logam Aluminium seri 5083 telah banyak dilakukan. Berikut beberapa sifat-sifat mekanis dari AA 5083 H116 :

Tabel 2.1 Sifat Mekanis logam Aluliniium Alloy 5083 (Khan dkk,2015)

<i>Elongation (%)</i>	23
<i>Yield Strength (Mpa)</i>	110
<i>Ultimate Tensile Strength (Mpa)</i>	350
<i>Conductivity Temperature (W/mK)</i>	120

Adapun beberapa penelitian yang dilakukan khususnya pada bidang pengelasan bahan las aluminium MIG (*Metal Inert Gas*) atau GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dengan berbagai variasi dan hasil pengujian sebagai berikut :

Mudjjiana dkk (2017), melakukan penelitian mengenai las MIG (*Metal Inert Gas*) atau GMAW untuk mengetahui karaterisasi pengaruh dari kecepatan las. Penelitian yang dilakukan menggunakan bahan las plat AA 5083 H116 ukuran panjang 300 mm, lebar 150 mm dan tebal 3 mm dengan elektroda ER5356 dan variasi kecepatan las 8, 10, dan 12 mm/s serta tegangan las 19 V arus 120 A. Pada penelitian ini dilakukan pengujian yakni : uji kekerasan Vickers, uji tarik, uji

*bending* dan struktur mikro. Dari proses pengujian menunjukkan bahwa pengelasan dengan kecepatan 10 mm/s merupakan variasi yang lebih baik dibandingkan variasi diantaranya karena logam las dengan variasi tersebut menghasilkan nilai kekuatan tarik yang tinggi, kekuatan bending dan efisiensi pengelasan yang besar meskipun memiliki nilai kekerasan yang kecil. Hasil penelitian ini sangat berguna sebagai referensi serta acuan pada pengelasan MIG khususnya pada plat dengan ketebalan tipis.

Sustyoko dkk (2013), berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai sambungan las MIG dengan bahan las AA 5083 dengan menggunakan parameter kecepatan mulai 250 mm/menit, 350 mm/menit, 450 mm/menit, 550 mm/menit, dan 650 mm/menit. Tujuan dari penelitian ini untuk mencari nilai karakteristik kekuatan dari logam paduan tersebut dengan cara melihat hasil makro pada las dan melakukan uji tarik. Hasil yang didapat dari pengujian ini masih banyak terdapat *crack* di bagian logam las (*weld metal*). Akan tetapi hasil yang paling optimal dari keseluruhan parameter yang telah dilakukan pengujian terdapat pada kecepatan 550 mm/menit dengan jumlah *crack* yang paling sedikit dan kekuatan tarik yang paling tinggi dengan nilai 20,39 kgf/mm<sup>2</sup> (200,34 MPa). Untuk hasil kekuatan tarik paling rendah terdapat pada kecepatan 250 mm/menit dengan nilai 6,83 kgf/mm<sup>2</sup> (66,97 MPa). Dari hasil pengujian yang dilakukan hal ini sangat berguna sebagai referensi pengelasan MIG khususnya pada variasi kecepatan dalam pengelasan plat aluminium.

Mutumbo dkk (2010), melakukan penelitian sambungan las AA 5083 dengan tujuan untuk mengetahui hasil perbandingan antara pengelasan metode manual (*manual welding*) dengan pengelasan metode otomatis (*automatic welding*). Hasil untuk pengujian struktur mikro dari kedua metode tersebut telah didapat bahwa hasil proses pengelasan manual memiliki ukuran butir lebih besar dengan nilai rata-rata 113,1 µm dibandingkan dengan pengelasan metode otomatis sebesar 56,9 µm. Hasil pengujian tarik sambungan las MIG AA 5083 dengan metode manual mempunyai nilai tegangan tarik (*tensile strength*) sebesar 280 MPa, sedangkan pada pengelasan metode otomatis mempunyai nilai sebesar 300 MPa. Hasil kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengelasan dengan

metode otomatis mempunyai nilai lebih baik dibanding dengan pengelasan dengan metode manual ditinjau dari hasil pengujian tarik.

Li dkk (2017), melakukan sebuah penelitian tentang pengelasan MIG elektroda ER5356 pada logam berbeda yaitu 7N01-T5 dan 7N01-T4. Pengelasan dilakukan dengan variasi parameter kecepatan las 6,5 mm/s, 7,5 mm/s, dan 8 mm/s dengan setingan tegangan mesin las 27 V dan arus 290 A. Penelitian menunjukkan hasil dari nilai uji tarik daerah lasan sebesar 283 MPa, hasil lebih rendah dari pada kedua *base metal* yaitu 360 MPa untuk 7N01-T5 dan 433 MPa untuk 7N01-T4. hal ini dapat disimpulkan bahwa *base metal* memiliki sifat mekanis yang lebih baik dari pada hasil sambungan las. Hasil penelitian ini dapat berguna sebagai referensi untuk proses pengelasan khususnya MIG.

## 2.2 Aluminium

Aluminium (Al) adalah logam *non-ferrous* dengan persentase keberadaannya paling tinggi terdapat di bagian luar kerak bumi, dimana logam tersebut menempati urutan ketiga dari unsur-unsur penyusun yang terdapat di kerak bumi setelah urutan silikon dan oksigen. Keberadaan aluminium dalam tidak dapat ditemukan pada saat kondisi alamiah, akan tetapi dapat ditemukan dalam bentuk alumina ( $Al_2O_3$ ). Aluminium mengalami perlakuan diekstrak dengan cara *smelting* dari bijih raw material bauksit melalui proses Hall-Heroult. Kemudian bijih bauksit dilarutkan ke dalam cairan *cryolite* dengan tambahan garam florida sebagai pengontrol temperatur cairan. Pada saat cairan dialiri arus listrik maka alumina yang larut bersamaan akan terelektrolis, terbentuknya oksigen dan akan beraksi pada anoda karbon, dan aluminium sebagai logam akan berkumpul pada katoda. Material logam akan tersedot keluar ke peleburan logam secara periodik dan selanjutnya akan terbentuk dalam bentuk aluminium batang yang bisa disebut aluminium premier. Sedangkan aluminium dalam bentuk sekunder adalah aluminium yang diperoleh dari sisa aluminium utama. Selanjutnya batang aluminium akan di *machining* untuk memenuhi kebutuhan dan fungsi seperti pipa, plat, dan bentuk-bentuk lainnya kemudian akan diproses sebagai bentuk fungsi sesuai kebutuhannya (singh, 2016)

Aluminium merupakan logam ringan yang memiliki kelebihan dengan tingkat kekuatan tarik yang tinggi, mudah dibentuk, dan ketahanan korosi yang baik serta sifat pengantar panas listrik yang baik. Persentase penggunaan material aluminium tersebut sudah sangat luas digunakan dalam berbagai bidang khususnya teknologi dan permesinan. Penggunaan material tersebut menempati urutan ketiga tiap tahunnya setelah material besi dan baja (sheasby,2001). Sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik yang telah ditentukan untuk mendorong berbagai proses produksi yang ada pada industri logam, aluminium termasuk material yang banyak diaplikasikan dan kompetitif di bidang teknik seperti konstruksi pesawat terbang, mobil, kereta api, kapal, dan non bidang konstruksi misalkan peralatan rumah tangga.

### **2.2.1 Karakteristik sifat aluminium**

Menurut (Callister, 2013), Material aluminium merupakan logam ringan dengan massa jenisnya hanya  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , dapat diartikan bahwa nilai densitas aluminium hanya  $1/3$  dari baja  $7,9 \text{ g/cm}^3$ . Tidak hanya itu saja aluminium pada umumnya mempunyai beberapa sifat, antara lain :

1. Tingkat ketahanan korosi yang baik.
2. Logam konduktor panas yang baik.
3. Logam konduktor listrik yang baik.
4. Memiliki sifat mudah dibentuk yang baik
5. Logam yang dapat diubah nilai tingkat kekuatan tarik dengan proses alloy dan *heat treatment*.
6. Logam tidak beracun *non toxic*
7. Logam *non magnetic*.

Adapun selain sifat-sifat yang tertera diatas, logam aluminium juga memiliki sifat fisis dan mekanis, dapat dilihat pada (Tabel 2.2) dan (Tabel 2.3) seperti dibawah ini.

Tabel 2. 2 Sifat-sifat fisik aluminium (Surdia dan Saito 1992)

Sifat- sifat	Kemurnian Aluminium (%)	
	99,996	>99,0
Massa Jenis (20°C)	26,989	2,71
Titik Cair	660.2	653-657
Panas Jenis (cal/g.°C)(100°C)	0,2226	0,2297
Jenis kristal, konstanta kisi	Fcc, a = 4,013 Kx	Fcc, a = 4,04 kX
Koefisien Pemuai (20-100°C)	23,86 x 10 <sup>6</sup>	23,5 X 10 <sup>-6</sup>
Tahanan Listrik Koefisisan Temperatur (°C)	0,00429	0,0115
Hantaran Listrik (%)	64,94	59 (dianil)

Tabel 2. 3 Sifat-sifat mekanis Aluminium (Surdia dan Saito 1992)

Sifat - sifat	Kemurnian Aluminium (%)			
	99,996		>99	
	Dianil	75 % rol dingin	Dianil	H18
Kekerasan Brinell	17	27	23	44
Kekuatan Tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	4,9	11,6	9,3	16,9
Kekuatan mulur (0,2%) (kg/mm <sup>2</sup> )	1,3	11	3,5	14,8
Perpanjangan (%)	49,8	5,5	35	5

### 2.2.2 Klafisikasi Pada Aluminium dan Paduannya

Aluminium dan paduannya yang sering dikenal dengan istilah aluminium *alloy* (AA) adalah jenis aluminium yang cukup meluas dan banyak diaplikasikan sampai saat ini. Berdasarkan istilah tersebut aluminium dikelompokkan menjadi dua jenis paduan utama yakni paduan tuang (*casting alloy*) dan paduan tempa (*wrought alloy*).

Pada paduan aluminium (Al) terdapat beberapa klasifikasi standar di seluruh dunia. Untuk klasifikasi standar aluminium yang banyak digunakan sampai saat ini

berdasarkan standar Aluminium Association di Amerika berdasarkan referensi standar terdahulu dari Aluminium Company of America. Klasifikasi paduan aluminium jenis unsur paduan didasarkan dengan menggunakan empat digit utama dimana digit pertama menunjukkan nama kelompok aluminium paduan, digit kedua menunjukkan nilai kemurnian dalam unsur paduannya yang telah mengalami modifikasi, dan sisa digit terakhir menunjukkan kemurnian aluminium utama. Berikut pengelompokan serta penamaan aluminium paduan tuang (*casting*) dan aluminium tempa (*wrought*) pada Tabel 2.4 dan 2.5 :

Tabel 2. 4 Klasifikasi Aluminium paduan tuang (*casting*)

No. Seri	Komposisi Paduan Aluminium
1xx.x	Aluminium murni
2xx.x	Cu sebagai unsur paduan utama
3xx.x	Si dan Mg sebagai unsur paduan utama
4xx.x	Si sebagai unsur paduan utama
5xx.x	Mg sebagai unsur paduan utama
7xx.x	Zn sebagai unsur paduan utama
8xx.x	Sn sebagai unsur paduan utama
9xx.x	Aluminium dengan unsur paduan lainnya

Tabel 2. 5 Klasifikasi aluminium paduan tempa (*wrought*)

No. Seri	Komposisi Paduan Aluminium
1xx.x	Aluminium 99,9% murni
2xx.x	Cu sebagai unsur paduan utama
3xx.x	Mn sebagai unsur paduan utama
4xx.x	Si sebagai unsur paduan utama
5xx.x	Mg sebagai unsur paduan utama
6xx.x	Mg dan Si sebagai unsur paduan utama
7xx.x	Zn sebagai unsur paduan utama
8xx.x	Aluminium dengan unsur paduan lainnya

Penjelasan lain mengenai klasifikasi aluminium paduan dapat juga dikelompokkan, yaitu :

a. *Aluminium Alloy Non Heat Treatable*

Aluminium paduan yang tidak bisa menerima perlakuan panas. Nilai kekuatan tarik pada Al ini dapat ditingkatkan dengan cara proses pengerjaan dingin (*cold working*) atau bisa juga dikatakan pengerasan larutan (*solid solution hardening*). Nomor seri yang termasuk dalam kategori ini adalah seri 1xxx, seri 3xxx, seri 4xxx, dan seri 5xxx.

b. *Aluminium Alloy Treatable*

Aluminium yang mampu menerima perlakuan panas dengan nilai kekuatan tarik dan kekerasan pada komposisi. proses perlakuan panas (*heat working*) pada aluminium ini terdiri dari :

1. Pemanasan diatas garis solvus (*top solvus line*), dengan tujuan unsur-unsur paduan akan bercampur dan larut dalam fasa tunggal. Tahap ini dinamakan proses perlakuan larutan.
2. pendinginan secara cepat sehingga menghasilkan larutan padat jenuh
3. Proses penuaan (*ageing*), proses ini dilakukan dengan cara memanaskan kembali sampai dengan nilai suhu 130-190°C sehingga terbentuknya endapan dengan permukaan yang halus. Klasifikasi aluminium yang termasuk dalam kategori ini adalah seri 2xxx, seri 6xxx, seri 7xxx, dan seri 8xxx.

Klasifikasi terhadap paduan aluminium yang bermacam-macam menjadikan logam tersebut mempunyai kode tersendiri berdasarkan perlakuan yang telah dialaminya. Berikut nama kode aluminium paduan dapat dilihat dalam Tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2.6 Klasifikasi Kode pada Aluminium (Surdia dan Saito,1992)

<b>Nama Tanda</b>	<b>Proses Perlakuan</b>
H	Pengerjaan dingin
O	Full Annealing

F	Setelah pembuatan
W	Solution Heat Treated
T	Perlakuan Panas
H 1n	Pengerasan dengan regangan
H 2n	Pengerasan dengan regangan dan sebagian dengan proses anil
H 3n	Annealing unntuk penyetabilan setelah proses pengerasan regangan dengan nilai n=2 (1/4 keras), (1/2 keras), 6 (3/4 keras), 8 (keras), dan 9 ( sangat keras)
T	Dengan perlakuan panas
T2	Dengan Penganilan Penuh
T3	Pengerasan regangan sesudah Perlakuan Pelarutan
T4	Penuaan alamiah sesudah perlakuan pelarutan
T5	Penuaan tiruan tanpa dengan perlakuan pelarutan
T6	Penuaan tiruan sesudah perlakuan pelarutan
T7	Penyetabilan sesudah perlakuan pelarutan
T8	Pengerasan regangan, penuaa tiruan, perlakuan pelarutan
T9	Perlakuan pelarutan, pengerasan regangan, penuaan tiruan
T10	Pengerasan regangan sesudah penuaan tiruan

### 2.2.3 Paduan Aluminium 5083 H116

Material aluminium paduan dengan seri 5xxx merupakan aluminium dengan unsur paduan magnesium sebagai paduan utama. Aluminium pada seri 5083 adalah salah satu logam dengan paduan magnesium, kromium dan mangan. Dari paduan yang terdapat pada aluminium tersebut menjadikan aluminium seri 5083 ini memiliki nilai ketahanan korosi terhadap bahan-bahan kimia cair dan juga mempunyai kekuatan tarik yang tinggi. Berdasarkan dari sifat yang terdapat pada paduan aluminium ini, maka banyak ditemui dan diaplikasikan pada pembuatan kerangka bodi kapal dan juga berbagai kontruksi bangunan.

Pada Aluminium seri 5083 H116 memiliki arti berdasarkan kode penamaan yang ada pada aluminium tersebut, yaitu arti AA adalah *Aluminium Association* dengan 4 digit angka adalah paduan aluminium dengan seri angka 5 merupakan



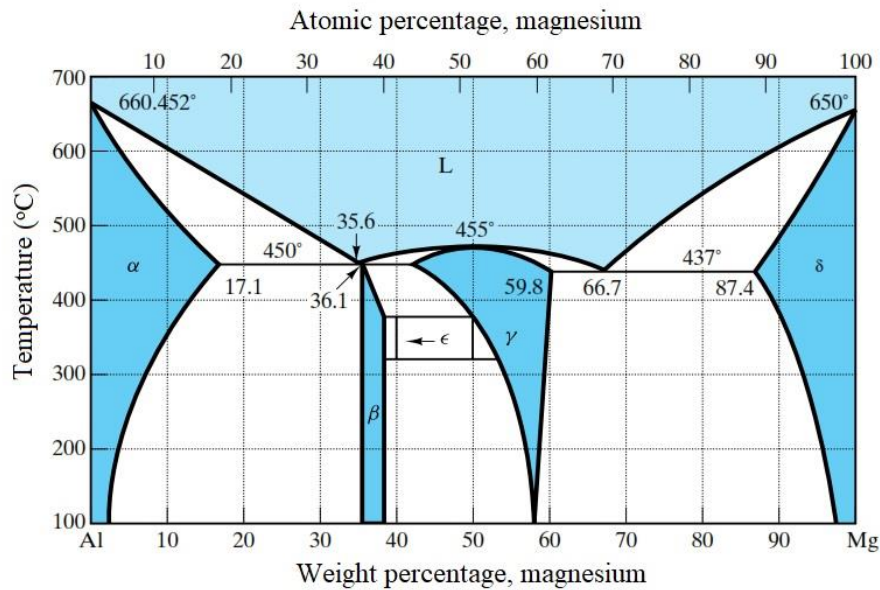
unsur paduan utama berupa Magnesium (Mg), angka 0 adalah batas nilai ketidakmurnian nol, dua digit setelahnya yaitu 83 menunjukkan nilai kemurnian aluminium, H adalah pengerjaan dingin (*strain hardening*), angka 1 pertama artinya *cold work only*, angka 1 kedua artinya *partial solution plus aging*, dan angka 6 terakhir menunjukkan proses  $\frac{3}{4}$  pengerasan (Undomphol,2017). Berdasarkan klasifikasi seri tersebut terdapat komposisi kimia dari paduan aluminium, berikut ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Komposisi kimia material Aluminium (Putra,2017)

<b>Nama Unsur</b>	<b>Nilai Berat (%)</b>
Al	94,31
Fe	0,29
Si	0,16
Mn	0,57
Cu	0,022
Mg	4,50
Ti	0,027
Zn	0,021
Ni	0,008
Cr	0,008

#### 2.2.4 Diagram Fase Pada Paduan Al-MG

Diagram fase pada Al-Mg merupakan diagram fasa eutektik yang terdiri dari suatu larutan padat  $\alpha = (Al_3+Mg_2)$ . Terlihat sesuai pada Gambar 2.1 tertera titik eutektiknya adalah 450 °C ; 35,6% dan titik batas kelarutan padatnya pada temperatur eutektik 17,1 % Mg, dan menurun di temperatur hingga kira-kira 1,9% Mg (Ardiansyah, 2015). Berikut adalah diagram fase pada paduan Al-Mg :



Gambar 2. 1 Diagram fasa pada paduan Al-Mg (ASM Handbook Vol 01,1986)

### 2.3 Pengelasan pada bahan Aluminium

Aluminium dalam dunia industri termasuk salah satu kebutuhan utama untuk berlangsungnya proses produksi sehingga persentase pemakain yang terus naik semakin tinggi menyebabkan pengembangan karakteristik sifat aluminium terus ditingkatkan. Aluminium dalam kondisi murni tidak dapat mendukung berbagai proses produksi dikarenakan hanya memiliki kekuatan yang rendah dan tidak cukup baik digunakan disaat desain kontruksi tersebut membutuhkan ketahan deformasi, oleh karea itu perlu dilakukan penambahan unsur lainnya sehingga dapat meningkatkan nilai kekuatannya.

Berbagai bentuk produk dan kontruksi bangunan dalam kehidupan sehari-hari tidak lepas daro proses manufaktur berupa pengelasan. Proses pengelasan berperan penting karena dapat menghasilkan berbagai model variasi yang diinginkan, seperti tangki gas, kerangka, dan komponen otomotif. Dalam proses manufaktur selain pengelasan juga terdapat pengecoran logam (*metal casting*), pembentukan logam (*metal forming*), Permesinan (*mashing*), dan proses manufaktur lainnya. Didalam ruang lingkup keseharian dimana persentase penggunaan pengelasan sudah sangat meluas, meliputi pengelasan bodi kapal,

pengelasan konstruksi jembatan, pengelasan, kerangka baja, pengelasan bejana tekan, pengelasan pada pipa pesat maupun saluran, dan lain sebagainya.

Prinsip pengelasan menurut *American Welding Society* (AWS) merupakan suatu proses penyambungan dua buah logam atau lebih melalui pemanasan sampai mengalami titik leleh dengan atau tanpa tekanan, dengan atau tanpa *filler* sebagai bahan pengisinya.

Didalam suatu proses suatu pengelasan perlu memperhatikan cara pelaksanaan pengelasan, cara pemeriksaan, material yang akan di las, dan jenis las yang akan dipakai, serta memperhitungkan fungsi dari desain konstruksi yang akan dirancang. Untuk jenis material las tertentu khususnya pada paduan aluminium memerlukan parameter dan jenis las tertentu bertujuan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Hal ini disebabkan bahwa karakteristik pada paduan aluminium yang berbeda mengikuti sesuai seri dan paduannya. Beberapa jenis proses pengelasan yang digunakan untuk paduan aluminium.

### 2.3.1 GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)

GMAW adalah proses las dengan cara melelehkan logam dengan memanfaatkan listrik sebagai sumber terbentuknya panas sehingga elektroda (*filler*) akan mencair dan menyatu dengan logam induk yang di las. Pengelasan GMAW dibagi menjadi 2, yaitu las MIG (*Metal Inert Gas*) dan MAG (*Metal Active Gas*). Perbedaan keduanya dapat dilihat pada Tabel 2.8, sebagai berikut.

Tabel 2.8 Perbedaan MIG welding dengan MAG welding (Cary, 1994)

Jenis las	Gas Pelindung	Campuran gas	Material	Proses pengelasan
Metal Inert Gas (MIG)	Argon (Ar)	Argon (Ar) + Helium (He)	Non ferrous	MIG welding
Metal Active Gas (MAG)	Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	1. Argon + CO <sub>2</sub> 2. Argon + O <sub>2</sub> 3. Argon + CO <sub>2</sub> + O <sub>2</sub>	Ferrous	MAG welding

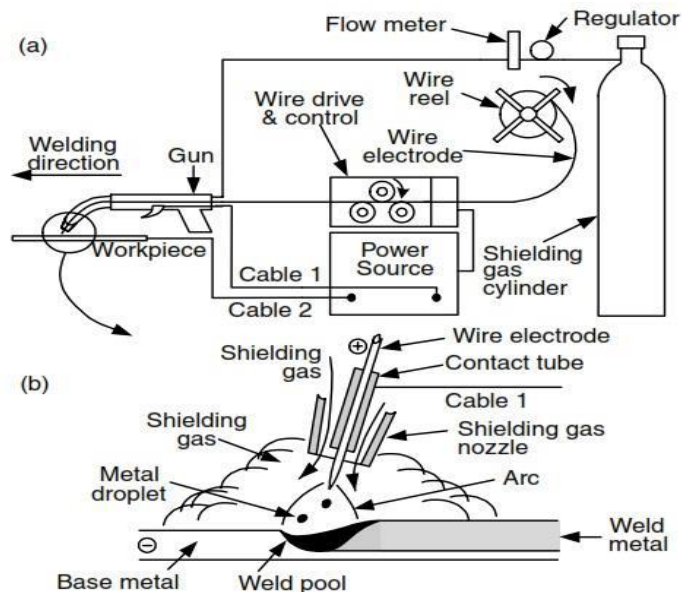
### **2.3.2 Sejarah Las GMAW**

Pada tahun 1948 telah sukses dikembangkannya las MIG oleh *Battelle Memorial Institute* yang disponsori oleh *Air Reduction Company*. Las MIG perdana dipatenkan tahun 1949 di Amerika Serikat yang digunakan untuk pengelasan aluminium saja. Kelebihannya dari las ini yaitu penggunaan elektroda yang berdiameter kecil dan sumber tegangan konstan atau stabil yang telah di patenkan oleh seorang bernama H.E Kennedy. (Ausaid,2001).

Lyubavsjii dan Nooshilov pada tahun 1953 mengumumkan tentang penggunaan las MIG menggunakan gas CO<sub>2</sub> sebagai gas pelindung. Gas CO<sub>2</sub> juga mereka gunakan untuk mengelas besi karbon. Campuran gas Argon dengan CO<sub>2</sub> yang dinamakan *Metal Active Gas* (MAG) kemudian berkembang menjadi las MAG (Ausaid,2001).

### **2.3.3 Proses Pengelasan MIG**

Pada proses pengelasan GMAW terlihat pada (Gambar 2.2). dalam proses las MIG fungsi dari gas sendiri ialah sebagai perisai atau pelindung busur dan logam cair pada saat proses pengelasan berlangsung. Untuk proses pengelasan paduan aluminium, *non ferrous alloys* dan *stainless steel gas* yang digunakan berupa gas Ar atau campuran dari Ar dan He. Untuk pengelasan baja menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Jenis las ini dinamakan MIG disaat menggunakan *Gas inert* begitu juga disebut MAG jika saat pengelasan gas yang digunakan *Active gas*. Las GMAW adalah salah satu jenis las yang paling banyak digunakan khususnya pada pengelasan aluminium dan cocok untuk pengelasan jenis plat-plat tipis.



Gambar 2. 2 Proses pengelasan GMAW (a) Skema pengelasan (b) Detail area pengelasan (Kou,2003)

Proses pengelasan MIG dimana panas dari proses cara kerja pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk antara elektroda kawat (*wire elektroda*) dengan bahan las. Pada saat berlangsungnya proses pengelasan, elektroda mengalami pencairan kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran-butiran las (*weld beads*). Untuk gas pelindung digunakan untuk melindungi dan mencegah terjadinya suatu oksidasi hasil las selama masa pematangan (*solidification*).

### 2.3.4 Elektroda Pada Las GMAW

Mesin las GMAW menggunakan jenis elektroda yang bersifat akan habis jika digunakan (*consumable*). Prinsip kerja elektroda GMAW berupa gulungan kawat yang akan bergerak mengumpan terus dengan otomatis disaat pengelasan sedang berlangsung. Saat proses pengelesan elektroda akan mengalami pencairan atau meleleh dan menjadi logam las menyatu terhadap material las (Messler,1999). Untuk jenis penggunaan elektroda tiap-tiap mesin las berbeda tergantung jenis ligam yang akan dilas. Untuk elektroda yang sering dipakai dalam proses pengelasan aluminium seri AA 5083 adalah elektroda dengan seri ER5356 yang kandungan komposisi kimia seperti pada Tabel 2.9, sebagai berikut :

Tabel 2.9 Kandungan Komposisi kimia elektroda ER5356 (ASME,2001)

Unsur	Mg	Mn	Cu	Fe	Si	Cr	Zn	Ti
Berat (%)	5,5	0,2	0,1	0,4	0,25	0,2	0,1	0,2

## 2.4 Parameter Pengelasan

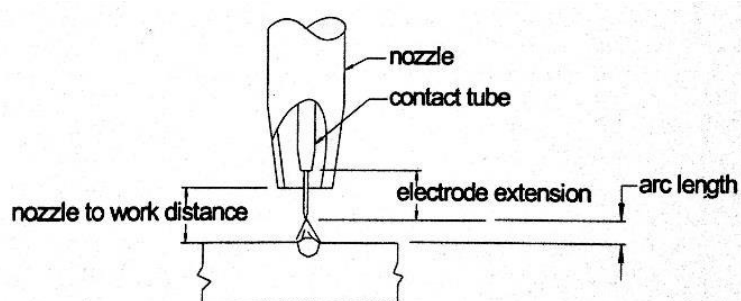
Pada proses pengelasan mempunyai beberapa parameter yang perlu di perhatikan untuk mendapatkan hasil sambungan las sesuai keinginan, adapun beberapa parameter las diantaranya adalah :

### 2.4.1 Arus Pengelasan (A)

Pemakaian parameter arus ini berpengaruh langsung terhadap penetrasi logam las, area HAZ, bentuk manik las, dan penyatuan logam induk. Aris ls yang semakin tinggi dapat memperdalam penetrasi logam dan juga membuat pelebaran pada daerah HAZ, begitupula sebaliknya. Pengelasan dengan arus las tinggi juga akan memberikan pengaruh terhadap bagian logam induk yang akan semakin banyak dan mudah mencair dengan cepat.

### 2.4.2 Tegangan Pengelasan (V)

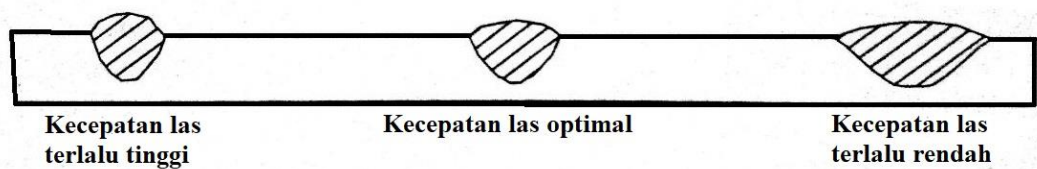
Untuk prameter tegangan las berbanding lurus dengan tinggi busur, dimana tinggi busur adalah jarak titik ujung elektroda dengan permukaan logam induk atau bahan yang akan dilas seperti yang terlihat pada (Gambar 2.3) jika saat pengelasan terjadi kenaikan jarak elektroda terhadap spesimen maka tegangan las juga akan naik dan arus las berubah menurun. Dalam hal ini pengaruh dari hubungan antara tengangan dan arus tidak akan merubah secara langsung penetrasi logam las.



Gambar 2.3 Jarak elektroda terhadap spesimen (Mandal, 2005)

### 2.4.3 Kecepatan Pengelasan

Kecepatan pada pengelasan GMAW dapat mempengaruhi hasil pengelasan baik pada penetrasi kedalaman las, pelebaran las, dan struktur pada pengelasan. Tingginya kecepatan las juga disebabkan karena tingginya pula arus pengelasan. Apabila arus pengelasan ditingkatkan sehingga energi yang diberikan lebih dari cukup, maka proses pencairan pada ujung elektroda akan lebih cepat. Oleh karena itu untuk mendapatkan hasil yang optimal maka kecepatan las harus diimbangi dengan kecepatan pencairan *filler* las dan juga tidak menyebabkan penumpukan cairan logam las, dapat dilihat sesuai (Gambar 2.4.)



Gambar 2.4 Bentuk hasil manik las sesuai kecepatan las (Mandal,2005)

## 2.5 Distorsi Pengelasan

Distorsi pada material las merupakan waktu pemanasan dan pendinginan yang tidak merata selama proses pengelasan, hal tersebut dapat merubah bentuk material las karena mengalami pemuaian pada saat panas dan penyusutan pada saat pendinginan. Apabila bagian yang berdekatan diak mengalami suatu perubahan fisis yang sama, maka deformasi akan terjadi. Terjadinya deformasi inilah yang disebut distorsi.

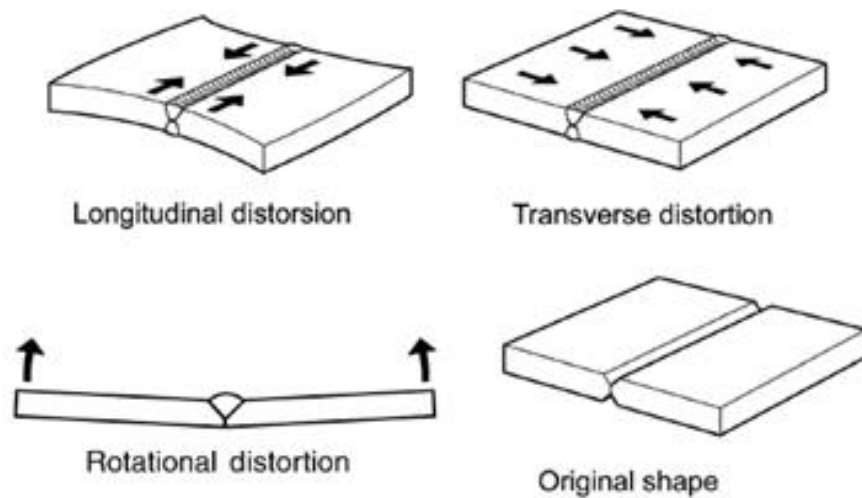
Pengaruh distorsi terhadap material las :

- Ukuran dan bentuk hasil akhir berubah
- Mengurangi nilai kekuatan material karena adanya tegangan sisa

Macam-macam istilah distorsi pada pengelasan :

- *Transverse distortion*  
Penyusutan tegak lurus garis las
- *Longitudinal distortion*  
Penyusutan searah garis las
- *Rotational or angular distortion*  
Rotasi garis las

Macam-macam bentuk distorsi dapat terlihat pada (Gambar 2.5).



Gambar 2. 5 Bentuk distorsi (Weman,2012)

## 2.6 Jenis Pengujian

Pengujian terhadap spesimen hasil las dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas dari hasil las-lasan. Adapun beberapa proses pengujian misalkan untuk mengetahui kekuatan las pada material, ketangguhan las, struktur mikro pada daerah lasan, dan nilai kekarasan las. Berikut macam-macam pengujian yang dilakukan untuk mengetahui hasil las.

### 2.6.1 Pengukuran Distorsi

Pengukuran ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui adanya perbedaan ketinggian pada tiap titik permukaan plat lasan yang dapat dilihat pada grafik *surface 3D plot*. Pada pengelasan plat aluminium tipis, distorsi yang paling besar adalah distorsi dengan bentuk longitudinal. Pengukuran distorsi merupakan pengukuran sederhana dengan menggunakan dial indikator.

### 2.6.2 Uji Tarik

Pengujian tarik merupakan proses pengujian yang dilakukan bertujuan mengetahui kekuatan titik luluh dan kekuatan tarik suatu bahan terhadap pemberian beban tarik. Didalam pengujian ini terdapat tiga variabel yang harus diperhatikan, yaitu beban, tegangan, dan regangan.



a. Beban

Beban merupakan sebuah gaya yang diberikan pada suatu bahan uji. Pada pengujian ini beban dikenakan benda uji ditambah secara konstan dan perlahan sampai benda uji mencapai titik batas kemampuan menerima beban dan kemudian terjadi patah pada spesimen.

b. Tegangan

Tegangan merupakan reaksi yang muncul di seluruh sisi bagian spesimen yang diakibatkan spesimen menahan suatu beban yang diberikan. Pada spesimen yang menerima beban persatuan luas dinamakan tegangan. Rumusan untuk mengetahui tegangan pada benda uji dapat digunakan persamaan 3.1 sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (3.1)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan (kg/mm<sup>2</sup>)

P = Beban (kg)

A<sub>0</sub> = Luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

c. Regangan

Pada proses pengujian tarik, benda uji mengalami pertambahan ukuran panjang karena beban tarik yang dialaminya. Untuk mengetahui perbandingan panjang dari benda yang ditarik di bagi dengan panjang awal mula-mula sehingga diperoleh regangan. Rumusan untuk menghitung besar regangan dapat digunakan persamaan 3.2 sebagai berikut :

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana :

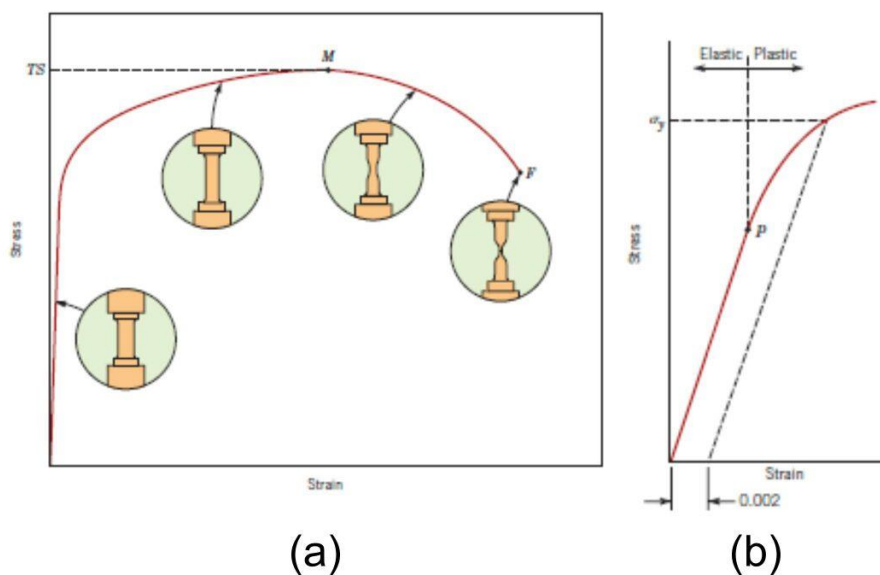
$\epsilon$  = Regangan (%)

$\Delta L$  = Selisih panjang ukuran sebelum dan sesudah patah (mm)

L<sub>0</sub> = Panjang ukur mula-mula (mm)

d. Kurva Tegangan terhadap Regangan

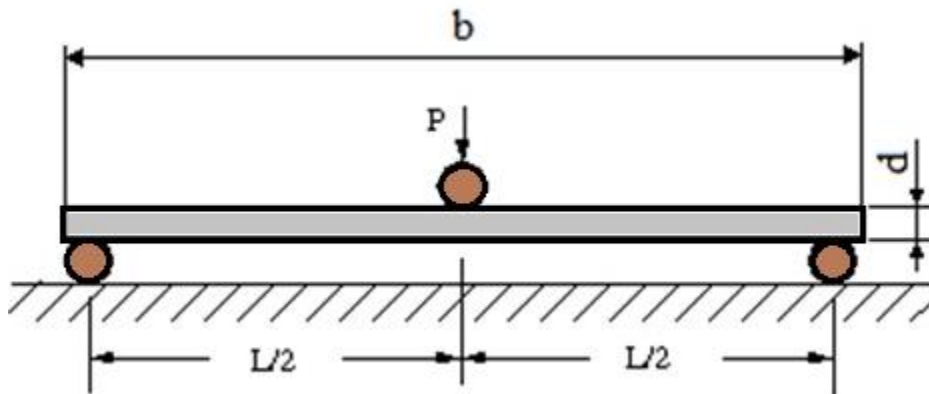
Dalam pengujian tarik terdapat hasil uji tarik berupa grafik pada kertas atau bisa juga pada komputer berbentuk kurva beban tarik hingga perubahan panjang seperti yang terlihat pada (Gambar 2.6). Pada grafik yang terlihat bahwa proses beban sebelum mengalami patah sebelumnya mengalami peregangan (*strain*) hingga benda uji tidak mampu menahan beban dan akhirnya mengalami patah (*fracture*).



Gambar 2.6 (a.) Skema patahan (b) Kurva UTS (Callister, 2010)

### 2.6.3 Uji Bending

Uji bending merupakan salah satu bentuk dari pengujian untuk menentukan kualitas seberapa besar kemampuan spesimen las dalam menahan beban lengkung. Prinsip kerja pengujian *bending* yaitu spesimen uji ditumpu pada kedua bagian ujung dan beban diberikan pada posisi tengah antara kedua tumpuan. Untuk proses pembebanan diberikan tegak lurus terhadap benda uji dan berlawanan arah terhadap arah tumpuan. Proses pembebanan dilakukan terus-menerus sampai spesimen uji mengalami titik maksimum menahan beban kemudian mengalami retak maupun patah. Pengujian *bending* dilakukan dengan metode *three point bending* yaitu 1 buah indenter pembeban dan 2 buah tumpuan dapat terlihat pada (Gambar 2.7).



Gambar 2.7 Pengujian three point bending (ASTM D790-02)

Adapun pengujian bending berdasarkan lokasi dan arah pembebanannya, pengujian *transversal bending* dibagi menjadi :

a. *Root Bend* ( *Bedding* posisi akar las )

Uji bending yang dilakukan agar pada akar las mengalami suatu tegangan dan pada dasar las mengalami tegangan tekan. kemudian dilakukan pengamatan yang bertujuan untuk mengetahui apakah terjadi retak (*crack*) atau tidak pada spesimen ujinya.

b. *Face bend* ( *Bending* pada permukaan las )

Pada model pembebanan ini bertujuan agar permukaan tepat pada las mengalami tegangan tarik dan dasar las mengalami tegangan tekan. Kemudian dilakukan pengamatan pada bagian permukaan las untuk mengetahui apakah terjadi suatu retak (*crack*) atau tidak.

Untuk mengetahui nilai kekuatan *bending* dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.3 sesuai standar ASTM E190 sebagai berikut :

$$\sigma_b = \frac{3 PL}{2 b d^2} \quad (3.3)$$

Dimana :

$\sigma_b$  = Tegangan Bending (Mpa)

L = Panjang span (mm)

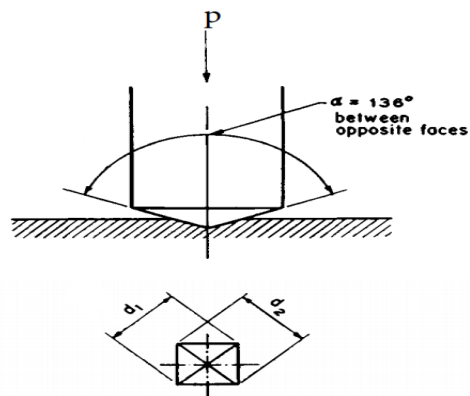
P = Beban (N)

D = Tebal (mm)

#### 2.6.4 Uji Kekerasan *Vickers*

Tingkat kekerasan suatu material merupakan kemampuan material untuk dapat menahan deformasi plastis yang disebabkan oleh suatu tekanan maupun goresan dari benda lainya. Prinsip pengujian kekerasan ialah benda penekan berukuran kecil berupa indentor *vickers* yang akan menekan dengan waktu sesuai kebutuhan dan akan kembali melepas tekanan sehingga menghasilkan luka tekanan berbentuk piramida segi empat dan kemudian diukur dimensinya. Dari ukuran luka tersebutlah dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar nilai kekerasan yang ada pada material tersebut.

Untuk pengujian pada bahan dasar metal jenis pengujian kekerasan yang digunakan ialah uji kekerasan *Vickers*. Pengujian ini dilakukan dengan pemakain indentoer berupa intan yang berbentuk piramida beralas bujur sangkar dengan sudut puncak 136<sup>o</sup>. Uji kekerasan *vickers* menghaslkan bekas inddenstor berbentuk bujur sangkar dan berdiagonal pada spesimen ujinya. Diameter luka pinjakan indentor *vickers* pada spesimen akan diperoleh saat pengujian, sperti yang terlihat pada (Gambar 2.8). dari hasil pinjakan tersebut diperoleh nilai *Vickers Hardness Numbers* (VHN).



Gambar 2. 8 Skema indentor Vickers (ASTM E92-82)

Nilai kekerasan *vickers* dapat dihitung dengan persamaan 3.4 dan 3.5 sebagai berikut :

$$D = (d_1 + d_2) / 2 \tag{3.4}$$

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{1.854 P}{d^2} \tag{3.5}$$

Dimana :

VHN = *Vickers Hardness Numbers* (kg/mm<sup>2</sup>)

P = beban yang diterapkan (kgf)

d1 = diameter pinjakan 1

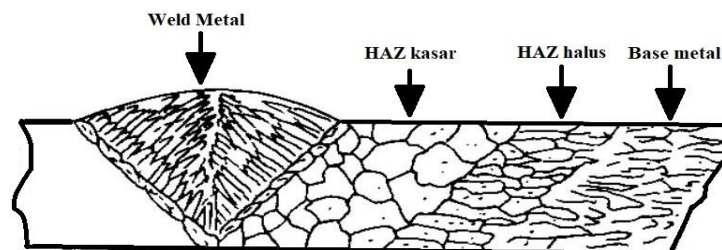
d2 = diameter pinjakan 2

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

$\theta$  = sudut permukaan intan 136°

### 2.6.5 Uji Struktur Mikro

Berdasarkan analisis struktur mikro daerah pada proses pengelasan GMAW terbagi menjadi 2 zona yaitu daerah las (*welding zone*), dan daerah pengaruh panas (*Heat Affected Zone*) HAZ serti yang terlihat pada (Gambar 2.9). terlihat perbedaan bentuk struktur mikro dari titik zona berdeda, hal ini dapat mempengaruhi sifat mekanik pada materialnya.



Gambar 2.9 Bagian daerah-daerah pengelasan (Wiryosumarto,2000)

Dalam pengujian ini alat yang digunakan berupa mikroskop optik, yaitu alat untuk mengamati struktur mikro yang di sebut uji struktur mikro. prosedur untuk melakukan uji struktur mikro dapat dilakukan dengan cara melalui beberapa tahapan singkat, seperti pemotongn plat, pengamplasan plat, pemolesan plat, dan kemudian pengamatan struktur mikro. untuk skala pengamatan struktur mikro pada aluminium biasanya menggunakan mikroskop optik perbesaran 100 sampai 200 X.