

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengelasan

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas. Menurut *Deutsche Industry Normen*(DIN), pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang terjadi dalam keadaan lumer atau cair, dengan kata lain pengelasan adalah penyambungan setempat dari dua logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan merupakan salah satu bagian yang tak terpisahkan dari proses manufaktur. Pengelasan adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan sambungan yang kontinu (Wiryo Sumarto, 1996).

#### Jenis- Jenis Pengelasan:

##### 1. Pengelasan Cair

###### 1.1.Las Busur Listrik (*Electric Arc Welding*)

###### a. Las Flash Butt (*Flash Butt Welding*)

*Flash butt* merupakan metode pengelasan yang dilakukan dengan menggabungkan antara loncatan elektron dengan tekanan, di mana benda kerja yang dilas dipanasi dengan energi loncatan elektron

kemudian ditekan dengan alat sehingga bahan yang dilas menyatu dengan baik.

b. Las Elektroda Terumpan (*Consumable Electrode*)

*Consumable electrode* (elektroda terumpan) adalah pengelasan dimana elektroda las juga berfungsi sebagai bahan tambah. Las elektroda terumpan terdiri dari:

➤ Las MIG (*Metal Inert Gas*)

Las MIG atau las busur listrik adalah pengelasan dimana panas yang ditimbulkan oleh busur listrik antara ujung elektroda dan bahan dasar, karena adanya arus listrik dan menggunakan elektrodanya berupa gulungan kawat yang berbentuk rol yang gerakannya diatur oleh pasangan roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik.

➤ Las Listrik (*Shielded Metal Arc Welding/SMAW*)

SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan dengan mencairkan material dasar yang menggunakan panas dari listrik melalui ujung elektroda dengan pelindung berupa fluks atau slag yang ikut mencair ketika pengelasan.

➤ Las Busur Terpendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Prinsip dasar pengelasan ini adalah menggunakan arus listrik untuk menghasilkan busur (*Arc*) sehingga dapat melelehkan kawat pengisi lasan (*filler wire*), dalam pengelasan SAW ini cairan logam lasan terendam dalam fluks yang melindunginya dari kontaminasi udara, yang kemudian fluks tersebut akan

membentuk terak las (slag) yang cukup kuat untuk melindungi logam lasan hingga membeku.

c. Las Elektroda Tak Terumpan (*Non Consumable Electrode*)

*Non consumable electrode* adalah pengelasan dengan menggunakan elektroda, di mana elektroda tersebut tidak berfungsi sebagai bahan tambah. Elektroda hanya berfungsi sebagai pembangkit nyala listrik.

## 1.2. Las Tahanan (*Resistance Welding*)

a. Las Titik (*Spot Welding*)

Pengelasan dilakukan dengan mengaliri benda kerja dengan arus listrik melalui elektroda, karena terjadi hambatan diantara kedua bahan yang disambung, maka timbul panas yang dapat melelehkan permukaan bahan dan dengan tekanan akan terjadi sambungan.

b. Las Kelim (*Seam Welding*)

Ditinjau dari prinsip kerjanya, las kelim sama dengan las titik, yang berbeda adalah bentuk elektrodanya. Elektroda las kelim berbentuk silinder.

c. Las Gas atau Las Karbit (*Oxy-acetylene welding / OAW*)

Pengelasan dengan oksidasi - asetilin adalah proses pengelasan secara manual dengan pemanasan permukaan logam yang akan dilas atau disambung sampai mencair oleh nyala gas asetilin melalui pembakaran  $C_2H_2$  dengan gas  $O_2$  dengan atau tanpa logam pengisi.

d. Las Sinar Laser

Pengelasan sinar laser adalah pengelasan yang memanfaatkan gelombang cahaya sinar laser yang dialirkan lurus kedepan tanpa penyebaran terhadap benda kerja sehingga menghasilkan panas dan melelehkan logam yang akan dilas.

e. Las Sinar Elektron

Prinsip kerjanya adalah adanya energi panas didapat dari energi sebuah elektron yang di tumbukkan pada benda kerja, elektron yang dipancarkan oleh katoda ke anoda difokuskan oleh lensa elektrik ke sistim defleksi. Sistim defleksi meneruskan sinar elektron yang sudah fokus ke benda kerja. Sinar yang sudah fokus tersebut digunakan untuk melakukan pengelasan benda kerja.

## 2. Pengelasan Padat

### 2.1. Friction Stir Welding

*Friction stir welding* merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan karena adanya gesekan dari dua material.

### 2.2. Cold Welding

Pengelasan dingin (*Cold welding*) adalah pengelasan yang dilakukan dalam keadaan dingin. Yang dimaksud dingin di sini, bukan berarti tidak ada panas, panas dapat saja terjadi dari proses tersebut, namun tidak melebihi suhu rekristalisasi logam yang dilas. Cold Welding terdiri dari :

a. Las Ultrasonik (*Ultrasonic Welding / UW*)

Las ultrasonik adalah proses penyambungan padat untuk logam-logam yang sejenis, maupun logam-logam berlainan jenis, dimana secara umum bentuk sambungannya adalah sambungan tindih. Energi getaran berfrekwensi tinggi mengenai daerah lasan dengan arah paralel dengan permukaan sambungan. Tegangan geser osilasi pada permukaan lasan yang terjadi akibat pengaplikasian gaya akan merusak dan merobek lapisan oksida yang ada di kedua permukaan logam induk yang akan dilas.

b. Las Ledakan (*Explosive Welding / EW*)

Las ledakan atau sering disebut las pembalutan (*cladding welding*), merupakan proses las dimana dua permukaan dijadikan satu dibawah pengaruh tumbukan (*impact force*) disertai tekanan tinggi yang berasal dari ledakan (*detonator*) yang ditempatkan dekat dengan logam induk.

### 2.3. Las Tempa

Penyambungan logam dengan cara ini dilakukan dengan memanasi ujung logam yang akan disambung kemudian ditempa, maka terjadilah sambungan. Panas yang dibutuhkan sedikit di atas suhu rekristalisasi logam, sehingga logam masih dalam keadaan padat.

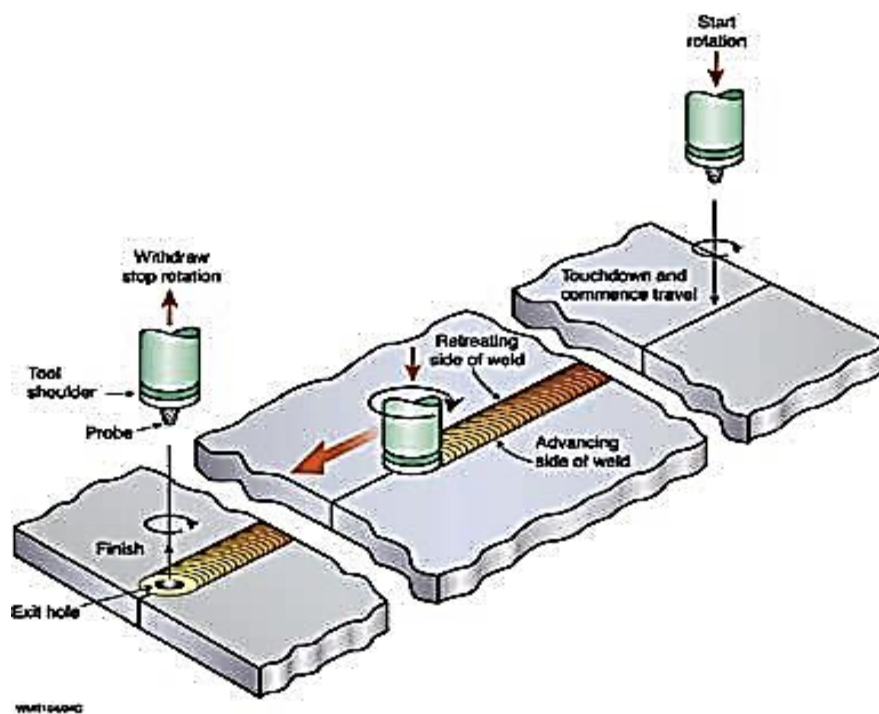
## B. Friction Stir Welding (FSW)

FSW (*friction stir welding*) adalah sebuah metode pengelasan yang termasuk pengelasan gesek, yang pada prosesnya tidak memerlukan bahan penambah

atau pengisi. Panas yang digunakan untuk mencairkan logam kerja dihasilkan dari gesekan antara benda yang berputar (*tool*) dengan benda yang diam (benda kerja). *Tool* berputar dengan kecepatan konstan disentuh ke material kerja yang telah dicekam. Gesekan antara kedua benda tersebut menimbulkan panas sampai  $\pm 80$  % dari titik cair material kerja dan selanjutnya *tool* ditekankan dan ditarik searah daerah yang akan dilas. Putaran dari *tool* bisa searah jarum jam atau berlawanan dengan arah jarum jam. *Tool* yang digunakan pada pengelasan *friction stir welding* harus mempunyai titik cair dan kekerasan yang lebih dibandingkan dengan material kerja, sehingga hasil lasan bisa baik. Pengelasan dengan menggunakan metode FSW bisa digunakan untuk menyambungkan material yang sama (*similar metal*) atau pun material yang tidak sama (*dissimilar metal*) seperti baja dengan baja tahan karat, aluminium dengan kuningan dan memungkinkan untuk mengelas kombinasi material lain yang tidak dapat dilas dengan menggunakan metode pengelasan yang lain. Parameter pengelasan yang dilakukan harus disesuaikan sedemikian rupa, sehingga pengurangan volume dari *tool* ketika terjadi gesekan dengan material kerja bisa diperkecil. Hal ini bertujuan untuk menjaga masukan panas yang konstan sepanjang pengelasan.

Prinsip *Friction Stir Welding* yang ditunjukkan pada Gambar 1 dengan gesekan dua benda yang terus-menerus akan menghasilkan panas, ini menjadi suatu prinsip dasar terciptanya suatu proses pengelasan gesek. Pada proses *friction stir welding*, sebuah *tool* yang berputar ditekankan pada material yang akan disatukan. Gesekan *tool* yang berbentuk silindris (*cylindrical-shoulder*) yang dilengkapi *pin/probe* dengan material, mengakibatkan pemanasan

setempat yang mampu melunakkan bagian tersebut. *Tool* bergerak pada kecepatan tetap (parameter 1) dan bergerak melintang (parameter 2) pada jalur pengelasan (*joint line*) dari material yang akan di satukan. Parameter pengelasan yang dilakukan harus disesuaikan sedemikian rupa, sehingga pengurangan volume dari *tool* ketika terjadi gesekan dengan material kerja bisa diperkecil. Hal ini bertujuan untuk menjaga masukan panas yang konstan sepanjang pengelasan.



**Gambar 2.1. Prinsip *friction stir welding***

(Www.ESAB.Com)

## Parameter Pengelasan

Berikut ini adalah parameter atau batasan-batasan dalam pengelasan *friction stir welding* (FSW), yaitu:

### 1. Kecepatan rotasi (rpm)

Kecepatan putaran probe yang tinggi ( $> 10000$  rpm) dapat meningkatkan strain rate dan dapat mempengaruhi proses rekristalisasi. Putaran yang tinggi menghasilkan temperature yang tinggi dan tingkat pendinginan yang lambat pada FSW.

### 2. Kecepatan pengelasan (mm/s)

Kecepatan pengelasan memiliki peranan vital dalam menghasilkan sambungan las yang baik. Kekuatan tarik maksimum dari Al 5052 dapat berkurang secara signifikan apabila kecepatan pengelasan dinaikkan. Dengan kecepatan pengelasan yang rendah akan menghasilkan sambungan dengan kuat tarik yang tinggi. Tetapi jika kecepatan pengelasan terlalu tinggi dari batas yang ditentukan maka akan timbul banyak cacat las.

### 3. Kekuatan Aksial (KN)

Tekanan *tool* adalah gaya tekan *tool* ke dalam alumunium. Pada tugas akhir ini, gaya tekan ini digantikan dengan *tool depth plunge* (mm) karena pengukuran kekuatan aksial sulit dilakukan dalam penelitian ini.

### 4. Alat Geometri

- D/d ratio of tool
- Pin length (mm)
- Tool shoulder diameter, D (mm)



- Pin diameter, d (mm)
- Tool inclined angle (degrees)



**Gambar 2.2. Tool FSW**

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja AISI 1045

Kode	C %	Si %	Mn %	Mo %	P %	S %
AISI 1045	0,4-0,45	0,1-0,3	0,60-0,90	0,025	0,04 (maks)	0,05 (maks)

### C. Kekuatan Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, pengujian dapat dilakukan dengan pengujian merusak dan pengujian tidak merusak. Pengujian merusak dapat dilakukan dengan uji mekanik untuk mengetahui kekuatan sambungan logam hasil pengelasan, yang salah satunya dapat dilakukan suatu uji tarik yang telah distandarisasi.

Kekuatan tarik sambungan las sangat dipengaruhi oleh sifat logam induk, daerah HAZ, sifat logam las, dan geometri serta distribusi tegangan dalam sambungan (Wiryosumarto, 1996).

Untuk melaksanakan pengujian tarik dibutuhkan batang tarik. Batang tarik, dengan ukuran-ukuran yang dinormalisasikan, dibubut dari spesimen yang akan diuji. Uji tarik merupakan salah satu dari beberapa pengujian yang umum digunakan untuk mengetahui sifat mekanik dari satu material. Dalam bentuk yang sederhana, uji tarik dilakukan dengan menjepit kedua ujung spesimen uji tarik pada rangka beban uji tarik. Gaya tarik terhadap spesimen uji tarik diberikan oleh mesin uji tarik (*Universal Testing Machine*) yang menyebabkan terjadinya pemanjangan spesimen uji dan sampai terjadi patah. Dalam pengujian, spesimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga spesimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Tegangan: } \sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: F = beban (kgf)

$A_0$  = luas mula dari penampang batang uji ( $\text{mm}^2$ )

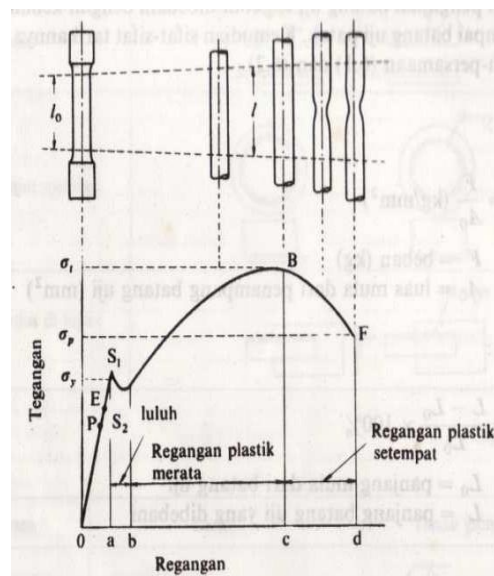
$$\text{Regangan: } \epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:  $L_0$  = panjang mula dari batang uji (mm)

L = panjang batang uji yang dibebani (mm)

Hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat dalam gambar 3. Titik P menunjukkan batas proporsi, dan titik E menunjukkan batas dimana bila beban diturunkan ke nol lagi tidak akan terjadi perpanjangan tetap pada

batang uji dan disebut batas elastik. Titik E sukar ditentukan dengan tepat karena itu biasanya ditentukan batas *elastic* dengan perpanjangan tetap sebesar 0,005% sampai 0,01%. Titik S1 disebut titik luluh atas dan titik S2 titik luluh bawah. Pada beberapa logam batas luluh ini tidak kelihatan dalam diagram tegangan-regangan, dan dalam hal ini tegangan luluhnya ditentukan sebagai tegangan dengan regangan sebesar 0,2%. (Wiryosumarto, 1996)



Gambar 2.3. Kurva tegang-regang teknik (Wiryosumarto, 1996)

Uji tarik suatu material dapat dilakukan dengan menggunakan *universal testing machine*. Benda uji dijepit pada mesin uji tarik, kemudian beban statik dinaikkan secara bertahap sampai spesimen putus. Besarnya beban dan pertambahan panjang dihubungkan langsung dengan *plotter*, sehingga diperoleh grafik tegangan ( $\text{Kgf/mm}^2$ ) dan regangan (%) yang memberikan informasi data berupa tegangan luluh ( $\sigma_{ys}$ ), tegangan *ultimate* ( $\sigma_{ult}$ ), modulus elastisitas bahan ( $E$ ), ketangguhan dan keuletan sambungan las yang diuji tarik.

#### **D. Kekerasan Rockwell**

Proses pengujian kekerasan dapat diartikan sebagai kemampuan suatu bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap. Dengan kata lain, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji yang mendapat pengaruh pembebanan, benda uji akan mengalami deformasi. Kita dapat menganalisis seberapa besar tingkat kekerasan dari bahan tersebut melalui besarnya beban yang diberikan terhadap luas bidang yang menerima pembebanan tersebut.

Kita harus mempertimbangkan kekuatan dari benda kerja ketika memilih bahan benda tersebut. Dengan pertimbangan itu, kita cenderung memilih bahan benda kerja yang memiliki tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Alasannya, logam keras dianggap lebih kuat apabila dibandingkan dengan logam lunak. Meskipun demikian, logam yang keras biasanya cenderung lebih rapuh dan sebaliknya logam lunak cenderung lebih ulet dan elastis.

Pengujian kekerasan bahan logam bertujuan mengetahui angka kekerasan logam tersebut. Dengan kata lain, pengujian kekerasan ini bukan untuk melihat apakah bahan itu keras atau tidak, melainkan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kekerasan logam tersebut. tingkat kekerasan logam berdasarkan pada standar satuan yang baku. Karena itu, prosedur pengujian kekerasan pun diatur dan diakui oleh standar industri di dunia sebagai satuan yang baku. Satuan yang baku itu disepakati melalui tiga metode pengujian kekerasan, yaitu penekanan, goresan, dan dinamik.

Metode Rockwell Berbeda dengan metode Brinell dan Vickers dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter atau diagonal jejak yang dihasilkan, maka metode Rockwell merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct-reading*). Metode ini banyak dipakai karena pertimbangan yang praktis. Variasi dalam beban dan indetor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya (Davis, Troxell dan Wiskocil, 1955).

Metode yang paling umum dipakai adalah Rockwell B dengan referensi ASTM E 18 memakai indetor bola baja berdiameter 1/16 inci dan beban 150 kg dan Rockwell C memakai indetor intan dengan beban 150 kg. Sedangkan untuk bahan lunak menggunakan penetrator yang digunakan adalah bola Baja (Ball) yang kemudian dikenal dengan skala B dan untuk bahan yang keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan ( Cone ) dengan sudut pncak  $120^{\circ}$ .

Walaupun demikian metode Rockwell lainnya juga biasa dipakai. Oleh karenanya skala kekerasan Rockwell suatu material harus dispesifikasikan dengan jelas. Contohnya 82 HRB, yang menyatakan material diukur dengan skala B. Indetor 1/16 inci dan beban 100 kg.

Tabel 2.2. Skala pada Metode Uji Kekerasan Rockwell (ASTM, 2004)

Scale	Indentor	F0(kgf)	F1(kgf)	F(kgf)	E	Jenis Material Uji	Warna
<b>A</b>	Diamond cone	10	50	60	100	Extremely hard materials, tugsen carbides, dll	Hitam
<b>B</b>	1/16" steel ball	10	90	100	130	Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu, dll	Merah
<b>C</b>	Diamond cone	10	140	150	100	Hardened steels, hardened and tempered alloys	Hitam
<b>D</b>	Diamond cone	10	90	100	100	Annealed kuningan dan tembaga	Hitam
<b>E</b>	1/8" steel ball	10	90	100	130	Beryllium copper, phosphor bronze, dll	Merah
<b>F</b>	1/16" steel ball	10	50	60	130	Alumunium sheet	Merah
<b>G</b>	1/16" steel ball	10	140	150	130	Cast iron, alumunium alloys	Merah
<b>H</b>	1/8" steel ball	10	50	60	130	Plastik dan soft metals seperti timah	Merah
<b>K</b>	1/8" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>L</b>	1/4" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>M</b>	1/4" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>P</b>	1/4" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>R</b>	1/2" steel ball	10	50	60	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>S</b>	1/2" steel ball	10	90	100	130	Sama dengan H scale	Merah
<b>V</b>	1/2" steel ball	10	140	150	130	Sama dengan H scale	Merah

## E. Impact

Menurut Dieter, George E (1988) uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Uji ini akan mendeteksi perbedaan yang tidak diperoleh dari pengujian tegangan regangan. Hasil uji impak juga tidak dapat membaca secara langsung kondisi perpatahan batang uji, sebab tidak dapat mengukur komponen gaya-gaya tegangan tiga dimensi yang terjadi pada batang uji.

Sejumlah uji impak batang uji bertakik dengan berbagai desain telah dilakukan dalam menentukan perpatahan rapuh pada logam. Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode Charpy dan metode Izod. Metode charpy banyak digunakan di Amerika Serikat, sedangkan metode izod lebih sering digunakan di sebagian besar dataran Eropa. Batang uji metode charpy memiliki spesifikasi, luas penampang 10 mm x10 mm, takik berbentuk V dengan sudut  $45^{\circ}$ , kedalaman takik 2 mm dengan radius pusat 0.25 mm. Batang uji charpy kemudian diletakkan horizontal pada batang penumpu dan diberi beban secara tiba-tiba di belakang sisi takik oleh pendulum berat berayun (kecepatan pembebanan  $\pm 5$  m/s). Batang uji izod, lebih banyak dipergunakan saat ini, memiliki luas penampang berbeda dan takik berbentuk V yang lebih dekat pada ujung batang. Dua metode ini juga memiliki perbedaan pada proses pembebanan (Dieter, George E., 1988). Harga Impact dapat dihitung dengan pembagian antara energi yang diserap dengan luas permukaan spesimen yang diuji, sehingga diperoleh nilai harga impact sebagai berikut:

$$HI = \frac{Esrp}{A}$$

$$A = l \times (t - t_{\text{takik}})$$

Dimana:

HI : Harga impact

Esrp : Energi yang diserap

A : Luas penampang

l : Lebar spesimen

t : Tinggi spesimen

$t_{\text{tekik}}$  : Tinggi sudut takik

## F. Aluminium

Aluminium adalah golongan dari jenis logam *Non-Ferrous* yang memiliki kelebihan tertentu dibandingkan logam lainnya yang dipergunakan dalam dunia industri, aluminium merupakan logam ringan, mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat baik lainnya sebagai sifat logam, selain itu aluminium juga mempunyai sifat mampu bentuk (*Wrought alloy*) dimana paduan aluminium ini dapat dikerjakan atau diproses baik dalam pengerjaan dingin maupun pengerjaan panas (dengan peleburan). Karena sifat-sifat inilah maka banyak dilakukan penelitian untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya, diantaranya dengan menambahkan unsur-unsur seperti : Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dan sebagainya, baik dicampur secara satu persatu maupun secara bersama-sama, bahan-bahan tersebut juga memberikan sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah. Material ini dipergunakan dalam bidang yang sangat luas, bukan saja untuk peralatan rumah tangga tetapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dan



sebagainya, aluminium terbagi dalam dua jenis yaitu aluminium cetak atau cor (*cast product*) dan aluminium tempa (*wrought product*).

## 1. Sifat-sifat Aluminium

Aluminium memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, sehingga aluminium banyak dipergunakan dalam dunia industri dan konstruksi berkekuatan menengah, adapun sifat-sifat aluminium tersebut, yaitu:

### 1.1. Ringan

Aluminium tergolong dalam jenis logam yang sangat ringan, beratnya jenisnya sekitar  $2720 \text{ kg/m}^3$ , sehingga aluminium banyak dipergunakan dalam pembuatan alat-alat dan benda-benda yang membutuhkan berat ringan namun kekuatan yang baik seperti bodi mobil, pesawat, dan rangka konstruksi berkekuatan sedang.

### 1.2. Tahan Karat

Aluminium merupakan salah satu logam yang memiliki daya tahan terhadap korosi yang cukup baik, berbeda dengan beberapa logam lain mengalami pengikisan bila terkena oksigen, air atau bahan kimia lainnya. Namun reaksi kimia dapat menyebabkan korosi pada logam tersebut.

### 1.3. Hantar Listrik Yang Baik

Aluminium memiliki daya hantar listrik yang cukup baik yaitu, kurang lebih 65 % dari daya hantar tembaga. Disamping itu aluminium lebih liat sehingga lebih mudah diulur menjadi kawat (Devis, 1993).

## 2. Klasifikasi Aluminium

Aluminium diklasifikasikan dalam beberapa jenis golongan tergantung dari proses pencetakannya dan penggunaannya, karena aluminium jenis logam yang memiliki sifat mampu betuk yang baik, logam aluminium mampu mengganti logam lain seperti baja, tembaga, dan lainnya. Penggunaannya secara volumetrik telah melampaui konsumsi tembaga, timah, timbal, seng secara bersama-sama.

Aluminium merupakan bahan baku yang mudah diperoleh, mempunyai produksi yang unggul, sifat mekanik dan sifat fisik yang menguntungkan dan harga relatif murah. Aluminium merupakan logam ringan karena mempunyai berat jenis yang ringan. Selain itu dalam paduan aluminium juga ditambahkan beberapa paduan yang lain sesuai dengan penggunaan aluminium tersebut, sebagai penambah kekuatan mekaniknya yang sangat mengikat yaitu Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan lainnya.

Dalam meningkatkan sifat mekanik aluminium terutama kekuatan tariknya dilakukan perpaduan dengan unsur Tembaga (Cu), Besi (Fe), Magnesium (Mg), Seng (Zn), Silikon (Si) sesuai dengan *Aluminium Assosiation* paduan Al terdiri dari produk tempa (*wrought*) dan cor (*cast*), Klasifikasi produk tempa (*Wrought*) berdasarkan standar internasional (Surdia, 1991).

## 3. Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Aluminium

Spesifikasi aluminium di dunia berbeda beda di setiap negara tergantung dari negara yang mengeluarkan standarisasi untuk jenis-jenis aluminium yang ada di negara masing-masing, yang sangat terkenal dan sempurna adalah standar AA (*Aluminium Assosiation*) yang ada di Amerika,

didasarkan atas standar terdahulu. Paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan yaitu :

- Al-murni
- Al-Cu
- Al-Mn
- Al-Si
- Al-Mg
- Al-Mg-Mn

### 3.1. Al-Murni

Aluminium murni merupakan aluminium dengan komposisi kemurnian aluminium dengan kadar kemurniannya mencapai 99.85 %, dan ada juga yang mencapai 99,999 %.

### 3.2. Al-Cu

Tembaga ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dalam paduan aluminium, jumlah paduannya dibatasi agar tidak mengurangi sifat mampuatangnya, biasanya 2-5% Cu di tambahkan untukmendapatkan sifat optimal baik untuk kekuatannya maupun keliatannya. Kandungan tembaga juga membrikan sifat ketahanan korosi dan keausan yang baik pada aluminium. Sedangkan untuk komposisi standarnya adalah Al-4%, Cu-0,5%. Paduan yang mengandung Cu mempunyai ketahanan korosi yang tinggi. Paduan tembaga biasanya dipakai pada aluminium yang dipergunakan untuk pembuatan bagian pesawat terbang.

### 3.3. Al-Mn

Unsur paduan mangan dalam aluminium berfungsi untuk menambah kekuatan pada aluminium tersebut tanpa mengurangi sifat ketahanan korosinya. Kelarutan padat maksimum terjadi pada temperatur eutektik adalah 1,82% dan pada 500°C 0,36%, sedangkan pada temperatur biasa kelarutannya hamper 0%. Paduan Al-1,2%Mn dan Al-1,2% Mn-1,0% Mg dinamakan paduan 3003 dan 3004 yang dipergunakan sebagai paduan tahan korosi tanpa perlakuan panas.

### 3.4. Al-Si

Kandungan Si pada aluminium memberikan beberapa keuntungan seperti hasil permukaan yang baik. Paduan Al-Si sangat baik kecairannya tanpa kegetasan panas dan sangat baik untuk paduan coran (*cast*), sebagai bahan tambahan Si mempunyai ketahanan korosi yang baik, ringan, koefisien muaiyang kecil dan sebagai penghantar listrik yang baik juga panas koefisien pemuaiannya termalnya sangat rendah.

### 3.5. Al-Mg

Pengaruh Mg di dalam paduan Al-Mg mempunyai pengaruh yang hampir sama dengan pengaruh Cu di dalam paduan aluminium.

### 3.6. Al-Mg-Mn

Paduan Al-Mg-Mn ini mempunyai kekuatan yang kurang untuk bahan tempaan (*wrought*) dibandingkan dengan paduan lainnya, tetapi sangat liat, sangat baik mampu bentuknya pada temperatur biasa, untuk proses ekstrusi dan sebagainya. Jika sedikit Mg ditambahkan kepada Al

pengerasan penuaan sangat jarang terjadi, tetapi apabila secara simultan mengandung Mn, maka dapat dikeraskan dengan penuaan panas setelah perlakuan pelarutan.

#### 4. Aluminium 5052

Alumunium terdiri dari beberapa kelompok yang dibedakan berdasarkan paduan penyusunnya. Penambahan paduan ini akan menghasilkan sifat yang berbeda pula. Alumunium 5052 merupakan paduan aluminium dengan magnesium (Mg), paduan ini memiliki sifat tidak dapat diperlakukan-panas, tetapi memiliki sifat baik dalam daya tahan korosi terutama korosi oleh air laut dan sifat mampu las Al-Mg banyak dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal. Material jenis ini banyak sekali digunakan untuk aplikasi pada temperatur rendah, peralatan kelautan, dan struktur rangka bangunan.

Tabel 2.3. Spesifikasi Alumunium 5052

NO	Komponen Elemen	Metric
1	Aluminum, Al	96,6 %
2	Chromium, Cr	0,35 %
3	Copper, Cu	0,10 %
4	Iron, Fe	0,40 %
5	Silicon, Si	0,25 %
6	Magnesium, Mg	2,20 %
7	Manganese, Mn	0,10 %

## 5. Sifat Mampu Las

### 5.1. Sifat-sifat umum

Dalam hal pengelasan, paduan aluminium mempunyai sifat yang kurang baik bila dibandingkan dengan baja. Sifat-sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut antara lain:

- a. Karena panas jenis dan daya hantar panasnya tinggi maka sukar sekali untuk memanaskan dan memcairkan sebagian kecil saja.
- b. Paduan aluminium mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium  $Al_2O_3$  yang mempunyai titik cair yang tinggi.
- c. Karena mempunyai koefisien muai yang besar, maka mudah sekali terjadi deformasi sehingga paduan-paduan yang mempunyai sifat getas panas akan cenderung membentuk retak-panas.
- d. Karena perbedaan yang tinggi antara kelarutan hydrogen dalam logam cair dan logam padat, maka dalam proses pembekuan yang terlalu cepat akan terbentuk rongga halus bekas kantong-kantong hydrogen.
- e. Paduan aluminium mempunyai berat jenis rendah, karena itu banyak zat-zat lain yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam.
- f. Karena titik cair dan viskositasnya rendah, maka daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.

### 5.2. Retak las

Sebagian besar retak las yang terjadi pada paduan aluminium adalah retak panas yang termasuk dalam kelompok retak karena pemisahan.

Retak las ini dapat terjadi pada proses pembekuan dan proses pencairan. Retak las yang terjadi pada proses pembekuan disebabkan karena adanya penyusutan logam yang membeku. Beberapa hal yang diperkirakan menjadi penyebab terjadinya retak las adalah penggunaan logam las yang tidak sesuai dengan logam induk, suhu antara lapis las, tegangan penahan, dan juru las yang kurang terampil.

### 5.3. Lubang-lubang halus

Lubang halus yang terjadi pada proses pengelasan aluminium disebabkan gas hydrogen yang larut kedalam aluminium cair. Karena batas kelarutan turun pada waktu pendinginan maka gas hydrogen keluar dari larutan membentuk gelembung halus. Usaha paling baik untuk menghindarinya adalah menghilangkan sumber hidrogen baik yang berbentuk zat-zat organik seperti minyak maupun yang berbentuk air.

### 5.4. Pengaruh panas pengelasan

Panas pengelasan pada paduan aluminium akan menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, pelarutan padat atau pengendapan, tergantung pada tingginya suhu pada daerah las. Karena perubahan struktur ini biasanya terjadi penurunan kekuatan dan ketahanan korosi dan kadang-kadang daerah las menjadi getas (Wiryosumarto & Okumura, 2000).