

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Sebelumnya.

Santoso dkk (2012), dalam penelitiannya dapat disimpulkan bahwa hasil kekuatan tarik akan meningkat seiring dengan semakin kecilnya sudut *chamfer* dan semakin besar gaya tekan akhir. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sudut  $15^{\circ}$  dan gaya tekan akhir 213 kgf dengan nilai kekuatan tarik sebesar  $140,45 \text{ N/mm}^2$

Irawan dkk (2012), dari hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa kekuatan tarik paduan Al–Mg–Si dengan variasi sudut  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan  $75^{\circ}$  dan gaya tekan awal 123 kgf dan gaya penekanan akhir 157 kgf dengan waktu penekanan 2 menit didapatkan nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada sudut  $30^{\circ}$  dan hasil mikrostruktur kekuatan tarik tertinggi dari spesimen tersebut disebabkan oleh luas minimum zona yang terkena dampak panas, luas maksimum zona *plastis*, dan porositas minimum.

Hidayat dkk (2014), pada penelitiannya penggunaan *friction time* dapat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan las gesek, dimana kekuatan tarik rata – rata tertinggi pada *friction time* 90 detik dengan sudut *chamfer*  $11,5^{\circ}$  nilai kekuatan tariknya  $131,04 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tarik terendah pada *friction time* 180 detik dengan sudut *chamfer* sebesar  $69,98 \text{ N/mm}^2$ .

Setyawan dkk (2014), dari hasil penelitiannya didapatkan bahwa kekuatan tarik aluminium Al-Mg-Si dengan gaya tekan las gesek 123 kgf dan gaya tekan akhir 202 kgf. Dan juga variasi suhu aging  $150^{\circ}\text{C}$ ,  $175^{\circ}\text{C}$ ,  $185^{\circ}\text{C}$ ,  $200^{\circ}\text{C}$ , dan  $225^{\circ}\text{C}$  dengan waktu holding selama 7 jam. Spesimen dengan suhu aging  $150^{\circ}\text{C}$  dengan waktu holding selama 7 jam mempunyai kekuatan tarik paling besar yaitu  $186,65 \text{ N/mm}^2$ .

### 2.2 Aluminium

Aluminium adalah jenis logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap korosi dan konduktor yang cukup baik. (Wirjosumarto, 2000 : 113). Aluminium merupakan logam yang sering digunakan setelah baja. Karakteristik utamanya adalah ringan (massa jenis =  $2,7 \text{ gr/cm}^3$ ) jika dibandingkan dengan baja (massa jenis =  $7,8 \text{ gr/cm}^3$ )

memiliki konduktifitas yang tinggi ketahanan korosi yang baik, serta memiliki keuletan yang cukup tinggi. Berdasarkan sifat mekaniknya material ini banyak dipakai dalam bidang yang luas bukan saja peralatan rumah tangga, tapi juga dipakai untuk keperluan material kelling, pesawat terbang, mobil, dan konstruksi.

## 2.2.1 Sifat-sifat Teknis Aluminium

### 2.2.1.1 Sifat Fisik Aluminium

Tabel 2.1 Sifat Fisik Aluminium

Sifat Fisik Aluminium	
Wujud	Padat
Massa Jenis	2,70 gram/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur	933,47 K, 660,32°C, 1220,58°F
Titik Didih	2792 K, 2519°C, 4556°F
Konduktivitas Termal (300 K)	237 W/m K
Pemuaian Termal (25°C)	23,1 µm/m K
<i>Modulus Young</i>	70 Gpa
<i>Modulus Geser</i>	26 Gpa
Kekerasan Skala <i>Vickers</i>	167 Mpa
Kekerasan Skala <i>Brinell</i>	245 Mpa

### 2.2.1.2 Sifat Mekanik Aluminium

#### 1. Kekerasan

Kekerasan dari aluminium murni sendiri sangatlah kecil, yaitu sekitar 65 skala *Brinell*, sehingga dengan pemberian sedikit gaya saja bisa mengubah dimensi logam. Untuk keperluan aplikasi yang membutuhkan kekerasan dari material tersebut, aluminium butuh dipadukan dengan logam lain atau diberi perlakuan fisik atau termal.

#### 2. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik dari aluminium murni pada beberapa perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90 N/mm<sup>2</sup>, maka dari itu untuk penggunaan yang membutuhkan kekuatan tarik yang tinggi, aluminium perlu dipadukan. Dengan cara dipadukan dengan logam lain, dan ditambah dengan beberapa perlakuan termal, aluminium paduan akan mempunyai kekuatan tarik hingga mencapai 580 N/mm<sup>2</sup> (paduan 7075).

### 3. Elastisitas

Elastisitas diartikan sebagai sifat mekanis dari suatu material untuk menjelaskan seberapa besar material bisa dirubah bentuknya secara plastis tanpa adanya retakan. Aluminium murni mempunyai elastisitas yang tinggi. Aluminium paduan mempunyai elastisitas yang beragam, tergantung banyaknya paduan, tapi pada dasarnya mempunyai elastisitas yang lebih kecil dari pada aluminium tanpa paduan atau murni. Dikarenakan elastisitas berbanding terbalik dengan kekuatan tarik dari suatu material, dan hampir semua aluminium paduan mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar dari pada aluminium tanpa paduan atau murni.

### 4. Kekuatan Puntir

Kemampuan suatu material untuk menerima gaya sejajar dan gaya rotasi tanpa mengalami slip.

### 5. Kekuatan *Impact*

Kekuatan *impact* adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan beban dinamis atau beban kejut yang dapat menyebabkan benda mengalami rusak atau patah.

## 2.2.2 Sifat Umum Dari Jenis-jenis Paduan Aluminium

### 1. Jenis Al- murni

Aluminium dengan kemurnian antara 99,0% dan 99,9%. Aluminium jenis ini mempunyai sifat yang baik tahan terhadap korosi, konduksi panas dan konduksi listrik. Juga memiliki sifat mampu las dan mampu potong, tapi memiliki kekuatan yang rendah

### 2. Jenis Paduan Al – Cu

Jenis Al – Cu adalah jenis aluminium yang bisa diperlaku – panaskan. Melalui pengerasan endap atau penyepuhan sifat mekanik paduan tersebut bisa mendekati baja lunak, akan tetapi daya tahan terhadap korosinya rendah dibanding dengan jenis paduan lainnya dan sifat mampu lasnya kurang baik.

### 3. Jenis Paduan Al – Mn

Jenis paduan aluminium ini tidak bisa diperlaku – panaskan maka dari itu kenaikan kekuatannya hanya bisa dilakukan dengan pengerjaan dingin pada proses pembuatannya. Jika dibandingkan dengan Al – murni paduan ini memiliki sifat yang mirip, tetapi kekuatannya lebih besar di dari Al-murni

#### 4. Jenis Paduan Al-Si

Paduan aluminium jenis Al-Si adalah jenis yang tidak bisa diperlaku – panaskan. Jenis ini memiliki sifat mampu alir yang bagus bila dalam kondisi cair. Paduan jenis ini banyak dipakai sebagai material atau logam las pada pengelasan paduan aluminium paduan cor ataupun paduan tempa.

#### 5. Jenis Paduan Al-Mg

Paduan aluminium jenis ini tidak bisa diperlaku – panaskan, tetapi daya tahan terhadap korosi itu sangat baik, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu – lasnya. Paduan jenis ini sering digunakan dalam bidang konstruksi.

#### 6. Jenis Paduan Al-Mg-Si

Paduan aluminium ini dalam jenis yang bisa diperlaku – panaskan dan memiliki sifat mampu las, mampu potong dan daya tahan terhadap korosi yang baik. Tetapi mempunyai kekurangan yaitu adanya pelunakan pada daerah hasil las akibat dari panas pengelasan.

#### 7. Jenis Paduan Al-Zn

Paduan aluminium ini termasuk yang bisa diperlaku – panaskan. Biasanya pada paduan pokok Al-Zn ditambahkan Mg, Cu, dan Cr. Kekuatan tarik yang bisa diperoleh lebih dari  $50 \text{ N/mm}^2$ , maka dari itu paduan Al-Zn dinamai juga ultra duralumin. Akan tetapi daya tahan korosinya dan sifat mampu-lasnya kurang menguntungkan.

(Wiryosumarto, 2000)

### 2.2.3 Paduan Al – Mg – Si

Paduan Aluminium–Magnesium–Silikon adalah paduan yang bisa diperlakupanaskan dan memiliki sifat mampu- potong, mampu las, dan daya tahan korosi yang cukup (Wiryosumarto, 2000). Dalam aplikasinya paduan Al – Mg – Si banyak digunakan untuk bahan keling, pipa, tabung, silinder linier, ring piston, bantalan dan komponen mobil.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Al – Mg - Si

Paduan	Al (%)	Mg (%)	Si (%)	Fe (%)	Mn (%)	Zn (%)	Cu (%)	Cr (%)	Ti (%)	Kandungan lainnya (%)
Al-	95,8-	0,80-	0,40-	Max	Max	Max	0,15-	0,040-	Max	Max 0,15
Mg-Si	98,6	1,2	0,80	0,70	0,15	0,25	0,40	0,35	0,15	

Sumber : ASM Aero Space Metal Inc.

Tabel 2.3 Sifat Mekanik Paduan Al – Mg - Si

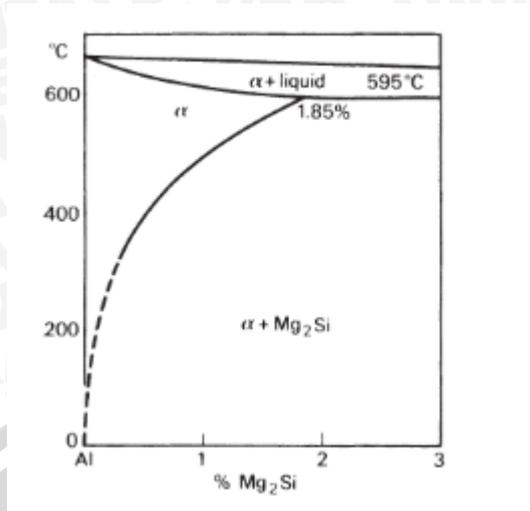
Paduan	Keadaan	Kekuatan tarik (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan mulur (kgf/mm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kekuatan geser (kgf/mm <sup>2</sup> )	Kekerasan brinell	Batas lelah (kgf/mm <sup>2</sup> )
Al-	0	12,6	5,6	30	8,4	30	6,3
Mg-Si	T4	24,31	14,8	28	16,9	65	9,5
	T6	31,6	28,0	15	21,0	95	9,5

Sumber : Surdia (1999: 140)

Tabel 2.4 Sifat – Sifat Al-Mg-Si

Sifat	Nilai
Massa Jenis	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Titik Lebur / Cair	650 °C
Ekspansi Termal	23,4 x 10 <sup>-6</sup> / K
Modulus Elastisitas	70 Gpa
Konduktivitas Termal	166 W/m.K
Ketahanan Listrik	0,04 x 106 Ω.m
Kekuatan Tarik	310 Mpa

Sumber : Aalco (2007)



Gambar 2.1 Diagram Fase magnesium-silika pada paduan aluminium

Sumber : Light Alloy, (1995: 63)

### 2.2.4 Sifat Mampu Las Aluminium

Dalam hal pengelasan, paduan aluminium memiliki sifat yang kurang bagus bila dibandingkan dengan material baja. Sifat – sifat yang kurang baik atau merugikan tersebut yaitu :

1. Daya hantar panas dan panas jenisnya tinggi maka dari itu sukar sekali untuk mencairkan dan memanaskan sebagian kecil aluminium.
2. Aluminium sangat mudah teroksidasi sehingga membentuk oksida aluminium  $Al_2O_3$  yang memiliki titik cair yang tinggi. Karena mempunyai sifat ini mengakibatkan peleburan antara logam las dan logam dasar menjadi terhalang.
3. Paduan aluminium memiliki berat jenis rendah, karena banyak zat lainnya yang terbentuk selama pengelasan akan tenggelam. Kondisi ini memudahkan terganggunya zat lain yang tidak diinginkan ke dalamnya. Karena viskositas dan titik cairnya rendah, sehingga daerah yang kena pemanasan mudah mencair dan jatuh menetes.
4. Karena memiliki titik lebur dan viskositas yang rendah, maka daerah yang terkena panas mudah mencair dan jatuh menetes.

5. Memiliki nilai koefisien muai yang besar yang membuat aluminium mudah sekali terjadi deformasi sehingga mudah terbentuk retakan yang diakibatkan oleh pemanasan.

Oleh karena itu pengelasan pada aluminium dapat menimbulkan kerugian yang merupakan cacat pada pengelasan seperti :

1. Retak las, merupakan retak panas yang terjadi pada proses pembekuan dan pencairan. Retak pada proses pembekuan disebabkan karena adanya penyusutan butir logam yang

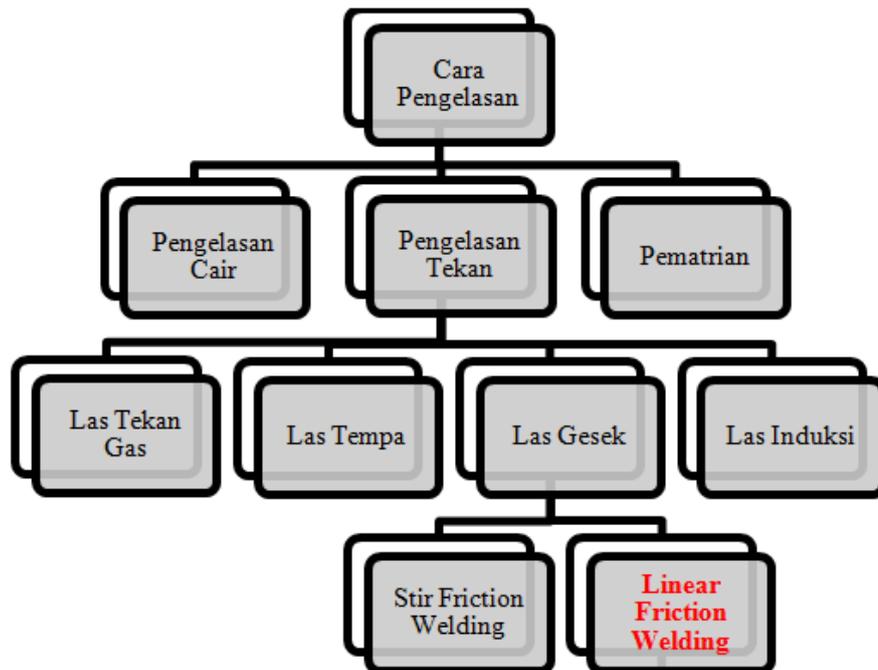
membeku dan dapat menimbulkan retak manik membujur, retak manik melintang, dan retak kawah. Retak pada proses pencairan disebabkan karena adanya pengendapan dari unsur bertitik cair rendah seperti Mg, Si, Cu, dan Zn.

2. Lubang – lubang halus, hal ini disebabkan oleh gas – gas hidrogen yang larut dan terjebak di dalam aluminium pada saat cair. Karena batas kelarutan turun pada saat pendinginan maka proses pembekuan yang cepat menyebabkan gas tersebut terperangkap dan membentuk gelembung halus.
3. Pengaruh panas pengelasan, hal ini dapat menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi butir, pelarutan padat, dan pengendapan. Perubahan struktur butir tersebut biasanya mengakibatkan manurunnya kekuatan mekanik dan ketahanan korosi pada aluminium, dapat juga menjadikan daerah pengelasan menjadi bersifat getas. (Wiryosumarto, 2008 : 115 & 116)

### 2.3 Pengelasan

Berdasarkan definisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) Las (*welding*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan material logam atau material logam paduan yang dilakukan saat kondisi lumer atau cair. Dari pengertian tersebut bisa dijabarkan lebih dalam bahwa las merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan memakai energi panas. (Wiryosumarto, hal.1). Berdasarkan cara kerjanya pengelasan dibagi dalam tiga kelas utama, yaitu :

1. Pengelasan cair merupakan cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari semburan api gas yang terbakar atau busur listrik.
2. Pengelasan tekan merupakan cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan setelah itu ditekan hingga logam yang di las tersebut menjadi satu.
3. Pematrian merupakan cara pengelasan dimana sambungan logam yang akan di las diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang memiliki titik cair rendah.



Gambar 2.2 Klasifikasi Cara Pengelasan

Sumber : Wiryosumarto, 2008 : 8

#### 2.4 Las Gesek (*Friction Welding*)

Las gesek merupakan salah satu metode pengelasan tekan dimana sumber panas yang dihasilkan berasal dari gesekan benda itu sendiri. Pada pengelasan gesek, penyambungan terjadi karena panas yang dihasilkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam-logam induk dibawah pengaruh gaya aksial. Kedua permukaan logam yang bergesekan tersebut akan menjadi panas, bahkan menyamai titik didih logam tersebut, oleh karena itu permukaan logam didaerah tersebut berubah menjadi plastis. Dalam keadaan panas tersebut, pergesekan relatif antar kedua logam las dihentikan, setelah di beri gaya tekan arah aksial, sehingga terjadi sambungan las. Besarnya gaya tekan tersebut, bisa sama atau lebih tinggi dari gaya tekan saat pemanasan, dimana besarnya tergantung dari jenis material yang akan di las.

Mesin yang dipakai harus mampu memegang salah satu dari logam induk, sedang logam lain nya diputar dan dihentikan, setelah suhu pengelasan tercapai. Kecepatan perputaran dan tekanan kontak sangat tergantung kepada ukuran dan jenis bahan benda kerja nya. Berdasarkan cara penggesekannya las gesek (*friction welding*) dibagi 2 yaitu:

##### 1. *Linier Friction Welding*

Merupakan jenis las gesek dengan memanfaatkan sumber panas yang berasal dari gesekan kedua permukaan benda kerja itu sendiri.

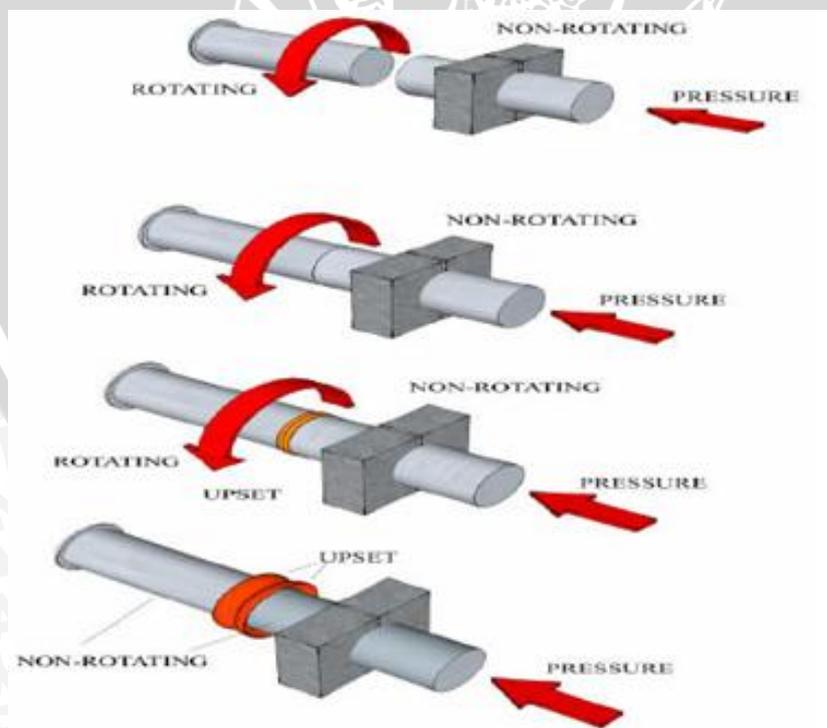
## 2. Friction Stir Welding

Merupakan jenis las gesek dengan memanfaatkan sumber panas yang berasal dari gesekan antara benda kerja dan pahat (*tools*).

### 2.4.1 Continuous Drive Friction Welding

Merupakan pengelasan yang memanfaatkan panas yang berasal dari gesekan langsung dari benda itu sendiri dimana salah satu benda kerja diputar dan satunya diam dan menekan.

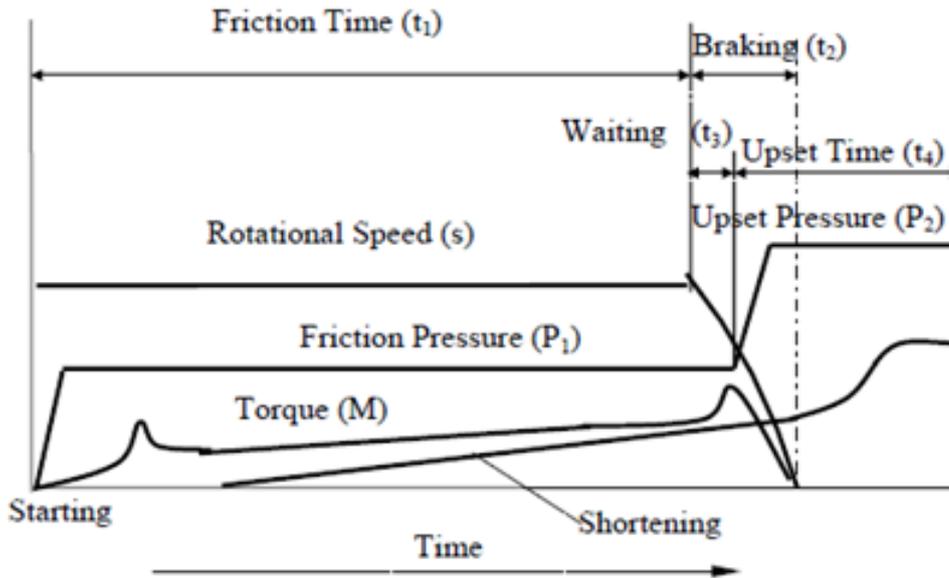
Mekanisme proses ini adalah ketika salah satu benda diputar dengan kecepatan tinggi dan salah satu benda yang lain menekan benda yang berputar tersebut. Akibat dari penekan tersebut timbul panas sehingga partikel dari dua logam dapat saling berikatan dan perputaran yang terjadi mengakibatkan partikel dari dua benda tersebut teraduk. Sedangkan penekanan menyebabkan partikel terdorong mengisi celah-celah kosong sekaligus mengeluarkan udara. Dari proses ini menghasilkan proses penyambungan logam tanpa pencairan atau yang dinamakan *solid state process*.



Gambar 2.3 Continuous Drive Friction Welding

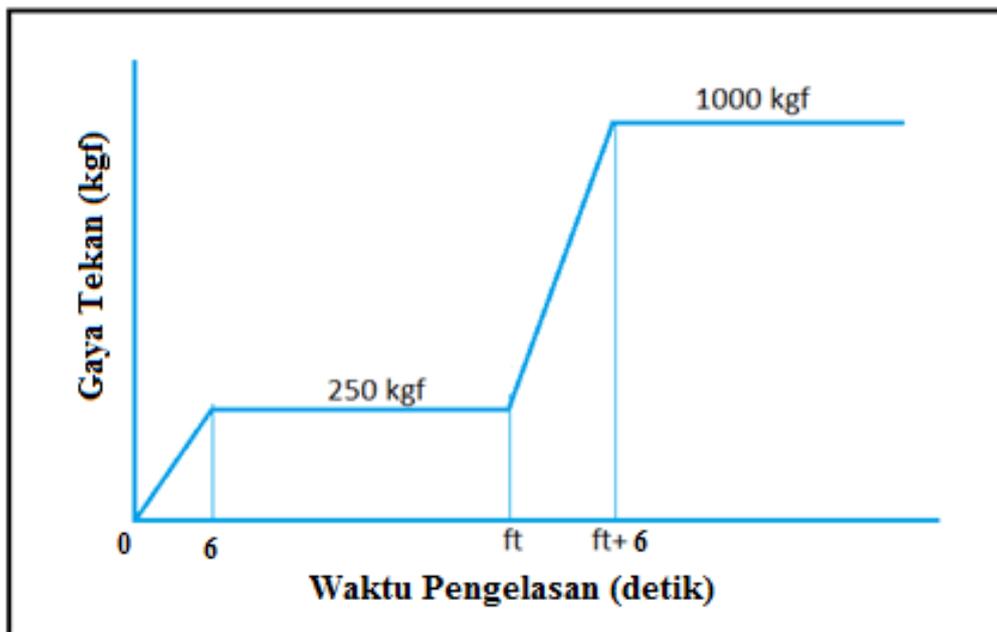
Sumber : Haryanto. 2012

Pada pengelasan las gesek ini terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan saat proses penyambungan dengan las gesek, terutama parameter waktu gesekan dan gaya yang diberikan ketika proses pengelasan. Untuk lebih jelasnya bisa diperhatikan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.4 Parameter *Friction Welding*

Sumber: Sahin (2010)



Gambar 2.5 Skema Pemberian Gaya Tekan

Pada skema diatas yaitu pemberian gaya tekan pada waktu pengelasan gesek. Untuk pemberian gaya tekan awal terjadi pada saat *friction time (ft)* dengan gaya tekan sebesar 250 kgf. Dan untuk pemberian gaya tekan akhir pada saat *upset time* sebesar 1000 kgf. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan gaya tekan awal sebesar 250 kgf mulai dari nol adalah 6 detik. Begitu juga pemberian gaya tekan akhir sebesar 1000 kgf waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan gaya tekan akhir tersebut adalah 6 detik dimulai dari gaya tekan sebesar 250 kgf.

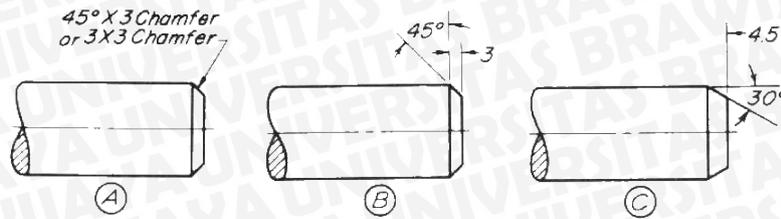
#### 2.4.2 Kelebihan Las Gesek (*friction welding*)

Beberapa kelebihan dari las gesek antara lain :

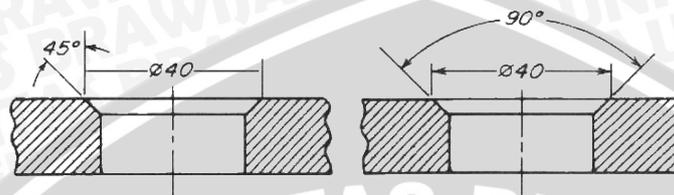
1. Distorsi kecil
2. Karakteristik fatik yang baik
3. Tidak memerlukan logam pengisi (logam tambahan)
4. Tidak memerlukan banyak pengontrolan seperti pada pengelasan busur listrik
5. Pengelasan gesek dapat menghasilkan kualitas pengelasan yang tinggi dalam waktu singkat
6. Tidak diperlukan busur listrik
7. Proses pengelasan gesek dapat digunakan untuk menyambung dua kombinasi logam berbeda

#### 2.5 Chamfer

*Chamfer* merupakan bentuk geometri benda kerja yang dibuat dengan memotong tepi secara simetris terhadap proses benda kerja dengan sudut tertentu sampai dengan sudut  $90^{\circ}$ . Sudut chamfer dibuat dengan maksud untuk memperluas luas kontak permukaan benda kerja yang diharapkan bisa meningkatkan kekuatan tarik dari sambungan las tersebut.



Dimensioning of chamfers.



Dimensioning internal chamfers.

Gambar 2.6 Chamfer

## 2.6 Energi Pengelasan

### 2.6.1 Energi Pengelasan Material

Untuk proses pengelasan dibutuhkan energi kalor untuk mencapai fase peleburan pada material yang akan disambungkan. Dimana kalor yang dibutuhkan untuk proses peleburan suatu material disini yaitu paduan Al-Mg-Si harus mampu mencapai fase peleburannya. Untuk bisa mengetahui jumlah kalor yang dibutuhkan pada saat proses pengelasan, maka dipakai rumus dasar sebagai berikut :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (2-1)$$

dengan :

Q = Jumlah kalor yang diterima (Joule)

m = Massa zat (kilogram)

c = Kalor jenis zat (Joule/kilogram<sup>o</sup>C) (Al-Mg-Si = 0,896 J/m<sup>o</sup>C)

$\Delta t$  = Perubahan suhu (<sup>o</sup>C)

Suhu perubahan fase aluminium Al-Mg-Si dari solid ke liquid jenuh adalah 582<sup>o</sup>C dan untuk fase liquid ialah 652<sup>o</sup>C.

### 2.6.2 Energi Pada Proses Las Gesek

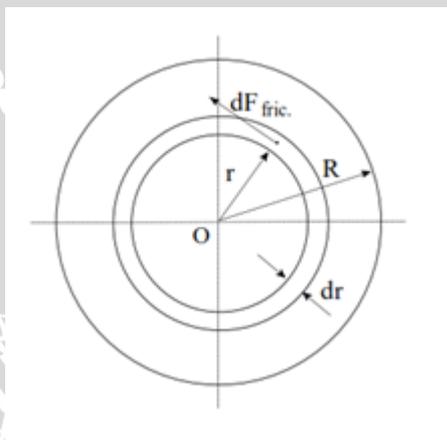
Pada saat proses las gesek muncul energi panas yang diperoleh dari proses gesekan antara dua permukaan benda kerja. Proses tersebut bisa dinyatakan dengan rumus :

$$d\dot{Q} = \omega \cdot dM \quad (2-2)$$

dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut dan  $dM$  adalah perbedaan torsi pada lingkaran dengan lebar  $dr$ . maka, torsi dapat dihitung dengan rumus

$$dM = r \cdot dF_{friction} \quad (2-3)$$

dimana  $dF_{friction}$  merupakan gaya gesekan pada lingkaran dengan lebar  $dr$  dan  $r$  jari-jari lingkaran. Dan itu bisa didefinisikan sebagai gaya gesekan  $dF_{friction}$  sama dengan koefisien gesek dikalikan dengan gaya aksial pada tekanan  $P$  di lingkaran dengan lebar  $dr$ .



Gambar 2.7 Friction Surface

Sumber : Sahin (2010)

$$dF_{friction} = \mu \cdot P \cdot 2\pi r \cdot dr \quad (2-4)$$

Substitusikan persamaan (2-4) ke dalam persamaan (2-3), maka :

$$dM = r \cdot (\mu \cdot P \cdot 2\pi r \cdot dr) \quad (2-5)$$

persamaan (2-5) di substitusikan ke persamaan (2-2), maka

$$d\dot{Q} = \omega \cdot (\mu \cdot p \cdot 2\pi r^2 \cdot dr)$$

$$d\dot{Q} = 2\pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot P \cdot r^2 \cdot dr \quad (2-6)$$

Rumus (2-6) lalu di integralkan dengan nilai R (spesimen pejal) untuk menjelaskan jumlah kalor yang terjadi selama proses gesekan.

$$\int_0^R d\dot{Q} = 2\pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot P \cdot r^2 \cdot dr \quad (2-7)$$

$$\dot{Q} = 2\pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot P \cdot \frac{r^3}{3} \Big|_0^R \quad (2-8)$$

$$\dot{Q} = \frac{2}{3} \pi \cdot \mu \cdot \omega \cdot P \cdot R^3 \quad (2-9)$$

dengan :

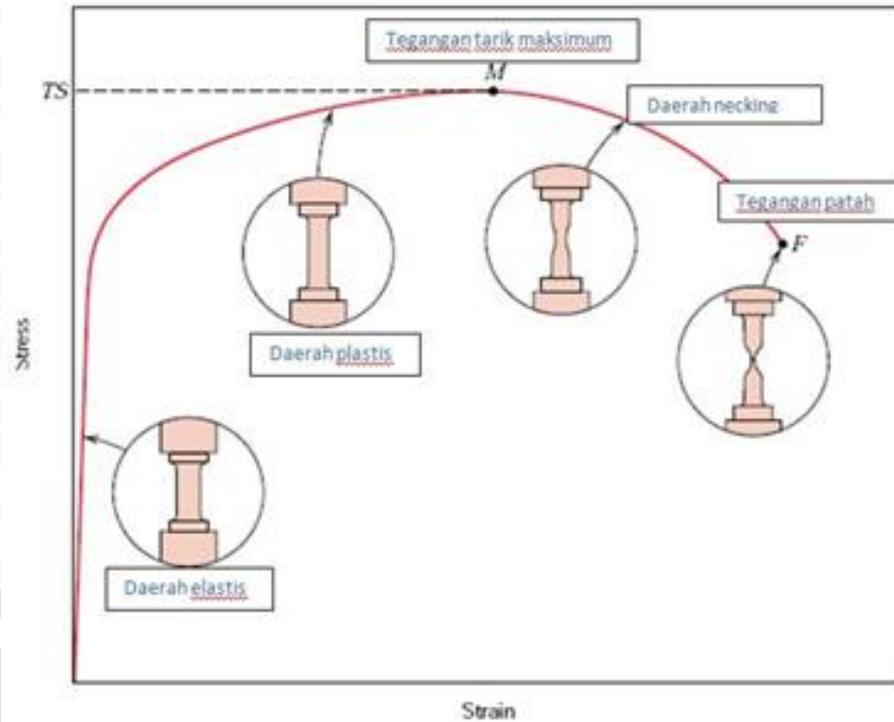
- $\dot{Q}$  : Kalor alir (W)  
 $P$  : *Friction pressure* (N/m<sup>2</sup>)  
 $\omega$  : Kecepatan sudut (rad/s)  
 $R$  : Radius benda kerja (m)  
 $\mu$  : Koefisien gesek

Sumber: Sahin (2010)

## 2.7 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah cara umum untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Pengujian tarik pada sambungan las perlu dilakukan untuk mengetahui apakah kekuatan tarik sambungan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi jika dibandingkan dengan kekuatan tarik dari material itu sendiri. Pembebanan tarik merupakan pembebanan yang diberikan kepada spesimen uji dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung spesimen.

Saat pengujian tarik diberikan beban statik yang akan meningkat secara perlahan sampai spesimen akhirnya patah. Kita bisa menganalisis sifat mekanik (tarik) dari spesimen tersebut, yang dapat dibagi dalam 1) daerah deformasi elastis, dan 2) deformasi plastis



Gambar 2.8 Grafik Hubungan Tegangan – Regangan

Sumber : Pengantar Teknik Material, (2010 : 29)

Secara skematik tegangan tarik pada material dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2-10)$$

dengan :

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

F = Beban tarik (N)

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

Sedangkan regangan (persentase pertambahan panjang) pada saat itu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{(L-L_0)}{L_0} \times 100\% \quad (2-11)$$

dengan :

$\varepsilon$  = Regangan (%)

L<sub>0</sub> = Panjang batang uji mula (mm)

L = Panjang batang uji akhir (mm)



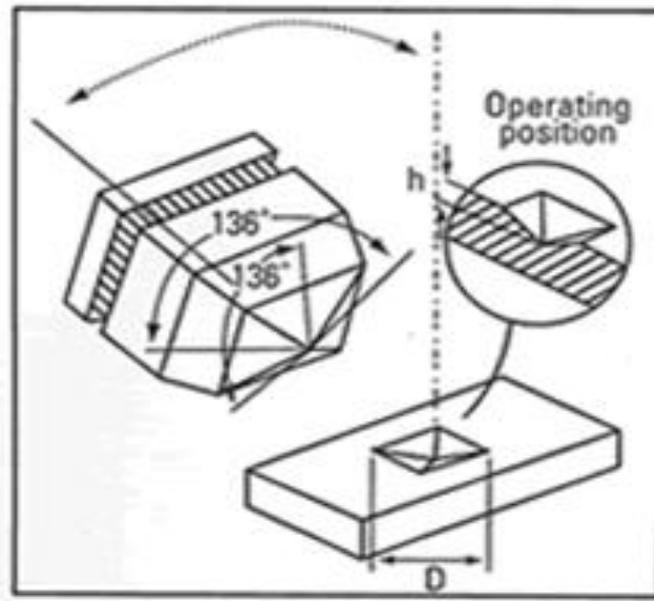
Gambar 2.9 *Universal Testing Machine*

Sumber: Laboratorium Struktur, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Malang

## 2.8 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan merupakan pengujian untuk mengukur ketahanan material terhadap deformasi plastis yang terlokasi pada suatu titik seperti, indentasi kecil/deformasi kecil dan tergores. Macam-macam metode pada pengujian kekerasan, yaitu *Brinell*, *Vickers*, dan *Rockwell*. Pada metode uji kekerasan tersebut, umumnya menggunakan indentor kecil (berbentuk bola atau piramid) yang ditekan ke permukaan benda dengan mengontrol besar beban dan laju pembebanan. Kemudian indentasi (besar jejak / diagonal jejak) diukur menggunakan mikroskop ukur.

Pada penelitian ini, pengujian kekerasan yang digunakan adalah pengujian kekerasan *vickers* dengan alasan karena besaran penampang (permukaan kontak indentor) atau daerah yang akan diambil titik sampel uji tidak memiliki luasan yang luas, beban penekanannya juga relatif ringan. Pengujian kekerasan digunakan sebagai data pendukung untuk menganalisa nilai kekuatan tarik.



Gambar 2.10 Indentor Piramid Intan Pada Metode *Microvickers*

Sumber : Sofyan, (2010 : 21)

Pengujian kekerasan *vickers* menggunakan penumbuk piramida intan yang dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besarnya sudut antara permukaan – permukaan piramid yang saling berhadapan adalah  $136^{\circ}$ . Beban yang biasanya digunakan pada uji *vickers* berkisar antara 1 – 10 *Newton*. Kelebihan uji kekerasan *vickers* ini banyak dilakukan pada penelitian karena metode tersebut memberikan hasil berupa skala kekerasan yang kontinu untuk suatu beban tertentu.

Kekurangan menggunakan uji *vickers* ini yaitu tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian tersebut lamban, memerlukan persiapan benda uji yang hati-hati, dan terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal. Nilai kekerasan metode *vickers* dapat dihitung dengan rumus persamaan (2-12) berikut ini :

$$VHN = \frac{2P \sin \left( \frac{\theta}{2} \right)}{L^2} = \frac{1.854 P}{L^2} \quad (2-12)$$

dengan :

P = Beban (N)

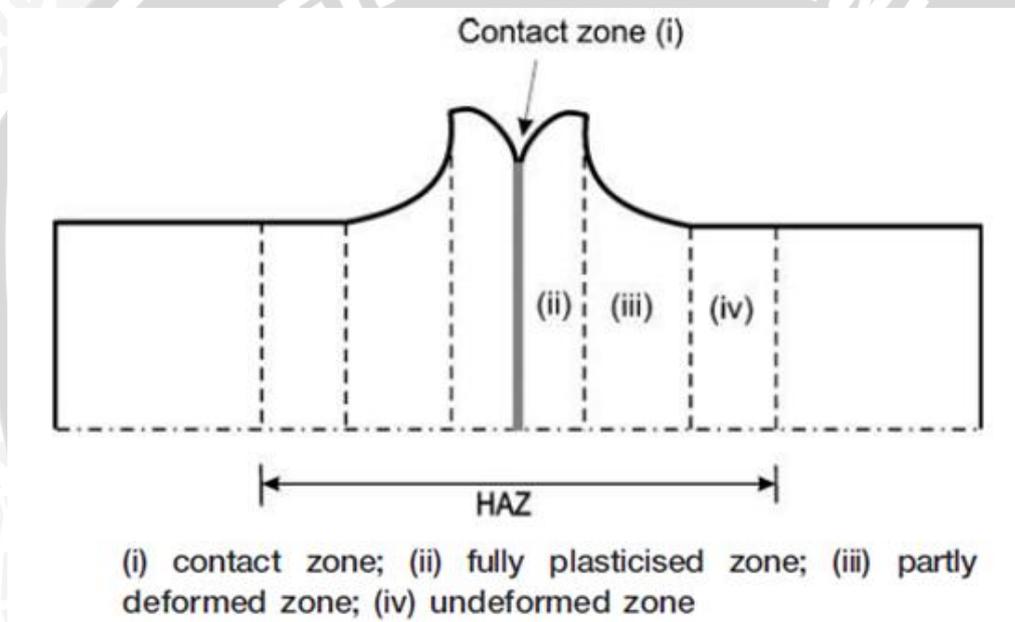
L = Panjang diagonal indentasi rata - rata ( mm )

$\theta$  = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan (  $136^{\circ}$  )

## 2.9 Daerah *Heat Affcted Zone* (HAZ)

Daerah HAZ merupakan daerah yang terpengaruh panas saat proses pengelasan. Akibat adanya panas ini struktur mikro dan sifat-sifat mekanisnya berubah dari keadaan semula.

Pada pengelasan gesek ada beberapa bagian yang dibagi menjadi tiga yakni *fully plasticized zone* (ii) atau daerah sambungan yang menyatu dengan sempurna, *partly deformed zone* (iii) dan *undeformed zone* (iv). Ini merupakan daerah *heat affected zone* (HAZ) karena pada daerah-daerah tersebut mengalami panas yang diakibatkan proses pengelasan Untuk mengetahui daerah-daerah tersebut maka dapat dilihat dari foto makrostruktur.



Gambar 2.11 Daerah- daerah Hasil Las Gesek

Sumber : Maalekian (2007)

- i. *Contact zone* (daerah sepenuhnya terdeformasi) ini adalah daerah dimana terjadinya gesekan langsung dari kedua permukaan benda kerja itu sendiri
- ii. *Fully plasticised zone* ini adalah daerah sepenuhnya plastis. Pada zona ini material mengalami deformasi plastis tapi pada zona ini tidak mengalami gesekan langsung.
- iii. *Partly deformed zone* ini adalah daerah sebagian terdeformasi. Tingkat tegangan, suhu, dan jumlah daerah yg terdeformasi lebih rendah dibandingkan dengan region (ii)
- iv. *Undeformed zone* ini adalah daerah yang tidak mengalami deformasi.

Semakin besar panas yang dihasilkan maka daerah HAZ yang terbentuk juga semakin besar. Ini akan menyebabkan kekuatan dari sambungan las tersebut akan semakin menurun.

### 2.10 Hipotesis

Berdasarkan teori dan beberapa penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan variasi sudut *chamfer* dan *friction time* akan meningkatkan kekuatan tarik dari sambungan las gesek Al-Mg-Si. Dengan adanya variasi ini diharapkan daerah HAZ yang terbentuk semakin sedikit sehingga bisa meningkatkan kekuatannya. selain itu *flash* yang dihasilkan juga semakin optimal.

