

## BAB II TINJUAN PUSTAKA

### 2.1. Kajian pustaka

Penelitian terhadap las gesek sudah banyak dilakukan saat ini. Beberapa penelitian tentang las gesek dengan pengaruh variabel pengelasan terhadap kualitas sambungan las gesek seperti yang dilakukan.

Wicaksana dan Santoso dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh waktu gesek terhadap kekuatan material silinder pejal dari aluminium 6061 dengan metode *friction welding*. Pada penelitiannya menggunakan parameter waktu gesek 60 dan 120 detik, tekanan gesek 75 kg/cm, waktu upset 30 detik, sudut *chamfer* (0°C,30°C,60°C) dan kecepatan putaran *spindel* 800 Rpm. Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekuatan tarik terbaik sebesar 15.86 N/mm<sup>2</sup>, pada parameter waktu gesek 120 detik dan sudut *chamfer* 30°C. Pengujian nilai kekerasan diperoleh tertinggi 92 BHN, 99 BHN dan 91 BHN. Untuk hasil yang terbaik didapat dari variasi waktu gesek 120 detik dan sudut *chamfer* 30°C. Tetapi untuk hasil struktur mikro masih kurang baik karena adanya crack disambungan.

Rikos dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter waktu gesek terhadap karakteristik kekuatan material silinder pejal dari baja AISI 1045, sudut *chamfer* 15° dan kecepatan putaran *spindel* 3000 Rpm menggunakan metode *friction welding*. Pada penelitian ini menggunakan variasi parameter waktu gesek ( 25 detik, 35 detik, 45 detik dan 55 detik), tekan gesek 5 Mpa, waktu upset 30 detik dan sudut *chamfer* 15°. Pengujian nilai kekerasan terbaik diperoleh pada waktu gesek 55 detik dengan nilai kekerasan 270 BHN, kekerasan bagian kiri HAZ 252 BHN, kekerasan bagian kanan HAZ nya 247,6 BHN. Hasil pengujian tarik terbaik didapat pada waktu gesek 45 detik dengan hasil kekuatan tarik 703.835 N/mm<sup>2</sup>.

Irwansyah (2015) melakukan penelitian tentang temperatur panjang *upset* dan bentuk *flash* terhadap kekuatan tarik sambungan aluminium dengan menggunakan metode *friction welding*. Peneliti menggunakan variasi tekanan upset 1000 psi, waktu

*upset* (2 detik, 6 detik, dan 10 detik), tekanan gesek (300, 400 psi) dengan memakai putaran *spindel* 1650 Rpm. Pada pengujian ini parameter sambungan terbaik adalah 400 psi dengan waktu gesek 2 detik menghasilkan nilai 289 Mpa, tetapi hasil kekuatan tariknya kurang bagus karena kekuatan tarik dari aluminium 313 MPa. Selain itu hasil struktur mikronya daerah HAZ belum nampak atau belum muncul hasil etsanya.

Subiyanto dkk (2016) melakukan penelitian tentang Studi eksperimen pengaruh durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa pengelasan gesek (FW) terhadap kekuatan tarik dan impact pada baja AISI 1045. Penelitian menggunakan variasi waktu gesek 50 detik, 70 detik, 90 detik dan tekanan gesek 6 MPa, 12 MPa, dan 18 MPa serta tekanan tempa 24 MPa, 34 MPa, dan 53 Mpa dengan putaran mesin yang dipakai 4200 rpm. Hasil kekuatan tarik tertinggi sebesar 730 MPa dengan variasi parameter waktu gesek 90 detik, tekanan gesek 18 MPa, dan tekanan tempa 53 MPa. Untuk kekuatan tarik terendah sebesar 282 MPa dengan variasi waktu gesek 50 detik, tekanan gesek 6 MPa, dan tekanan tempa 24 MPa. Dengan lokasi patahan di sambungan.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa terdapat parameter penting yang perlu diperhatikan dalam penyambungan menggunakan metode continuous drive friction welding yaitu: waktu gesek, tekanan gesek, waktu upset, tekanan upset dan kecepatan putaran mesin. Penggunaan parameter tersebut akan berpengaruh terhadap kekuatan sambungan yang dihasilkan. Berdasarkan fakta tersebut maka penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan parameter yang sesuai dengan proses penyambungan logam silinder pejal aluminium 6061 T6 perlu dilakukan agar dapat memperoleh sambungan dengan kekuatan tarik yang maksimal.

## **2.2. Dasar Teori**

Perkembangan penggunaan pengelasan dibidang konstruksi dan otomotif sangat pesat, yaitu meliputi dibidang rangka baja, jembatan, saluran pipa, perkapalan, rangkaian bodi kendaraan, pembuatan rel dan lain-lain. Pengelasan merupakan

penyambungan dua buah logam dengan menggunakan energi panas. Menurut *Deutsche Industry Normen* (DIN) mendefinisikan bahwa las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang teknik pengisiannya dilakukan dalam keadaan lumer atau cair. 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 kontinyu (Wiryosumarto, 1996).

Saat ini telah banyak metode penyambungan logam yang dilakukan dengan penekanan dua buah logam sehingga terjadi ikatan logam yang disambungkan. Pengelasan diklasifikasikan menjadi tiga jenis utama yaitu: pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian.

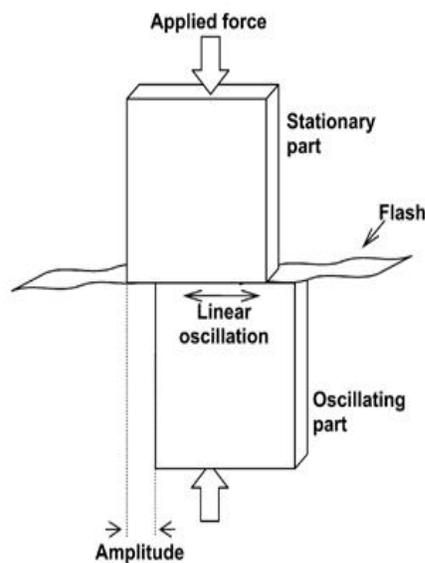
1. Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungannya dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan sampai menjadi satu.
3. Pematrian adalah cara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

### **2.2.1. Pengelasan Gesek (*Friction Welding*)**

*Friction welding* merupakan proses penyambungan yang dilakukan dalam keadaan padat (*solid state*), dan tanpa mencairkan benda kerja tersebut. Penyambungan ini dilakukan di bawah titik lebur dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan dari gesekan antara kedua permukaan benda kerja dengan memberi gaya tekanan pada salah satu benda kerja. *Friction welding* banyak diaplikasikan di dunia industri manufaktur dan otomotif. *Friction welding* tersebut dikelompokkan menjadi 3 yaitu: *Linier friction welding* (LFW), *Friction stir welding* (FSW) dan *Continuous drive friction welding* (CDFW).

### 2.2.2. *Linier Friction Welding*

*Linier friction welding* adalah penyambungan dengan metode *solid state*. Proses pengelasan *Linier friction welding* dengan cara salah satu benda kerja dipasang pada posisi diam dengan memberikan gaya pada benda yang bergerak secara linier supaya terjadi gesekan dan menghasilkan panas dari gesekan tersebut. Dari gesekan tersebut sebagian dari material membentuk *flash* dengan adanya hal tersebut kedua benda kerja menyatu. Dapat ditunjukkan gambar 2.1.



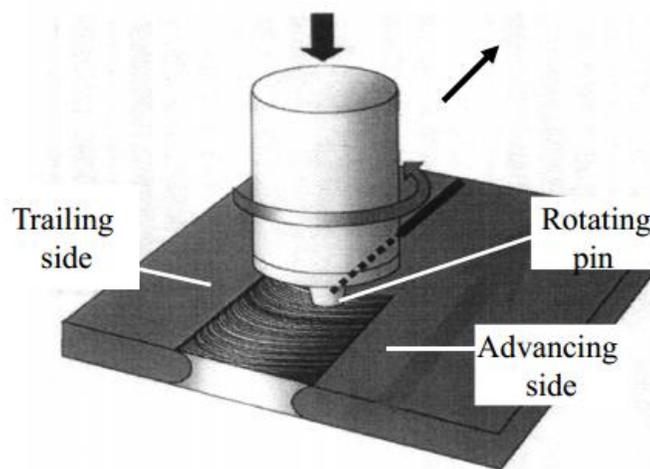
Gambar 2.1 Proses LFW (Technical knowledge published papers solid state joining of metals by linear friction welding a literature review <https://www.twi-global.com>)

### 2.2.3. *Stir friction welding*

*Stir friction welding* merupakan sebuah metode pengelasan yang ditemukan dan dikembangkan oleh Wayne thomas untuk benda kerja aluminium dan aluminium alloy pada tahun 1991 di TWI (*The Welding Institute*) Amerika Serikat.

*Stir friction welding* adalah pengelasan yang memanfaatkan gesekan dari benda kerja dengan *tool* yang berputar sepanjang garis sambungan dua benda kerja tersebut

sehingga menghasilkan panas secara mekanis dan membuat sambungan las. Proses Pengelasan *Stir friction welding* terjadi pada kondisi padat (*solid state joining*), karena material yang dilas tidak benar-benar mencair pada saat proses penyambungan atau temperatur benda kerja tidak melewati titik lebur. Parameter yang ditentukan pada pengelasan FSW : waktu pengelasan, putaran *tool* dan tekanan *tool*. Pengelasan dengan metode *Stir friction welding* digunakan untuk penyambungan plat ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses *Stir friction welding* ( Thomas 1991)

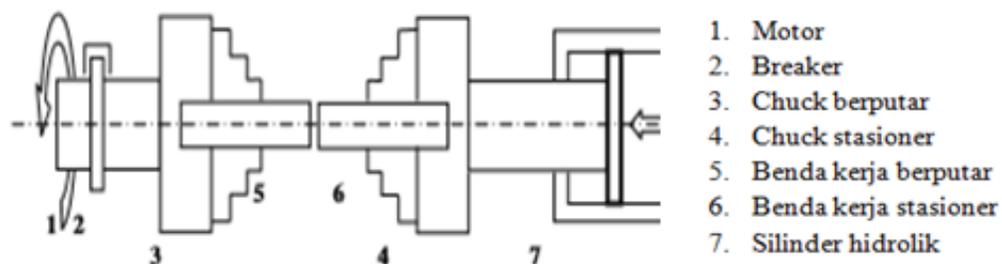
Proses *Stir friction welding* *tool* bergerak dengan kecepatan konstan sepanjang jalur yang sudah ditetapkan pada benda kerja yang akan disambung. Benda kerja yang akan disambung dicekam pada ragum yang terdapat pada mesin supaya tidak bergeser saat pengelasan berlangsung.

#### **2.2.4. Continuous drive friction welding (CDFW)**

*Continuous drive friction welding* adalah proses pengelasan yang terjadi karena adanya panas yang ditimbulkan dari kedua benda kerja yang saling bergesekan. Gesekan yang terjadi disebabkan karena adanya panas yang ditimbulkan dari kedua ujung permukaan benda kerja yang berputar dan benda kerja yang diam. Dan memberi

gaya tekan aksial pada benda kerja yang diam. sehingga benda kerja bergesekan yang bergesekan menyatu.

Proses penyambungan CDFW terdapat beberapa parameter yang perlu dilakukan, untuk mendapatkan kekuatan sambungan yang baik. Kekuatan sambungan dapat diperoleh dari pemilihan parameter yang akan digunakan (Ozdemir, 2005). Adapun parameter yang digunakan dalam proses pengelasan CDFW adalah waktu gesek ( $t_f$ ), tekanan gesek ( $P_f$ ), tekanan *upset* ( $P_u$ ), waktu *upset* ( $t_u$ ), dan kecepatan putaran ( $n$ ).



Gambar 2.3 Skema *continuous drive friction welding* (Sahin, 2009)

Keberhasilan dalam pelaksanaan *friction welding* dipengaruhi oleh lima faktor (Tiwan dan Ardian, 2005). Kelima faktor tersebut adalah tekanan yang digunakan untuk menekan salah satu benda kerja, kecepatan relatif antara permukaan, temperatur yang terjadi pada permukaan, sifat *bulk* dari material, kondisi permukaan dan lapisan tipis pada permukaan. Ketiga faktor yang pertama berhubungan dengan kondisi proses pelaksanaan pada pengelasan gesek. Dan dua faktor terakhir tergantung dari sifat material logam yang akan disambung.

Pada saat proses penyambungan *friction welding*, panas yang ditimbulkan pada permukaan kontrol oleh kecepatan relatif antara permukaan, tekanan yang digunakan dan lama waktu penekanan. Kondisi temperatur permukaan merupakan parameter yang kritis untuk menghasilkan sambungan yang baik. Hal tersebut tergantung pada proses

dan material yang disambung. Sifat bulk material dan kondisi permukaan mempengaruhi karakteristik gaya gesek dan tekan pada material yang disambung.

### 2.2.5. Keuntungan dan Kekurangan pengelasan gesek.

Keuntungan dari las gesek adalah sebagai berikut :

- Proses yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap atau gas.
- Cocok untuk produksi yang banyak.
- Kemungkinan terjadinya porositas dan inklusi terak dapat dihindarkan.
- Bahan yang berbeda karakteristik dapat dilakukan dengan pengelasan gesek.
- Tidak ada bahan tambahan yang dibutuhkan.

Namun las gesek juga memiliki kekurangan yaitu :

- Benda yang disambung harus simetris.
- Salah satu material yang akan disambung harus memiliki sifat mampu deformasi secara plastis.

### 2.2.6. Aplikasi *Countinus Drive Friction Welding*



Gambar 2.4. Aplikasi pengelasan gesek Sumber :*Materials Azo*. 2015. *Friction Welding in the Manufacturing of OEM Chemical Processing Equipment - A Case Study by American Friction Welding*.

<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=4606>. 9 Agustus 2015.

- Hydrolic cylinder piston.*
- Pump motor shaft.*
- shaft.*

d). *Cylinder*

### 2.2.7. Aluminium dan Paduan Aluminium (Al 6061)

Aluminium adalah unsur terbanyak ketiga setelah oksigen dan *silicon* yang terdapat di bumi. Aluminium pertama kali ditemukan sebagai unsur pada tahun 1809 oleh Sir Humphrey Davy. Beberapa tahun sesudahnya, yaitu pada tahun 1886 secara bersamaan Paul Heroult dari Perancis dan Charles Martin Hall dari Ohio memperoleh logam aluminium dari alumina dengan cara elektrolisa (Surdia, T dan Saito, 1999). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 660<sup>0</sup>C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam. Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wronglt alloy* (lembaran) dan aluminium *costing alloy* (batang cor).

Unsur paduan yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik aluminium adalah tembaga, mangan, silikon, magnesium, nikel dan lain sebagainya. Dimana paduan aluminium tersebut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu Al-murni, Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn dan jenis paduan Al yang lainnya.

Nama aluminium yang paling dikenal adalah :

1. Avional, Material ini sering digunakan pada bidang penerbangan.
2. Chitonal 24, Material ini hanya digunakan pada bidang penerbangan.
3. Duralumin atau Duralite, Digunakan untuk membuat konstruksi mobil dan motor.
4. Ergal 55 dan ergal 65, Digunakan pada bidang penerbangan.
5. Silafond, Memiliki ketahanan korosi.
6. Silumin, Memiliki ketahanan korosi yang cukup.

- 7 Anticorodal, Memiliki ketahanan korosi dan ketahanan mekanis yang baik serta lebih mudah dilas.
- 8 Corrofond, Memiliki ketahanan mekanis dan ketahanan korosi yang sedang.

#### Sifat-sifat Teknis Alumunium

- Kekuatan: Kekuatan dan kekerasan alumunium tidak begitu tinggi, tetapi dengan adanya pepaduan dan *heat treatment* dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.
- Modulus Elastisitas: Alumunium memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan baja maupun besi, tetapi dari sisi *strength to weight ratio*, alumunium lebih baik. Alumunium yang elastis memiliki titik lebur yang lebih rendah dan kepadatan yang rendah.
- Keuletan (*Ductility*): Semakin tinggi tingkat kemurnian alumunium semakin tinggi tingkat keuletannya.
- Kelelahan (*Fatigue*): Bahan alumunium tidak menunjukkan batas kepenatan, karena alumunium akan gagal jika ditekan.

Alumunium 6061 T6 mengandung magnesium dan silica. Karena adanya kedua unsur ini terbentuklah karbida  $Mg_2Si$  yang menyebabkan seri 6061 dapat diberikan perlakuan panas untuk memperbaiki sifat mekanisnya. Hal ini karena paduan  $Mg_2Si$  berkelakuan panas murni dan membuat keseimbangan dari sistem biner semu dari Al (Sugianto, 2016). Perlakuan panas pada alumunium dibedakan menjadi tiga yaitu:

- Keadaan O adalah Paduan dengan perlakuan panas yang dianil penuh bertujuan untuk menghasilkan kekuatan rendah dan memperbaiki keuletannya.
- Kondisi T4 adalah Perlakuan dengan penuaan alamiah, dimana material dibiarkan pada udara terbuka sehingga menyerap panas dari udara luar dan mengalami penuaan.
- Kondisi T6 adalah Kondisi ini prosesnya hampir sama dengan T4, yang membedakan hanya proses penuannya yang menggunakan panas untuk

membantu proses penuaan, dengan kata lain perlakuan T6 sama halnya dengan proses buatan.

**Gambar 2.5.** Tabel sifat Alumunium Al-Mg-Si seri 6061  
(Surdia,2000)

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	Paduan
6061 T6	O	12,6	5,6	30	8,4	30	6,3
	T4	24,6	14,8	28	16,9	65	9,5
	T6	31,6	28	15	21	95	9,5

### 2.2.8. Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan metode yang paling umum digunakan untuk menentukan sifat mekanik dari material seperti kekuatan, keuletan, ketangguhan, modulus elastisitas, dan kemampuan *strain-hardening*. Spesimen uji tarik biasanya berbentuk silinder pejal, pipa, dan juga plat. Spesimen uji tarik umumnya disiapkan berdasarkan standart yang digunakan. Untuk standart sendiri dapat menggunakan ASTM, JIS atau DIN. Proses uji tarik adalah kedua benda dijepit dan salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat pengukur beban dari mesin uji dan lainnya dihubungkan ke perangkat peregang (Djaprie, 2000:214). Benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinu, bersama dengan itu dilakukan pangamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Data yang didapat berupa perubahan panjang dan perubahan beban yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan-regangan seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Grafik tegangan-regangan (Sastranegara, 2010)

pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari suatu material, sifat-sifat mekanis yang dapat diketahui dari pengujian tarik yaitu: kekuatan tarik, kekuatan luluh dari material, keuletan dari material, modulus elastic dari material, dan ketangguhan.

#### 2.2.8.1 Sifat Mekanik Material

Uji tarik pada logam atau non logam akan memberikan hasil yang relatif lengkap dari material tersebut terhadap pembebanan mekanis. Data yang dapat diketahui, antara lain:

1. Batas proporsionalitas (*proportionality limit*)

Batas proporsionalitas adalah batas tegangan dan regangan memiliki hubungan proporsionalitas satu dengan yang lain. Bertambahnya tegangan, bertambah pula regangannya secara proporsional.

2. Batas elastis (*elastic limit*)

Batas elastis merupakan daerah yang jika tegangan luar dihilangkan maka panjang material kembali seperti semula. Daerah proporsionalitas adalah bagian dari batas

ini. Kemudian jika bahan diberi tegangan secara terus menerus maka akan mengakibatkan deformasi plastis pertama kali.

3. Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*)

Titik tersebut adalah batas material terus mengalami deformasi tanpa ada penambahan beban. Tegangan luluh (*yield stress*) adalah Tegangan (*stress*) dimana akan mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh. Gejala luluh merupakan gejala yang umum dijumpai pada logam ulet dengan struktur Kristal FCC dan BCC yang membentuk *interstitial solid solution* dari atom boron, carbon, oksigen, dan hidrogen. Titik luluh atau kekuatan luluh adalah kemampuan dari suatu bahan untuk menahan deformasi plastis jika digunakan pada struktural dimana pembebanan mekanik seperti puntir, bending atau tarik terlibat didalamnya. Titik luluh sendiri harus dicapai atau dilewati jika bahan digunakan pada proses manufaktur seperti *drawing*, *rolling*, *stretching* dan lain sebagainya.

4. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*)

Kekuatan tarik maksimum adalah kekuatan sebuah material untuk menanggung tegangan maksimal sebelum material tersebut patah. Kekuatan tarik maksimum merupakan batas yang tidak diperbolehkan untuk dilewati.

5. Kekuatan putus (*breaking strength*)

Cara menentukan kekuatan ini dengan cara beban saat material putus dibagi luas penampang awal. Pada bahan ulet mekanisme (*necking*) akan terjadi dikarenakan adanya deformasi yang terlokalisasi. Fenomena tersebut terjadi ketika bahan melampaui beban maksimum dan terus terjadi deformasi hingga titik putus. Pada yang bersifat getas, kekuatan putus mempunyai kekuatan yang sama dengan kekuatan maksimum, sedangkan pada bahan yang bersifat ulet, kekuatan putusnya akan lebih kecil dibandingkan dengan kekuatan maksimum.

## 6. Keuletan (*ductility*)

Keuletan adalah gambaran dari suatu logam untuk menahan deformasi sampai terjadi patahan. Bahan yang akan dibentuk dengan proses tertentu, seperti: *rolling*, *stretching*, *bending*, *hammering*, *drawing*, dan *cutting* harus memiliki sifat tersebut. Mengukur keuletan menggunakan pengujian tarik bisa dilakukan dengan:

### 1. *Elongasi* (persentase perpanjangan)

Elongasi didapat dengan cara membagi perubahan panjang material terhadap panjang ukur awal dari material yang diuji.

$$\text{Elongasi, } \varepsilon (\%) = \left[ \frac{(L_f - L_0)}{L_0} \times 100\% \right] \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan : -  $L_f$  merupakan panjang akhir material uji -  $L_0$  merupakan panjang awal material uji

## 7. Modulus elastisitas (E)

Modulus elastisitas merupakan kekakuan dari material tertentu. Semakin besar modulus elastisitas suatu material maka suatu material akan semakin kaku. Ukuran nilai modulus hanya dapat dirubah dengan merubah struktur dari suatu bahan, hal ini dikarenakan modulus elastisitas dibentuk oleh ikatan atom-atom.

## 8. Modulus kelentingan

Merupakan kekuatan suatu material menyerap atau menerima energi yang berasal dari luar dengan tanpa adanya kerusakan. Nilai kelentingan didapat dari luas segitiga bentukan dari daerah elastis.

## 9. Modulus ketangguhan

Modulus ketangguhan adalah kemampuan dari suatu material untuk menyerap atau menerima energi sampai terjadi perpatahan. sebuah material yang memiliki modulus ketangguhan tinggi jika mengalami pembebanan berlebihan maka akan terjadi distorsi, namun hal ini akan lebih baik jika dibandingkan dengan material

yang mempunyai modulus ketangguhan yang kecil karena jika terjadi perpatahan maka material tersebut akan patah tanpa adanya peringatan dahulu.

### 2.2.9. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi tekan. Deformasi yang terjadi dapat berupa plastis dan elastis. Permukaan dari dua komponen yang saling bersinggungan dan bergerak antara satu sama lain akan terjadi deformasi plastis ataupun elastis. Deformasi plastis terjadi pada permukaan yang lebih lunak, sedangkan deformasi elastis terjadi pada permukaan yang kasar. Efek deformasi tergantung pada kekerasan material (Bradbury, 1991).

Pada metode ini digunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut  $136^\circ$ , seperti diperlihatkan oleh Gambar 2.7. Prinsip pengujian adalah sama dengan metode *Brinell*, walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Nilai kekerasan suatu material diberikan oleh:

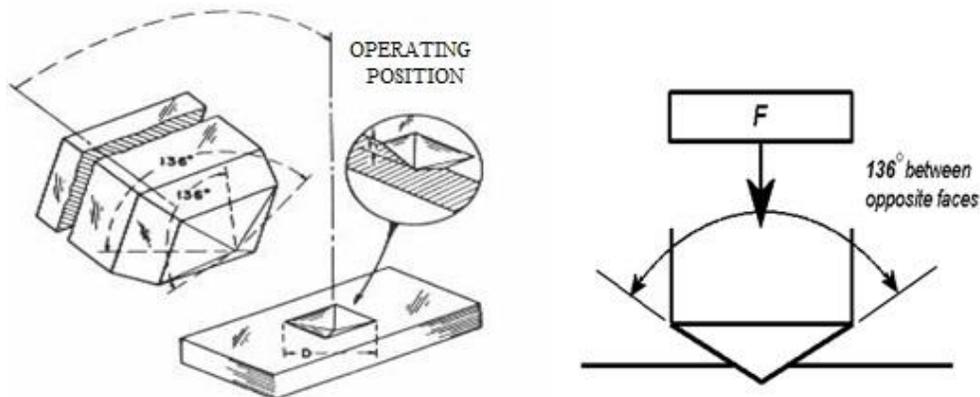
lelukan. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut :

$$\text{VHN} = \frac{2P \sin\left(\frac{\Theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots\dots\dots (2.1)$$

P = beban yang digunakan (kg).

d = panjang diagonal rata – rata.

$\Theta$  = sudut antara permukaan intan.



Gambar 2.7. Metode pengujian *vickers* (Robbina, 2012).

### 2.2.10. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian mikro adalah proses pengujian terhadap bahan logam yang berbentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur dalam material serta sifat fasis dan mekanik dari material yang akan diuji. Struktur mikro dalam logam paduan ditunjukan dengan besar, bentuk dan orientasi butirannya (Fitriyanto, 2014). Pengujian struktur mikro ini dengan menggunakan sebuah alat yang namanya mikroskop dengan pembesaran dengan metode kerja yang bervariasi.

Sebelum melakukan pengujian stuktur mikro ada beberapa tahap yang harus dilakukan, diantaranya sebagai berikut:

a. Pemotongan

Proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan gergaji. Proses pemotongan bertujuan agar benda yang kita amati tidak terlalu besar, dan hanya sebagian tertentu yang akan diamati.

b. Pengamplasan

Proses pengamplasan ini dilakukan bertujuan untuk menghaluskan benda kerja yang akan diamati untuk pengujian struktur mikro. Selain itu juga bertujuan agar cahaya dapat memantul keatas dengan baik. Selama proses

pengamplasan juga dilakukan pendinginan secukupnya dengan menggunakan cairan yang tidak merusak benda kerja. Dalam proses pengamplasan ini menggunakan amplas dari yang paling kasar sampai amplas yang halus.

c. Pemolesan

Pemolesan bertujuan untuk mengkilapkan permukaan serta membersihkan kotoran pada permukaan benda kerja, bahan yang dipakai untuk mengkilapkan biasanya autosol atau braso.

d. Etsa

Etsa merupakan proses pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali pada permukaan benda uji dengan bantuan senyawa kimia baik menggunakan listruk maupun tidak. Etsa ini bertujuan untuk memperjelas benda uji yang akan diamati secara jelas dan detail strukturnya.