

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1. Kajian Pustaka

Penelitian terhadap las gesek belum banyak dilakukan, karena penelitian ini merupakan penelitian yang relatif masih baru. Tetapi beberapa penelitian terkait kekuatan tarik las gesek sudah mulai dilakukan oleh beberapa peneliti. Oleh karena itu pembahasan tentang pengkajian pustaka ini difokuskan pada perolehan data kekuatan tarik lasan dengan las gesek.

Satoto, I, (2011), meneliti kekuatan tarik stainless steel dengan las gesek, struktur makro lasan stainless steel dengan las gesek dan struktur mikro lasan stainless steel dengan las gesek. Diperoleh rata-rata kekuatan tarik pada putaran pengelasan 950 rpm adalah sebesar  $167,99 \text{ N/mm}^2$ , dengan nilai waktu rata-rata 63,67 detik. Nilai rata-rata kekuatan tarik pada pengelasan dengan putaran 1350 rpm adalah sebesar  $237,68 \text{ N/mm}^2$ , dengan nilai waktu rata-rata adalah 32,5 detik. Dari hasil penelitian duhasilkan bahwa pengelasan dengan putaran tinggi dapat mempengaruhi hasil kekuatan tarik lasan menjadi lebih tinggi.

Pengaruh durasi gesek, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap kekuatan sambungan lasan gesek direct-drive pada baja karbon AISI 1045" diteliti oleh Nugroho, W.( 2011). Penelitian ini memvariasikan tekanan gesek sbesar 5,98 MPa, 11,96 MPa dan 17,94 MPa dalam waktu gesekan 50 detik, 70 detik dan 90 detik sampai mencapai temperatur tertentu. Kemudian diberikan tekanan tempa sebesar 23,93 MPa, 33,5 MPa dan 52,64 MPa dengan menggunakan baja AISI 1045 sebagai benda kerja, kecepatan putar yang digunakan 4124 rpm. Dari hasil penelitian ini didapatkan kekuatan tarik rata-rata tertinggi sebesar 729 MPa dan patah pada base metal dengan parameter kombinasi durasi gesek 90 detik, tekanan gesek 23,44 MPa dan tekanan tempa 52,64 MPa. Kekuatan tarik rata-rata terhadap 281,61 MPa dan patah pada weld metal dengan kombinasi parameter

durasi gesek 50 detik tekanan gesek 5,98 MPa dan tekanan tempa 23,93 MPa. ([www.library.its.ac.id](http://www.library.its.ac.id))

Analisa pengaruh variasi waktu, tekanan gesek dan tekanan tempa terhadap upset dimensi dan kekuatan tarik sambungan lasan gesek langsung pada baja karbon AISI 1045” diteliti oleh Al azyhar L, (2011). Dalam penelitian ini dilakukan pengelasan gesek langsung untuk mengetahui pengaruh tekanan gesek, tekanan tempa terhadap kekuatan sambungan lasan dan dimensi sambungan upset. Proses yang dilakukan adalah dengan memvariasikan tekanan gesek sebesar 5,98 MPa, 11,96 MPa dan 17,94 MPa dalam waktu gesekan 50 detik, 70 detik dan 90 detik sampai mencapai temperatur tertentu, kemudian diberikan tekanan tempa sebesar 23,93 MPa 33,5 MPa dan 52,64 MPa dengan menggunakan baja AISI sebagai benda kerja, kecepatan putar yang digunakan 4124 rpm. Dari hasil penelitian ini diperoleh hasil lasan yang baik dengan nilai kekuatan tarik sebesar 712,56051 MPa, kekuatan tarik ini diperoleh pada durasi 90 detik dengan tekanan gesek 17,94 MPa serta tekanan tempa 52,64 MPa, nilai upset yang diperoleh adalah 0,425 cm. ([www.library.its.ac.id](http://www.library.its.ac.id))

## 2.2. Dasar Teori

Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran, kendaraan rel dan lain sebagainya. Las dapat juga digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian yang sudah aus dan macam-macam reparasi lainnya (Wiryosumarto dan Okumura; 2008). Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik reksistalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Berdasarkan defenisi dari *Deutche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan

dalam keadaan lumer atau cair. Wiryosumarto dan Okumura (2008) menyebutkan bahwa pengelasan adalah penyambungan setempat dari batang logam dengan menggunakan energi panas. Penyambungan dua buah logam menjadi satu dilakukan dengan jalan pemanasan atau pelumeran. Kedua ujung logam yang akan disambung dibuat lumer atau dilelehkan dengan busur nyala atau logam itu sendiri sehingga kedua ujung atau bidang logam merupakan bidang masa yang kuat dan tidak mudah dipisahkan (Arifin, S. 1997).

Wiryosumarto dan Okumura (2008) menyebutkan bahwa Pengelasan dibagi dalam tiga kelas utama yaitu: pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian.

### 1. Pengelasan cair

Pengelasan cair adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.

Pengelasan cair terdiri dari :

#### a. Las busur

- 1) Elektroda terumpan
- a) Las busur gas

Adalah cara pengelasan dimana gas dihemuskan dihembuskan kedaerah las untuk melindungi busur dal logam yang mencair terhadap atmosfer

#### Las MIG

Dalam las logam gas mulia (MIG), kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus menerus. Busur listrik terjadi antara logam pengisi dan logam induk.

#### Las busur CO<sub>2</sub>

Pengelasan ini sebenarnya termasuk dalam las MIG hanya saja bukan gas mulia (Ar) yang dipergunakan melainkan gas CO<sub>2</sub> atau campuran dari gas gas dimana CO<sub>2</sub> sebagai komponen utamanya

b) Las busur fluks

Las elektroda terbungkus

Dalam cara pengelasan ini digunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan fluks.

Las busur rendam

Las busur rendam adalah suatu cara pengelasan dimana logam cair ditutup dengan fluks yang diatur melalui suatu penampang fluks dan logam pengisi yang berupa kawat pejal diumpankan secara terus menerus.

2) Elektroda tak terumpan

Las TIG atau las wolfram gas

Dalam las TIG busur listrik timbul antara batang wolfram dan logam induk dan dilindungi oleh gas argon.

b. Las listrik terak

Las listrik terak menggunakan panas yang dihasilkan karena resistansi listrik dari terak cair kawat elektroda diumpankan secara terus menerus kedalam terak yang mencair dan karena panas yang timbul maka logam dasar dan kawat las mencair bersama.

2. Pengelasan tekan

Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.

Pengelasan tekan terdiri dari :

a. Las resistansi listrik

Las resistansi listrik adalah suatu cara pengelasan dimana permukaan plat yang disambung ditekankan satu sama lain pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik.

b. Las gesek

Penyambungan terjadi oleh panas gesek akibat perputaran logam satu terhadap lainnya dibawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang

3. Pematrian adalah cara penyambungan dengan menggunakan logam pengisi atau logam patri diantara permukaan logam induk yang disambung.

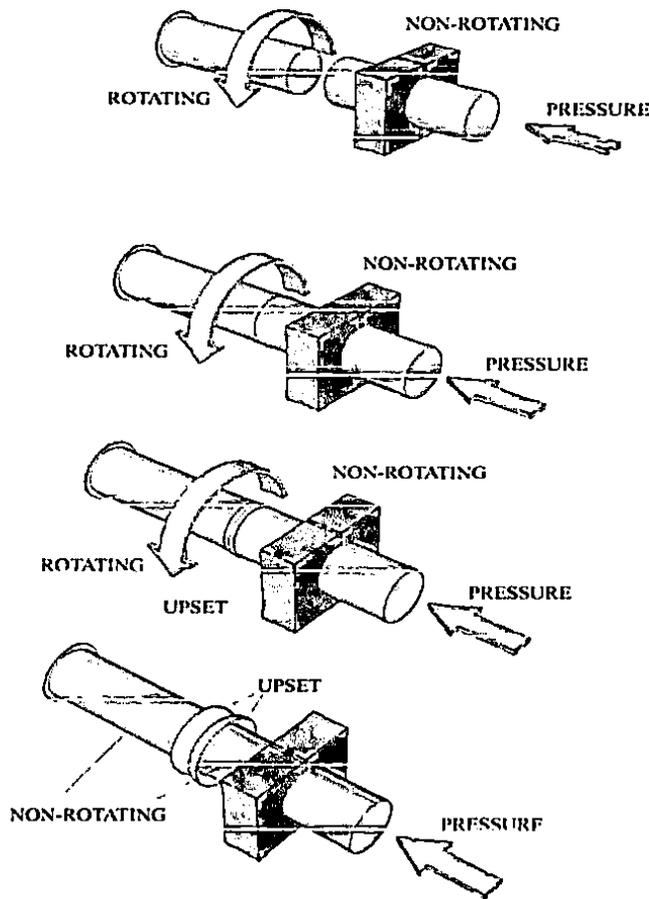
#### Penyolderan

Penyolderan adalah proses penyambungan dua logam atau lebih dengan cara memanaskan benda tersebut tanpa melakukan peleburan kedua benda yang akan disambung.

### 2.3. Pengelasan Gesek

Penyambungan terjadi oleh panas gesek akibat perputaran logam satu terhadap lainnya dibawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan menjadi panas mendekati titik cair dan bahan yang berdekatan dengan permukaan menjadi plastis. Dalam gambar (2.1) ditunjukkan cara pengelasan dua poros. Tahap proses adalah sebagai berikut:

1. Salah satu poros diputar tanpa bersentuhan dengan poros yang lain, dengan memutar pemegang (*rotating chuck*),
2. kedua poros satu sama lain disentuhkan sehingga timbul panas akibat gesekan,
3. utama dihentikan, poros diberi gaya tekan aksial dan



Gambar 2.1. Pengelasan gesek 3 dimensi  
([www.fpe.co.uk/processes/friction\\_welding](http://www.fpe.co.uk/processes/friction_welding))

Kerugian dari proses ini terletak pada keterbatasan bentuk yang dapat di las, sedang keuntungannya adalah peralatan yang digunakan sangat sederhana, proses berjalan sangat cepat, pengelasan benda kerja sebelum pengelasan sangat minim dan hemat energi.

#### 2.4. Stainless steel

Awalnya beberapa besi tahan karat pertama berasal dari beberapa *artefak* yang dapat bertahan dari jaman purbakala. Pada *artefak* ini tidak ditemukan adanya kandungan *krom*, namun diketahui bahwa yang membuat logam ini tahan karat adalah banyaknya zat *fosfor* yang dikandungnya yang mana bersama dengan kondisi cuaca lokal membentuk sebuah lapisan besi *oksida* dan *fosfat*. Sedangkan paduan besi dan krom sebagai bahan tahan karat pertama kali ditemukan oleh ahli

metal asal Prancis. Pierre Berthier pada tahun 1821, yang kemudian pada akhir 1980-an, Hans Goldschmidt dari Jerman, mengembangkan proses *aluminothermic* untuk menghasilkan *kromium* bebas karbon. Pada tahun 1904-1911, Leon Guillet berhasil melakukan paduan dalam beberapa penelitiannya yang kini dikenal sebagai *Stainless Steel* (Satoto, I, 2011).

Baja tahan karat atau *Stainless Steel* sendiri adalah paduan besi dengan minimal 12% kromium. Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil *oksidasi* oksigen terhadap *krom* yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective layer* ini dibandingkan dengan baja yang dilindungi secara coating (misalnya *seng* dan *cadmium*) ataupun cat (Indra, A, 2003).

#### 2.4.1. Kandungan Atom/Unsur dan Ikatannya

Baja *stainless steel* merupakan baja paduan yang mengandung minimal 10,5% Cr. Sedikit baja *stainless* mengandung lebih dari 30% Cr atau kurang dari 50% Fe. Daya tahan *Stainless Steel* terhadap oksidasi yang tinggi di udara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif *kromium (III) oksida* ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) ketika bertemu oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau. Logam ini menjadi tahan air dan udara melindungi logam yang ada dibawah lapisan tersebut. Fenomena ini disebut *Passivation* dan dapat dilihat pada logam yang lain, seperti pada *aluminium* dan *titanium*.

Pada dasarnya untuk membuat baja tahan terhadap karat, krom merupakan salah satu bahan paduan yang paling penting. Untuk mendapatkan baja yang lebih baik lagi, diantaranya dilakukan penambahan beberapa zat-zat berikut:

1. Penambahan molibdenum (Mo) bertujuan untuk memperbaiki ketahanan korosi pitting dan korosi celah.
2. Unsur karbon rendah dan penambahan unsur penstabil karbida (titanium atau niobium) bertujuan menekan korosi batas butir pada material yang mengalami

3. Penambahan kromium bertujuan meningkatkan ketahanan korosi dengan membentuk lapisan oksida ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dan ketahanan terhadap oksidasi temperatur tinggi.
4. Penambahan nikel bertujuan untuk meningkatkan ketahanan korosi dalam media pengkorosi netral dan juga meningkatkan keuletan dan mampu bentuk logam.

#### 2.4.2. Klasifikasi Stainless Steel

Meskipun seluruh kategori stainless steel didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat stainless steel sesuai aplikasinya. Kategori stainless steel tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya.

Stainless steel ditinjau dari kadar kandungan kromnya dapat dibagi menjadi empat macam yaitu:

##### 1. Austenit

Kelompok ini adalah yang paling banyak ditemukan dalam aplikasi di sekitar kita, contohnya peralatan rumah tangga, tangki (bejana tekan), pipa. Memiliki kandungan Ni tidak kurang dari 7% yang mengakibatkan terbentuknya struktur austenit dan memberikan sifat ulet. Stainless steel 304, 304 L, 316, 316 L termasuk dalam tipe ini, stainless steel kelompok ini bersifat non magnetik.

##### 2. Martensit

Tipe ini umumnya mengandung 11-13 % Cr dan 0,1-0,3% C. Tipe ini memiliki kekuatan dan kekerasan yang tinggi dengan ketahanan korosi yang tinggi. Aplikasinya adalah turbin dan pisau.

##### 3. Ferit

Kelompok ini memiliki sifat yang mendekati baja umum tetapi memiliki ketahanan korosi yang lebih baik, dalam kelompok ini yang paling banyak dipakai adalah tipe 12% Cr yang banyak dipakai dalam aplikasi struktural dan tipe 17% yang banyak dipakai dalam aplikasi rumah tangga.

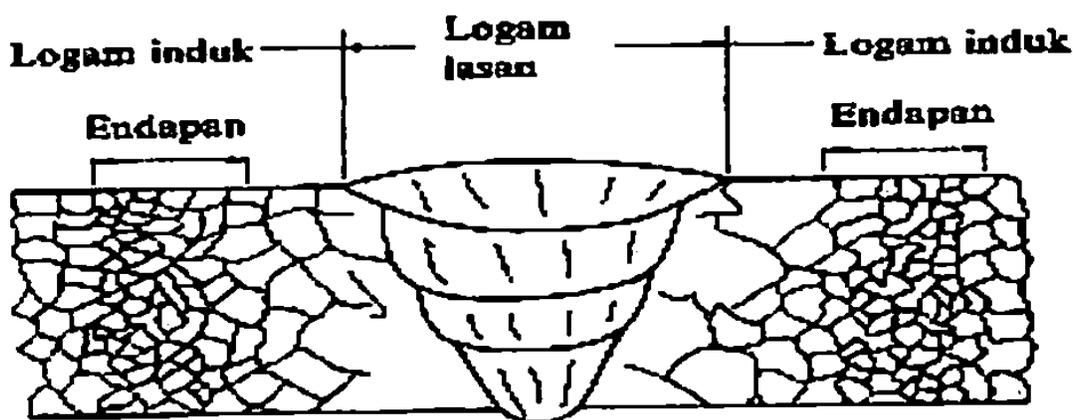
#### 4. Duplek

Tipe ini memiliki struktur yang terdiri dari gabungan austenit dan ferit. Aplikasinya adalah untuk industri petrokimia dan perkapalan.

### 2.5. Daerah Pengelasan

Daerah lasan terdiri dari tiga bagian, daerah yang pertama yaitu logam las, adalah daerah dimana terjadi pencairan logam dan dengan cepat kemudian membeku. Daerah yang kedua yaitu daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur atau susunan dari logam akibat panas dari tindakan pengelasan. Daerah yang kedua ini sering disebut dengan *Heat Affected Zone (HAZ)*. Daerah yang ketiga adalah daerah logam itu sendiri yang tidak mengalami perubahan struktur.

Daerah HAZ merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Secara umum struktur dari sifat panas efektif dipengaruhi lamanya pendinginan dan komposisi dari logam induk itu sendiri.



## 2.6. Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu logam dan paduannya. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian-pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan, hal ini disebabkan beberapa alasan (Surdia, T dan Saito, S., 2005):

1. Mudah dilakukan.
2. Menghasilkan tegangan uniform pada penampang.
3. Kebanyakan bahan mempunyai kelemahan untuk menerima beban tegangan tarik yang uniform pada penampang.

Hasil yang diperoleh melalui pengujian tarik adalah kurva tegangan, regangan, parameter kekuatan, dan keliatan pengujian material dalam persen, perpanjangan, kontraksi atau reduksi penampang patah.

Pada uji tarik, ujung-ujung benda dijepit dengan kuat dan salah satu ujungnya dihubungkan dengan alat pengukur beban, sedangkan ujung yang satu lagi dengan alat penarik. Regangan (*elongasi*) terlihat pada pergerakan relatifnya. Tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan suatu regangan diukur dengan menggunakan metode hidraulik, optik atau elektromagnetik (R.E. Smallman, 1991). Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinyu dan pelan-pelan bertambah besar, bersama dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Kemudian dapat dihasilkan tegangan dan regangan.

Regangan yang dipergunakan pada kurva diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur dengan perpanjangan awal, persamaanya yaitu:

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

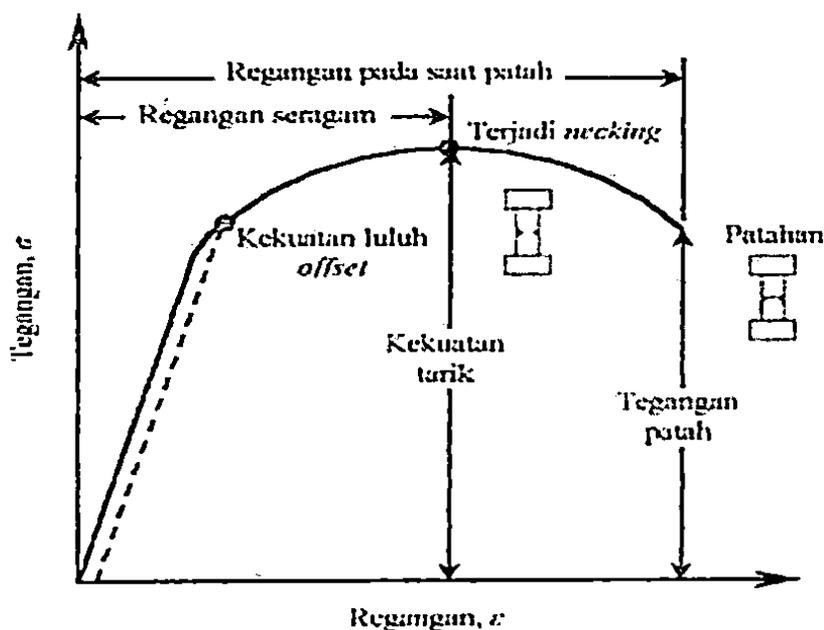
Dengan:

$\varepsilon$  = Regangan (%)

$L_f$  = Panjang akhir (mm)

$L_0$  = Panjang awal (mm)

Pembebanan dilaksanakan dengan mesin pengujian tarik yang selama pengujian akan mencatat setiap kondisi bahan sampai terjadinya tegangan ultimate, juga sekaligus akan menggambarkan diagram tarik benda uji, adapun panjang  $L_F$  akan diketahui setelah benda uji patah dengan menggunakan pengukuran secara normal tegangan ultimate adalah tegangan tertinggi yang bekerja pada luas penampang semula.



Gambar 2.3. Kurva tegangan-regangan rekayasa

Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasiplastis yang pernah dialami, laju regangan, suhu dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam yaitu:

- a. **Kekuatan tarik**  
Kekuatan tarik adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang benda uji. Kekuatan ini berguna untuk kekuatan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan.
- b. **Kekuatan luluh**  
Kekuatan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan menghasilkan kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Kekuatan luluh yang diperoleh dengan metode offside biasanya dipergunakan untuk keperluan perancangan dan keperluan spesifikasi.
- c. **Perpanjangan**  
Perpanjangan diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur dengan panjang awal dan dinyatakan dalam persen.

Modulus elastisitas (kekakuan) adalah perbandingan antara tegangan dan regangan dari suatu benda. Modulus elastisitas dilambangkan dengan E dengan satuan  $N/m^2$ .

$$E = \frac{F \cdot L_0}{A \cdot \Delta l} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

E = modulus elastisitas/Kekakuan ( $N/m^2$ )

F = Gaya

$L_0$  = Panjang awal

A = Luas Penampang

$\Delta l$  = Pertambahan panjang.

## 2.7. Pengujian kekerasan mikro vickers

Prinsip dasar pengujian ini sama dengan pengujian Brinell, hanya saja disini digunakan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dan sudut puncak  $136^{\circ}$ . Tapak tekannya tentu akan berbentuk bujur sangkar dan yang diukur adalah panjang kedua diagonalnya lalu diambil rata-ratanya. Benda uji ditekan beberapa detik dengan gaya F, bekas tekanan tetap diukur dengan mikroskop daya rendah. Angka kekerasan Vickers (VHN) dapat ditentukan dengan persamaan :

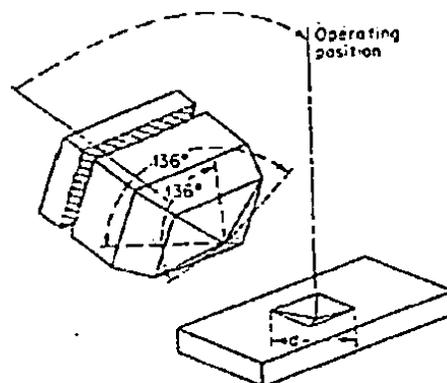
$$VHN = \frac{2.F.\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

F = beban yang diberikan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata, =  $\frac{d_1+d_2}{2}$  (mm)

$\alpha$  = Sudut puncak indenter ( $136^{\circ}$ )



Gambar 2.4. Indentor dan tapak tekan uji kekerasan mikro vickers

(sumber; [www.alatuji.com](http://www.alatuji.com))

Pada pengujian kekerasan dengan metode Vickers beban yang biasanya digunakan berkisar antara 1 hingga 120 kg, tergantung kepada kekerasan logam yang akan diuji. Dengan demikian Vickers dapat mengukur kekerasan bahan mulai dari yang sangat lunak (5 HV) sampai yang amat keras (1500 HV) tanpa perlu mengganti gaya tekan. Besar gaya yang digunakan tergantung