

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian tentang penyambungan material menggunakan metode las titik telah banyak dilakukan, baik penyambungan sejenis maupun penyambungan tak sejenis. Pengelasan titik ini sudah banyak diteliti dengan menggunakan variasi parameter yang berbeda-beda antara lain arus pengelasan, waktu penekanan dan material atau bahan yang digunakan. Hal ini telah dikembangkan dan diterapkan pada industri otomotif.

Mustakim dkk (2017) meneliti tentang pengaruh arus dan waktu *spot welding* terhadap sifat mekanik sambungan *dissimilar* AISI 1003 dengan AISI 1025. Pada penelitian ini menggunakan variasi arus 49 A, 52 A, 55 A, 58 A, 61 A, dan kombinasi waktu yang digunakan yaitu 14, 17, 20, 23, 26 *cycle*. Dari hasil pengujian diperoleh nilai dari kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi 26 cycle dan 58 A yaitu sebesar 27,03 kg/mm². Sedangkan nilai kekerasan tertinggi didapat pada daerah las dengan variasi waktu 23 *cycle* dan arus 52 A sebesar 237,7 VHN. Pada hasil uji struktur mikro menunjukkan pada daerah *base metal* didominasi oleh struktur *ferrit*, kemudian pada daerah HAZ hasil lasan didominasi oleh *ferrit* dengan sedikit *acicular ferrit (AF)* dan *grain boundary ferrit (GF)* sedangkan pada daerah *weld metal* didominasi oleh *ferrit* dengan sedikit *acicular ferrit (AF)* dan *widmanstatten ferrit (WF)*.

Fachrudin dkk (2016) meneliti tentang pengaruh arus las titik terhadap kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro sambungan logam tidak sejenis SS304 dengan baja karbon rendah St 41. Pada penelitian ini menggunakan variasi arus pengelasan 1000 A, 1200 A, 1400 A, 1600 A, dan waktu penekanan selama 1 detik. Hasil dari pengujian menunjukkan nilai kekuatan geser paling baik terdapat pada arus pengelasan 1000 A dengan kekuatan geser sebesar 76,89 kg/mm², sedangkan nilai kekerasan yang paling baik terdapat pada arus 1000 A. Hal ini dikarenakan struktur

mikro yang terbentuk didominasi oleh *ferrit acicular* yang berfungsi sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju retak.

Hendrawan dan rusmawan (2014) meneliti menggunakan metode *spot welding* menggunakan bahan baja karbon rendah dan baja tahan karat *austenite* tipe 316L dengan tebal masing-masing bahan 0,9 mm. penelitian ini menggunakan variasi arus 5000 A, 6000 A, dan 7000 A. sedangkan variasi waktu yang digunakan yaitu 0,4 dt; 0,5 dt; dan 0,6 dt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arus dan waktu berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las. Untuk variasi parameter pengelasan yang tertinggi dalam pengujian tarik yaitu 7000 A dan 0,6 dt; dengan nilai sebesar 5,323 kN. Sedangkan pengujian kekerasan tertinggi terdapat pada daerah logam las (*nugget*) dengan variasi arus dan waktu 7000 A 0,6 dt. Kenaikan nilai daya beban tarik geser dipengaruhi oleh peningkatan dari kuat arus dan waktu yang digunakan, sedangkan nilai kekerasan dari pengujian ini dipengaruhi oleh masukan panas.

Agustriyana dkk (2011) meneliti tentang pengaruh arus dan waktu pengelasan pada proses spot welding terhadap kekuatan tarik dan mikro struktur hasil las dari baja fasa ganda (*ferrit-martensite*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum dengan menggunakan bahan dari baja karbon rendah dengan fase *ferrit* dan *martensite*, arus yang digunakan yaitu 0,9 kA, 1,6 kA, dan 1,85 kA, dan waktu pengelasan yang digunakan 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 detik. Kekuatan tarik maksimum tertinggi yang terdapat pada arus pengelasan 1,85 kA dengan waktu 1 detik menghasilkan nilai sebesar 237 N/mm^2 . Sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada arus pengelasan 0,9 kA dengan waktu 0.25 detik menghasilkan nilai sebesar 150 N/mm^2 .

Amin (2017) melakukan penelitian pada logam *dissimilar Stainless steel* dan baja karbon rendah menggunakan metode *spot welding* dengan memvariasikan arus. Arus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 60 A, 70 A, dan 80 A kemudian waktu yang digunakan adalah 4 detik menggunakan material *Stainless steel* dengan tebal 1,2 mm dan baja karbon rendah dengan ketebalan 0,9 mm. penelitian ini menggunakan standar ASME untuk pengujian tarik dan mikrostruktur. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan arus yang digunakan dari 60 A dan 70 A akan memperbesar kekuatan tarik material sedangkan untuk material dengan arus 70 A dan 80 A akan mengalami penurunan kekuatan tarik. Kekuatan tarik terbesar yaitu pada arus 70 A menghasilkan kekuatan tarik sebesar $190,920 \text{ kN/mm}^2$. Sedangkan untuk struktur mikro kedua material memiliki *fusion zone* yang tidak simetris hal ini terjadi karena perbedaan konduktivitas termal bahan logam yang digunakan.

Sedangkan penelitian dengan menggunakan metode *spot TIG welding* telah dilakukan oleh Abbas (2016) yang memiliki tujuan untuk mengetahui optimisasi pengaruh variasi arus waktu pengelasan dan tebal plat yang digunakan terhadap gaya geser maksimum dan diameter *nugget*. Penelitian ini menggunakan material *Stainless steel* AISI 304L dengan variasi ketebalan 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm kemudian arus yang digunakan pada setiap plat memiliki arus yang berbeda-beda, untuk plat dengan ketebalan 0,8 mm dan 1 mm menggunakan kuat arus 125 A, untuk ketebalan plat 0,6 mm dan 0,8 mm menggunakan kuat arus 150 A sedangkan untuk plat dengan ketebalan 1 mm menggunakan kuat arus 175 A. Gas pelindung yang digunakan dalam penelitian ini adalah gas argon dengan kecepatan 6 L/min. hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka kekuatan tarik gesernya juga semakin meningkat dimana kekuatan tarik geser yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 14000 N dengan kuat arus 175 A.

Dika (2019) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik menggunakan metode *spot TIG welding*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini

adalah plat baja karbon rendah dan aluminum 1100 dengan ketebalan masing-masing plat 0,8 mm. penelitian ini menggunakan waktu penekanan 5 detik dengan parameter variasi arus yang digunakan yaitu 100 A, 110 A, 120 A, dan 130 A. berdasarkan penelitian tersebut diperoleh hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi arus 120 A sebesar ± 208 HV yang terletak pada bagian *weld metal* baja karbon rendah sedangkan nilai kekuatan geser tertinggi terdapat pada variasi arus pengelasan 100A sebesar $37,65 \text{ N/mm}^2$.

Faozi (2015) meneliti tentang pengaruh variasi parameter arus listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las *spot TIG* menggunakan material tak sejenis baja tahan karat SS400 dan paduan alumunium AA5083 dengan ketebalan plat masing-masing 1,2 mm dan 2,5 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan yaitu 70 A, 80 A, 90 A, 100 A dan menggunakan variasi waktu penekana 6 detik, 7 detik dan 8 detik. Dari penelitian yang telah dilakukan memperoleh hasil pengujian dari nilai *Tensile Load Bearing Capacity* (TLBC) rata-rata tertinggi terdapat pada arus 100 A pada waktu penekanan 6 detik sebesar 510,25 N sedangkan pada waktu penekanan 7 detik menghasilkan nilai sebesar 691,73 N dan waktu penekanan 8 deitk sebesar 869,19 N. Nilai kekerasan tertinggi berada terdapat pada kuat arus 70 A dan waktu penekanan 6 detik sebesar $\pm 241,30$ HV pada daerah *weld metal* baja SS400. Sedangkan struktur mikro menunjukkan perbesaran ukuran butir pada daerah HAZ baja SS400 dan alumunium AA5083 seiring dengan meningkatnya waktu dan arus pengelasan.

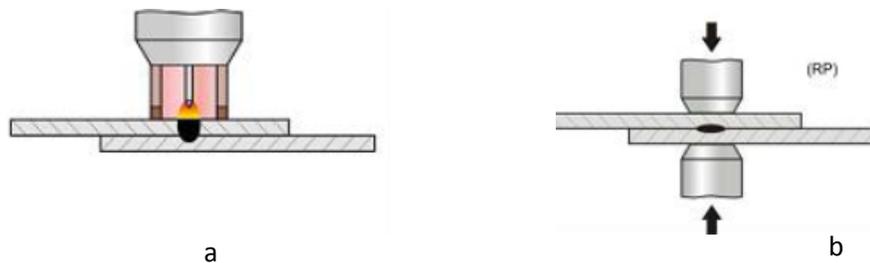
Dari uraian penelitian yang telah dilakukan masih sebagian besar menggunakan penelitian *resistance spot welding* dan masih belum banyak penelitian yang menggunakan metode *spot TIG welding*. Maka penelitian menggunakan metode *spot TIG welding* ini masih perlu dilakukan, pengembangan penelitian lebih lanjut khususnya pada material tak sejenis agar memperoleh hasil yang optimal sehingga dapat diterapkan di industri utamanya industri otomotif yang berfungsi untuk meringkankan *body* kendaraan seperti halnya pada pengelasan *resistance spot welding*

yang telah banyak dilakukan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang karakterisasi sifat mekanik dari sambungan *dissimilar* material antara *Stainless steel 304* dan aluminium menggunakan metode *spot TIG welding* yang sebelumnya belum pernah dilakukan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Spot Tig Welding

Spot TIG welding merupakan pengembangan dari proses pengelasan *TIG* biasa. Pengelasan titik ini memungkinkan untuk dapat menyambungkan dua lembaran material logam hanya dari salah satu sisi material induknya, berbeda dengan pengelasan *resistance spot welding* yang menyambungkan material logam dari kedua sisi material induknya, perbedaan prinsip dari pengelasan *spot TIG* dan *resistance spot welding* dapat dilihat dari Gambar 2.1

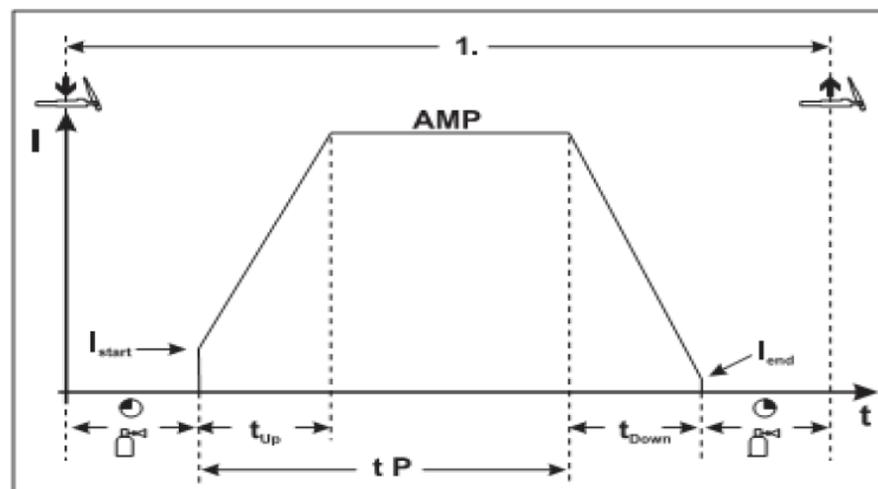


Gambar 2.1 (a) *spot TIG welding* (b) *resistance spot welding* (Faozi 2015)

Kelebihan proses pengelasan *TIG* ini menggunakan gas argon sebagai gas untuk melindungi material kerja dari udara sekitar agar tidak teroksidasi pada saat proses pengelasan berlangsung. Seperti halnya untuk jenis material aluminium murni atau paduan, karena sifatnya yang mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium yang mempunyai titik cair tinggi maka peleburan logam dasar dan logam las menjadi terhalang. Oleh karena itu perlu adanya penambahan gas mulia seperti helium atau gas argon yang berfungsi sebagai pelindung selama proses pengelasan (Amstead, B.H.,1995)

a. Proses *spot TIG welding*

Proses pengelasan pada *spot TIG* ini membutuhkan power supply las *TIG* konvensional yang mampu menghasilkan arus DC yang dimulai dari busur *High Frequency (HF)*. Proses dari kerja pengelasan *spot TIG* ini dapat diamati pada Gambar 2.2. Proses pengelasan *spot TIG* ini dimulai pada saat pelatuk dari *spot gun* ditekan dan ditahan, proses ini ditunjukkan pada angka (1). Selama pelatuk pada *spot gun* ditekan maka selama itu pula proses pengelasan sedang berlangsung dan gas (argon) mengalir sebelum busur api menyala. Proses selanjutnya yaitu penyalaan busur api dengan *High Frequency* pada material yang akan di las karena adanya lompatan elektroda yang terbuat dari tungsten ke material yang akan dilas sehingga busur api dapat menyala (I_{start}), kemudian arus pengelasan mulai mengalir secara konstan sesuai nilai pengapian yang telah ditentukan (AMP). Proses pengelasan akan selesai pada saat pelatuk dari *spot gun* dilepas atau pada saat waktu yang telah ditentukan (I_{down}). Agar mendapatkan hasil yang optimal maka pelatuk pada *spot gun* harus menempel rata pada material yang akan dilas.



Gambar 2.2 Proses pengelasan *spot TIG* (*Manual Operating instructions EWM tetrix 351, 2011*)

b. Pengaturan *spot TIG welding*

Pengaturan pada *spot TIG welding* diantaranya adalah pengaturan arus, waktu penekanan las dan pengaturan laju aliran gas pelindung. Pengaturan arus dan waktu penekanan pada proses pengelasan ditentukan oleh variasi yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Laju aliran gas pelindung diatur sesuai konsumsi yang akan digunakan, gas pelindung berfungsi untuk melindungi material lasan agar tidak terjadi kontak dan terkontaminasi dari udara luar.

c. Pembentukan *nugget* pada *spot TIG welding*

Pembentukan *nugget* yang terdapat pada pegelasan *spot TIG* terjadi karena adanya loncatan busur listrik dari elektroda tungsten yang melewati lembaran material pada bagian atas dan yang berada dibagian bawah dilebur ke atasnya. Permukaan *nugget* yang terbentuk pada pengelasan *spot TIG* memiliki bentuk datar dan halus dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Permukaan *nugget* hasil las *spot TIG welding*

2.2.2 Parameter pengelasan

a. Arus pengelasan

Besar arus pada saat proses pengelasan akan berpengaruh terhadap karakteristik dari hasil lasan. Kuat arus diatur tergantung dari material bahan yang digunakan, ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti lasan.

b. *Holding time*

Holding time merupakan waktu pengelasan pada proses *spot TIG welding* sebagai parameter penentu masukan panas yang akan diberikan pada material lasan. Waktu pengelasan sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik geser sambungan, semakin sedikit waktu yang digunakan pada proses pengelasan akan menimbulkan *nugget* bentuk lasan yang kecil dan belum sempurna sehingga berakibat turunnya kekuatan tarik keser suatu sambungan, sehingga waktu pengelasan yang diberikan harus tepat agar mendapatkan suatu hasil yang optimal.

c. Gas pelindung

Gas pelindung yang digunakan pada pengelasan *spot TIG* merupakan gas jenis argon yang berfungsi sebagai pelindung agar lasan tidak terkontaminasi dengan udara sekitar, pemilihan jenis gas ini karena memiliki sifat yang stabil dan tidak mudah bereaksi dengan unsur lainnya. Ada beberapa kelebihan yang terdapat pada gas argon diantaranya :

- Busur yang mudah dinyalakan, lebih tenang, lebih halus.
- Membutuhkan tegangan busur rendah bila dibandingkan dengan gas pelindung yang lain.

Perbandingan antara gas pelindung argon dan helium yaitu dalam gas argon masih memiliki kemampuan yang lebih baik akan tetapi penembusannya dangkal.

Meningkatkan volume aliran merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan agar bisa memperdalam penembusan.

2.2.3 Elektroda Tungsten

Elektroda merupakan konduktor dimana arus listrik memasuki atau meninggalkan larutan atau media lainnya pada perangkat listrik seperti baterai, sel ic elektrolit atau tabung elektron. Selain itu terdapat suatu jenis elektroda tungsten yang digunakan pada proses pengelasan diantaranya *electrode wolfram thorium oxide*, elektroda ini merupakan elektroda tungsten yang dicampur dengan unsur thorium dengan kadar 1% untuk kode warna kuning dan 2% untuk kode warna merah. Elektroda ini unggul pada stabilitas busur dan penyalaan awal yang lebih mudah.

Pada dasarnya pemilihan ujung elektroda runcing atau tumpul juga berpengaruh, umumnya untuk menghasilkan penetrasi yang cukup, ujung elektroda dibuat tumpul. Akan tetapi nyala busur kurang menyebar pada elektroda sehingga beresiko menimbulkan cacat *incomplete fusion*. Seangkan ujung elektroda runcing dapat mengatasi masalah kurangnya fusi akan tetapi sulit untuk menjaga keruncingan akibat deformasi karena terkena panas selain itu elektroa runcing rawan terkontaminasi ketika mencair masuk kedalam kawah las atau sering disebut *tungsten inclusion*.

2.2.4 Pengelasan material tak sejenis (*Dissimilar material*)

Pengelasan dengan menggunakan material tak sejenis memiliki kendala yang dapat terjadi dalam yaitu karena adanya perbedaan sifat fisik, mekanik, dan temal dari material yang akan dilas, sehingga material yang akan dilas seringkali tidak menempel dengan kuat. Pada pengelasan tak sejenis, konduktivitas panas, perbedaan titik leleh dan kelarutan dari masing-masing material yang akan disambung merupakan unsur penting dalam menentukan karakteristik mekanik suatu sambungan (Faozi 2015). Pada penelitian ini material yang akan digunakan dalam pengelasan *spot TIG* adalah *Stainess steel 304* dan Alumunium.

2.2.5 Baja Tahan Karat Tipe 304 (*Stainless Steel 304*)

Stainless steel merupakan baja paduan yang mengandung krom yang membentuk suatu lapisan pasif kromium oksida yang akan mencegah terjadinya korosi. *Stainless steel* tipe 304 banyak digunakan karena memiliki komposisi kimia, kekuatan mekanik, kemampuan las dan ketahanan korosinya sangat baik dan memiliki harga yang terjangkau. Sebagai baja tahan karat *stainless steel* tipe 304 banyak digunakan dalam dunia industri maupun skala kecil. Penggunaannya antara lain sebagai tanki dan *container* untuk berbagai macam cairan dan padatan, peralatan pertambangan, kimia, makanan dan digunakan dalam industri farmasi.

2.2.6 Alumunium 1100

Alumunium merupakan logam ringan yang mempunyai kekuatan tinggi, tahan terhadap karat dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dapat dipakai secara luas dalam bidang kimia, listrik, bangunan, transportasi dan alat-alat rumah tangga lainnya. Alumunium dengan seri 1100 memiliki kemurnian sekitar 99% dan disamping memiliki sifat tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik alumunium juga memiliki sifat mampu las yang baik.

2.2.7 Metalurgi Las

Metalurgi las pada logam *Stainless steel 304* daerah *weld metal* terdapat fasa austenite sedangkan pada daerah HAZ (*heat affected zone*) terdapat fasa austenite akan tetapi memiliki butir yang lebih besar dibandingkan dengan logam induk sedangkan pada Alumunium 1100 memiliki fasa α atau alumunium murni dikarenakan memiliki kandungan 99% alumunium pada komposisi materialnya sedangkan pada HAZ sama halnya dengan SS304 butiran menjadi lebih besar hal ini dikarenakan pada saat

semakin meningkatnya waktu pengelasan maka masukan panas yang terjadi akan semakin besar dan logam yang dekat dengan daerah las akan terkena masukan panas yang tinggi kemudian mengalami laju pendinginan yang lambat dibandingkan dengan *weld metal* (Faozi 2015).

2.2.8 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan banyak untuk mengetahui kekuatan suatu bahan yang digunakan serta untuk memastikan beberapa sifat mekanik bahan yang penting dalam desain. Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu bersamaan dengan hal itu dilakukan pengamatan pertambahan panjang yang dialami benda uji. Data yang dihasilkan dari pengujian ini berbentuk kurva tegangan regangan atau dapat berupa kurva perpanjangan (Faozi 2015).

Pada saat menggambar kurva tegangan regangan atau grafik perpanjangan diperlukan beberapa parameter antara lain kekuatan tarik, titik luluh/kekuatan luluh, perpanjangan dan pengurangan luas. Selain itu hal yang dapat mempengaruhi bentuk kurva yaitu komposisi material, perlakuan panas, deformasi plastis, ;aju regangan, suhu, dan keadaan tegangan selama pengujian.



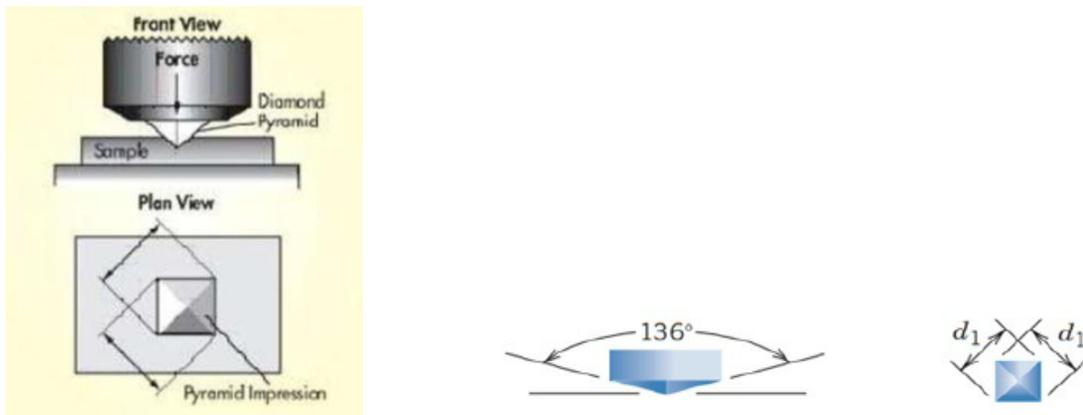
Gambar 2.4 Kurva tegangan - regangan (Salihendo dkk 2013)

2.2.9 Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian *Vickers* merupakan suatu pengujian yang berfungsi untuk mengetahui sifat mekanik dari suatu material. Pengujian kekerasan ini dapat juga dikatakan sebagai pengujian kemampuan suatu material untuk menerima beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pengujian ini perlu dilakukan oleh suatu material yang dalam penggunaannya nanti akan mengalami gesekan dan deformasi plastis. Pengujian dengan metode *Vickers* lebih banyak digunakan karena memiliki bekas penekanan kecil, pengukurannya teliti, dan memiliki *range* ukuran yang besar.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai kekerasan suatu material dalam atau daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri yang seperti piramid Gambar 2.5. Beban yang digunakan cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pengujian yang lain yaitu antara 1 sampai

1000 gram. Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dengan beban uji (P) dengan luas permukaan bekas luka tekan dan indentor (diagonalnya) dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$.



Gambar 2.5 Pengujian Vickers (Callister 2006)

Persamaan yang dapat digunakan untuk menentukan nilai kekerasan dengan metode Vickers dapat dituliskan sebagai berikut :

$$HV = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan HV = Angka kekerasan Vickers

P = Beban (Kg)

d = Diagonal, rata-rata ukuran dari bekas injakan d_1 dan d_2 (mm)

θ = Sudut antar permukaan intan yang berhadapan (136°)

2.2.10 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro berfungsi untuk mengamati fasa dari sebuah material logam dan paduannya, sehingga dapat diketahui sifat dan karakteristik dari material

tersebut. Benda uji diamati menggunakan perbesaran 20 hingga 3000 kali atau lebih, selain itu pemeriksaan mikro dapat memberi informasi yang berupa bentuk struktur, ukuran butir dan bagian-bagian struktur yang berbeda yang terdapat pada material uji.

Terdapat beberapa langkah yang dilakukan sebelum melakukan pengujian antara lain pemotongan spesimen, kemudian pencetakan spesimen kedalam wadah yang diisi dengan resin, pengamplasan menggunakan amplas kasar sampai dengan amplas halus, pemolesan material uji menggunakan autosol untuk memperoleh spesimen yang mengkilat, proses yang terakhir yaitu melakukan etsa pada permukaan benda uji agar struktur material dapat terlihat jelas.