

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

Penelitian pada las titik sudah mulai banyak dilakukan dari material sejenis maupun tidak sejenis dengan parameter yang berbeda dan variasi yang berbeda untuk meningkatkan kualitas sambungan dan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Pengelasan titik pada material tidak sejenis merupakan pengelasan yang sangat berperan penting dalam dunia otomotif selain dapat mengurangi beban pada kendaraan, pengelasan dengan cara ini juga dapat mengurangi biaya yang lebih murah, dengan menggabung material berbeda untuk mendapatkan kebutuhan yang diinginkan. Sifat fisik pada sambungan las titik banyak menjadi perhatian peneliti seperti kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro yang menjadi salah satu tolak ukur dalam menentukan kualitas sambungan.

Penelitian pada sambungan material tidak sejenis antara baja SS400 dengan paduan Aluminium 5083 dengan metode *spot TIG welding* dengan memvariasikan kuat arus dan waktu pengelasan dan mengamati pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekaniknya. Kuat arus yang digunakan dalam proses penyambungan adalah 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dengan variasi waktu 6, 7 dan 8 detik. Hasil pengelasan menunjukkan bahwa pada dengan meningkatnya kuat arus dan waktu pengelasan akan menimbulkan *voids* (porositas) pada pusat las dan untuk kuat arus 100 A dari segi ini merupakan hasil terbaik karena pusat panas merata dan struktur yang terbentuk adalah bainite ( $Fe_3C$ ) didalam matriks ferrite. Untuk kekuatan tarik geser nilai rata-rata dari *tensile load bearing capacity* tertinggi sebesar 869,16 N pada pengelasan dengan kuat arus 100 A dan pada uji kekerasan menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kuat arus maka kekerasan akan menurun dimana kekerasan tertinggi didapatkan dengan variasi kuat arus 70 A dengan waktu 6 detik dengan nilai sebesar  $\pm 241,30$  HV pada *weldmetal* baja SS400, sedangkan pada permukaan *weld metal* aluminium 5083 sebesar  $\pm 83,52$  HV merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Faozi (2015).

Pengaruh variasi kuat arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada sambungan material tidak sejenis antara baja *stainless steel* dengan baja karbon rendah dengan metode las titik. Kuat arus yang digunakan sebesar 60 A, 70 A, dan 80 A dengan waktu 4 detik. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus dari 60 A ke 70 A menunjukkan peningkatan pada kekuatan tarik geser dimana nilai kekuatan geser pada kuat arus 60 A sebesar 150,785 KN/mm<sup>2</sup> sedangkan pada kuat arus 70 A sebesar 190,920 KN/mm<sup>2</sup>. Akan tetapi kenaikan kuat arus dari 70 A ke 80 A mengalami penurunan nilai kekuatan geser dimana pada kuat arus 80 A nilai kekuatan gesernya sebesar 153,533 KN/mm<sup>2</sup>. Pada pengujian struktur mikro, terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah *ferrit* dan *perlit* yang tersebar merata di daerah HAZ ini hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Amin (2017).

Penelitian pada sambungan *resistance spot welding* dengan memvariasikan kuat arus untuk mencari tahu pengaruh kuat arus terhadap *heat input, nugget geometry, mechanical and fractural properties*. Kuat arus yang digunakan sebesar 22 kA, 23 kA, 25 kA, 27 kA, 29 kA, 31 kA dan 33 kA pada sambungan material tidak sejenis antara paduan *magnesium AZ31* dengan tebal 1,7 mm dan paduan Aluminium AA1350 dengan tebal 1,5 mm, waktu pengelasan yang digunakan 2 *cycle* dan tekanan elektrodanya sebesar 5x10<sup>5</sup> Pa. Hasil dari pengelasan menunjukkan bahwa kekerasan memiliki nilai rata-rata 40±5 HV untuk permukaan Aluminium sedangkan pada permukaan *Magnesium* sebesar 73,5±5HV dan kekerasan pada *weld metal* atau sambungan las berkisar antara 190±10HV. Pada hasil uji tarik didapatkan nilai kapasitas pembebanan atau *tensile shear load bearing capacity* terbaik pada variasi kuat arus 29 kA dengan nilai 2,75 KN, semakin meningkatnya kuat arus maka nilai TLBC (*tensile shear load bearing capacity*) akan semakin meningkat, akan tetapi pada kuat arus diatas 29 kA mengalami penurunan dikarenakan *heat input* yang berlebihan dan sambungan memasuki fase kerapuhan. Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa kegagalan bermula dari *micro void* dan *micro crack*. Sedangkan struktur pada *intermetallic compound* bersifat kerapuhan, *low fracture toughness* dan sensitif terhadap *crack* merupakan hasil riset yang telah dilakukan oleh Hayat (2010).

Riset tentang pengaruh kuat arus terhadap karakteristik material pada sambungan *resistance spot welding* material yang digunakan adalah *galvanized chromate* dengan tebal 1,2 mm dengan kuat arus sebesar 4 sampai 12 kA dengan waktu pengelasan 5, 10, 12, dan 15 cycle dan tekanan elektroda yang diberikan sebesar 6 KN. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tarik geser dipengaruhi oleh diameter *nugget*, dan peningkatan kuat arus memberikan dampak kenaikan pada kapasitas beban tarik geser dan peningkatan diameter *nugget* dimana maksimum kapasitas pembebanan didapatkan pada variasi waktu 12 cycle untuk penggunaan kuat arus 10 dan 11 kA. Sedangkan pada variasi 12 kA mengalami penurunan pada kapasitas pembebanan beban tarik geser, disebabkan karena reaksi dari masukan panas yang berlebihan pada material adalah hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Anslanlar, dkk (2007).

Penelitian pada sambungan material tidak sejenis antara baja SS400 dengan paduan Aluminium 5083 pengelasan *spot TIG* dengan memvariasikan kuat arus dan gas pelindung untuk mencari tahu pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik. Kuat arus yang digunakan sebesar 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A, dan gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, gas campuran antara argon 95% dengan CO<sub>2</sub> 5% dan gas campuran antara argon 95% – CO<sub>2</sub> 10% sedangkan waktu pengelasannya konstan selama 6 detik. Hasil menunjukkan bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO<sub>2</sub> pada gas pelindung akan menyebabkan kenaikan pada (TLBC) *tensile shear load bearing capacity*, dimana nilai *peak load* (beban tertinggi) pada penggunaan gas pelindung argon untuk variasi kuat arus 70 A : 80 A ; 90 A ; dan 100 A adalah  $\pm 86,7$  N ;  $\pm 222,59$  N ;  $\pm 344,88$  N dan ;  $\pm 512,88$  N. Selanjutnya Pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 5% CO<sub>2</sub>) didapatkan nilai untuk kuat arus 70 A ; 80 A ; 90 A ; dan 100 A adalah sebesar  $\pm 123,42$  N ;  $\pm 256,9$  N ;  $\pm 396,34$  N dan  $\pm 553,42$  N. Sedangkan pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 10% CO<sub>2</sub>) memiliki nilai yang lebih besar, untuk kuat arus 70 A dengan nilai sebesar  $\pm 158,01$  N, 80 A sebesar  $\pm 323,60$  N, 90 A sebesar  $\pm 475,30$  N dan 100 A sebesar  $\pm 608,22$  N. Hasil dari uji kekerasan menunjukkan bahwa pada semua variasi jenis gas pelindung menunjukkan bahwa kekerasan pada daerah HAZ

dan *weldmetal* cenderung menurun seiring dengan peningkatan kuat arus las dan penggunaan jenis gas argon memiliki nilai kekerasan terbaik. Pada hasil uji mikro didapati bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO<sub>2</sub> akan mengakibatkan sambungan las pada *weldmetal* didominasi oleh struktur *grain boundary ferrit* (GF) dan *ferrit side plate* (FSP) dan *acicular ferrit* (AF) akan semakin sedikit ini hasil dari penelitian yang telah dikerjakan oleh Aji (2015)

Penelitian tentang optimasi dan prediksi parameter pengelasan titik dengan mesin TIG pada plat *Stainless Steel* AISI 304L, material yang digunakan memiliki tebal 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm. Kuat arus yang digunakan sebesar 125 A untuk ketebalan plat sebesar 0,8 mm dan 1 mm, 150 A digunakan untuk plat dengan tebal 0,6 mm dan 0,8 mm sedangkan kuat arus 175 A digunakan untuk plat dengan ketebalan 1 mm. Gas pelindung menggunakan jenis argon dengan kecepatan 6L/min dan tungsten elektroda menggunakan tipe EWth2 yang berdiameter 3,25 mm. Hasil terukur menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus mengakibatkan kenaikan kekuatan Tarik gesernya, dimana kekuatan tarik geser tertinggi terdapat pada variasi 175 A dengan nilai *tensile shear load bearing capacity* sebesar 13200 N, disebabkan ukuran diameter *nugget* yang sangat besar dibandingkan variasi pengelasan yang lain yaitu sebesar 11,6 mm ini merupakan hasil yang diteliti oleh Abbas, dkk (2016).

Riset pada las titik dengan memvariasikan kuat arus pengelasan untuk melihat hubungannya terhadap kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro pada sambungan beda material antara SS AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST41. Dalam penelitian ini kuat arus yang digunakan sebesar 1000 A, 1200 A, 1400 A dan 1600 A dengan waktu pengelasan selama 1 detik, material yang akan disambung memiliki tebal 1 mm. Hasil dari penelitian menunjukkan pada bahwa dengan kenaikan kuat arus akan mengakibatkan penurunan kekuatan geser dan kekerasannya, dan sambungan dengan kekuatan geser terbaik diperoleh pada variasi kuat arus sebesar 1000 A dengan nilai kuat gesernya  $76,89 \pm 15,36$  kg/mm<sup>2</sup>. Pada segi uji kekerasan dengan metode *rockwell* diperoleh nilai terbaik pada variasi kuat arus 1000 A dengan nilai sebesar 104 HRB pada logam las Baja SS AISI 304 dan

105,7 HRB pada logam baja karbon St41, selain itu jika dilihat pada struktur mikronya pada variasi kuat arus 1000 A didominasi oleh *ferrit acicular* selain itu juga ada jenis struktur *ferrit* dan *perlit* dimana kedua fasa tersebut tersebut merata ini hasil dari riset yang telah diteliti oleh Fachruddin, dkk (2016).

Beberapa penelitian diatas menunjukkan bahwa penelitian pada sambungan las titik sangat menarik dan masih banyak yang perlu diteliti dari penggunaan material yang berbeda maupun material yang sama atau menggunakan parameter-parameter yang dapat mempengaruhi karakteristik material demi meningkatkan kualitas sambungan. Penelitian pada las titik dengan memvariasikan kuat arus pengelasan sangat diminati karena parameter ini sangat berpengaruh pada sifat mekaniknya selain itu parameter ini menjadi poin penting dalam menentukan karakteristik yang optimal. Akan tetapi penelitian yang terfokus pada pengaruh variasi kuat arus terhadap karakteristik material dengan metode *spot TIG* masih sangat jarang dilakukan terutama untuk penyambungan *dissimilar metal* antara *stainless steel 430* dan baja karbon rendah. Oleh karena itu penelitian ini menjadi penelitian yang sangat menarik dan perlu dilakukan karena penyambungan dengan metode *spot TIG* dapat menjadi alternatif selain metode *resistance spot welding*.

## 2.2. Dasar Teori

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu cara penyambungan material dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang continue. Penggunaan teknik pengelasan sangat luas meliputi daerah industri perkapalan, industri otomotif, rangka baja, bejana tekan, sistem perpipaan, konstruksi bangunan dan lain sebagainya.

Disamping untuk pembuatan, proses penyambungan dengan metode ini juga dipergunakan untuk reparasi seperti mengisi lubang-lubang pada coran. Membuat lapisan las pada perkakas mempertebal bagian-bagian yang sudah aus dan macam-macam bentuk reparasi yang lain.

Pengelasan merupakan cara penyambungan yang tujuannya tidak hanya pada bidang tertentu seperti konstruksi, akan tetapi pengelasan merupakan saran untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik. Oleh karena itu pengelasan ini sangat memperhatikan dan diperhatikan kesesuaiannya antara sifat-sifat las dengan kegunaannya sesuai kebutuhan bidangnya.

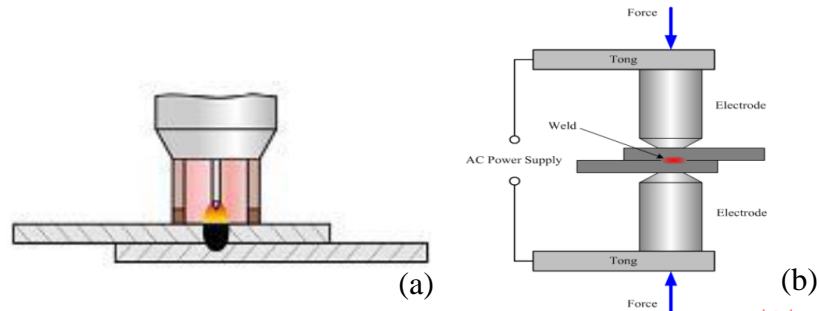
Teknik pengelasan terlihat sangat simple dan sederhana, tetapi sebenarnya didalamnya banyak sekali masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan. Karena itu pengelasan memerlukan pengetahuan dan dampingan secara lebih terperinci dapat dikatakan bahwa perancangan konstruksi bangunan dan mesin dengan sambungan las, harus direncanakan pula dengan cara-cara pengelasan. Cara pemeriksaan meliputi bahan las, jenis pengelasan yang akan digunakan yang berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang.

### **2.3. Las Titik (*Spot Welding*)**

Las titik atau *spot welding* adalah salah satu cara penyambungan logam dengan pengelasan pada permukaan plat yang disambung satu sama lain. Pengelasan ini tergolong pengelasan yang cepat, lebih cepat dibandingkan pengelasan asetilin dan las busur listrik karena las ini tidak menghasilkan terak las. Selain itu pengelasan ini tidak terlalu membutuhkan *skill welder* atau keahlian pada saat pengelasan (Anrinal dan Hendri, 2012)

### **2.4. *Spot TIG Welding***

*Spot TIG welding* merupakan pengelasan yang diadaptasi dari *resistance spot welding* dimana proses atau cara pengelasannya yang hampir mirip. Selain itu pada metode pengelasan ini memungkinkan lembaran dua material untuk dilas bersamaan dari satu sisi material saja, dimana untuk di *resistance spot welding* biasanya membutuhkan dua elektroda atau dikedua sisi permukaan material. Skema atau sistematika perbedaan metode pengelasan *spot TIG* dan *resistance spot welding* dapat dilihat pada Gambar 2.1.

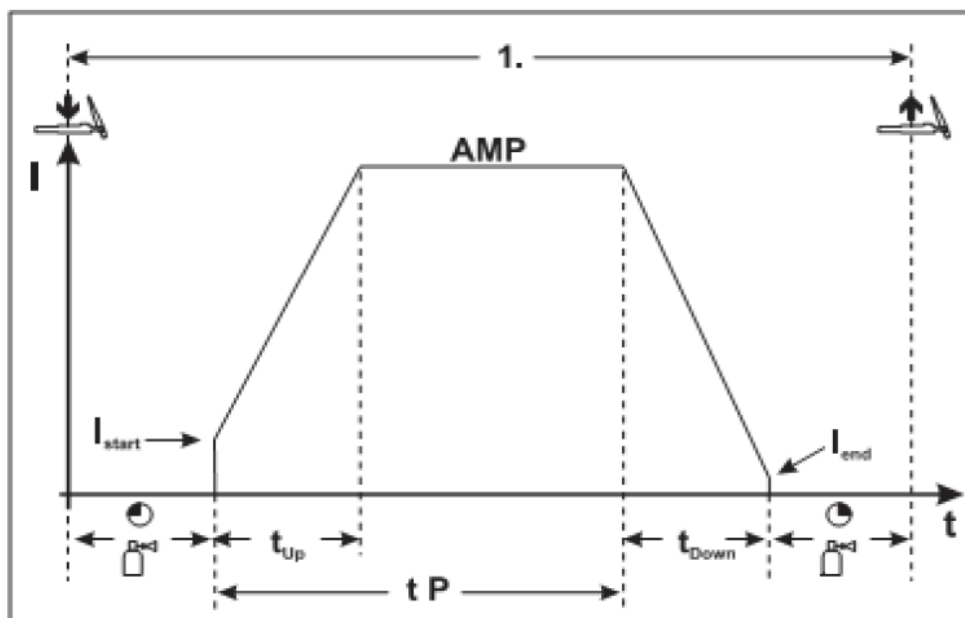


Gambar 2.1 Sistematika pengelasan (a) *spot TIG* (Lorenz dan Mündersbach, 2006), (b) *resistance spot welding* (Sahota dkk, 2013)

Pada pengelasan *spot TIG*, elektroda tungsten dilindungi oleh gas argon yang berfungsi untuk melindungi dari kontak langsung dengan udara sekitar pada saat proses pengelasan. Gaya penekan pada pengelasan ini dilakukan secara manual, bagian yang akan disambung ditahan dengan tekanan manual dari *spot gun*.

#### 1. Proses *spot TIG welding*

Proses pengelasan *spot TIG* ditunjukkan oleh pada Gambar 2.2. Proses pengelasan berlangsung seperti yang ditunjukkan oleh angka 1 (pada Gambar 2.2).





Gambar 2.2 Proses pengelasan spot TIG

Angka 1 pada gambar menunjukkan proses pengelasan berlangsung, pada saat platuk *spotgun* ditekan maka gas pelindung (argon) akan mengalir sebelum

bunga api melompat dari elektroda ke material selanjutnya akan terjadi proses pengapian busur api *High Frequency* (HF) untuk melelehkan material dan membuatnya tersambung. Arus pengelasan akan keluar secara konstan sesuai dengan nilai parameter arus yang ditentukan pada mesin las TIG. Pengelasan akan berhenti dengan otomatis sesuai dengan waktu yang sudah diatur pada mesin las TIG. Keterangan pada gambar 2.2 mengenai simbol pengelasan *spot TIG* dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Arti Simbol pada gambar 2.2 proses langkah kerja pengelasan *spot TIG*.

Simbol	Deskripsi
	Pelatak <i>spotgun</i> ditahan selama proses pengelasan seperti angka 1 pada gambar 2.2
	Keluarnya gas pelindung sebelum dan sesudah proses penyambungan dimana bunga api melompat dari elektroda ke material dalam beberapa saat.
$I_{start}$	Waktu pada saat arus pengelasan mulai mengalir.
$I_{end}$	Waktu pada saat arus pengelasan berakhir.
$t_{up}$	Proses mulai terjadinya lompatan busur api pengelasan.
$t_{down}$	Proses berakhirnya lompatan busur api pengelasan.
$t_P$	Waktu lamanya busur api menyala untuk proses penyambungan.
$t$	Waktu proses pengelasan sesuai dengan waktu yang distel pada mesin

## 2. Pengaturan *spot TIG welding*

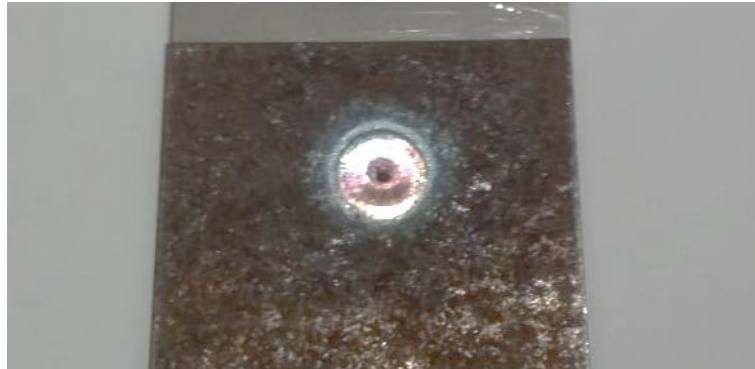
Pengaturan *spot TIG* ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, pengaturan ini meliputi kuat arus, lama waktu pengelasan dan laju aliran dari gas pelindung. Pengaturan kuat arus dan waktu pengelasan akan mempengaruhi *heat input* atau masukan panas, sedangkan untuk laju aliran gas pelindung ini berfungsi untuk melindungi material dari kontaminasi udara sekitar.

## 3. Pembentukan *nugget* pada *spot TIG welding*

*Nugget* pada pengelasan *spot TIG* ini dihasilkan oleh loncatan arus listrik dari elektroda *tungsten* pada *spot gun* melewati lembaran material pada bagian atas lalu material pada bagian bawahnya dilebur ke atasnya. Permukaan *nugget* pada



pengelasan memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *resistance spot welding*. Permukaan hasil dari *spot TIG welding* ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Permukaan nugget hasil lasan *spot TIG welding* pada sisi bagian material baja karbon rendah

## 2.5. Parameter Pengelasan

Parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan pada *spot TIG welding*, sebagai berikut:

### 1. Arus pengelasan

Pengontrolan arus pengelasan sangat mempengaruhi karakteristik dari hasil pengelasan, dan kuat arus yang digunakan tergantung dari bahan dan ukuran dari lasan, geometri sambungan, posisi pengelasan, jenis elektroda dan diameter inti elektroda.

### 2. *Holding Time*

*Holding time* merupakan waktu pengelasan pada proses *spot TIG welding*, dimana waktun pengelasan mempengaruhi masukan panas (*heat input*) yang diberikan ke benda kerja. Waktu pengelasan juga mempengaruhi karakteristik dari hasil lasan, karena waktu pengelasan mempengaruhi kualitas las, kekuatan geser, kekerasan dan kekuatan terhadap pengaruh dari luar.

### 3. Gas Pelindung

Gas pelindung adalah gas berfungsi untuk melindungi benda kerja agar tidak terkontak langsung pada saat pengelasan, gas pelindung yang digunakan adalah gas mulia jenis argon dikarenakan sifatnya yang stabil dan tidak mudah beraksi dengan unsur lainnya. Gas argon memberikan perlindungan yang lebih baik dari gas

helium, akan tetapi untuk kadalaman penetrasinya cukup dangkal. Untuk memperdalam penetrasinya dapat mengatur volume alir gas sehingga tekanan yang didapat meningkat.

## **2.6. Pengelasan Material Beda Jenis (*Dissimilar Metal Welding*)**

Pengelasan material tidak sejenis lebih sulit dilakukan dibandingkan material sejenis karena siklus termal yang dimiliki setiap logam berbeda (Amin, 2017). Selain itu pengelasan ini memang banyak sekali kendala seperti pada perbedaan sifat fisik, mekanik, termal, dan metalurgi pada kedua material tersebut terlebih lagi pada konduktivitas panas, perbedaan titik leleh (*melting point*) dan kelarutan pada masing-masing material yang disambung menjadi poin terpenting pada pengelasan material tidak sejenis dalam menentukan karakteristik material dalam suatu sambungan (Faozi, 2015). Pada penelitian ini material yang akan digunakan dalam proses pengelasan *spot TIG welding* adalah Stainless Steel 430 dengan Baja Karbon Rendah

## **2.7. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steels*)**

Baja karbon rendah ini umumnya mengandung kurang dari 0,25% berat C dan baja jenis ini tidak sensitif menerima perlakuan panas yang dimaksud untuk membentuk struktur martensit, perlakuan yang dilakukan untuk baja jenis ini adalah dengan kerja dingin (*cool work*) dimana struktur mikronya biasanya terdiri dari ferit dan perlit.

Baja karbon rendah ini relative lunak dan lemah akan tetapi baja jenis ini memiliki ketangguhan dan keuletan yang sangat bagus, penggunaannya sangat banyak termasuk pada komponen pada mobil, saluran pipa, bangunan, jembatan dan kaleng.

## **2.8. Baja Tahan Karat Tipe 430 (*Stainless Steel 430*)**

Baja tahan karat tipe 430 adalah *low carbon ferritic stainless steel*. Baja tahan karat tipe ini memiliki ketahanan korosi yang cukup baik di lingkungan yang korosif dan ketahanan oksidasi yang cukup baik pada suhu tinggi. Aplikasi baja tipe ini biasanya pada trim otomotif, peralatan dapur, bagian mesin cuci, pipa industri

dan peralatan lainnya yang biasa di lingkungan korosif. Baja memiliki kemampuan las yang terbatas dan tidak boleh digunakan dalam kondisi seperti dilas untuk struktur beban dinamis atau dampak. Selain itu baja tipe 430 ini lebih murah dibandingkan baja seri 300 dikarenakan baja tipe ini tidak mengandung nikel atau molybdenum.

## **2.9. Pengujian Struktur Mikro**

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fasa yang terbentuk pada permukaan material atau bahan, sehingga dapat mengetahui karakteristik dari spesimen. Pengujian mikro ini digunakan untuk mencari tahu hasil dari pengelasan pada sambungan terutama pada daerah *weld metal* dan HAZ (*heat affected zone*). Pemeriksaan mikro berguna untuk mengetahui informasi yang didapat berupa bentuk struktur, ukuran butir, dan banyaknya bagian struktur yang berbeda untuk mengetahui atau menentukan sifat dan karakteristik dari logam melalui bentuk struktur yang terbentuk pada logam tersebut. Pembesaran pada pengujian mikroskop ini antara 20 – 3000 kali atau bahkan lebih.

## **2.10. Pengujian Kekerasan *Vickers***

Pengujian kekerasan adalah salah satu pengujian untuk menentukan sifat mekanik suatu bahan atau material, pengujian kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu bahan atau material dalam menerima beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Pengujian kekerasan *Vickers* merupakan salah satu metode pengujian kekerasan dari tiga jenis pengujian kekerasan yang ada, pengujian kekerasan *Vickers* ini merupakan pengujian yang banyak digunakan karena bekas penekanan kecil, pengukurannya teliti, dan range ukurannya besar.

Pengujian kekerasan *Vickers* memiliki indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Beban yang diberikan pada pengujian ini lebih kecil dibandingkan kedua jenis pengujian kekerasan yang lain antara 1 sampai 1000 gram. Angka kekerasan *vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (P) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indenter (diagonalnya) yang dikalikan dengan  $\sin(136^\circ/2)$



Gambar 2.4 bentuk indenter pengujian kekerasan vickers (Callister, 2007)

Nilai kekerasan dengan metode *vickers* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1), sebagai berikut:

$$HV = \frac{1,854 P}{d^2} \dots\dots\dots(2.1)$$

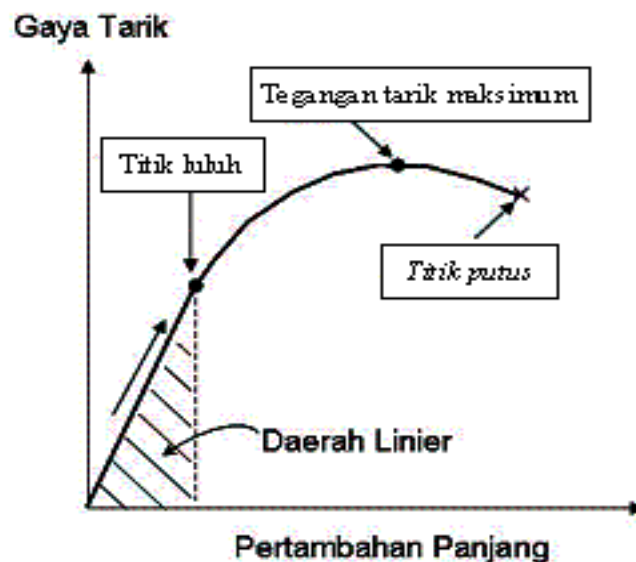
Dengan: HV = Angka kekerasan *Vickers*

P = Beban (Kg)

$d^2$  = Diagonal rata-rata ukuran dari bekas injakan  $d_1$  dan  $d_2$  (mm)

### 2.11. Pengujian Tarik

Pengujian Tarik adalah salah satu pengujian untuk menentukan sifat mekanik dari material, pengujian ini sangat umum digunakan untuk menentukan karakteristik material bahkan sampai untuk mendesain sesuatu. Pada pengujian ini benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji (Faozi, 2015). Gambar kurva gaya-perpanjangan (*extension*) dapat ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Grafik hasil pengujian tarik (Rifai, 2015)

- Titik luluh: Besarnya kekuatan luluh adalah ukuran ketahanannya terhadap deformasi plastis.
- Tegangan tarik maksimum: Tegangan maksimum yang dapat diterima oleh material, deformasi pada titik ini seragam di seluruh wilayah sempit spesimen tarik. Namun, pada tekanan maksimum ini, penyempitan kecil atau leher mulai terbentuk di beberapa titik, dan semua deformasi berikutnya terbatas pada leher ini.
- Titik putus: titik dimana spesimen uji tarik terjadi kegagalan putus atau patah.

Hasil dari grafik atau kurva ini tergantung pada suatu material atau bahan yang akan di uji, dilihat dari beberapa faktor seperti komposisi, perlakuan panas, cacat pada spesimen, dan temperatur.