

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 1.1. Pengelasan Gesek

Las gesek (*friction welding*) adalah merupakan salah satu jenis baja, teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan sebagai akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, sebagai salah satu poros berputar sedang dan lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas yang ditimbulkan pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan tersebut akan mencapai suhu leleh (*melting temperature*), maka terjadilah proses las.

Teknik mesin tentang las gesek analisa mikrostruktur dan sifat mekanik yang dihasilkan dari proses *friction welding* pada benda kerja baja, bertujuan untuk mempelajari hasil pengelasan gesek pada baja. *Friction welding* yang dilakukan menggunakan parameter dengan variasi kecepatan gesek, dan panjang daerah poros yang menghasilkan panas masing-masing dilakukan *friction welding* proses *friction welding* dengan lama dan berjalannya waktu pengelasan. Setelah dilakukan proses *friction welding*, hasil menunjukkan bahwa struktur pada daerah lasan (*weld zone*) mikrostrukturnya sama dengan struktur pada baja mula-mula sebelum dilakukan pengelasan gesek.

Penelitian terdahulu yang telah dilakukan Suratman (2001). Pada pengelasan gesek atau *friction welding* merupakan pengelasan tanpa menggunakan kawat las atau elektroda sehingga bisa dipastikan bahwa sambungan yang diperoleh antara kedua material yang dilas adalah sambungan yang homogen. Selain itu penyambungan poros utama dengan proses ini dapat meminimalisir bergesernya sumbu dari material yang dilas. Dalam proses pengelasan gesek atau *friction welding*, kecepatan putaran merupakan variabel yang sensitif dan dalam hal ini juga, bisa dapat di variasikan jika waktu dan temperatur pemanasan serta tekanan dikontrol dengan baik.

## 1.2. Proses Dasar Pengelasan

Perkembangan 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 digunakan untuk reparasi misalnya untuk mengisi lubang-lubang pada coran, mempertebal bagian yang aus dan macam-macam lainnya (Wiryosumarto dan Okumura; 2008). Pengelasan (*welding*) adalah salah satu proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambahan maupun tidak menggunakan bahan tambahan dan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Berdasarkan kerjanya pengelasan digolongkan menjadi:

- a. Pengelasan tekan adalah pengelasan dengan cara sambungan dipanaskan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- b. Pematrian adalah pengelasan dengan cara sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam hal ini logam induk tidak ikut mencair (Wiryosumarto dan Okumura; 2008).

Metalurgi dalam pengelasan, dalam pengertian yang sempit dapat dibatasi hanya pada logam las dan daerah yang terpengaruh panas atau *Heat Affected Zone (HAZ)*. Untuk alasan ini secara singkat dan umum, latar belakang prinsip-prinsip metalurgi juga diperlukan sebelum membicarakan sifat-sifat las dan *HAZ* yang berdekatan. Dengan mengetahui metalurgi las, memungkinkan memprediksi sifat-sifat dari logam las. Pada proses pengelasan perlu diperhatikan faktor keamanan dan umur konstruksi, karena panas pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat material antara lain kekuatan tarik, retak las, kekerasan, ketangguhan, serta perubahan struktur mikro (Yustiasih dkk; 2005). Aspek yang timbul selama dan sesudah pengelasan harus diperhitungkan sebelumnya, karena perencanaan yang tidak sesuai dapat mengakibatkan kualitas hasil las yang kurang baik. Dengan demikian pengetahuan metalurgi las dan ditambah dengan keahlian dalam operasi pengelasan, dapat ditentukan prosedur pengelasan yang baik guna menjamin hasil sambungan las yang baik dan sempurna.

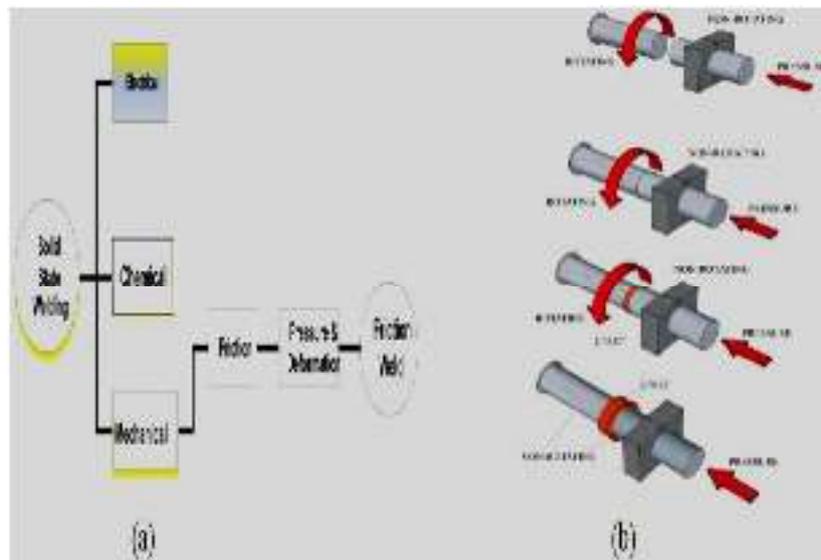
### 1.2.1. Las Gesek (*Friction welding*)

Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan teknik pengelasan dengan memanfaatkan panas yang ditimbulkan akibat gesekan. Permukaan dari dua bahan yang akan disambung, salah satu berputar sedang lainnya diam, dikontakkan oleh gaya tekan. Gesekan pada kedua permukaan kontak dilakukan secara kontinu sehingga panas yang ditimbulkan oleh gesekan yang kontinu akan terus meningkat. Dengan gaya tekan dan panas pada kedua permukaan hingga pertemuan kedua bahan mencapai suhu leleh (*melting temperature*) maka terjadilah proses las. Menurut Suratman (2001), Pengelasan gesek (*friction welding*) merupakan pengelasan tanpa menggunakan kawat las atau elektroda sehingga bisa dipastikan bahwa sambungan yang diperoleh antara kedua material yang dilas adalah sambungan yang homogen. Selain itu penyambungan poros dengan proses ini dapat meminimalisir bergesernya sumbu dari material yang dilas. Dalam proses pengelasan gesek (*friction welding*), kecepatan putaran merupakan variabel yang sensitif dan dalam hal ini dapat divariasikan jika waktu dan temperatur pemanasan serta tekanan dikontrol dengan baik.

### 1.2.2. Prinsip Kerja Las Gesek

Pada pengelasan gesek sumber panas yang dihasilkan berasal dari gesekan material yang disambung. Adapun parameter yang bisa diatur langsung dalam proses pengelasan ini di antaranya adalah kecepatan putar, gaya gesek, waktu gesek, gaya tempa dan waktu tempa. Pada tahun 1950, AL *Chudikov* seorang ahli mesin dari *Uni Sovyet*, mengemukakan hasil pengamatannya tentang teori tenaga mekanik dapat diubah menjadi energi panas. Gesekan yang terjadi pada bagian-bagian mesin yang bergerak menimbulkan banyak kerugian karena sebagian tenaga mekanik yang dihasilkan berubah menjadi panas. *Chudikov* berpendapat, proses demikian mestinya bisa dipakai pada proses pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya diputar tetapi ditekan satu terhadap yang lain. Tekanan juga berfungsi mempercepat *fusi*. Cara ini disebut las gesek (*Friction Welding*). Gambar 2.1 menunjukkan suatu skema proses pengelasan gesek, dua buah batang uji yang akan disambung dengan cara pengelasan gesek, batang yang satu berputar dan batang lainnya diam. Proses gesekan akan terjadi pada saat batang uji yang diam dikenai gaya penekanan, panas akibat gesekan akan terus meningkat selama gaya penekanan.

terus dilakukan hingga mencapai suhu leleh (*melting*) dan terjadi fusi pada kedua permukaan yang bergesekan.



Gambar 2.1 Skema sistem pengelasan gesek

### 1.2.3. Kelebihan dan Kekurangan Las Gesek (*Friction Welding*)

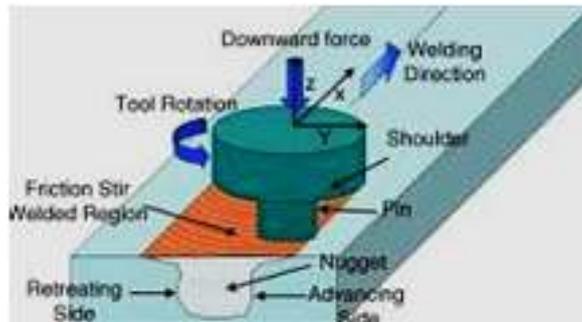
Bila dibandingkan dengan proses penyambungan metode las fusi, ada beberapa keuntungan yang dimiliki dari proses las gesek.

Adapun kelebihan adalah sebagai berikut:

- a. Tidak membutuhkan logam pengisi pada proses pengelasan.
- b. Tidak ada fluks atau filler logam dan gas yang diperlukan dalam las gesek.
- c. Kemungkinan terjadinya inklusi terak dan porositas dapat dihindarkan.
- d. Cocok untuk jumlah produksi yang banyak.
- e. Lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap atau gas.
- f. Mengurangi tenaga kerja mesin, biaya pemeliharaan, meningkatkan kapasitas dan mengurangi biaya perkakas yang mudah rusak.
- g. Memiliki kontrol yang akurat pada toleransi lasan.
- h. Dapat menyambungkan dua material berbeda karakteristiknya.
- i. Namun metode las gesek juga memiliki kekurangan yaitu:
  1. Benda yang disambung harus simetris.
  2. Salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu deformasi secara plastis.
  3. Keterbatasan bentuk yang dapat dilas.

### 1.2.4. *Frictin Stir Welding*

*Friction stir welding* adalah suatu metode pengelasan gesek yang sumber panasnya berasal dari gesekan yang terjadi antara benda kerja dengan *tool* yang berputar. Proses pengelasan seperti ini biasanya dilakukan pada material logam yang berbentuk pelat.

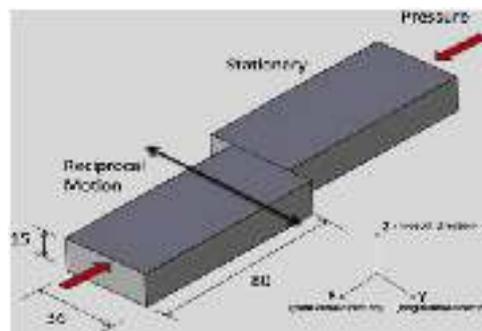


Gambar 2.2 *Friction Stir Welding*

Proses *friction stir welding* yaitu dimulai dengan memutar *tool* yang diposisikan tepat ditengah bagian yang akan dilas. Gesekan yang terjadi menimbulkan panas pada kedua pelat yang akan disambung, gesekan ini dilakukan dari ujung pelat yang akan di sambungkan sampai semua bagian yang dilas selesai.

### 1.2.5. *Linier Friction Welding*

*Linier friction welding* merupakan pengelasan gesek yang menggunakan metode dimana *chuck* bergerak bersilasi lateral. Kecepatan yang digunakan lebih rendah pada umumnya, dan membutuhkan mesin yang lebih kompleks dari pada *rotary friction welding*. *Linier friction welding* mempunyai keuntungan yaitu dapat menyambungkan material dengan bentuk apapun.



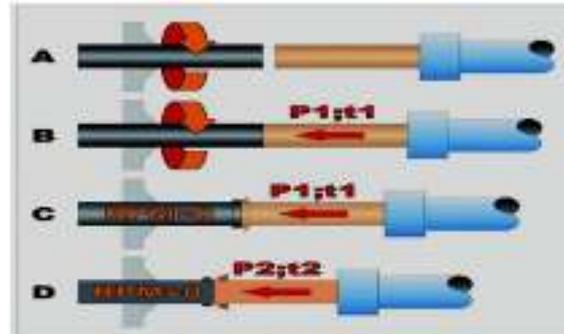
Gambar 2.3 *Linier friction welding*

Pada gambar 2.3 proses pengelasan gesek seperti ini salah satu material bergerak maju mundur dengan kecepatan dan di sentuhkan terhadap ujung material yang ingin

disambung kemudian terjadi lah panas. Pemberian tekanan juga diperlukan agar dapat menghasilkan panas dan dapat menyatukan kedua material.

### 1.2.6. *Rotary friction welding*

*Rotary friction welding* adalah pengelasan yang terjadi karena panas yang dihasilkan dari gesekan kedua ujung permukaan benda kerja. Pengelasan gesek ini termasuk kedalam jenis pengelasan solid state. Proses *rotary friction welding* dapat dilihat pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Proses Pengelasan

Teknologi las gesek ini mulai banyak diperhatikan, dikarenakan teknologi pengelasan gesek ini sangat mudah di operasikan, proses operasinya cepat, tidak memerlukan logam pengisi, dan hasil penyambungannya baik. Mesin pengelasan gesek ini menyerupai mesin bubut sehingga mudah dioperasikannya. Dalam keadaan tertentu mesin bubut juga dapat dilakukan proses pengelasan gesek ini namun hanya dapat melakukan pengelasan gesek ini dengan diameter tertentu.

### 1.3. Baja

Baja merupakan jenis material yang banyak digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan berbagai macam suku cadang mesin industri dan otomatis. Beberapa sifat mekanik baja yang sering digunakan dalam perancangan adalah kekerasan, keuletan dan ketangguhan. Seringkali dalam suatu desain, kita kesulitan mendapatkan baja dengan sifat mekanik yang sesuai dengan desain. Untuk itu dilakukan rekayasa sifat mekanik, untuk mendapatkan baja yang sesuai dengan perhitungan desain. Baja salah satu jenis logam yang banyak digunakan dengan unsur karbon sebagai salah satu dasar campurannya. Di samping itu baja juga mengandung unsur-unsur lain seperti *sulfur* (S), *fosfor* (P), *silikon* (Si), mangan (Mn), dan sebagainya yang jumlahnya dibatasi. Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh prosentase karbon dan struktur mikro. Struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja.

Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbid yang dapat menambah kekerasan, tahan gores dan tahan suhu baja. Perbedaan prosentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

- a. Baja karbon rendah Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0,3%. Baja ini bukan baja yang keras karena kandungan karbonnya yang rendah kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk struktur martensit (Amanto, 1999).
- b. Baja karbon menengah Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C (*medium carbon steel*) dan dengan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang lebih keras serta lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah (Amanto, 1999).
- c. Baja karbon tinggi Baja karbon tinggi mengandung 0,6%C – 1,5%C dan memiliki kekerasan tinggi namun keuletannya lebih rendah, hampir tidak dapat diketahui jarak tegangan lumernya terhadap tegangan proporsional pada grafik tegangan regangan. Berkebalikan dengan baja karbon rendah, pengerasan dengan perlakuan panas pada baja karbon tinggi tidak memberikan hasil yang optimal dikarenakan terlalu banyaknya martensit sehingga membuat baja menjadi getas.

### 1.3.1. Baja AISI 4140

Baja spesifikasi AISI 4140 merupakan baja karbon menengah dengan komposisi karbon berkisar 0,43-0,50. Baja ini umumnya dipakai sebagai komponen automotif misalnya untuk komponen roda gigi dan *Sproket* pada kendaraan bermotor yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan. Baja ini banyak yang digunakan di perusahaan industri, pasaran karena memiliki banyak manfaat keunggulan dari bahan material salah satunya adalah *automotif* salah satu contoh untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor. Baja ini juga memiliki karakteristik, sebagai sifat mampu mengontrol pada mesin dengan baik (*machinability*), *wear resistance-nya* (keausan) baik dan sifat mekaniknya menengah. Baja AISI 4140 disebut baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang telah dikeluarkan oleh AISI dan SAE (*Society of Automotive Engineers*). Pada angka 10. Jadi

AISI menunjukkan baja karbon yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,6%.<sup>8</sup> Pada aplikasinya, baja ini harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat gesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat gesekan. Pada umumnya ketahanan aus ini berbanding lurus dengan kekerasan. Material baja AISI 4140 berdasarkan komposisi kimia tergolong jenis baja *chrominum molybdenum steel*. Baja ini juga dapat digunakan pada suhu yang tinggi sampai 480C-900 C, tetapi pada saat pengujian struktur mikro kekuatannya menurun dengan cepat, dengan semakin meningkatnya suhu. Material AISI 4140 dapat tersedia dalam bentuk bar, batang lembaran dan plat. Aplikasi baja dengan baja AISI 4140 digunakan untuk banyak mesin kekuatannya tinggi seperti: *connecting rods*, poros engkol, as roda dan batang piston. Komposisi pada Kimia Material Baja AISI 4140 ditunjukkan pada tabel:

**Tabel 2.1 Komposisi Kimia Baja AISI 4140**

Paduan	Persentase %
C %	0,38-0,43
Mn %	0,75-1,00
Si %	0,20-0,35
Cr %	0,80-1,10
Mo %	0,15-0,25
P %	≤ 0,035
S %	≤ 0,04

Baja AISI 4140 memiliki cakupan pengaplikasian yang luas diantaranya digunakan untuk komponen mesin seperti poros engkol, pin piston, as roda, batang piston hingga material mur dan baut. Baja AISI 4140 adalah salah satu baja karbon menengah dan paduan rendah yang representatif dan banyak digunakan untuk pembuatan komponen industri. Karena memiliki kekerasan yang baik, kekuatan, ketangguhan serta ketahanan aus, maka jenis material ini cocok digunakan sebagai bahan baku material seperti *shaft*, *gear*, *bolts*, *couplings*, *splindles*, *tool holders*, *sprockets*, *hydraulic machinery shafts*, *oil industry drill collars*, *kelly bars*, *tools join*, *piston pin* dan lain-lain.

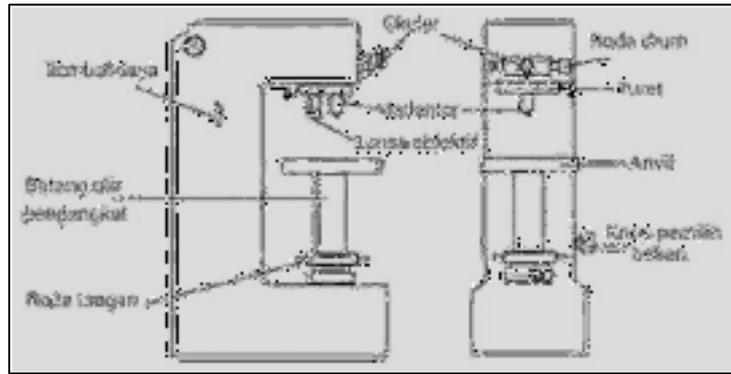
## 1.4. Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini kita dapat dengan mudah mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas. Pengujian kekerasan (*hardness test*) adalah suatu proses yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan suatu material terhadap deformasi pada daerah lokal atau permukaan material, khusus untuk logam deformasi yang di maksud adalah deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri adalah suatu keadaan dari material yang ketika diberikan gaya maka struktur mikronya tidak akan kembali ke bentuk semula.

Pengujian *Rockwell* merupakan proses pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai indenter atau penetrator yang ditekan dengan beban tertentu. Pada pengujian *Rockwell* angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indenter yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan, skala yang sering digunakan dengan beban 150 kgf. Pada pengujian kekerasan bahan dengan metode *Rockwell*, kedalaman penetrasi permanen yang dihasilkan dari penerapan dan pelepasan beban utama dipakai untuk menentukan angka kekerasan *Rockwell*.

### 1.4.1. Mesin *Rockwell*

Metode *Rockwell* sebagai pengujian keras ini dilaksanakan dengan cara menekan material atau spesimen uji dengan indenter intan dengan bentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan yang berhadapan 136 derajat. Penekanan dengan indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan material uji. Pada pengujian kekerasan *Rockwell*, permukaan spesimen perlu dipersiapkan dengan baik. Bila permukaan spesimen belum rata, maka perlu diratakan dengan mesin gerinda. Selanjutnya permukaan spesimen dihaluskan dengan mesin poles untuk menghilangkan kerak, minyak, cat dan kotoran lainnya dengan menggunakan mesin poles.



Gambar. 2.5 Mesin uji kekerasan *Rockwell*

#### 1.4.2. Langkah Pengujian *Rockwell*

- a. Persiapkan permukaan spesimen dengan cermat.
- b. Tekan tombol daya untuk menghidupkan mesin.
- c. Atur beban uji melalui *knop* pemilih beban dengan cara memutar *knop* pemilih beban lalu pilih besar beban uji yang sesuai.
- d. Tempatkan spesimen pada meja uji, lalu putar roda tangan dari batang ulir pengangkat untuk menaikkan spesimen mendekati indetor.
- e. Putarlah turet secara manual hingga lensa obkektif dari mikroskop berada pada posisi tegak lurus terhadap permukaan spesimen.
- f. Amati permukaan spesimen melalui okuler, lalu naikkan pelan-pelan spesimen sampai diperoleh fokus yang tepat.
- g. Putar kembali *turet* hingga indetor berada pada posisi tegak lurus terhadap permukaan spesimen.
- h. Tekan tombol start, maka indetor akan mulai menekan spesimen dan proses penerapan beban uji dilaksanakan secara otomatis oleh mesin.
- i. Tunggu beberapa saat (biasanya 10 - 15 detik) hingga rentang waktu penerapan beban (*dwell time*) tercapai.
- j. Setelah proses penerapan beban selesai dilaksanakan, putar lagi *turet* untuk menempatkan lensa objektif kembali tegak lurus terhadap permukaan spesimen.
- k. Lakukan pengukuran kedua diagonal jejak (*lekukan*) hasil penekanan indetor. Pertama ukur diagonal arah mendatar dari jejak dengan cara melihatnya melalui okuler dan memutar *roda drum* mikroskop untuk mengukur diagonal jejak tersebut.
- l. Selanjutnya putar mikroskop 90° sehingga posisinya menjadi tegak, lalu ukur diagonal arah tegak dari jejak dengan cara yang sama seperti di atas.

#### 1.4.3. Uji Kekerasan

#### 1.4.4. Metode Pengujian

Pada prinsipnya pengujian kekerasan ini mempunyai tiga metode adalah penggoresan (*scratching*), pantulan ataupun indentasi dari material keras terhadap suatu permukaan benda uji. Pengujian kekerasan dari sekian banyak pengujian yang dipakai, karena dapat dilaksanakan pada benda uji yang kecil tanpa kesukaran mengenai spesifikasi. Dengan berdasarkan adanya mekanisme penekanan tersebut, maka dikenal dengan metode uji kekerasan adalah metode goresan, metode pantulan (*rebound*), dan metode indentasi (Yuwono, 2009).

##### a. Metode Goresan

Metode ini dilakukan dengan mengukur kedalaman atau lebar goresan pada benda uji dengan cara menggoreskan permukaan benda uji dengan material pembanding. Indentor yang biasa digunakan adalah jarum yang terbuat dari intan. Namun, metode ini tidak banyak digunakan dalam dunia metalurgi, namun masih dalam dunia mineralogi.

##### b. Metode Pantulan

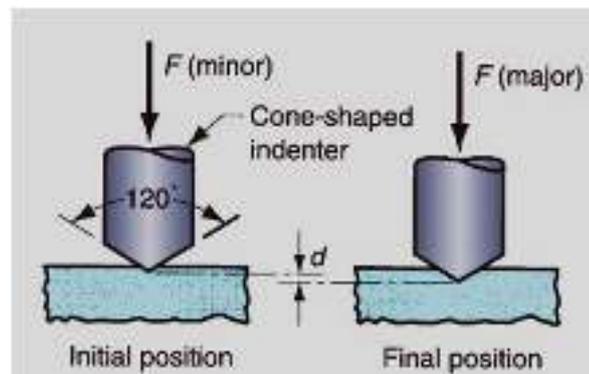
Dengan metode ini, kekerasan suatu material ditentukan oleh alat *Scleroscope* yang mengukur tinggi pantulan suatu pemukul (*hammer*) dengan berat tertentu yang dijatuhkan dari suatu ketinggian terhadap permukaan benda uji.

##### c. Metode indentasi

Pada metode ini, pengujian kekerasan dilakukan dengan menekankan indentor berbentuk bola, piramid, atau kerucut pada permukaan logam selama beberapa detik dan mengukur jejak yang dihasilkan pada permukaan logam untuk menghitung nilai kekerasannya. Kekerasan yang dihasilkan tergantung jenis indentor dan jenis pengujian. Semakin lunak material, maka semakin besar dan dalam indentasinya.

### 1.4.5. Metode *Rockwell*

Metode ini *Hardness Rockwell test* adalah pengujian dengan cara menekan permukaan benda uji dengan suatu indenter. Penekanan indenter tersebut dilakukan dengan menekan beban pendahuluan (*beban minor*), kemudian ditambah dengan beban utama (*beban mayor*), kemudian beban mayor dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



Gambar 2.6 Uji Kekerasan *Rockwell*

Metode *rockwell* adalah salah satu metode pengujian kekerasan dan mikro, lebih tepatnya memiliki gaya uji sekitar 29,42 hingga 1471N. *Rockwell hardness* metode kedalaman diferensial yang artinya kedalaman sisa lekukan yang ditinggalkan oleh indenter untuk mengetahui nilai kekerasan suatu benda uji.

Pada metode ini tergantung pada *Rockwell* tertentu yang digunakan, indenter dapat berupa kerucut berlian (dengan sudut kerucut  $120^\circ$ ) atau bola logam keras (dengan berbagai diameter tergantung pada metodenya). Dalam uji kekerasan *Rockwell*, metode kedalaman diferensial, kedalaman sisa indentasi yang dibuat oleh indenter diukur. Semakin dalam indenter yang ditentukan menembus pada gaya uji yang ditentukan ke permukaan benda kerja (spesimen), semakin lembut bahan yang diuji. Adapun beberapa nilai kekerasan pada metode *rockwell*, diantaranya:

- a. Nilai kekerasan numerik
- b. Dua huruf HRC, singkatan dari *Hardness menurut Rockwell*
- c. Penunjukan skala *rockwell*, mendefinisikan kombinasi beban utama (gaya uji total) dan jenis indenter yang digunakan dalam metode *Rockwell* yang sesuai.

#### 1.4.6. Proses Variasi Waktu Uji Kekerasan

Penelitian baja AISI 4140 dengan menggunakan metode *rockwell* dengan variasi waktu dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. *Rockwell hardness test* atau uji kekerasan dengan variasi waktu 12 detik baja AISI 4140 dengan menggunakan *Rockwell*
- b. Pengujian kekerasan dengan variasi struktur mikro 60 detik, 69 detik dan 78 detik pada baja AISI 4140
- c. Meningkatnya waktu gesek dengan variasi struktur mikro akan semakin tinggi pada uji sambungan spesimen baja AISI 4140
- d. Dengan variasi waktu lasan berbentuk ukuran butir pada daerah *welld* metal lebih kecil dan lebih halus dari daerah *HAZ* karena pada proses pengelasan suhu yang terjadi melebihi garis yang menyebabkan perubahan fasa dan bentuk Kristal dari baja AISI 4140 semakin halus.

#### 1.5. Pembahasan Struktur Mikro

Struktur mikro adalah bertujuan untuk mengetahui struktur yang terkandung dalam spesimen. Struktur mikro yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda pada sifat mekanis bahan, sebelum dilakukan pengamatan benda uji dan proses struktur mikro yang terbentuk pada spesimen uji kekerasan baja AISI 4140, dengan benda dapat disesuaikan sesuai keinginan dan juga karakteristik material yang diinginkan. Karena struktur mikro melakukan pengamatan yang dimanati benda melalui mikroskop, dan Struktur Mikro salah satu baja AISI 4140 variasi waktu, keadaan struktur mikro baja AISI 4140 akan mengalami perubahan, semakin tinggi variasi waktu yang diberikan, maka butiran-butiran struktur baja terlihat semakin besar.

##### a. Analisis Mikroskopi

Analisis ini dilakukan secara kasat mata maupun mikroskop dengan nilai pembesaran 200x. Tujuan pada analisis ini yaitu untuk mengetahui segregasi yang ada pada unsur-unsur sulfur, fosfor serta adanya inklusi rongga penyusutan atau rongga udara.

**b. Analisis Mikroskopi**

Analisis ini dilakukan menggunakan mikroskop logam dengan nilai pembesaran yaitu 200x. Tujuan pada analisis ini yaitu untuk melihat fasa serta struktur yang ada pada material apakah sesuai pada spesifikasi mutu dan syarat operasional yang diinginkan. Selain itu, tujuan dari analisis ini juga dapat melihat penyebab terjadinya penyimpangan pada struktur logam ataupun jenis cacat yang ada seperti adanya inklusi, retakan hingga rongga udara.