

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Baja

Baja merupakan 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 presentase 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 presentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara mengklasifikasikan baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. 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).
2. 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).
3. 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*.

## 2.2 Pengertian baja AISI 4340

Baja AISI 4340 adalah baja karbon sedang, baja paduan rendah yang dikenal karena ketangguhan dan kekuatannya di bagian yang relatif besar. AISI 4340 juga merupakan salah satu jenis baja nikel kromium molibdenum. Baja paduan 4340 umumnya dipasok dengan pengerasan dan temper pada kisaran tarik 930 - 1080 Mpa. Baja 4340 yang sudah diperkeras dan dikeraskan dapat diperkeras permukaannya lebih lanjut dengan nyala atau pengerasan induksi dan oleh nitridasi. Baja 4340 memiliki ketahanan guncangan dan benturan yang baik serta ketahanan aus dan abrasi dalam kondisi mengeras. Sifat baja AISI 4340 menawarkan keuletan yang baik dalam kondisi anil, memungkinkannya untuk ditekuk atau dibentuk. Pengelasan fusi dan ketahanan juga dimungkinkan dengan baja paduan 4340 kami. Bahan ASTM 4340 sering digunakan di mana baja paduan lain tidak memiliki kekuatan untuk memberikan kekuatan yang dibutuhkan. Untuk bagian yang sangat stres itu adalah pilihan yang sangat baik. Baja paduan AISI 4340 juga dapat dikerjakan dengan semua metode biasa.

### 2.2.1 Sifat Mekanik Material

Sifat mekanik material adalah sifat yang menyatakan kemampuan suatu material atau komponen untuk menerima beban, gaya dan energy tanpa menimbulkan kerusakan pada material atau komponen tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting antara lain:

#### 1. Kekuatan (*strenght*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung

2. Kekakuan (*stiffness*)

Merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi.

3. Kekenyalan (*elasticity*)

Merupakan kemampuan material untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan atau dengan kata lain kemampuan material untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah mengalami perubahan bentuk (deformasi).

4. Plastisitas (*plasticity*)

Merupakan kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (*deformasi palstis*) tanpa mengalami kerusakan. Material yang mempunyai plastisitas tinggi dikatakan sebagai material yang ulet (*ductile*), sedangkan material yang mempunyai plastisitas rendah dikatakan sebagai material yang getas (*brittle*).

5. Keuletan (*ductility*)

Merupakan kemampuan sifat material yang diGambarkan seperti kabel dengan aplikasi kekuatan tarik. Material yang ulet (*ductile*) ini harus kuat dan lentur. Keuletan biasanya diukur dengan suatu periode tertentu, persentase keregangan. Sifat ini biasanya digunakan dalam bidang perteknikan, dan bahan yang memiliki sifat ini antara lain besi lunak, tembaga, aluminium, nikel, dll.

a. Ketangguhan (*toughness*)

Merupakan kemampuan material untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan.

b. Kegetasan (*brittleness*)

Merupakan kemampuan sifat bahan yang mempunyai sifat berlawanan dengan keuletan. Kegetasan ini merupakan suatu sifat pecah dari suatu material dengan sedikit pergeseran permanent. Material yang getas ataurapuh ini juga menjadi sasaran pada beban

regang, tanpa memberi keregangannya yang terlalu besar. Contoh bahan yang memiliki sifat kerapuhan ini yaitu besi cor.

c. Kelelahan (*fatigue*)

Merupakan kemampuan kecenderungan dari logam untuk menjadi patah bila menerima beban bolak-balik (*dynamic load*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekakuan elastisnya.

d. Melar (*creep*)

Merupakan kemampuan kecenderungan suatu logam untuk mengalami perubahan bentuk secara permanen (deformasi plastik) bila pembebanan yang besarnya relative tetap dilakukan dalam waktu yang lama pada suhu yang tinggi.

e. Kekerasan (*hardness*)

Merupakan kemampuan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi atau penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan (*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

## 2.3 Perlakuan Pada Material

### 2.3.1 *Heat Treatment*

*Heat Treatment* (perlakuan panas) adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada elektrik furnace (tungku) pada temperatur rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat 9 logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahanbahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya (Darmawan, 2012). Perlakuan panas adalah suatu cara yang

mengakibatkan perubahan struktur bahan melalui penyolderan atau penyerapan panas, dimana bentuk bahan tetap sama kecuali perubahan akibat regangan panas. Dengan demikian dapat disimpulkan perlakuan panas adalah proses kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan (Schonmetz, 1985).

Proses laku panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan dimulai dengan pemanasan sampai ketemperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu. Yang membedakan proses laku-panas dengan proses laku-panas yang lain adalah:

1. Tinggi temperatur pemanasan.
2. Lamanya waktu penahanan.
3. Laju pendinginan

Selama pemanasan, yang biasa dilakukan hingga mencapai daerah austenit, baja akan mengalami transformasi fase, akan terbentuk austenit. Dengan memberikan waktu penahanan yang cukup akan memberikan kesempatan kepada atom-atom untuk berdiffusi menghomogenkan austenit yang baru terbentuk itu. Pada pendinginan kembali, austenit akan bertransformasi lagi dan struktur mikro yang terbentuk tergantung pada laju pendinginan. Dengan laju pendinginan yang berbeda akan terbentuk struktur mikro yang berbeda, tentunya sifat mekaniknya pun akan berbeda.

### 2.3.2 *Cold Treatment*

Pengerjaan dingin pada logam merupakan proses deformasi pada yang dilakukan pada temperature di bawah temperature rekristalisasi. Pada temperature ini, deformasi akan menyebabkan benda kerja mengalami pengerasan regang dan perubahan struktur butiran. Benda kerja menjadi

lebih keras dan kuat dengan Struktur yang mengandung sejumlah regangan. Denda kerja kehilangan sebagian besar keuletannya sehingga menjadi getas. Peningkatan kekuatan menyebabkan logam menjadi sulit dideformasi lebih lanjut. Dalam keadaan yang ekstrim benda kerja menjadi tidak dapat dibentuk dan menjadi sangat rapuh atau getas. Peningkatan kekuatan pada pengerjaan dingin terkait dengan peningkatan kerapatan dislokasi pada logamnya. Semakin besar deformasi yang diberikan, maka semakin tinggi kerapatan dislokasinya dan semakin keras logam yang dihasilkan. Agar benda kerja hasil dari pengejaan dingin ini dapat di bentuk menjadi produk akhir, maka dilakukan proses perlakuan panas anil. Dengan melakukan proses anil, maka benda kerja hasil pengerjaan dingin dapat dibentuk sesuai dengan aplikasinya. Keuletan banda kerja yang hilang selama pengerjaan dingin dapat diperoleh kembali dengan proses anil. Namun demikian, peningkatan keuletan ini diikuti dengan menurunnya kekuatan dan kekerasan.

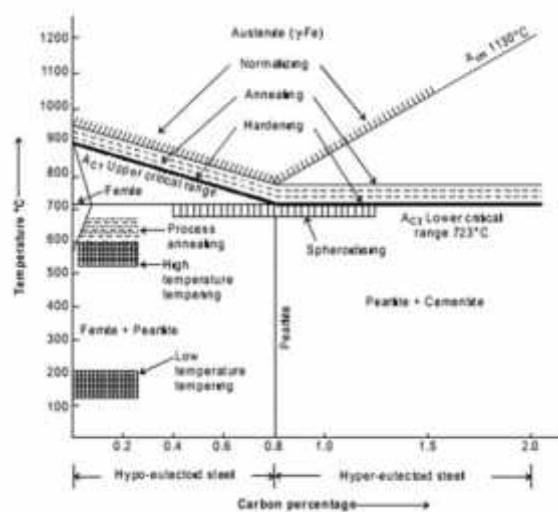
1. Pengaruh Pengerjaan Dingin Terhadap Sifat Mekanik Bahan Logam  
Perubahan sifat mekanik akibat pengerjaan dingin dapat dilihat pada Gambar Kekuatan benda kerja meningkat dengan meningkatnya tingkat atau persen pengerjaan dingin. Namun demikian, peningkatan ini diiringi dengan penurunan sifat keuletan benda kerjanya. Hal ini menunjukkan bahwa benda kerja akan menjadi lebih getas setelah proses pengerjaan dingin.



Gambar 2.1  
Pengaruh Deformasi Terhadap Sifat Mekanik Bahan Logam

### 2.3.3 Laku Panas Kondisi Setimbang

Laku panas adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan pada logam/paduan untuk memperoleh sifat tertentu. Salah satu dari laku panas tersebut dilakukan dengan kondisi setimbang atau paling tidak mendekati kondisi setimbang.



Gambar 2.2  
Daerah Temperatur Laku Panas

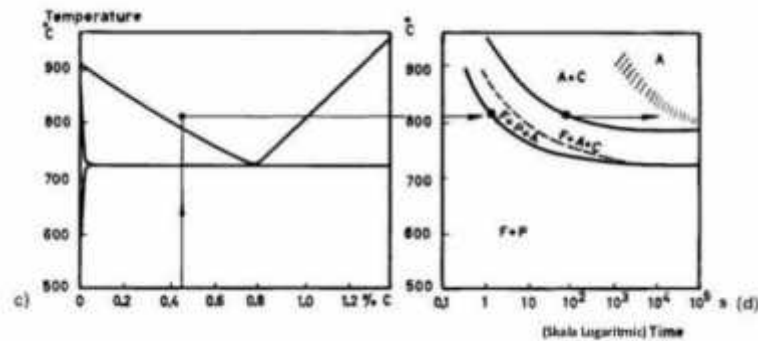
### 2.3.4 Laku Panas Kondisi Tidak Setimbang

Proses Laku Panas yang dilakukan pada keadaan yang tidak setimbang. Hal ini dilakukan dengan cara memberikan pendinginan cepat pada logam yang sudah dipanaskan sehingga tidak ada kesempatan bagi material yang sudah dipanaskan untuk mencapai kondisi yang setimbang karena waktu yang dibutuhkan untuk transformasi / dekomposisi tidak cukup.

#### 1. Temperatur austenitising:

- a. Baja hypoeutektoid  $25^{\circ}$ - $50^{\circ}$ C di atas temperatur kritis atas  
A3

- b. Baja hypereutektoid  $25^{\circ}$ - $50^{\circ}$ C di atas temperatur kritis bawah A1



Gambar 2.3 Transformasi fase pada saat pemanasan baja

Dapat dilihat bahwa laju pemanasan berpengaruh terhadap temperatur transformasi, makin tinggi laju pemanasan makin tinggi temperature transformasinya. Penahanan selama beberapa saat supaya struktur kristal dan komposisinya homogen.

## 2. Waktu penahanan (*holding time*)

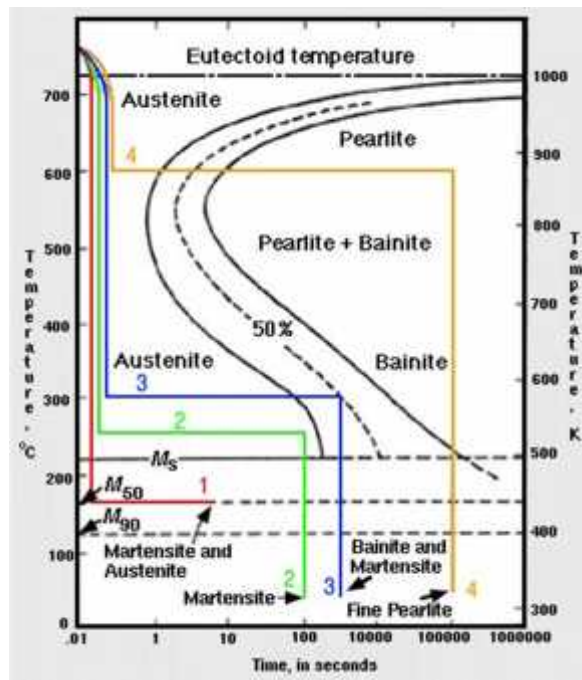
Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses hardening dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya.

### 1. Laju Pendinginan

Laju pendinginan tergantung beberapa faktor, yaitu:

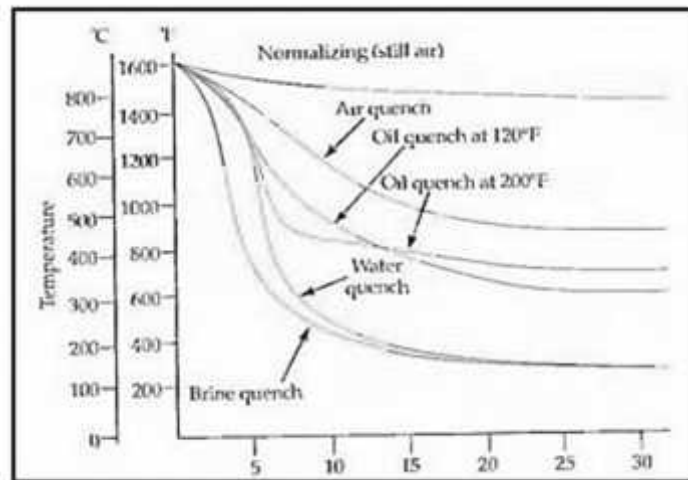
- a. Jenis media pendinginnya
- b. Temperatur media pendingin
- c. Kuatnya sirkulasi





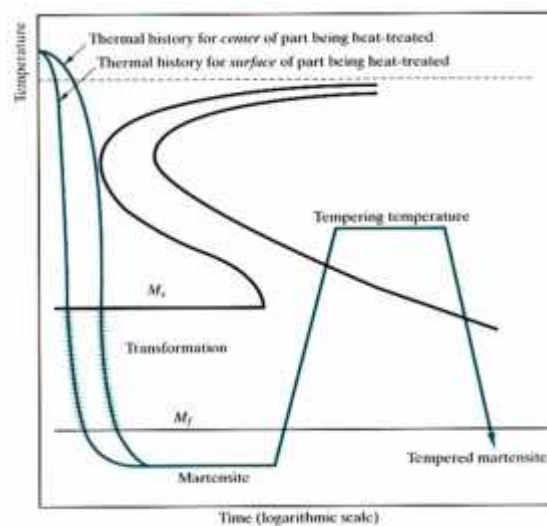
Gambar 2.4 Diagram CTT

Quenching adalah proses pemanasan logam sampai suhu austenitisasi seperti Gambar 2.6 ditahan beberapa waktu (*Holding Time*) agar austenite dapat lebih homogen, kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada struktur perlit dan ferit.. Quenching ini bertujuan menambah kekerasan baja yang biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan yang lebih baik. Tiap jenis media quenching akan memberikan laju pendingin yang berbeda. Kekerasan yang dihasilkan akan dipengaruhi oleh laju pendinginan tersebut. Laju pendinginan yang cepat akan didapatkan sifat logam yang keras dan getas, sedangkan untuk laju pendinginan yang lambat akan didapatkan sifat yang lunak dan ulet (Arfis A, 2012).



Gambar 2.5 Laju Pendinginan Media Pendingin

Tempering Menurut Suroto dan Sudibyo (1983), menyebutkan tempering adalah proses pemanasan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses quenching pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu dan didinginkan secara perlahan-lahan. Tujuan proses ini adalah untuk mengurangi internal stress, mengubah susunan, mengurangi kekerasan dan menaikkan keuletan logam sehingga didapatkan perpaduan yang tepat antara kekerasan dan keuletan logam uji.



Gambar 2.6 Skematik Laju Tempering

## 2.4 Uji Kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Dieter, 1987). Untuk para insinyur perancang, kekerasan sering diartikan sebagai ukuran kemudahan dan kuantitas khusus yang menunjukkan sesuatu mengenai kekuatan dan perlakuan panas dari suatu logam.

Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: (1) Kekerasan goresan (scratch hardness); (2) Kekerasan lekukan (indentation hardness); (3) Kekerasan pantulan (rebound). Untuk logam, hanya kekerasan lekukan yang banyak menarik perhatian dalam kaitannya dengan bidang rekayasa. Terdapat berbagai macam uji kekerasan lekukan, antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, Knoop, dan sebagainya.

### 2.4.1 Uji Kekerasan Brinell

Metode uji kekerasan yang diajukan oleh J.A. Brinell pada tahun 1900 ini merupakan uji kekerasan lekukan yang pertama kali banyak digunakan serta disusun pembakuannya (Dieter, 1987). Uji kekerasan ini berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam memakai bola baja yang dikeraskan yang ditekan dengan beban tertentu. Beban diterapkan selama waktu tertentu, biasanya 30 detik, dan diameter lekukan diukur dengan mikroskop, setelah beban tersebut dihilangkan. Permukaan yang akan dibuat lekukan harus relatif halus, rata dan bersih dari debu atau kerak. Angka kekerasan brinell (BHN) dinyatakan sebagai beban  $P$  dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diameter jejak. BHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\frac{BHN}{P} = \frac{2P}{(\frac{\pi D}{2})(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots \dots \dots (2.1)$$

keterangan:

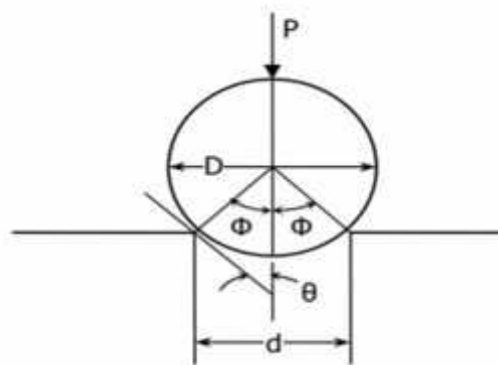
P = beban yang digunakan (kg)

D = diameter bola baja (mm)

d = diameter lekukan (mm)

Dari Gambar 1, tampak bahwa  $d = D \sin \theta$ . Dengan memasukkan harga ini ke dalam persamaan (1) akan dihasilkan bentuk persamaan kekerasan brinell yang lain, yaitu:

$$\frac{BHN}{P} = \frac{2}{D^2(1 - \cos \theta)} \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.7 Parameter dasar pada pengujian Brinell (Dieter, 1987)

Jejak penekanan yang relatif besar pada uji kekerasan brinell memberikan keuntungan dalam membagikan secara pukul rata ketidak seragaman lokal dapat dilihat pada Gambar 2.9. Selain itu, uji brinell tidak begitu dipengaruhi oleh goresan dan kekasaran permukaan dibandingkan uji kekerasan yang lain. Di sisi lain, jejak penekanan yang besar ukurannya, dapat menghalangi pemakaian uji ini untuk benda uji yang kecil atau tipis,

atau pada bagian yang kritis terhadap tegangan sehingga lekukan yang terjadi dapat menyebabkan kegagalan (failure).

2.4.2 Uji Kekerasan Brinell Palu Poldy

Metode pengujian kekerasan ini dibuat untuk pemakaian praktis dilapangan atau industri. Dengan metode pengujian ini benda kerja yang hendak diuji kekerasannya tidak perlu dipotong atau dibawa ke laboratorium, karena peralatan pengujian ini dapat dibawa keluar dari laboratorium. Dengan demikian untuk benda kerja berukuran besar yang tidak mungkin dibawa ke dalam laboratorium dapat diuji kekerasannya dengan metode ini. Pada pengujian kekerasan brinell palu poldy digunakan benda uji standar yang telah diketahui harga kekerasannya sebagai referensi. Maka berdasarkan persamaan (1) kekerasan benda uji standar adalah:

$$HBkg/mm = \frac{P}{(\pi D)(D - 2\sqrt{D^2 - d_1^2})} \quad 2 \dots\dots\dots(2.3)$$

dan kekerasan benda kerja yang hendak diukur kekerasannya adalah:

$$HBkg/mm = \frac{P}{(\pi D)(D - 2\sqrt{D^2 - d_2^2})} \quad 2 \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan:

D = diameter indenter = 10 mm d1 = diameter

indentasi pada benda uji standar (mm) d2 =

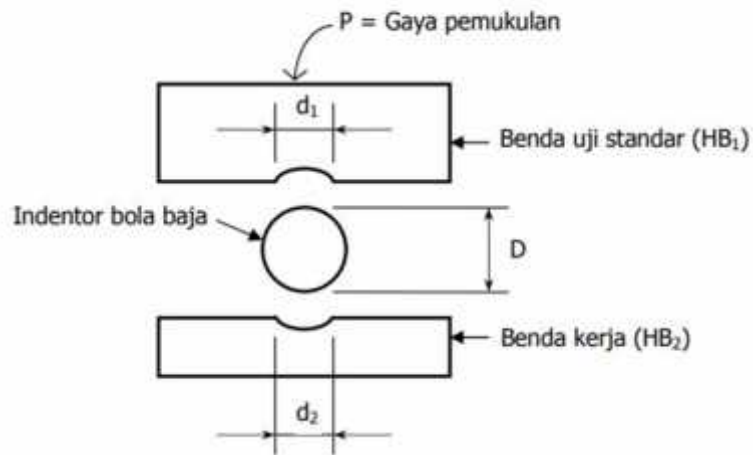
diameter indentasi pada benda kerja (mm)

HB1 = kekerasan benda uji standar yang sudah diketahui (kg/mm<sup>2</sup> )

HB2 = kekerasan benda kerja yang hendak diukur (kg/mm<sup>2</sup> )

P = Gaya pemukulan (kg)

Dengan substitusi, dari persamaan (3) dan (4) dapat dihitung harga kekerasan benda kerja, seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.8 Skema pengujian kekerasan Brinell Palu Boldy

### 2.4.3 Uji Kekerasan Vickers

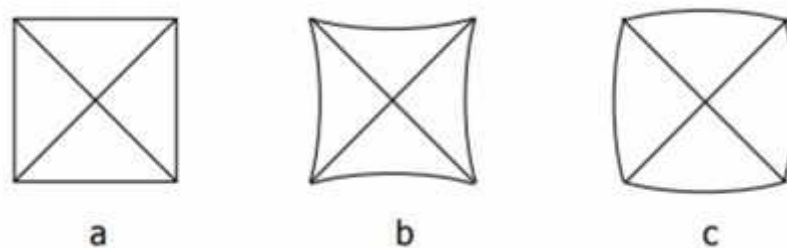
Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujursangkar. Besar sudut antar permukaanpermukaan piramida yang saling berhadapan adalah 1360 . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1987). Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d_2^2} = \frac{(1,854)P}{d_2^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

keterangan:

$P$  = beban yang digunakan (kg)  $d$   
 = panjang diagonal rata-rata (mm)  
 = sudut antara permukaan intan yang berhadapan =  $136^\circ$

Karena jejak yang dibuat dengan penekan piramida serupa secara geometris dan tidak terdapat persoalan mengenai ukurannya, maka VHN tidak tergantung kepada beban. Pada umumnya hal ini dipenuhi, kecuali pada beban yang sangat ringan. Beban yang biasanya digunakan pada uji vickers berkisar antara 1 hingga 120 kg. tergantung pada kekerasan logam yang akan diuji. Hal-hal yang menghalangi keuntungan pemakaian metode vickers adalah: (1) Uji ini tidak dapat digunakan untuk pengujian rutin karena pengujian ini sangat lamban, (2) Memerlukan persiapan permukaan benda uji yang hati-hati, dan (3) Terdapat pengaruh kesalahan manusia yang besar pada penentuan panjang diagonal.

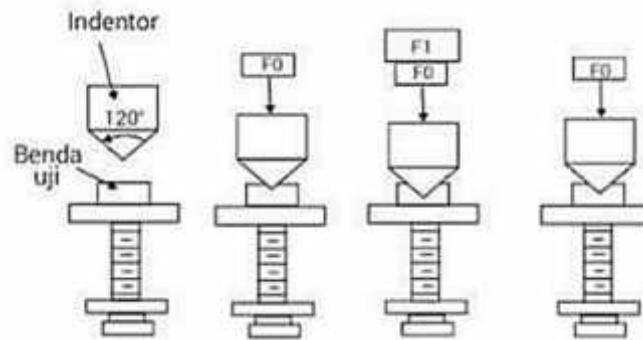


Gambar 2.9 Tipe-tipe lekukan piramid intan: (a) lekukan yang sempurna, (b) lekukan bantal jarum, (c) lekukan berbetuk tong (Dieter, 1987)

#### 2.4.4 Uji kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan Rockwell yang sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan relatif tidak merusak. Pengujian kekerasan Rockwell dilaksanakan dengan cara menekan permukaan spesimen (benda uji) dengan suatu indentor seperti gambar 2.12. Penekanan indentor ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban

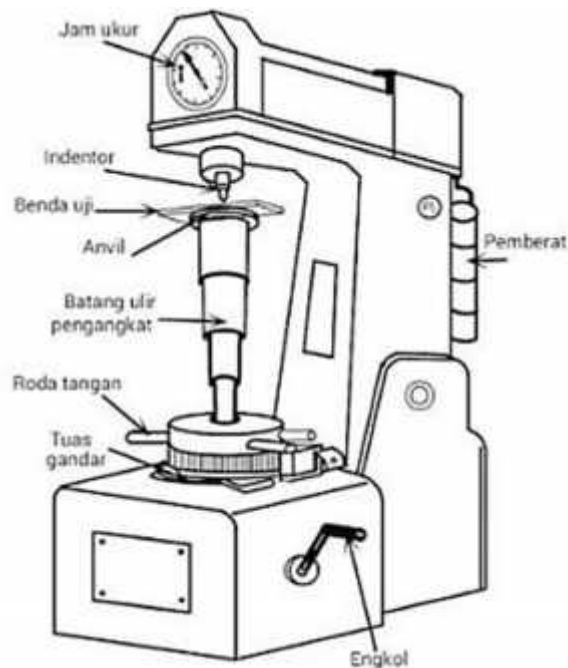
pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah dengan beban utama (beban mayor), lalu beban utama dilepaskan sedangkan beban minor masih dipertahankan.



Gambar 2.10 Proses pengujian kekerasan Rockwell

Besarnya beban minor ini adalah 10 kgf sedangkan besarnya beban utama biasanya adalah 50 kgf, 90 kgf, atau 150 kgf. Penerapan beban minor pada hakekatnya dimaksudkan untuk membantu mendudukan indenter di dalam benda uji (spesimen) dan menghilangkan pengaruh dari penyimpangan permukaan sehingga terciptakan permukaan spesimen yang siap untuk menerima beban utama. Dengan demikian permukaan benda uji tidak perlu dibuat dengan sehalus dan selicin mungkin.





Gambar 2.11 Mesin Rockwell manual

## 2.5 Nitriding

### 1. Pembentukan fase nitrida

Dalam proses nitridasi terdapat dua buah lapisan yang terbentuk pada permukaan yaitu zona-senyawa (compound-zone) dan zona-difusi (diffusion-zone). Berikut penjelasan kedua zona tersebut :

- 1) Zona-senyawa (compound-zone). Merupakan lapisan yang lebih keras dibandingkan dengan zona-difusi dibawahnya. Pembentukan senyawa keras pada zona ini ditentukan oleh jumlah nitrogen yang dideposisikan dan dapat dilihat dari diagram fase. Dari diagram fase dan data percobaan, untuk mendapatkan fase keras  $Fe_4N$  jumlah nitrogen yang harus dideposisikan masing-masing 20% atom atau 6% berat; untuk  $Fe_2N$  diperlukan 33,5% atom atau 11,2% berat.
- 2) Zona-difusi (diffusion-zone). Merupakan lapisan keras dibawah zonasenyawa dan lapisan ini disebut zonadifusi. Zona difusi sedikit lebih lunak dan terdiri dari nitrogen terlarutkan. Hal ini terjadi karena ukuran nitrogen yang relatif kecil (0,71 Å), sehingga nitrogen-

elementer bisa dengan cukup mudah menemukan ruang pada interstitial-space pada kisi logam/paduan.

Perhitungan dalam proses plasma nitriding

Parameter difusi yang utama meliputi temperatur dan waktu yang akan mempengaruhi prosentase kedalaman

maupun distribusi konsentrasi atom-atom gas reaktif didalam material target (Sujitno, 2003). Kedalaman difusi atau tebal lapisan difusi atom-atom gas reaktif dalam material target diekspresikan dengan persamaan :

D adalah koefisien difusi sebagai fungsi temperatur yang nilainya dapat dihitung dengan persamaan (1).

(2)

dengan,

X = kedalaman penyesipan atom-atom dopan (mm)

D = koefisien difusi ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )

$D_0$  = koefisien difusi mula-mula ( $\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )

Q = energi aktivasi atom yang berdifusi  
( $\text{kJ/mol}^{-1}$ )

R = tetapan gas universal =  $8.314 \text{ (j/mol.K)}$  T =  
temperatur (K) t = lamanya proses (detik)

## 2.6 Nitrogen

Nitrogen adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang N dan nomor atom 7. Unsur yang juga disebut sebagai zat lemas ini pertama kali ditemukan dan diisolasi oleh dokter berkebangsaan Skotlandia Daniel Rutherford pada tahun 1772. Meskipun Carl Wilhelm Scheele dan Henry Cavendish secara terpisah telah melakukan hal yang sama di kisaran waktu yang sama pula, Rutherford secara umum sesuai untuk menerima penghargaan tersebut karena karyanya dipublikasikan pertama kali. Nama nitrogen diusulkan oleh Jean-AntoineClaude Chaptal pada tahun 1790, ketika ia menemukan bahwa nitrogen hadir dalam asam nitrat dan nitrat; nama ini diturunkan dari bahasa Yunani:  $\iota$  "nitre" dan  $\alpha$  "membentuk".

Antoine Lavoisier malah mengusulkan nama azote, dari bahasa Yunani "tak hidup", karena unsur itu termasuk gas asfiksia; nama usulan Lavoisier malah digunakan di banyak bahasa, seperti Prancis, Rusia, dan Turki, dan muncul dalam dua nama bahasa Inggris untuk beberapa senyawa nitrogen seperti hidrazin, azida dan azo.

Nitrogen adalah anggota paling ringan dari golongan 15 tabel periodik, sering kali disebut pniktogen. Nama tersebut berasal dari bahasa

Yunani "tersedak", merujuk langsung kepada sifat asfiksiasi nitrogen. Nitrogen adalah unsur umum dalam alam semesta, diperkirakan berada pada urutan ke-7 total kelimpahan dalam galaksi Bima Sakti dan Tata Surya. Pada suhu dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan membentuk dinitrogen, suatu gas diatomik yang tak berwarna dan tak berbau, dengan rumus kimia  $N_2$ . Dinitrogen membentuk sekitar 78% atmosfer bumi, membuatnya sebagai unsur mandiri yang paling melimpah. Nitrogen terdapat dalam semua organisme, terutama dalam asam amino (dan juga protein tentunya), dalam asam nukleat (DNA dan RNA) serta dalam molekul pemindah energi adenosin trifosfat (ATP). Tubuh manusia mengandung sekitar 3% nitrogen (berdasarkan massa), dan merupakan unsur paling melimpah ke-4 di dalam tubuh setelah oksigen, karbon, dan hidrogen. Siklus nitrogen menjelaskan pergerakan unsur dari udara, memasuki biosfer dan senyawa organik, kemudian kembali ke atmosfer.

Banyak senyawa yang penting untuk industri, seperti amonia, asam nitrat, nitrat organik (propelan dan bahan peledak), serta sianida, mengandung nitrogen. Ikatan rangkap tiga yang sangat kuat dalam nitrogen elementer ( $N-N$ ), ikatan paling kuat kedua dalam molekul diatomik setelah karbon monoksida ( $CO$ ),<sup>[2]</sup> mendominasi kimia nitrogen. Hal ini menyebabkan kesulitan untuk baik organisme maupun industri dalam mengubah  $N_2$  menjadi senyawa yang bermanfaat, tetapi di saat yang sama, membakar, meledakkan, atau menguraikan senyawa nitrogen untuk membentuk gas nitrogen akan melepaskan energi dalam jumlah besar yang

sering kali bermanfaat. Amonia dan nitrat sintetis adalah pupuk industri utama, dan pupuk nitrat adalah polutan utama dalam eutrofikasi sistem air.

Terlepas dari penggunaannya sebagai pupuk dan penyimpan energi, nitrogen adalah konstituen beragam senyawa organik seperti Kevlar yang digunakan dalam kain berkekuatan tinggi dan sianokrilat yang digunakan dalam superglue. Nitrogen adalah konstituen dari semua kelas obat farmakologi utama, termasuk antibiotika. Banyak obat atau prodrug meniru molekul sinyal alami yang mengandung nitrogen: contohnya, nitrat organik nitrogliserin dan nitroprusida mengendalikan tekanan darah dengan memetabolisme menjadi dinitrogen monoksida. Banyak obat penting yang mengandung nitrogen, seperti kafeina dan morfin alami atau amfetamin sintetis, bertindak selaku reseptor neurotransmitter hewan.

