

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Agus Pramono (2011) melakukan penelitian tentang Karakteristik mekanik proses *hardening* baja karbon AISI 1045 media *quenching* untuk aplikasi *sprocket* rantai. Proses perlakuan panas dilakukan pada temperature 840°C untuk waktu tahan sesuai dengan ketebalan sampel dimana ketebalannya sebesar 10, 15, 20, dan 25 mm dengan preparasi sampel $\varnothing = 35$ mm. untuk variasi *quenching* dengan volume wadah yang berbeda yaitu 10, 15, 20, 25 liter dengan kecepatan agitasi 600 rpm. Hasil pengujian kekerasan didapatkan bahwa volume air 10 liter diperoleh nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan volume air 15 liter, 20 liter dan 25 liter.

Fikry Fauzi Rachman, Umen Rumendi (2014) melakukan penelitian tentang analisa variasi temperatur media *quenching* pada proses *hardening* terhadap kekerasan dan tingkat distorsi baja AISI 1045. Proses perlakuan panas dilakukan pada temperature 850°C diikuti dengan *holding time* 15 menit. Proses *quenching* benda kerja dilakukan dengan media pendingin perbandingan air dan es berkisar 2-5°C. Hasil pengujian kekerasan *rockwell* diperoleh bahwa temperatur media *quenching* tidak berpengaruh terhadap pencapaian kekerasan dan struktur mikro tapi berpengaruh signifikan terhadap distorsi yang terjadi, dimana distorsi maksimal terjadi temperatur media *quenching* yang tinggi (60°C). Temperatur media *quenching* yang menghasilkan tingkat distorsi yang rendah dan tingkat kekerasan yang tinggi dengan media *quenching* temperatur ruangan (26°C).

Eko Nugroho, Sulis Dri Handono, Asroni, Wahidin (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur dan media pendingin pada proses *heat treatment* baja AISI 1045 terhadap kekerasan dan laju korosi. Proses perlakuan panas dilakukan pada temperatur 750°C, 850°C, 950°C dengan holding time 30 menit. Proses pendinginan menggunakan media pendingin berupa air dan oli. Hasil pengujian kekerasan menghasilkan, bahwa temperatur dan media pendingin saat proses heat treatment sangat berpengaruh terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan pada baja AISI 1045. Dimana untuk media pendingin air kekerasan maksimal yang dihasilkan yaitu pada temperature 850°C dengan nilai 58,2 HRC dan media pendingin oli pada temperature 950°C dengan nilai kekerasan 33,4 HRC. Dimana semuanya naik signifikan dibandingkan raw material sebesar 11,4 HRC.

2.2 Baja Karbon

Baja karbon adalah salah satu baja yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi tersebut memiliki unsur dasar dan karbon sebagai unsur utamanya. Dalam proses pembuatan baja ditemukan penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2 % hingga 2,14 %, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur pengeras dalam struktur baja. Maka dari itu baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan peralatan perkakas, komponen-komponen mesin, struktur bangunan dan lain sebagainya.

Menurut definisi dari ASM handbook vol.1:148(1993), baja karbon dapat dibedakan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja sebagai berikut :

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon dalam struktur baja kurang dari 0,3%C. Baja karbon ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil dan lain-lain.

2. Baja karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang merupakan baja dengan kandungan persentase unsur karbon 0,30%–0,59% C. Baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon dalam baja memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan perlakuan panas (heat treatment) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, *gear*, pegas dan komponen mesin lainnya.

3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja yang memiliki persentase karbon sebesar 0,6%-1,4% C. Baja karbon tinggi memiliki sifat tahan panas, kekerasan serta kekuatan tarik yang sangat tinggi akan tetapi memiliki keuletan yang lebih rendah sehingga baja karbon ini menjadi lebih getas. Baja karbon tinggi sulit diberi perlakuan panas untuk meningkatkan sifat kekerasannya. Hal ini dikarenakan baja karbon tinggi memiliki martensit yang cukup tinggi sehingga tidak memberikan hasil yang optimal pada saat dilakukan proses pengerasan permukaan. Dalam hal ini baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, kikir, pisau cukur dan sebagainya.

2.3 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir atau beban kombinasi.

Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain :

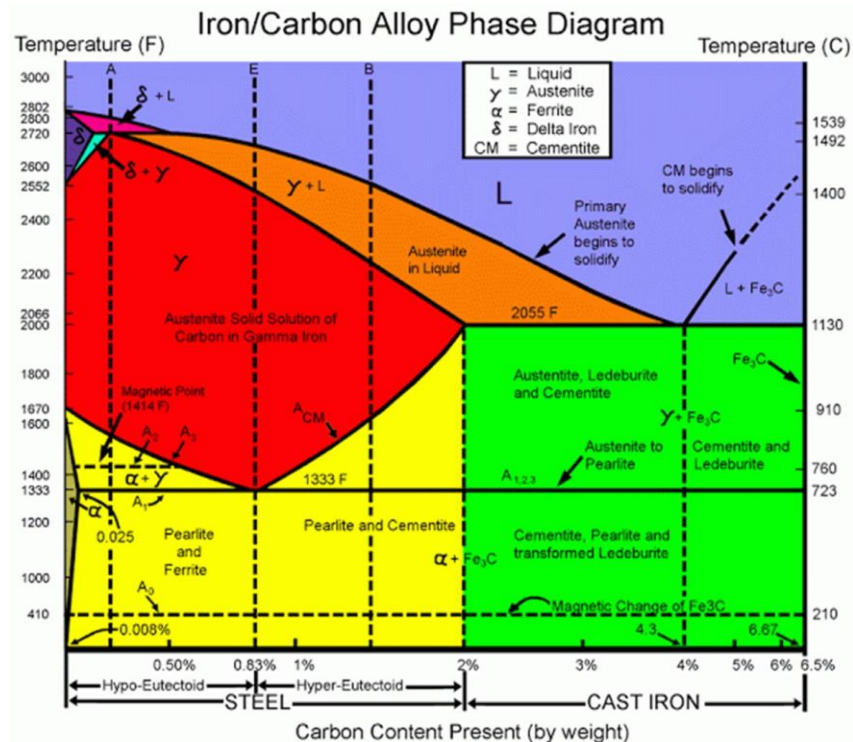
1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (*abrasi*), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
3. Kekenyalan (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulaiterjadi, dengan ata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk (deformasi) atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses deengan berbagai proses pembentukan seperti, *forging*, *rolling*,

extruding dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan (*ductility*).

6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan keenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak factor yang mempengaruhinya.
8. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.
- 9.

2.4 Diagram Fasa Fe-C

Diagram kesetimbangan besi karbon seperti pada gambar adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperature dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa adalah memudahkan memilih temperature pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses annealing, normalizing maupun hardening.



Gambar 2.1 Diagram Fasa Baja Karbon

2.5 Heat Treatment

Perlakuan panas atau *Heat Treatment* mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Perlakuan panas adalah 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 temperature sangat menentukan.

1. Pengerasan (*Hardening*)

Suherman (1988:33) menyatakan bahwa pengerasan adalah salah satu laku panas dengan kondisi non-equilibrium, laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi non-equilibrium, pendingin yang sangat cepat, sehingga struktur mikro yang akan diperoleh juga struktur yang tidak equilibrium.

Kekerasan baja tergantung pada komposisi kimianya, terutama kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbonnya, maka semakin keras. Tetapi kekerasan baja masih dapat diubah lagi dengan merubah struktur mikronya. Kekerasan yang sangat tinggi dapat diperoleh dengan melakukan proses laku panas untuk memperoleh struktur martensit.

Hardening dilakukan dengan cara memanaskan baja hingga mencapai temperature austenite, dipertahankan beberapa saat pada temperature tersebut, lalu di dinginkan dengan cepat, sehingga akan diperoleh martensit yang keras. Biasanya sesudah proses hardening selesai, segera diikuti proses tempering.

Pada kondisi pemanasan belum tentu semua karbon dalam baja akan larut di dalam austenite, tergantung juga pada tingginya temperatur pemanasan. Oleh karena itu, kekerasan yang terjadi setelah proses hardening banyak tergantung pada beberapa hal yaitu tingginya temperature austenite, homogeneity dari austenite, laju pendinginan, kondisi permukaan benda kerja dan ukuran/berat benda.

2. Quenching

Pengertian pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja. Perlakuan panas menurut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendingin kritis.

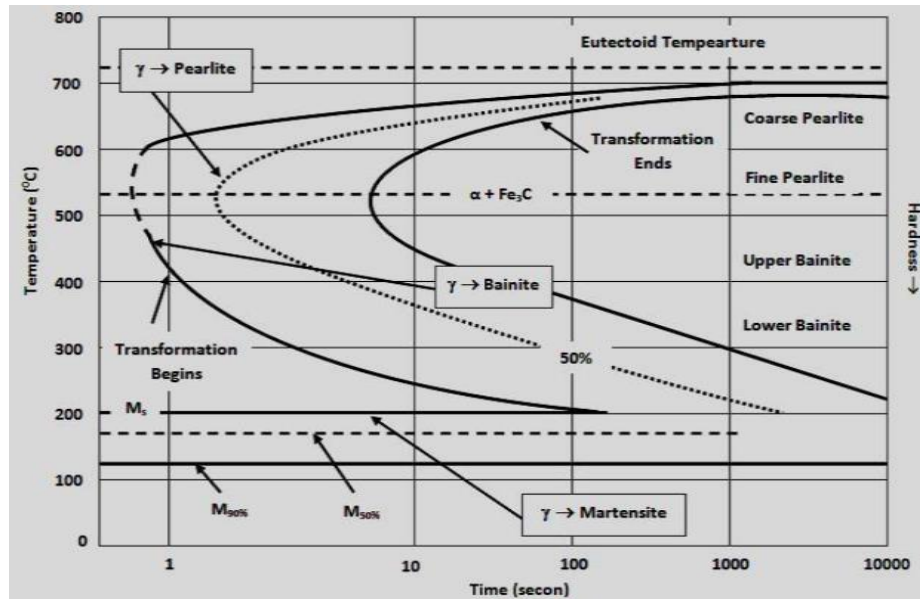
Menurut Edih Supardi (1999) dasar pengujian pengerasan pada bahan baja, yaitu suatu proses pemanasan dan pendinginan untuk

mendapatkan struktur keras yang disebut martensit. Martensit yaitu fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau mempunyai bentuk Kristal Body Centered Tetragonal (BCT).

Makin tinggi derajat kelewatan jenuh karbon, maka makin besar perbandingan satuan sumbu sel satuannya, martensit makin keras tetapi getas. Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat. Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (preheating) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperature pengerasan (austenitizing) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (holding time) kemudian di dinginkan dengan cepat.

2.6 Diagram Transformasi Untuk Pendinginan

Diagram IT (*Isothermal Transformasi*) atau TTT (*Time Temperature Transformation*) dilakukan dengan memanaskan baja karbon sehingga mencapai temperature austenisasi kemudian mendinginkan dengan laju pendinginan kontinyu pada daerah fasa austenite kemudian menahanya untuk waktu tertentu dan mendinginkan lagi dengan laju pendinginan kontinyu pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Diagram TTT

Pada gambar 2 menunjukkan diagram TTT untuk jenis baja hypoeutectoid dimana garis ordinat menunjukkan temperatur sedangkan garis absis menunjukkan waktu. Melalui diagram TTT ini, dapat diketahui kapan transformasi austenite dimulai serta waktu yang dibutuhkan untuk membentuk austenite sempurna. Untuk mencapai martensit, kecepatan turunnya suhu dapat relative dipercepat dengan menggunakan media pendingin, misalnya air, air garam, dan lain-lain. Seiring dengan turunnya suhu, pembentukan mendekati sertus persen martensit. Terbentuknya struktur mikro bainit dengan kecepatan suhu yang relative lambat yaitu dengan menggunakan media pendingin udara. Pendingin udara diberikan secara alami, sehingga lamanya untuk pendinginan membutuhkan waktu yang lama.

2.7 Uji Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan suatu material terhadap penetrasi material lain. Pada umumnya kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi, dan untuk logam dengan sifat tersebut merupakan ketahanannya

terhadap deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Ada 2 (dua) tipe pengidentasian, yaitu statik dan dinamis. Test indentasi statik yang umumnya dipakai merupakan pengidentasian yang dilakukan pada permukaan material dengan beban tertentu. Sedangkan test indentasi dinamik meliputi beban bebas yang dijatuhkan yang memberikan impak terhadap material.

Uji kekerasan adalah pengujian yang paling efektif untuk menguji kekerasan dari suatu material, karena dengan pengujian ini menjadi cara yang mudah untuk mengetahui gambaran sifat mekanis suatu material. Meskipun pengukuran hanya dilakukan pada suatu titik, atau daerah tertentu saja, nilai kekerasan yang didapatkan cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu material. Dengan melakukan uji keras, material dapat dengan mudah di golongkan sebagai material ulet atau getas.

Pengujian kekerasan lebih sering dilakukan dari pada pengujian mekanis yang lainnya. Karena ada beberapa alasan yang mendasarinya anatar lain :

1. Pengujiannya sederhana dan tidak membutuhkan biaya yang mahal. Biasanya tidak memerlukan spesimen yang khusus untuk disiapkan, dan juga peralatan pengujian relatif murah
2. Uji kekerasan siaftnya tidak merusak. Pada pengujian spesimen tidak sampai retak ataupun cacat berlebihan. Hanya terjadi deformasi berupa lekukan kecil
3. Sifat mekanik lainnya lainnya seringkali dapat diperkirakan dari data kekerasan, seperti kekuatan tarik (**Callister, 2007 : 155**)

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pengujian kekerasan. Berikut ini metode-metode pengujian kekerasan logam :

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/t^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres	 	 	60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

Gambar 2.3 Macam Indentasi dan Persamaanya

(sumber : faralandifiles.com)

a. Metode Rockwell

Pengujian kekerasan Rockwell adalah metode pengujian yang paling sering digunakan untuk mengukur kekerasan karena metode ini cukup sederhana dan tidak memerlukan keahlian khusus untuk melakukan pengujiannya. Pengujian kekerasan rockwell didasarkan pada kedalaman masuknya penekan benda uji yang berupa bola keras dan juga berlian berbentuk kerucut. Nilai kekerasan dapat langsung dibaca setelah beban utama dihilangkan.

Untuk menghitung nilai kekerasan Rokwell dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$HR = E - e \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

HR : nilai kekerasan rokwell

E : konstanta tergantung bentuk ivendor

e : perbedaan antara dalamnya penembusan

Untuk itulah digunakan table Skala Kekerasan Rockwell yang memperlihatkan skala yang digunakan untuk tipe-tipe material tertentu.

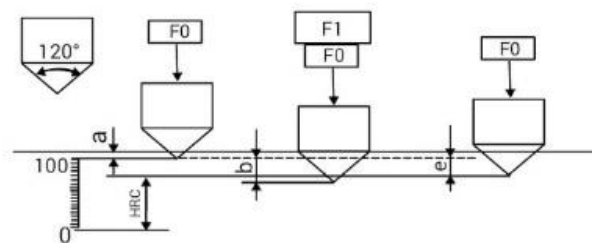
Tabel 2.1 Skala Kekerasan *Rockwell* (Callister,2007)

Scale Symbol	Indenter	Major Load
A	Diamond	60
B	1/16" in ball	100
C	Diamond	150
D	Diamond	100
E	1/8" in ball	100
F	1/16" in ball	60
G	1/16" in ball	150
H	1/8" in ball	60
K	1/8" in ball	150

Pengujian kekerasan Rockwell memiliki dua metode yang biasa digunakan yaitu :

1. Metode Hardness Rockwell Circle (HRC)

Pada percobaan dengan metode ini menggunakan indenter kerucut untuk penekanan ke material (**Gambar 2.3**) dengan besar nilai kekerasan HRC. Skala HRC memiliki nilai kekerasan 0 sampai 100.

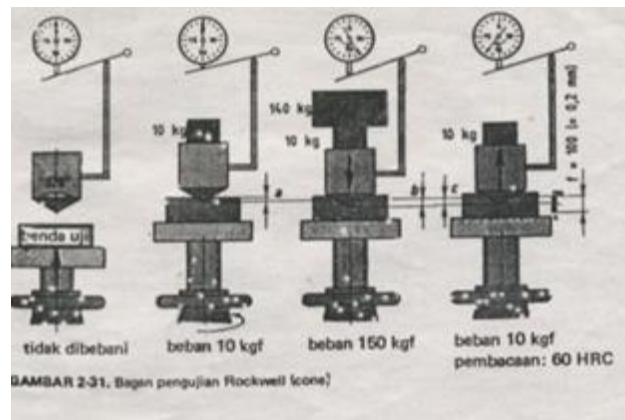


Pengujian kekerasan Rockwell dengan indenter kerucut intan

Gambar 2.4 Mekanisme pengujian metode Hardness
Rockwell Circle

(Sumber : pusatlingkaran.blogspot.com)

Namun pengujian untuk material tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan mesin khusus yang memiliki kapasitas beban 1-



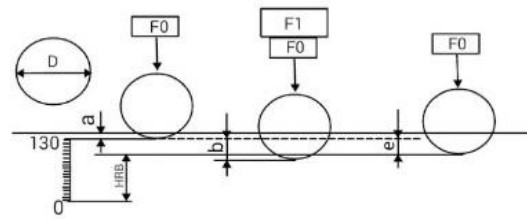
30 kg. Metode ini hanya cocok untuk bahan-bahan dengan susunan yang homogen. **Gambar 2.4** menunjukkan bagan pengujian Rockwell Cone atau HRC.

Gambar 2.5 Bagan pengujian HRC

(sumber : docplayer.info)

2. Metode Hardness Rockwell Ball (HRB)

Metode ini pada dasarnya sama dengan metode kerucut. Hanya saja metode ini menggunakan penetrator sebuah peluru atau berbentuk bola keras.

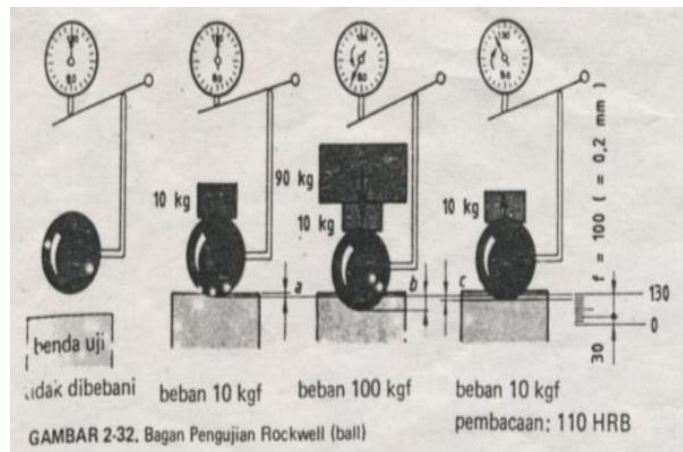


Penguian kekerasan Rockwell dengan indenter bola

Gambar 2.6 Mekanisme pengujian metode Hardness
Rockwell Ball

(Sumber : pusatlingkaran.blogspot.com)

Berikut ini adalah bagan pengujian Rockwell Ball atau HRB yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.7 Bagan pengujian HRB

(sumber : docplayer.info)

3. Metode Rockwell Superficial

Perbedaannya dengan Rockwell biasa adalah dalam beban minor dan beban mayor. Pada Rockwell Superficial, beban minor adalah 3 kg, sedangkan beban mayor adalah 15, 30 dan 45 kg.

Tabel 2.2 Skala Kekerasan Superficial *Rockwell* (Callister,2007)

Scale Symbol	Identer	Mayor Load (kg)
15 N	Diamond	15
30 N	Diamond	30
45 N	Diamond	45
15 T	1/16 in ball	15
30 T	1/16 1n ball	30
40 T	1/16 1n ball	45
15 W	1/8 in ball	15
30 W	1/8 in ball	30
45 W	1/8 in ball	45

b. Metode Brinell

Penetrator yang digunakan berupa bola baja yang dikeraskan dengan diameter 0,625 s/d 10 mm dan standard beban 0,97 s/d 3000 Kgf. Lama penekanan 10 s/d 30 detik. Untuk material yang lebih keras membutuhkan beban yang lebih besar. Bola harus berupa baja yang dikeraskan, ditemper, dan dengan kekerasan minimum 850 VPN. Pengukuran diameter yang dihasilkan oleh tekanan bola dilakukan dengan mikroskop khusus dan menggunakan skala yang sudah tertulis dilensa. Diameter yang sudah diukur kemudian diubah ke nomor HB yang sesuai dengan menggunakan grafik. Untuk persamaan perhitungan metode Brinell dapat dilihat dibawah ini :

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

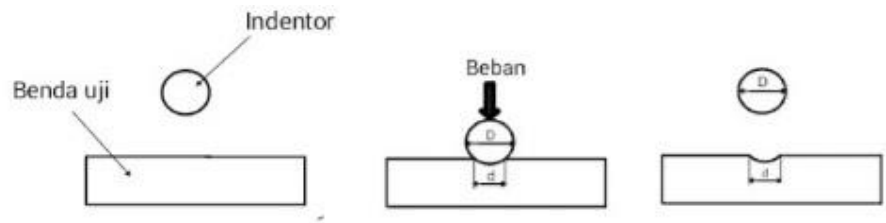
Dimana : HB = Nilai kekerasan Brinell

F = Beban yang diterapkan (Kg)

D = Diameter bola (mm)

d = diameter (mm)

Kekerasan yang diberikan merupakan hasil bagi beban penekan dengan luas permukaan lekukan bekas penekanan dari bola baja yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.8 Lekukan bekas pembebanan pengujian brinell

(Sumber : pusatlingkaran.blogspot.com)

c. Metode Vickers dan Hardness Microhardness (knoop)

Dua metode pengujian yang lain adalah metode Hardness Microhardness yang biasa disebut Knoop dan metode Vickers. Metode ini mirip dengan metode brinell tetapi penetrator yang dipakai berupa intan berbentuk piramida dengan dasar bujur sangkar dan sudut puncak 136° . Beban yang diterapkan lebih kecil dari pada pengujian dengan metode brinell atau rockwell yaitu berkisara antara 1 samapai 1000 gr. Untuk pengukuran nomor kekerasan Knoop dan Vickers dapat ditentukan oleh HK dan HV. Untuk persamaan perhitungan HK dan HV dapat dilihat dibawah ini :

$$D = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

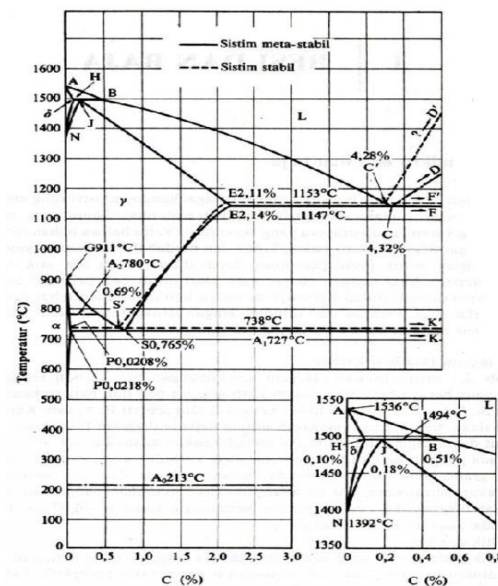
$$HV = \frac{2P \sin(160^\circ/2)}{D^2} \dots \dots \dots ()$$

$$HV = \frac{1,854 F}{D^2} \dots \dots \dots ()$$

$$HK = \frac{14.2 P}{I^2} \dots \dots \dots \text{O}$$

Dimana : P = beban yang ditetapkan
D = panjang diagonal rata-rata
D1 = panjang diagonal 1
D2 = panjang diagonal 2
I = Panjang penampang

2.8 Uji Struktur Mikro



Gambar 2.9 Diagram keseimbangan besi-karbon (Tata Surdia,1999)

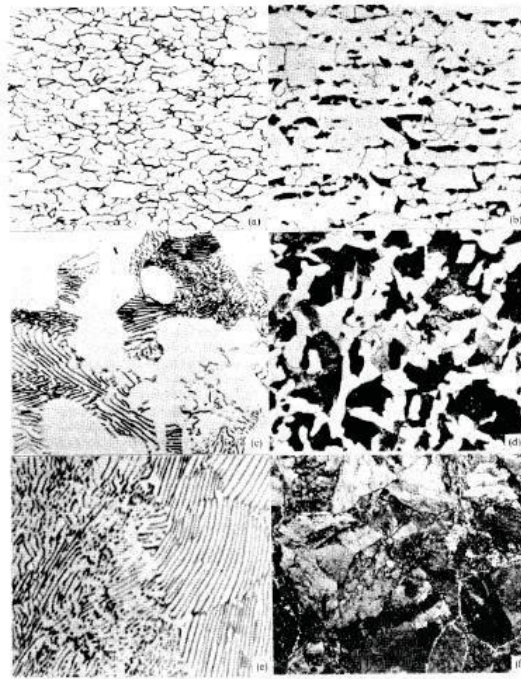
Pada paduan besi karbon ini terdapat fasa karbida yang disebut sementit dan juga grafit, grafit lebih stabil daripada sementit. Titik penting pada fasa ini adalah :

A : Titik cair besi

B : Titik pada cairan yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik

H : Larutan padat J yang ada hubungannya dengan reaksi peritektik, kelarutan karbon maksimum adalah 0,10%

- J : Titik peritektik, selama pendinginan austenite pada komposisi J, fasa γ terbentuk pada larutan padat J pada posisi H dan cairan pada komposisi B
- N : Titik transformasi dari besi γ dan besi α , titik transformasi A, dari besi murni
- C : Titik eutektik, selama pendingin fasa γ dengan komposisi E dan sementit. Pada komposisi F (6,67% C) terbentuk dari cairan pada komposisi C. Fasa Eutektik ini disebut ledeburite
- E : Titik yang menyatakan fasa γ , ada hubungan dengan reaksi eutektik. Kelarutan maksimum dari karbon 2,14%. Paduan besi karbon sampai pada komposisi ini disebut baja
- G : Titik transformasi besi γ dan besi α . Titik untuk transformasi A3 untuk besi
- P : Titik yang menyatakan ferit, fasa α , dan hubungan dengan reaksi eutektoid. Kelarutan maksimum dari karbon kira-kira 0,02%
- S : Titik eutektoid. Selama pendinginan, ferit pada komposisi P dan sementit. Pada komposisi K (sama dengan F) terbentuk simultan dari austenite pada komposisi S. reaksi eutektoid ini dinamakan transformasi A1 dan fasa eutektoid dinamakan perlit
- GS : Garis yang menyatakan hubungan antara temperature dan komposisi. Dimana mulai terbentuk ferit dan austenite. Garis ini disebut garis A3
- ES : Garis yang menyatakan hubungan antara temperature dan komposisi. Dimana mulai terbentuk sementit dan austenite. Garis ini disebut garis Ac.
- A2 : Titik transformasi untuk besi atau ferit
- A0 : Titik transformasi untuk sementit



Gambar 2.10 Struktur mikro baja karbon. a: 0,06%C, besar butiran medium (ASTM No.7) X 100; b. 0,25%C baja dinormalkan pada 930°C X 500; c. 0,30%C baja diaustenitkan pada 930°C di transformasikan isothermal pada 700°C, ferit dan perlit kasar X 1000; d. 0,45%C baja dinormalkan pada 840°C, ferit dan perlit X 500; e. 0,80%C baja di austenit pada 1150°C, didinginkan ditungku X 2000; f. 1,0%C baja di rol panas pada 1050°C pendinginan udara, matriks perlit, sementit pada batas butir (garis putih) X 500 (Tata Surdia,1999)

Pada gambar 2.9.2 tersebut menunjukkan struktur mikro Baja apabila baja didinginkan perlahan lahan dari 50 – 100 °C diatas garis GS (A3) dan garis SE (Acm) pada gambar 2.7.1 pada baja eutectoid transformasi terjadi pada titik tetap S, menjadi struktur yang disebut perlit. Pada baja hypoeutectoid terbentuk fasa ferit mendekati besi murniyang komposisi nya samadengan P dan perlit, sedangkan pada hiper eutectoid terbentuk perlit dan sementit pada batas butir.

Perubahan struktur perlakuan panas besi dan baja diharapkan mempunyai kekuatan static dan dinamik, ulet, mudah diolah, tahan korosi dan mempunyai sifat elektromagnetik agar dapat dipakai sebagai bahan untuk konstruksi dan mesin-mesin. Dilihat dari transformasi ada 3 macam baja :

1. Baja dengan titik transformasi A, berupa ferit dibawah A1, dan Austenit pada A3 atau diatas A1
2. Baja dengan titik transformasi A1 dibawah temperature kamar, berupa austenite pada temperature kamar
3. Baja dengan austenite yang kecil, berupa ferit sampai temperature tinggi pada daerah komposisi tertentu

Baja yang berupa ferit pada temperature kamar (dalam keseimbangan), dapat diproses menjadi berbagai struktur dengan jalan perlakuan panas. Struktur tersebut dijabarkan pada table 2.9.1. Fasa tersebut memiliki sifat khas. Ferit memiliki sel satuan kubus pusat badan atau *body centered cubic (bcc)*, menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada temperature rendah. Austenite mempunyai sel satuan kubus pusat muka, atau *face centered cubic (fcc)* menunjukkan titik mulur yang jelas dan menjadi getas pada keadaan dingin. Akan tetapi kalau berupa fasa metastabil bias berubah menjadi α' pada temperature rendah dengan pengerjaan. Martensit adalah fasa larutan pada lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau *face centered tetragonal (bct)*. Makin tinggi derajat kelewatan jenuh karbon, makin besar perbandingan satuan sumbu sel satuannya dan makin keras sertamakin getas matensit tersebut. Bainit mempunyai sifat antara martensit dan ferit.

Sesuai dengan keaneka ragamannya, maka dapat diperoleh berbagai sifat baja termasuk kekuatan dan keuletan. Faktor – faktor yang menentukan sifat – sifat mekanik adalah macam fasa, banyak fasa, ukuran dan bentuk senyawa. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan perlu

mendapat struktur yang cocok dengan komposisi kimia dan perlakuan panas yang tepat.

	Fasa dan simbol	Struktur	Pengelasan
Menurut Kristal	Austenit (γ)	<i>fcc</i>	Paramagnetic dan stabil pada temperature tinggi
	Ferit (α)	<i>bcc</i>	Stabil pada temperature rendah, kelarutan padat, terbatas, dapat berada Bersama Fe ₃ C (sementit) atau lainnya
	Bainit (α)	<i>bcc</i>	Austenite metastabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat tertentu. Terjadi hanya presipitasi Fe ₃ C, unsur paduan lainnya tetap larut
	Martensit (α')	<i>bct</i>	Fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat
Menurut Keadaan	Perlit Widmanstaetten Dendrit Sorbit Trostit		Lapisan ferit dan Fe ₃ C γ dan α dalam orientasi pada persipitasi ferit Berbentuk cabang seperti pohon, struktur ini terbentuk karena segregasi karbon pada pembekuan Sorbit adalah perlit halus Trostit adalah bainit

Tabel 2.3 Fasa yang ada pada baja (Tata Surdia,1999)

Catatan : *fcc = face centered cubic*

bcc = body centered cubic

bct = body centered tetragona