

I. TINJAUAN PUSTAKA

Teori yang akan dibahas pada tinjauan pustaka ini adalah tentang klasifikasi baja, pengaruh unsur paduan terhadap baja, proses pemanasan baja, *tempering*, martensit, pembentukan martensit, sifat-sifat mekanis martensit, *hardenability*, serta metode pengujian kekerasan baja.

2.1 Klasifikasi Baja

Baja merupakan bahan paduan yang banyak digunakan dalam berbagai jenis dan bentuk. Adapun klasifikasi baja dibagi sebagai berikut:

1. Menurut penggunaannya: baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel, baja perkakas dan lain-lain.
2. Menurut kekuatannya: baja kekuatan lunak dan baja kekuatan tinggi.
3. Menurut struktur mikronya: baja *eutectoid*, baja *hypoeutectoid*, baja *hypereutectoid*, baja austenitik, baja feritik, baja martensitik dan lain-lain.

Logam adalah unsur-unsur yang mempunyai sifat fisis, mekanis dan teknologi yang mampu meningkatkan suatu produktifitas. Diantara sifat logam yang mendasar adalah sifat kuat, liat, keras, getas dan penghantar listrik dan panas. Oleh karena sifat-sifat tersebut maka logam dipergunakan untuk berbagai macam keperluannya sehingga kehidupan manusia kini tidak bisa terlepas dari logam. Dalam hal bidang teknik, logam murni jarang digunakan yang banyak dipakai adalah logam paduan yaitu campuran antara dua unsur atau lebih, antara lain logam dengan logam atau logam dengan metalloid. Pada dasarnya pengaturan sifat baja yang diinginkan tergantung pada keberadaan karbonnya. Sebagai contoh bila karbonnya tidak ada maka besi akan sangat lunak dan lemah. Bila karbon ditambahkan 0,2 - 0,3% maka kekuatan akan naik dan

keuletan akan turun. Paduan baja juga terdapat unsur-unsur lain, yang dapat mempengaruhi sifat-sifat baja tersebut. Unsur-unsur tersebut sengaja ditambahkan untuk memperoleh sifat tertentu atau merupakan bawaan yang sulit dihilangkan ketika proses pembuatan baja. Tiap unsur dapat memberikan pengaruh yang berbeda atau dapat pula hampir sama. Untuk mempelajari baja pada ilmu logam akan lebih mudah bila baja diklasifikasikan menurut komposisi kimianya, dan struktur mikronya. Menurut komposisi kimianya baja dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon dapat dikelompokkan menurut kandungan karbon sebagai berikut:

1. Baja karbon rendah sekali (*mild steel*). Baja ini mengandung 0,008 - 0,1% C, sifat-sifatnya mudah dibentuk dan tidak diperkeras.
2. *Low carbon steel* yaitu baja yang mengandung karbon 0,16 - 0,3 %. Sifat-sifatnya dapat dipanaskan tetapi sulit dibentuk dan tidak dapat diperkeras. Memiliki kekuatan sedang dan keuletan yang sangat baik untuk keperluan konstruksi jembatan, bangunan, kendaraan dan kapal laut serta digunakan untuk baja konstruksi umum antara lain, baja profil rangka bangunan, rangka kendaraan, dan membuat plat.
3. *Medium carbon steel* yaitu baja yang mengandung karbon sebesar 0,3 - 0,8 % C, sifat-sifatnya mudah diperkeras tetapi sulit untuk dibentuk dan bila kadar karbonnya diatas 0,35%, maka baja ini dapat disepuh. Temper pada daerah temperatur yang agak tinggi yaitu sekitar 350 - 550 °C akan menghasilkan karbida bulat yang dapat meningkatkan ketangguhan baja sehingga dapat digunakan sebagai bahan poros, roda gigi dan suku cadang yang berkekuatan tinggi.
4. *High carbon steel* yaitu baja yang mengandung 0,8 - 1,7 % C, sifat-sifatnya sangat keras dan getas. Baja ini biasanya dicelup agar keras, disusul dengan penemperan pada suhu 250 °C sehingga dapat dicapai kekuatan yang memadai dengan keuletan

yang memenuhi persyaratan untuk pegas, perkakas potong dan bagian-bagian yang harus tahan terhadap gesekan (Halim, 2010).

Sedangkan baja paduan menurut kandungan unsurnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

1. *Low alloy steel*, baja paduan dengan unsur paduan kurang dari 10%, mempunyai kekuatan, ketangguhan yang lebih tinggi dari baja yang memiliki karbon yang sama atau mempunyai keuletan lebih tinggi dari baja karbon dengan kekuatan yang sama. Baja ini digunakan untuk perkakas seperti pahat kayu, poros, gergaji, mata pisau.
2. *High alloy steel*, baja paduan dengan unsur paduan lebih dari 10%, mempunyai kekuatan, ketangguhan yang tinggi, dan mempunyai kekuatan lebih tinggi. Baja ini digunakan untuk perkakas yang luas seperti bantalan, peluru, poros, dies, mata pisau (Avner, 1974).

2.2 Pengaruh Unsur Paduan

Baja karbon dapat mencapai kekuatan yang tinggi, dengan cara menaikkan kadar karbonnya, tetapi sangat sulit mengurangi keuletan dan ketangguhan. Pada temperatur yang agak tinggi kekuatannya menjadi berkurang, dan pada suhu rendah ketangguhannya menurun cukup drastis. Baja karbon mempunyai *hardenability* yang umumnya agak rendah, dan setelah pengerasan mudah menjadi lunak kembali bila mengalami pemanasan. Hal-hal ini sering merupakan hambatan/kesulitan dalam penggunaan baja karbon. Dengan menambahkan satu atau beberapa unsur paduan tertentu maka banyak diantara kesulitan tersebut dapat teratasi. Baja dengan tambahan beberapa unsur paduan dinamakan baja paduan. Unsur paduan sengaja ditambahkan ke dalam baja dengan tujuan untuk mencapai salah satu atau beberapa dari tujuan berikut:

1. Meningkatkan *hardenability*
2. Memperbaiki kekuatan pada temperatur biasa

3. Memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah atau tinggi
4. Memperbaiki ketangguhan pada tingkat kekuatan atau kekerasan tertentu
5. Menaikkan sifat tahan aus
6. Menaikkan sifat tahan korosi
7. Menaikkan sifat kemagnetan

Berikut ini merupakan pengaruh unsur paduan terhadap sifat-sifat baja:

a. Posfor (P)

Posfor berpengaruh terhadap impuritas (*impurity*) dalam pengelasan sehingga harus dijaga seminimal mungkin. Material yang mengandung posfor di atas 0,4 % mempunyai kecenderungan untuk menjadi getas dan mudah retak. Penambahan posfor juga dimaksudkan untuk memperoleh serpihan yang kecil-kecil pada suatu proses permesinan. Dengan sangat berperannya unsur-unsur yang terkandung didalam baja karbon ini maka tidak menutup kemungkinan bila unsur (paduan) dapat merusak sifat mekaniknya jika melebihi persyaratan yang ditentukan.

b. Chrom (Cr)

Chrom merupakan unsur paduan yang penting setelah karbon. Dapat membentuk karbida (tergantung pada jenis perlakuan yang diterapkan dan kadarnya). Chrom meningkatkan temperatur austenisasi. Pada baja tahan karat dan baja tahan panas, Cr meningkatkan ketahanan korosi karena dapat membentuk lapisan oksida Cr

diper permukaan baja. Cr terutama digunakan untuk meningkatkan mampu keras baja, kekuatan tarik, ketangguhan dan ketahanan abrasi.

c. Nikel (Ni)

Nikel memberikan struktur butiran yang halus dan menghasilkan keuletan yang tinggi, menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendingin kritis.

d. Molibdien (Mo)

Molibden mengurangi kerapuhan pada baja karbon temperatur tinggi, menstabilkan karbida serta kekuatan baja.

e. Titanium (Ti)

Pada dasarnya titanium adalah logam yang lunak tetapi bila dipadu dengan nikel dan karbon akan menjadi lebih kuat, tahan terhadap aus, temperatur tinggi dan korosi.

f. Wolfram Tungsten (WT)

Paduan ini membentuk karbida yang stabil dan sangat keras, menaikkan suhu pelumas dan mengembalikan perubahan bentuk struktur secara perlahan-lahan.

Pada dasarnya unsur-unsur paduan sedikit atau banyak akan larut dalam ferit dan unsur-unsur paduan lebih banyak larut dalam austenit. Sebagian dari unsur-unsur paduan di dalam baja cenderung akan membentuk karbida-karbida. Masing-masing unsur paduan ini memiliki kecenderungan membentuk karbida yang berbeda, ada yang kecenderungannya tinggi dan ada pula yang rendah, dan ada yang tidak membentuk karbida. Paduan yang cenderung larut dalam ferit tidak membentuk karbida sedangkan

paduan yang tidak larut dalam ferit cenderung kuat untuk membentuk karbida dalam ferit.

Pengelompokan unsur paduan menurut kecenderungannya untuk larut dalam ferit atau membentuk karbida dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kelompok unsur paduan menurut kecenderungannya larut dalam ferit atau membentuk karbida.

Alloying Elements	Group 1 Disolved In Ferit	Group 2 Combined In Carbide
Nickel	Ni	
Silicon	Si	
Alumunium	Al	
Copper	Cu	
Manganese	Mn	<----->Mn
Chromium	Cr	<----->Cr
Tungsten	W	<----->W
Molybdenum	Mo	<----->Mo
Vanadium	V	<----->V
Titanium	Ti	<----->Ti

Sumber: (Lokhtin, 1977).

Unsur paduan dapat dikelompokkan sesuai dengan fungsinya, seperti disebutkan berikut:

1. *Ferrit stabilizer*, yaitu unsur paduan yang membuat ferit menjadi lebih stabil sampai ke temperatur yang lebih tinggi. Biasanya ferit akan bertransformasi menjadi austenit pada temperatur tertentu, dengan adanya unsur paduan *ferrit stabilizer* maka temperatur transformasi ini akan naik, bahkan bila jumlah unsur itu cukup banyak ferit tetap stabil sampai mulai terjadinya pencairan. Unsur paduan yang termasuk dalam kelompok ini adalah Cr, Si, Mo, W dan Al.

2. *Austenit stabilizer*, yaitu unsur paduan yang membuat austenit menjadi lebih stabil pada temperatur yang rendah, unsur paduan yang terpenting dalam kelompok ini adalah Ni dan Mn.
3. *Carbide forming elements*, yaitu unsur paduan yang didalam baja dapat membentuk karbida. Adanya karbida ini akan menaikkan sifat tahan aus biasanya *alloy tool steel* mengandung unsur pembentuk karbida dengan kadar yang cukup tinggi. Unsur yang terpenting dalam kelompok ini adalah Cr, W, Mo, V, Ti, Nb, Ta, dan Zr.
4. *Carbida stabilizer*, yaitu unsur paduan yang membuat karbida menjadi lebih stabil tidak mudah terurai dan larut ke dalam suatu fasa. Unsur paduan yang penting dalam kelompok ini adalah Co, Ni, Ta, Cr, W, Mo, Mn, V, Ti dan Nb (Lokhtin, 1977).

2.3 Perlakuan Panas

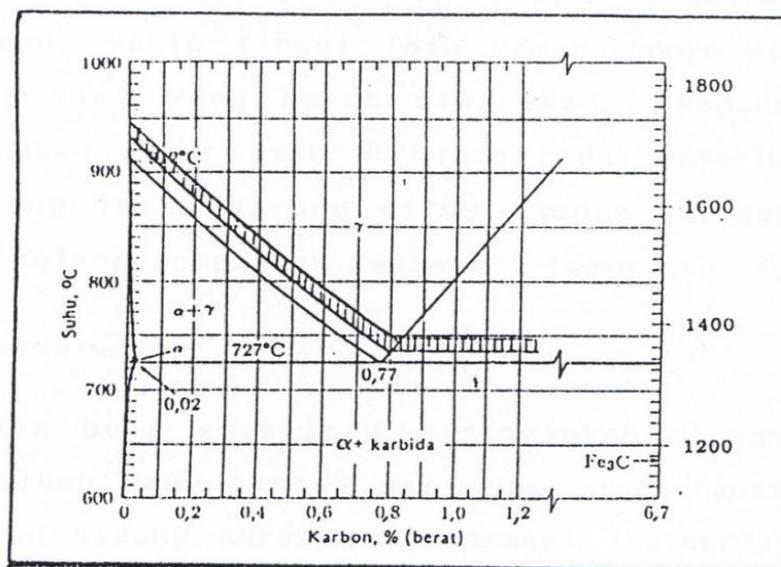
Definisi perlakuan panas adalah kombinasi dari suatu proses pemanasan dan pendinginan yang diatur dalam interval waktu dan dilakukan dalam keadaan padat. Cara ini dilakukan untuk memperbaiki struktur baja sehingga didapat sifat-sifat baja meliputi transformasi penguraian fasa dari austenit dan dari transformasi ini mempengaruhi sifat mekanis dari baja yang dikeraskan.

Suhu sekitar 723 °C merupakan suhu transformasi austenit menjadi fasa pearlit (yang merupakan gabungan dari fasa pearlit dan sementit). Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi *eutoktoid* dan merupakan dasar proses perlakuan panas dari baja. Bila baja dipanaskan sehingga mencapai suhu austenit dan kemudian didinginkan perlahan-lahan selama beberapa jam untuk mencapai suhu kamar, maka struktur fasa yang dihasilkan adalah campuran dari ferit dan sementit atau karbida besi (Fe_3C), sedangkan ferit yang terbentuk di atas suhu 723 °C disebut ferit *proeutektoid* dan ferit yang terbentuk di bawah 723 °C bergabung dalam perlit. Fraksi volume kedua fasa serta

morfologi dan campurannya tergantung pada kadar karbon dan laju (kecepatan) pendinginan. Bila austenit didinginkan dengan cepat, maka transformasi austenit akan berubah menjadi fasa baru yang dikenal sebagai bainit atau martensit.

1. Temperatur Austenisasi

Temperatur austenisasi yang dianjurkan untuk melakukan *hardening* adalah 25 °C-50 °C diatas temperatur kritis A_3 untuk baja *hypoeutectoid* Temperatur pemanasan yang hanya dibawah temperatur *eutectoid* tidak akan menaikkan kekerasan yang berarti, karena pada pemanasan tersebut tidak akan terjadi austenisasi, sehingga pada pendinginan nantinya tidak akan terbentuk martensit. Pemanasan yang hanya sampai antara temperatur A_1 dan A_3 memang sudah tidak menghasilkan austenit, tetapi masih ada ferit bila didinginkan kembali, ferit ini masih berupa ferit yang lunak. Kekerasan yang optimum hanya dapat dicapai dengan pemanasan seperti yang dianjurkan. Temperatur austenisasi untuk baja dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Temperatur austenisasi untuk pengerasan (Krauss, 1977).

Untuk baja *hypoeutectoid*, bila pemanasan terlalu tinggi, maka kadar karbon di dalam austenitnya akan terlalu besar sehingga pada pendinginan kembali mungkin akan banyak tersisa austenit yang tidak bertransformasi (*retained austenit*), yang juga akan mengakibatkan tidak tercapainya kekerasan yang maksimum disamping juga kemungkinan terjadinya distorsi/retak yang lebih besar (Krauss, 1977).

Bila pemanasan diteruskan ke temperatur yang lebih tinggi, akan diperoleh butiran austenit dengan butiran yang terlalu kasar, sehingga bila didinginkan kembali akan ada kemungkinan terjadi struktur yang terlalu getas, dan juga tegangan yang terlalu besar yang dapat menimbulkan distorsi bahkan juga retak (Saefudin, 2008).

2. Homogenitas Austenit

Pemanasan yang dilakukan secara equilibrium akan didapat struktur yang mempunyai komposisi yang homogen, karena pada pemanasan yang sangat lambat ini atom-atom ini akan berdifusi secara sempurna untuk mencapai keadaan homogen. Pada pemanasan yang lebih cepat, difusi yang terjadi belum sempurna, sehingga keadaan yang homogen masih belum tercapai. Bila austenit yang belum homogen ini didinginkan secara cepat (*quench*) akan diperoleh martensit dengan kekerasan yang berbeda, karena masing-masing berasal dari austenit dengan kadar karbon yang berbeda.

Untuk membuat austenit menjadi lebih homogen, perlu diberi kesempatan pada atom-atom untuk berdifusi secara sempurna artinya pada saat pemanasan perlu diberi

holding time yang cukup untuk dapat mencapai austenit yang homogen. Lamanya *holding time* ini akan bergantung pada laju pemanasan, semakin tinggi laju pemanasannya maka makin panjang *holding time* yang diberikan (Thelning, 1981).

2.4 Tempering

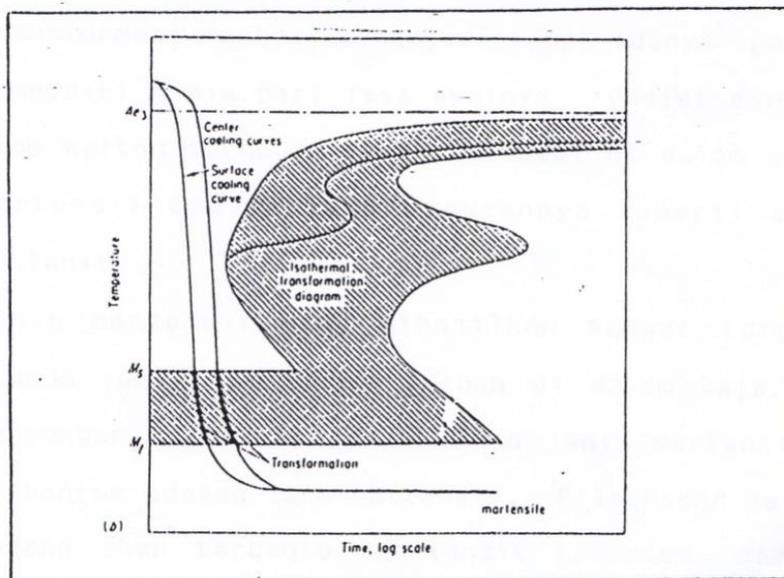
Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan. Melalui *temper*, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Proses *temper* terdiri dari pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu di bawah suhu kritis disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena disini sifat-sifat dapat dikendalikan dengan cermat. *Temper* dimungkinkan oleh karena sifat struktur martensit yang tidak stabil. Struktur logam yang tidak stabil tidak berguna untuk tujuan penggunaan, karena dapat mengakibatkan pecah.

Dengan penemperan, tegangan dan kegetasan diperlunak dan kekerasan sesuai dengan penggunaan. Ketinggian suhu penemperan dan waktu penghentian benda kerja bergantung pada jenis baja dan kekerasan yang dikehendaki. Penemperan harus dilakukan segera setelah pendinginan karena tegangan kekerasan pada umumnya baru timbul beberapa saat setelah pendinginan. Jika penemperan tidak dapat langsung mengikuti pendinginan maka bahaya pembentukan retak dapat dikurangi dengan jalan memasukan benda kerja ke dalam air yang mendidih untuk beberapa jam lamanya (Haryadi, 2006).

Baja yang dikeraskan (*quench*) bersifat rapuh dan tidak cocok digunakan, akibat pengejukan akan menjadi sangat keras dan getas. Melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai syarat penggunaan karena beban yang kecil saja dapat menyebabkan pecah (Yudiono, 2006).

2.5 Martensit

Bila baja *eutektoid* didinginkan secara cepat dari daerah austenit dan tidak menyentuh hidung kurva transformasi *isothermal* maka akan diperoleh suatu fasa baru yang disebut martensit. Martensit merupakan struktur dalam keadaan lewat jenuh dari kelarutan atom-atom karbon didalam ferrit. Seharusnya di besi ferit yang setimbang kelarutan dari atom-atom karbon 0,025%. Sedangkan di dalam struktur martensit kelarutan atom-atom karbon tersebut kurang lebih sama dengan jumlah kelarutan atom-atom karbon di dalam austenit. Keadaan seperti ini terjadi karena proses transformasi yang terjadi sangat cepat sehingga atom-atom karbon di dalam austenit tidak sempat berdifusi. Pendinginan yang dilakukan dari daerah austenit tanpa menyentuh hidung kurva untuk memperoleh struktur martensit. Skema pendinginan *quench* pada baja dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2.

Skema pendinginan *quench* pada baja (Broks, 1979).

2.6 Pembentukan Martensit

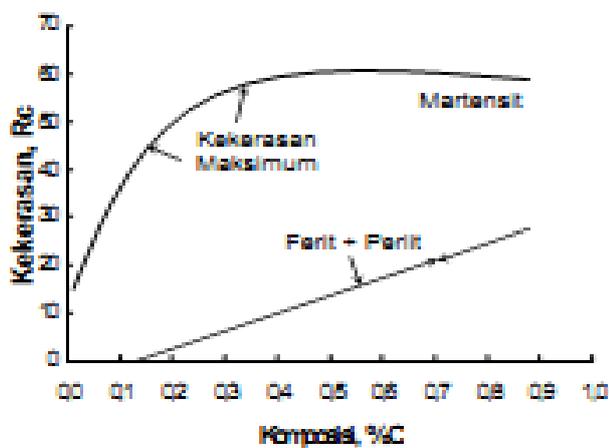
Martensit terbentuk jika fasa austenit dengan cepat ke temperatur yang relatif rendah. Transformasi dari fasa austenit ke ferit terjadi suatu proses pengintian dan pertumbuhan butir dan proses ini dipengaruhi oleh waktu, karena laju pendinginan yang begitu cepat, maka atom karbon tersebut terperangkap dalam larutan yang membentuk struktur martensit (larutan karbon lewat jenuh). Ada beberapa faktor yang penting dari transformasi martensit, yaitu :

1. Proses transformasi terjadi tanpa difusi dan tidak terjadi perubahan komposisi kimia selama proses ini berlangsung. Volume yang kecil dari austenit tiba-tiba struktur kristalnya berubah oleh gerakan gesekan.
2. Proses transformasi hanya berlangsung selama pendinginan dan proses ini berhenti jika pendinginan dihentikan. Oleh karena itu transformasi tergantung hanya pada penurunan temperatur dan tidak tergantung pada waktu. Jumlah dari martensit yang terbentuk mempunyai hubungan yang tidak linier dengan penurunan waktu. Temperatur pembentukan awal martensit ditandai dengan M_s dan temperatur akhir pembentukan ditandai dengan M_f . Jika baja ditahan temperaturnya di bawah M_s , transformasi martensit akan berhenti dan tidak akan berlangsung lagi, kecuali jika temperaturnya diturunkan lagi secara cepat.
3. Pembentukan dari suatu paduan yang diberikan tidak dapat berubah, juga temperatur M_s tidak dapat berubah dengan perubahan laju celupnya. Temperatur pembentukan martensit dari suatu paduan tidak dapat diturunkan dengan peningkatan laju pendinginan (Andriansyah, 2007).

2.7 Sifat-sifat Mekanis Struktur Martensit

Struktur martensit di dalam baja merupakan struktur yang memiliki kekerasan yang paling tinggi dan merupakan dasar untuk memperoleh kekuatan yang diinginkan melalui proses perlakuan panas yang sesuai. Kekerasan martensit yang tinggi diperoleh karena transformasi geser yang terjadi, sehingga atom-atom karbon yang larut di dalam austenit tidak sempat berdifusi karena kecepatan pendinginannya yang tinggi akan terperangkap pada kedudukan austenit di dalam struktur martensit yang menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan di dalam struktur. Tegangan-tegangan dan distorsi akan menyebabkan dislokasi menjadi sulit dan martensit memiliki kekerasan yang lebih tinggi.

Kekerasan dari martensit juga dipengaruhi oleh besarnya kandungan karbon di dalam baja. Pengaruh kadar karbon terhadap peningkatan kekerasan martensit ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kurva Hubungan Kekerasan Dengan Meningkatnya Kandungan Karbon (Mulyadi, 2010).

Pada Gambar 2.3 tampak bahwa kekerasan martensit sangat sensitif terhadap kandungan karbon dibawah 0,2%. Kenaikan kekerasan martensit sampai dengan kandungan 0,4% masih cukup tinggi, namun diatas 0,4% C kenaikan kekerasan menurun. Hal ini dapat terjadi karena kadar karbon yang makin tinggi akan

menyebabkan *retained* austenit makin banyak, sehingga dapat mengurangi kenaikan kekerasannya (Mulyadi, 2010).

2.8 *Hardenability*

Hardenability merupakan sifat suatu baja yang menggambarkan mudah tidaknya baja itu dikeraskan dengan pembentukan martensit, hingga mencapai kekerasan tertentu pada kedalaman tertentu. Kekerasan tertentu itu akan dicapai bila baja itu dapat mencapai jumlah martensit tertentu yaitu bila didinginkan dengan laju pendinginan tertentu. Bila sebuah benda kerja didinginkan dengan suatu media pendingin maka yang paling cepat menjadi dingin adalah yang paling dekat dengan permukaan, atau dengan kata lain bahwa laju pendinginan di permukaan akan paling tinggi, dan makin ke dalam makin rendah.

Hardenability biasanya dikaitkan dengan tebalnya bagian benda kerja yang menjadi keras, baja dengan *hardness penetration* yang dalam (misalnya AISI D2) dikatakan mempunyai *hardenability* yang tinggi. Sedang yang mempunyai *hardness penetration* yang dangkal (misalnya AISI W1) dikatakan mempunyai *hardenability* yang rendah. Tetapi perlu diingat bahwa pada suatu baja dengan komposisi kimia dan *austenitic* yang sama, bila mengalami pendinginan dengan laju pendinginan yang sama akan mempunyai kekerasan yang sama, tidak bergantung pada bentuk dan ukuran benda kerja serta kondisi pendinginan (Herwandi, 2005).

2.9 Pengujian kekerasan

Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan logam terhadap deformasi plastik atau deformasi permanen (Dieter, 1987).

Terdapat berbagai macam metode uji kekerasan antara lain: Uji kekerasan Brinell, Vickers, Rockwell, dan sebagainya.

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 (George, 1986).

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 mikroskop optik panjang diameter jejak.

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.

3. Uji Kekerasan Vickers

Uji kekerasan vickers menggunakan indenter piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1986). Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. 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.

4. Uji Kekerasan Rockwell

Pengujian Rockwell mirip dengan pengujian Brinell, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian brinell, indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih halus. Banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat (Purba, 2005).

Indenter atau penetrator dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang agak membulat (biasa disebut *brale*). Diameter bola baja umumnya 1/16 inchi, tetapi terdapat juga indenter dengan diameter lebih besar, yaitu 1/8, 1/4, atau 1/2 inchi untuk bahan-bahan yang lunak. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan

beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk indentor bola baja dan 150 kg untuk indentor *brale*. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan indentor sesuai kondisi pengujian. Dial pada mesin terdiri atas warna merah dan hitam yang didesain untuk mengakomodir pengujian skala B dan C yang sering kali dipakai. Skala kekerasan B digunakan untuk pengujian dengan kekerasan medium seperti baja karbon rendah dan baja karbon medium dalam kondisi telah dianil. Range kekerasannya dari 0-100. Bila indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan yang kekerasannya melebihi B 100, indentor dapat terdeformasi dan berubah bentuk. Selain itu, karena bentuknya, bola baja tidak sensitif seperti *brale* untuk membedakan kekerasan bahan-bahan yang keras. Tetapi bila indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan lunak dari B 0, dapat mengakibatkan pemegang indentor mengenai benda uji, sehingga hasil pengujian tidak benar dan pemegang indentor dapat rusak (Pramuko, 2009).