

2. TEORI DASAR

2.1. Baja

Baja adalah paduan besi-karbon dengan kadar karbon tidak lebih dari 2% berat, disamping itu baja juga dapat mengandung sejumlah unsur paduan dan unsur pengotor. Karena penggunaannya yang cukup luas, maka klasifikasi baja disesuaikan menurut keperluannya.

Ada beberapa cara mengklasifikasikan baja, antara lain:

- a. Menurut cara pembuatannya

Contoh: baja *Bessemer*, baja *Siemens-Martin* dan baja listrik.

- b. Menurut penggunaannya

Contoh: baja konstruksi, baja mesin, baja pegas, baja ketel dan baja perkakas.

- c. Menurut kekuatannya

Contoh: baja kekuatan lunak dan baja kekuatan tinggi.

- d. Menurut struktur mikronya

Contoh: baja *eutektoid*, baja *hypoeutektoid* dan baja *hypereutektoid*.

- e. Menurut komposisi kimianya

Contoh: baja karbon, baja paduan rendah dan baja paduan tinggi.

2.1.1. Baja Karbon

Baja karbon atau yang biasa disebut dengan *plain carbon steel* bukan berarti baja yang sama sekali tidak mengandung unsur lain selain besi dan karbon. Baja karbon masih mengandung sejumlah unsur lain tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh terhadap sifatnya. Unsur-unsur ini biasanya merupakan ikutan yang berasal dari proses pembuatan besi atau baja, seperti: mangan dan silikon, serta beberapa unsur pengotoran seperti belerang, fosfor, oksigen, nitrogen yang biasanya ditekan sampai kadar sangat kecil.

Baja dengan kadar mangan kurang dari 0,8 %, silikon kurang dari 0,5 % dan unsur lain yang sangat sedikit dapat dianggap sebagai baja karbon. Mangan dan silikon sengaja ditambahkan dalam proses pembuatan baja sebagai deoksidiser,

yang bertujuan untuk mengurangi pengaruh buruk dari beberapa unsur pengotoran.

Spesifikasi baja karbon:

1. *Low carbon steel*

Kadar karbon sampai 0,25 %. Penggunaannya sangat luas diantaranya adalah sebagai baja konstruksi umum, untuk baja profil rangka bangunan, baja tulangan beton, rangka kendaraan, mur, baut, plat, dan pipa. Baja ini kekuatannya relatif rendah, lunak, tetapi keuletannya tinggi, mudah dibentuk dan *dimachining*, baja ini tidak dapat dikeraskan (kecuali dengan *case hardening*).

2. *Medium carbon steel*

Kadar karbon 0,25 % sampai 0,55 %. Banyak digunakan sebagai baja konstruksi mesin, untuk poros, roda gigi dan rantai. Baja ini dapat dikeraskan, lebih kuat dan lebih keras dari *low carbon steel*.

3. *High carbon steel*

Kadar karbon lebih dari 0,55 %. Banyak digunakan untuk perkakas yang biasanya memerlukan sifat tahan aus misalnya untuk mata bor, reamer, tap dan perkakas tangan lainnya. Baja ini lebih kuat dan lebih keras lagi, tetapi keuletan dan ketangguhannya rendah.

Baja karbon biasanya sudah cukup baik untuk digunakan apabila persyaratan kekuatan, keuletan dan lain-lainnya tidak terlalu tinggi. Baja karbon dapat mencapai kekuatan yang tinggi dengan menaikkan kadar karbonnya. Peningkatan kadar karbon ini dapat menurunkan keuletan dan ketangguhannya. Dengan menambahkan satu atau beberapa unsur paduan tertentu maka banyak kesulitan seperti hal tersebut dapat diatasi.

2.1.2. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang diproduksi dengan menambahkan satu atau beberapa unsur paduan tertentu. Unsur paduan yang ditambahkan antara lain nikel, chrom, molybden, mangan dan lain sebagainya. Unsur paduan sengaja ditambahkan kedalam baja dengan tujuan untuk mencapai salah satu atau beberapa dari tujuan berikut ini:

1. Meningkatkan *hardenability*
2. Meningkatkan sifat tahan aus
3. Meningkatkan sifat tahan korosi
4. Meningkatkan sifat kemagnitan.
5. Memperbaiki sifat mekanik pada temperatur rendah atau tinggi.
6. Memperbaiki ketangguhan pada tingkat kekuatan atau kekerasan tertentu.

Baja paduan dapat diklasifikasikan berdasarkan banyaknya kadar unsur paduannya, yaitu:

1. *Low alloy steel*

Merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan rendah (kurang dari 10%). Mempunyai kekuatan dan ketangguhan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kadar karbon yang sama atau mempunyai keuletan lebih tinggi daripada baja karbon dengan kekuatan yang sama. *Hardenability* dan sifat tahan korosi pada umumnya lebih baik dan sering digunakan sebagai baja konstruksi mesin.

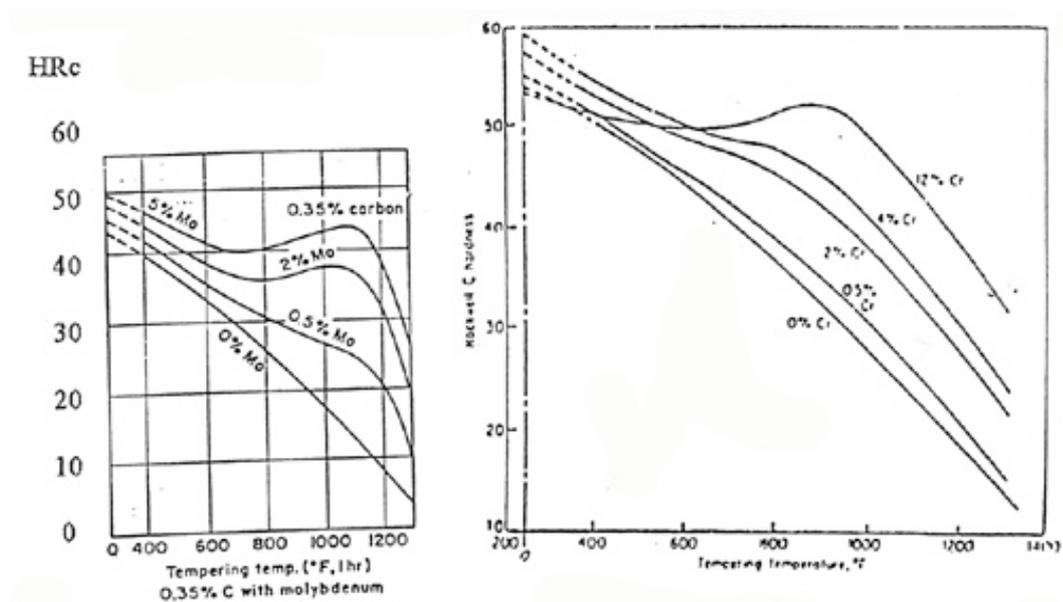
2. *High alloy steel*

Merupakan baja paduan dengan kadar unsur paduan yang tinggi (lebih dari 10 %). Mempunyai sifat khusus tertentu. Sebagai contoh adalah baja tahan karat (*stainless steel*), baja perkakas (*tool steel*) misalnya: *High Speed Steel* atau HSS, serta baja tahan panas (*heat resisting steel*).

AISI 4140 adalah salah satu contoh baja paduan yang mengandung paduan utama yaitu *molybdenum* dan *chromium*. Unsur *molybdenum* adalah unsur yang larut dalam austenit maupun ferit sangat terbatas dan juga sebagai unsur pembentuk karbida yang kuat. Unsur *molybden* dalam baja akan menaikkan *hardenability*, menaikkan kekuatan, dan kekerasan di temperatur tinggi, juga mencegah terjadinya *temper brittleness*.

Unsur *chrom* juga larut dalam *ferit* dan *austenit*, terutama pada baja dengan kadar karbon rendah. Hal ini akan menaikkan kekuatan dan ketangguhan. *Chrom* dapat membentuk karbida bila terdapat cukup karbon dan akan menaikkan sifat tahan aus. Sedangkan dengan kadar karbon medium, *hardenability* baja tersebut akan cukup tinggi.

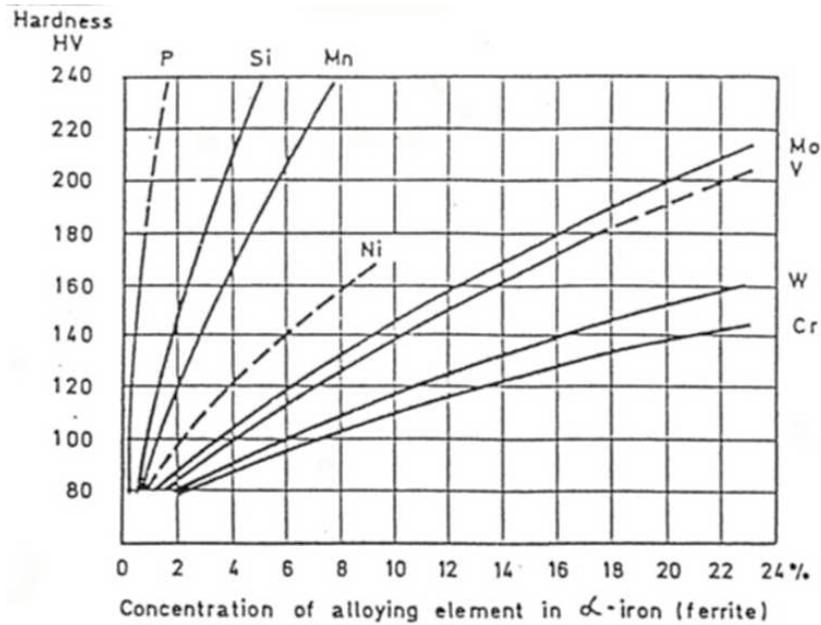
Penambahan unsur *molybdenum* dan *chromium* tidak akan berpengaruh terhadap kurva transformasi bainit, unsur-unsur tersebut akan menggeser kurva transformasi perlit kekanan dan keatas sehingga kedua kurva terpisah satu sama lain. Unsur paduan *chrom* dan *molybden* akan menghambat laju penurunan kekerasan karena tempering. Jadi dengan penambahan unsur tersebut baja pada temperatur tempering yang sama akan menghasilkan penurunan kekerasan yang lebih sedikit atau untuk mencapai kekerasan setelah tempering yang sama dibutuhkan temperatur yang lebih tinggi. Hal ini dapat lebih jelas dengan melihat grafik-grafik sebagai berikut.



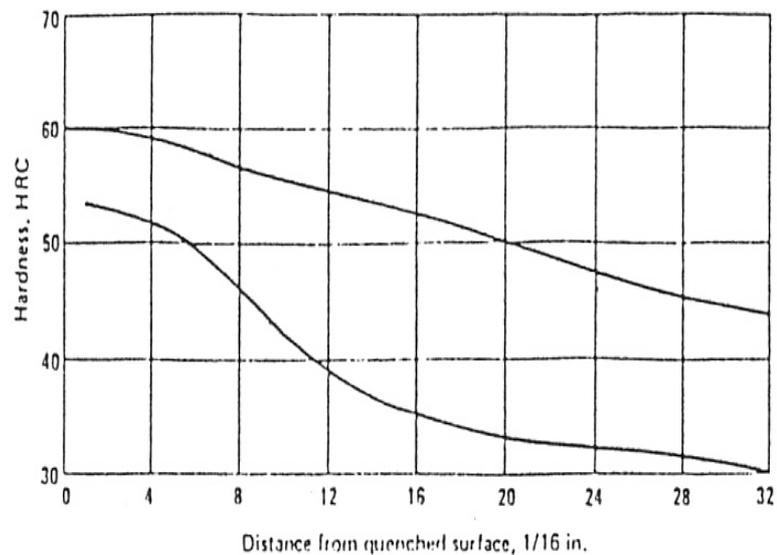
Gambar 2.1. Pengaruh unsur *chrom* dan unsur *molybden* terhadap penurunan kekerasan pada tempering

Penambahan unsur *chrom* dan *molybden* juga akan berpengaruh terhadap kekerasan dari ferit. Hal ini ditunjukkan pada gambar 2.2. Namun pengaruh unsur paduan terhadap kekuatan dan kekerasan baja secara keseluruhan hampir tidak berarti apabila tidak terjadi perubahan struktur.

Kemampuan baja untuk dikeraskan berbeda antara satu jenis baja dengan jenis baja yang lain. Kemampukerasan ini sudah diuji sebelumnya dan hasilnya diplot menjadi sebuah grafik. Pada gambar 2.3. terlihat grafik hardenability AISI 4140.



Gambar 2.2. Pengaruh unsur paduan terhadap kekerasan ferrit.



Gambar 2.3. Hardenability AISI 4140

2.1.3. Kodifikasi Baja

Setiap jenis baja perlu diberi suatu “nama” agar mudah untuk dikenali. Nama tersebut berupa kode yang ditetapkan dalam suatu standart lengkap dengan spesifikasi utamanya. Cara penamaan ini bermacam-macam, ada yang berdasarkan kekuatannya, penggunaannya, atau komposisi kimianya. Hampir

semua standar terutama di negara-negara maju memuat penamaan baja dan spesifikasinya.

AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*) menyatakan spesifikasi baja dengan empat atau lima angka. Angka pertama menunjukkan jenis dari bajanya. Angka 1 untuk baja karbon, angka 2 untuk baja *nickel*, angka 3 untuk baja *nickel chromium* dan sebagainya. Angka kedua pada baja paduan sederhana menunjukkan kadar unsur paduannya, misalnya baja 25xx berarti baja *nickel* dengan sekitar 5% *nickel*. Pada baja paduan yang lebih kompleks angka kedua menunjukkan modifikasi jenis baja paduan, misalnya baja 40xx adalah baja *molybden*, 41xx adalah baja *chrom-molybden*, 43xx adalah baja *nickel-chrom-molybden*. Dua (atau tiga, bila terdiri dari lima angka) angka terakhir menunjukkan kadar karbon dalam per seratus persen. Jadi baja 4340 adalah baja *nickel-chrom-molybden* dengan 0,40 % C.

2.2. Proses Laku Panas

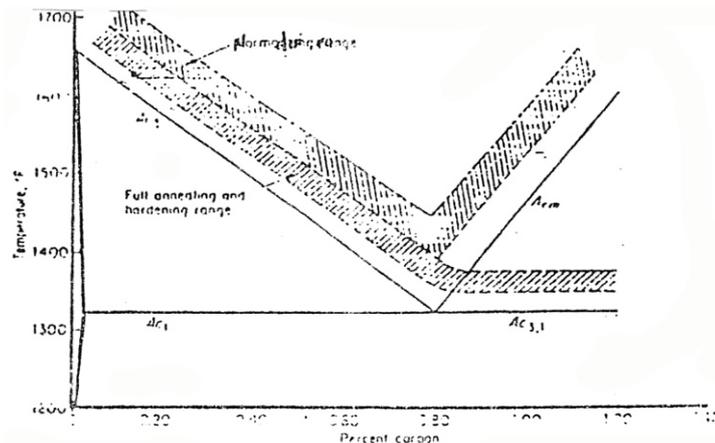
Perlakuan panas atau *heat treatment* dapat didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh sifat yang diinginkan dengan mengubah struktur mikronya. Struktur mikro yang terjadi pada akhir suatu proses laku panas, selain ditentukan oleh komposisi kimia dari material dan proses laku panas yang dialami juga ditentukan oleh struktur awal material. Paduan dengan komposisi kimia yang sama, dan mengalami proses laku panas yang sama, mungkin akan menghasilkan struktur mikro dan sifat yang berbeda bila struktur awal materialnya berbeda. Struktur awal ini banyak ditentukan oleh pengerjaan dan atau laku panas yang dialami sebelumnya.

Disamping itu dasar-dasar semua proses laku panas melibatkan transformasi dan dekomposisi austenit. Langkah pertama dalam proses laku panas baja adalah memanaskan material sampai temperatur tertentu atau diatas temperatur daerah kritis untuk membentuk fase austenit. Kemudian diberi waktu penahanan agar austenit dapat lebih homogen baru setelah itu dilakukan proses pendinginan. Proses pendinginan dilakukan dengan cermat agar benda kerja tidak mengalami cacat retak setelah mengalami proses ini.

2.2.1. Pengerasan (hardening)

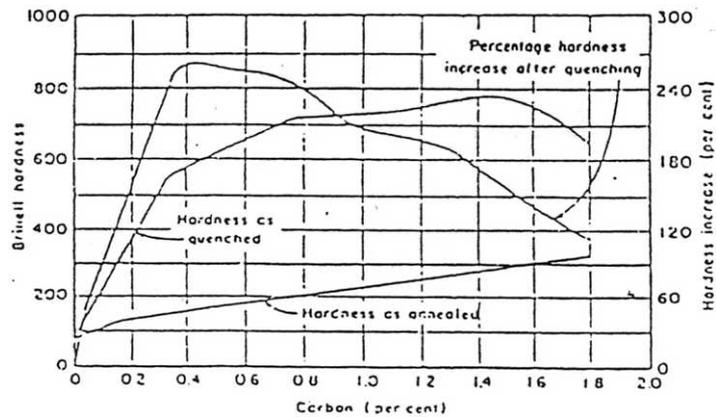
Pengerasan adalah salah satu laku panas dengan kondisi *non-equilibrium*. Laku panas yang pendinginannya berlangsung pada kondisi *non-equilibrium*, pendinginannya berlangsung sangat cepat sehingga struktur mikro yang akan diperoleh adalah strukturmikro yang tidak ekuilibrium juga. *Hardening* atau pengerasan dalam suatu rangkaian proses laku panas dilakukan untuk memperoleh baja dengan kekuatan, kekerasan dan *fatigue limit* yang lebih tinggi.

Hardening dilakukan dengan memanaskan baja hingga mencapai temperatur austenit, kemudian dipertahankan beberapa saat pada temperatur tersebut lalu didinginkan dengan cepat sehingga diperoleh martensit yang keras. Biasanya setelah proses *hardening* selesai segera diikuti dengan proses *tempering*.



Gambar 2.4. Daerah temperatur pemanasan untuk *annealing*, *normalizing*, dan *hardening* untuk baja karbon.

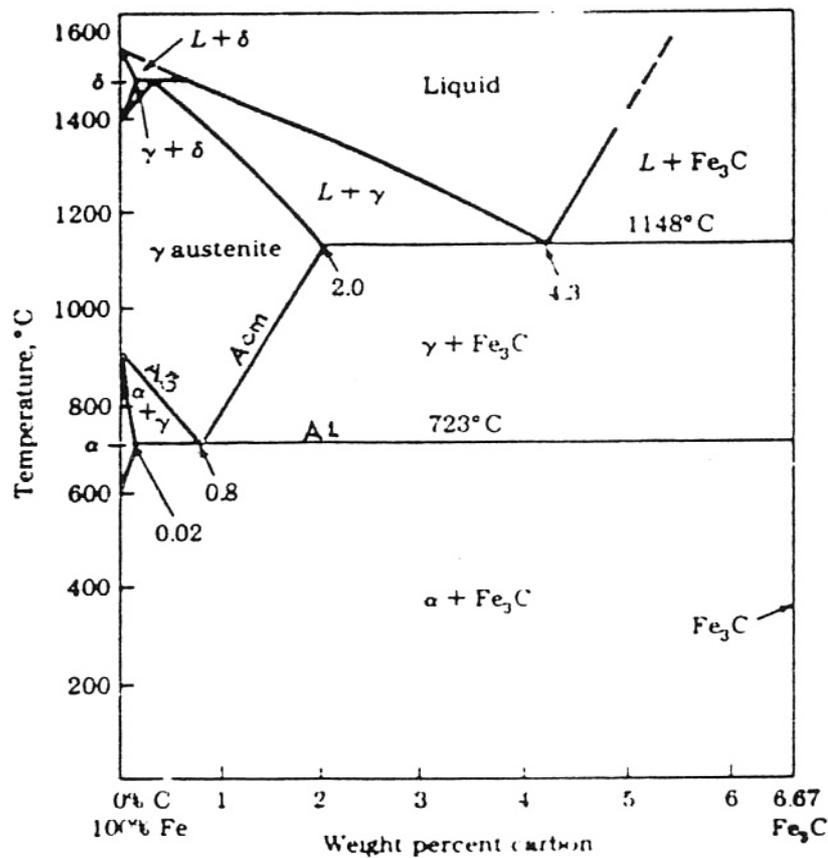
Kekerasan maksimum yang dapat dicapai setelah proses *hardening* banyak tergantung pada kadar karbon. Makin tinggi kadar karbonnya maka makin tinggi kekerasan yang dapat dicapai. Pada baja dengan kadar karbon rendah kenaikan kekerasan setelah dihardening hampir tidak berarti. Oleh karena itu pengerasan hanya dilakukan pada baja dengan kadar karbon yang memadai yaitu tidak kurang dari 0,30 % C. makin tinggi kadar karbon maka makin tinggi pula kekerasan maksimum yang dapat dicapai, juga kenaikan kekerasannya (dibandingkan dengan kekerasan sebelum pengerasan). Tetapi sampai pada batas tertentu sekitar 0,40 % C, kenaikan kekerasan ini mulai menurun.



Gambar 2.5. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan martensit

2.2.1.1. Temperatur Austenitising

Temperatur austenitising yang dianjurkan untuk melakukan proses *hardening* adalah $25^\circ - 50^\circ \text{C}$ diatas temperatur kritis A_3 untuk baja *hypoeutektoid* dan $25^\circ - 50^\circ \text{C}$ diatas temperatur kritis bawah A_1 untuk baja *hypereutektoid*.



Gambar 2.6. Diagram keseimbangan Fe-Fe₃C

Temperatur pemanasan yang hanya dibawah temperatur *eutektoid* tidak akan menghasilkan kenaikan kekerasan yang berarti karena pada pemanasan tersebut tidak akan terjadi austenit, sehingga pada pendinginan nantinya tidak akan dapat diperoleh martensit. Apabila pemanasan diteruskan ketemperatur yang lebih tinggi lagi maka akan diperoleh austenit dengan butiran yang terlalu kasar, sehingga apabila didinginkan kembali akan ada kemungkinan terjadi struktur yang terlalu getas dan juga tegangan yang terlalu besar yang dapat menimbulkan distorsi atau bahkan juga bisa menyebabkan retak.

2.2.1.2. Homogeneity Austenit

Pada pemanasan secara *equilibrium* akan dapat diperoleh struktur yang mempunyai komposisi yang homogen. Karena pada pemanasan yang sangat lambat ini atom-atom akan dapat berdifusi secara sempurna untuk mencapai keadaan yang homogen. Pada pemanasan yang lebih cepat, difusi yang terjadi masih belum sempurna sehingga keadaan yang homogen masih belum tercapai. jika keadaan tidak homogen ini terjadi pada austenit maka bila austenit ini didinginkan cepat (*diquench*) akan diperoleh martensit dengan kekerasan yang berbeda . karena masing-masing berasal dari austenit dengan kadar karbon yang berbeda.

Untuk membuat austenit menjadi lebih homogen maka 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 banyak tergantung pada laju pemanasan, makin tinggi laju pemanasannya maka makin panjang holding time yang harus diberikan. Pemanasan dengan menggunakan dapur listrik biasa tidak memerlukan *holding time* yang lama karena difusi sudah berlangsung cukup banyak selama pemanasan mendekati temperatur austenitising.

2.2.1.3. Laju Pendinginan

Untuk dapat memperoleh struktur yang sepenuhnya martensit maka laju pendinginan harus dapat mencapai laju pendinginan kritis (Critical Cooling Rate – CCR). Dengan laju pendinginan yang kurang dari CCR akan dapat mengakibatkan

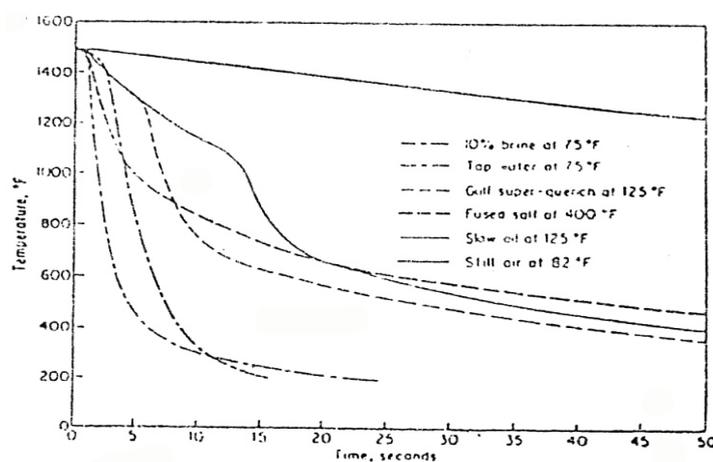
adanya sebagian austenit yang tidak bertransformasi menjadi martensit tetapi menjadi struktur lain. Apabila hal ini terjadi maka kekerasan maksimum tidak akan dapat tercapai.

Laju pendinginan yang terjadi pada suatu benda kerja tergantung pada beberapa faktor, terutama:

1. Jenis media pendingin
2. Temperatur media pendingin
3. Kuatnya sirkulasi pada media pendingin

Beberapa media pendingin yang sering digunakan pada proses hardening, diurut menurut kekuatan pendinginannya:

- Brine (air + 10 % garam dapur)
- Air
- Salt bath (garam cair, dipanaskan sampai mencair)
- Larutan minyak dalam air
- Minyak
- Udara



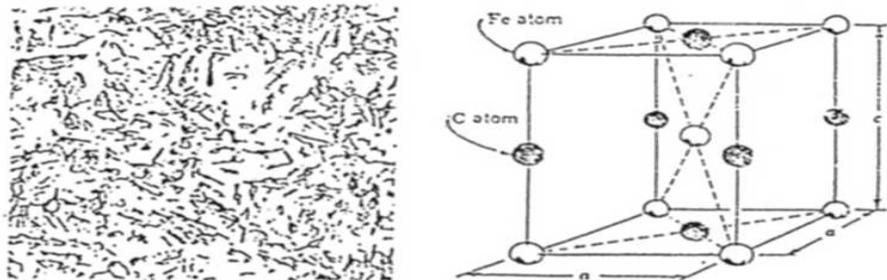
Gambar 2.7. kurva pendinginan yang terjadi pada suatu spesimen baja oleh berbagai media pendingin.

2.2.2. Tempering

Baja hasil *hardening* mempunyai tegangan dalam yang tinggi sehingga kekerasannya juga tinggi tetapi sangat getas. Dengan memanaskan kembali *martensit* hasil *hardening* maka *martensit* akan bertransformasi sehingga keuletan

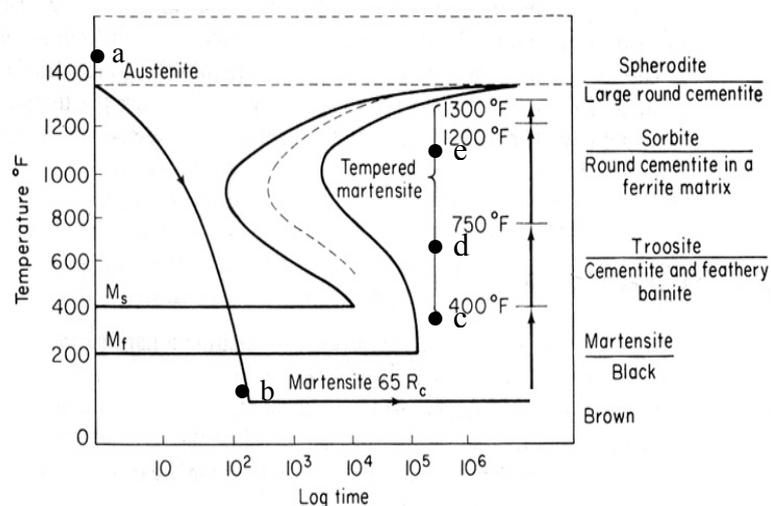
dan ketangguhannya akan kembali. Dengan kembalinya keuletan dan ketangguhan maka kekerasannya menjadi berkurang. *Tempering* adalah suatu proses yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan tegangan sisa dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhannya.

Tempering dilakukan dengan cara memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan pada temperatur dibawah temperatur kritis bawah, membiarkannya beberapa saat pada temperatur tersebut lalu didinginkan kembali. Dengan pemanasan kembali tersebut martensit yang merupakan suatu struktur metastabil yang berupa larutan padat lewat jenuh dari karbon yang terperangkap dalam struktur BCT (*Body Centered Tetragonal*) akan mengeluarkan karbon yang akan berpresipitasi sebagai karbida besi. Hal ini mengakibatkan struktur BCT menjadi BCC (*Body Centered Cubic*).



Gambar 2.8. (a) Struktur martensit (b) Unit sel struktur kristal BCT martensit

Sumber: Ilmu Logam II, Suherman Wahid



Gambar 2.9. TTT Diagram Baja Hypoeutectoid

Sumber: Materials Science and Metallurgy, Herman W. Pollack

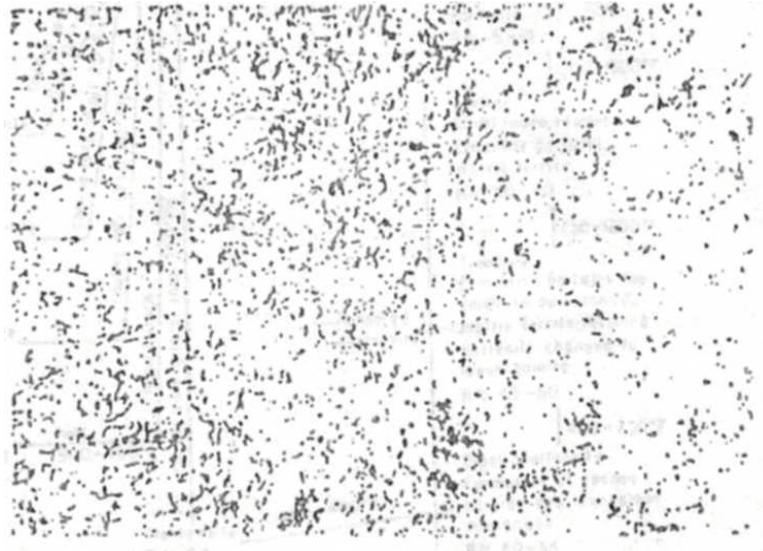
Baja karbon yang ditemper pada temperatur antara 40-200°C akan diperoleh struktur *black martensite* yang sudah berkurang *tetragonalnya* dan mulai terbentuk presipitat karbida besi yang sangat halus. Dalam hal ini baja masih mempunyai kekerasan yang tinggi, keuletan dan ketangguhan yang rendah dan sebagian tegangan sisa mulai hilang.

Apabila baja dipanaskan sampai temperatur 400°C menyebabkan epsilon karbida menjadi sementit yang sangat halus (belum tampak di mikroskop optik) yang bila dietsa tampak gelap. Martensit berubah menjadi ferit yang kadar karbonnya rendah dan austenit sisa menjadi bainit bawah. Dalam kondisi ini baja masih memiliki kekuatan yang tinggi walaupun agak menurun, keuletan sedikit naik, kekerasannya menurun dan ketangguhannya masih tetap rendah.



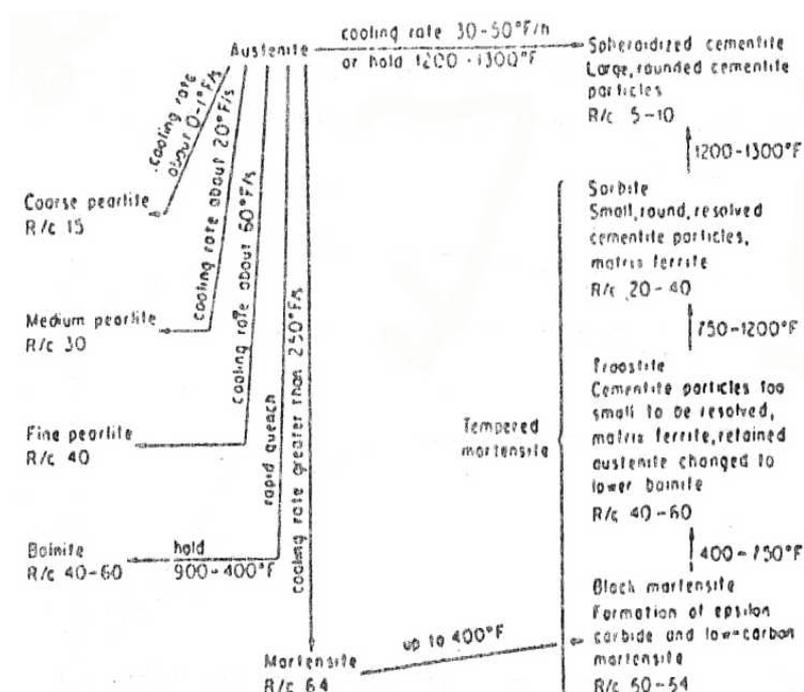
Gambar 2.10. Tempered dan untempered martensit pada baja 1045, water quenched, tempered 600° F.

Apabila pemanasan dilakukan sampai temperatur 600°C menyebabkan partikel sementit tumbuh lebih besar dan ferit mulai tampak jelas. Keseluruhan struktur tampak lebih cerah disebut juga sorbite. Kekuatan atau kekerasan baja banyak menurun, keuletan baja sudah lebih baik dan yang menonjol adalah kenaikan ketangguhan baja. Dalam hal ini baja mempunyai sifat mekanis yang sudah lebih baik daripada baja dalam kondisi asal. Perubahan sifat mekanis ini disebabkan oleh perubahan struktur mikro baja.



Gambar 2.11. Baja 1045, water quenched, tempered 1150° F

Pada proses tempering sebenarnya adalah proses pemberian energi panas kepada martensit, tentunya banyaknya energi yang disalurkan akan tergantung tidak hanya pada temperatur saja tetapi juga waktu. Dengan tempering diharapkan baja akan menjadi lebih ulet atau tangguh disamping memiliki kekerasan atau kekuatan yang cukup tinggi.

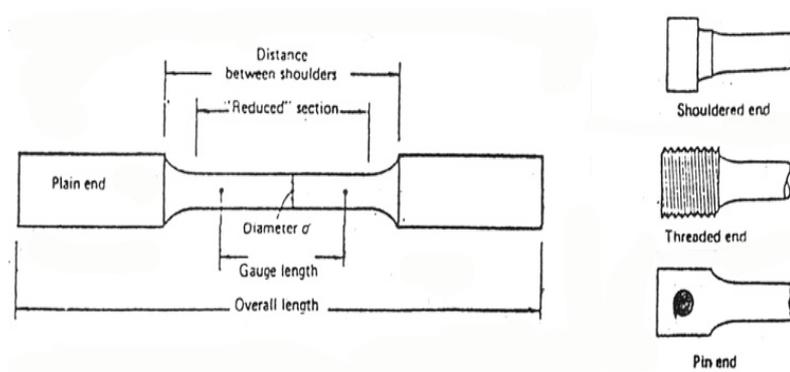


Gambar 2.12. Skema struktur yang terjadi pada pemanasan *martensit*

2.3. Pengujian Mekanis

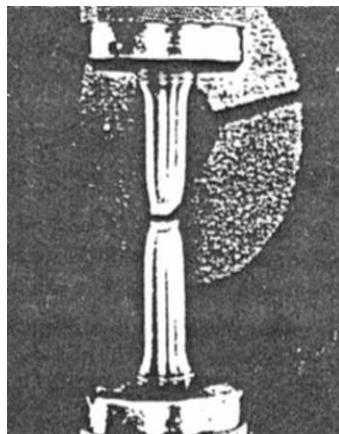
2.3.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pengujian tarik biasanya dilakukan terhadap spesimen atau batang uji standar. Bahan yang akan diuji tarik mula-mula dibentuk sesuai dengan batang uji yang sesuai standar yang digunakan.

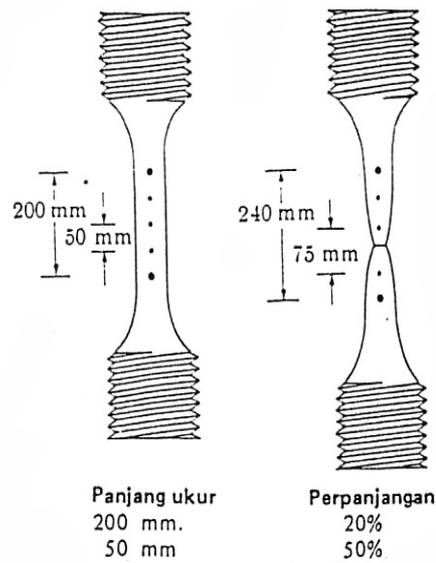


Gambar 2.13. Bentuk batang uji tarik

Pada pengujian tarik spesimen dikenai beban uji aksial yang semakin besar secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Benda uji akan ditarik perlahan-lahan sampai akhirnya benda uji tersebut menjadi patah. Penampang spesimen ditunjukkan seperti gambar berikut:



Gambar 2.14. Spesimen yang mengalami uji tarik



Gambar 2.15. Perpanjangan dan panjang ukur spesimen uji

Perubahan spesimen terhadap besarnya beban oleh mesin tarik diplot menjadi diagram (P- Δ L). Dari diagram tersebut dan dari pengukuran ulang terhadap dimensi spesimen yang telah diuji, dapat diketahui kekuatan tarik dan elongasinya dengan rumus sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P_u}{A_o} \quad (2.1)$$

$$\varepsilon = \frac{l_o - l_t}{l_o} \quad (2.2)$$

dimana :

σ = Kekuatan tarik (kg / mm²)

ε = Elongasi (%)

P_u = Beban tarik maksimum (kg)

A_o = Luas penampang awal (mm²)

l_o = Panjang uji mula-mula (mm)

l_t = Panjang setelah patah (mm)

2.3.2. Pengujian Kekerasan

Kekerasan sebenarnya merupakan suatu istilah yang sulit untuk didefinisikan secara tepat. Hal ini disebabkan karena setiap bidang ilmu dapat memberikan definisinya sendiri-sendiri yang sesuai dengan persepsi dan keperluannya. Cara pengujian kekerasan ada beberapa macam tergantung pada konsep yang dianut. Didalam bidang teknik yang menyangkut logam, kekerasan dinyatakan sebagai ukuran suatu daya tahan terhadap deformasi plastis atau indentasi.

Beberapa cara pengujian kekerasan standar yang digunakan untuk menguji kekerasan atau ketahanan terhadap indentasi pada logam yaitu:

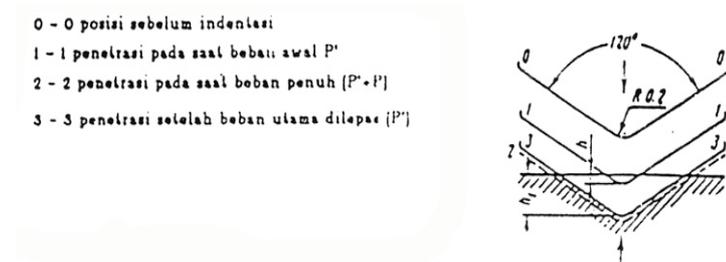
1. Pengujian *Brinell*.
2. Pengujian *Rockwell*.
3. Pengujian *Vickers*.

Dalam tugas akhir ini metode pengujian yang akan dipergunakan adalah pengujian *Rockwell*.

2.3.2.1. Pengujian *Rockwell*

Pada pengujian ini pengukuran langsung dilakukan oleh mesin dan mesin dapat dengan langsung menunjukkan angka kekerasan dari bahan yang diuji. Cara ini lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan dengan pengujian yang lainnya.

Pada cara pengujian *rockwell*, mula-mula permukaan logam yang diuji ditekan oleh indenter dengan gaya tekan 10 kg, beban awal (*minor load*, P_0), sehingga ujung *indenter* menembus permukaan sedalam h (lihat gambar 2.15). Setelah itu penekanan diteruskan dengan memberikan beban utama (*major load*, P) selama beberapa detik kemudian beban utama dilepas dan hanya tinggal beban awal. Pada saat ini kedalaman *penetrasi* ujung *indenter* adalah h_1 .



Gambar 2.16. Posisi pembebanan pengujian *Rockwell*

Kekerasan diperhitungkan berdasarkan perbedaan kedalaman penetrasi. Karena yang diukur adalah kedalaman *penetrasi*, termasuk panjang langkah gerakan *indentor*, maka pengukuran dapat dilakukan dengan menggunakan *dial indicator*, dengan sedikit modifikasi yaitu piringan penunjuknya menunjukkan skala kekerasan *rockwell*.

Dengan cara *rockwell* dapat digunakan beberapa skala. Hal ini tergantung dari jenis *indentor* dan besar beban utama yang digunakan. Beberapa macam skala dan jenis *indentor* serta besar beban utama dapat dilihat pada tabel 2.1.

Test	Load Kilograms	Indentor
A	60	Brale
B	100	1/16" ball
C	150	Brale
D	100	Brale
F	60	1/16" ball
G	150	1/16" ball

Tabel 2.1. Beban dan indentor untuk pengujian kekerasan *rockwell*.

Untuk mengukur kekerasan logam biasanya digunakan skala B atau C, dan angka kekerasannya dinyatakan dengan R_b dan R_c . Untuk skala B harus digunakan *indentor* berupa bola baja dengan diameter 1/16" dan beban utama 100kg. Kekerasan yang dapat diukur dengan *rockwell* B ini sampai R_b 100. apabila suatu pengukuran diperoleh angka diatas 100 maka pengukuran harus diulangi dengan menggunakan skala lain. Kekerasan yang diukur dengan menggunakan skala B ini relatif tidak terlalu tinggi. Untuk mengukur kekerasan logam yang lebih keras digunakan *rockwell* C (sampai angka kekerasan R_c 70) atau *rockwell* A untuk logam yang sangat keras.

Disamping jenis *rockwell* yang normal diatas, masih adapula yang disebut *superficial rockwell*. Pengukuran kekerasan *superficial Rockwell* ini menggunakan beban awal 3 kg. Indentornya berupa kerucut intan (*diamond cone, brale*) dan beban utama 15 kg, 30 kg atau 45 kg. Pengukuran kekerasan dengan menggunakan metode *superficial rockwell* ini digunakan untuk pengukuran kekerasan suatu spesimen yang tipis.

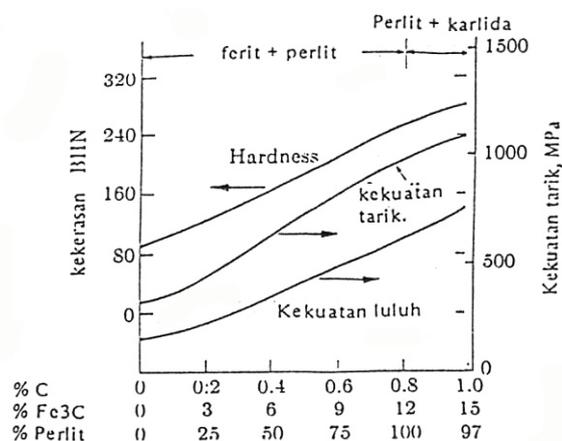
2.4. Pengujian Metalografi

Metalografi adalah suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop *optis*, mikroskop *electron* maupun *difraksi* sinar x. struktur logam yang terlihat melalui mikroskop disebut mikrostruktur.

Sampel yang akan dilihat strukturmikronya harus disiapkan terlebih dahulu melalui beberapa langkah, yaitu : pemotongan – pengampelasan kasar – pengampelasan halus – pemolesan – etsa. Setelah spesiman siap maka dilakukan pengamatan dengan menggunakan mikroskop dengan menggunakan pembesaran tertentu. Dari pengamatan secara mikroskopis ini dapat diketahui struktur butiran, ukuran butiran, bentuk, ukuran dan distribusi bermacam-macam fasa.

Pengamatan metalografi didasarkan pada perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang masuk kedalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (gelap, agak terang, dan terang). Apabila terhadap permukaan logam yang telah dihaluskandicelup kedalam suatu media kimia maka permukaan logam akan dilarutkan. Mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan logam yang diuji maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena.

Dari pengamatan metalografi ini dapat diramalkan sifat mekanis suatu logam. Hal ini akan lebih jelas dengan melihat grafik sebagai berikut:



Gambar 2.17. Kekerasan dan kekuatan fungsi dari kadar karbon, baja yang dianil dengan struktur mikro yang serupa.