

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Heat Treatment*

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

Adanya sifat *alotropik* dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. *Alotropik* itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Pada temperatur dibawah 910°C sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperatur antara 910°C dan 1392°C sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC) sedangkan temperatur diatas 1392°C sel satuannya kembali menjadi BCC.

Proses perlakuan panas ada dua kategori, yaitu :

1. *Softening* (Pelunakan) : Adalah usaha untuk menurunkan sifat mekanik agar menjadi lunak dengan cara mendinginkan material yang sudah dipanaskan didalam tungku (*annealing*) atau mendinginkan dalam udara terbuka (*normalizing*).

2. *Hardening* (Pengerasan) : Adalah usaha untuk meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara selup cepat (*quenching*) material yang sudah dipanaskan ke dalam suatu media *quenching* berupa air, air garam, maupun oli.

Tujuan dari *heat treatment* adalah :

1. Mempersiapkan material untuk pengolahan berikutnya.
2. Mempermudah proses machining.
3. Mengurangi kebutuhan daya pembentukan dan kebutuhan energi.
4. Memperbaiki keuletan dan kekuatan material.

5. Mengeraskan logam sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat.
6. Menghilangkan tegangan dalam.
7. Memperbesar atau memperkecil ukuran butiran agar seragam.
8. Menghasilkan permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet.

Kekerasan yang diperoleh bergantung pada kadar karbon baja yang diproses *Heat Treatment* merupakan proses pengubahan sifat logam, terutama baja, melalui pengubahan struktur mikro dengan cara pemanasan dan pengaturan laju pendinginan. *Heat treatment* merupakan mekanisme penguatan logam dimana logam yang akan kita ubah sifatnya sudah berada dalam kondisi solid. Dalam *heat treatment* kita memanaskan *specimen* sampai dengan *temperature austenisisasinya*.

Berikut adalah macam-macam proses *Heat Treatment* yang biasanya dilakukan :

2.1.1 Hardening

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejutan) berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejutan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapailah suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut. Karena logam menjadi keras melalui peralihan wujud struktur, maka perlakuan panas ini disebut juga pengerasan alih wujud.

Hardening dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan dan fatigue limit/ strength yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan (*temperatur autenitising*), holding time dan laju pendinginan yang dilakukan serta seberapa tebal bagian penampang yang menjadi keras banyak tergantung pada *hardenability*.

Kekerasan yang dicapai pada kecepatan pendinginan kritis (*martensit*) ini diiringi kerapuhan yang besar dan tegangan pengejutan, karena itu pada

umumnya dilakukan pemanasan kembali menuju suhu tertentu dengan pendinginan lambat. Kekerasan tertinggi (66-68 HRC) yang dapat dicapai dengan pengerasan kejut suatu baja, pertama bergantung pada kandungan zat arang, kedua tebal benda kerja mempunyai pengaruh terhadap kekerasan karena dampak kejutan membutuhkan beberapa waktu untuk menembus ke sebelah dalam, dengan demikian maka kekerasan menurun ke arah inti.

2.1.2 *Tempering*

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan memudakan (*tempering*). Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur *tempering* (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses tempering kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses anil (*annealing*) karena sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat.

Pada suhu 200°C sampai 300°C laju difusi lambat hanya sebagian kecil karbon dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Di antara suhu 500°C dan 600°C difusi berlangsung lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom besi dapat membentuk *cementit*.

- a) Menurut tujuannya proses *tempering* dibedakan sebagai berikut :
Tempering pada suhu rendah (150° – 300°C) *Tempering* ini hanya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kerapuhan dari baja, biasanya untuk alat-alat potong, mata bor dan sebagainya.
- b) *Tempering* pada suhu menengah (300° - 550°C) *Tempering* pada suhu sedang bertujuan untuk menambah keuletan dan kekerasannya sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban

berat, misalnya palu, pahat, pegas. Suhu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 500° C pada proses *tempering*.

c) Tempering pada suhu tinggi (550° - 650°C) *Tempering* suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

2.1.3 *Annealing*

Annealing adalah perlakuan panas logam dengan pendinginan yang lambat berfungsi untuk memindahkan tekanan internal atau untuk mengurangi dan menyuling struktur kristal (melibatkan pemanasan di atas temperatur kritis bagian atas). logam dipanaskan sekitar 25° C di atas temperatur kritis bagian atas, ditahan dalam beberapa waktu, kemudian didinginkan pelan-pelan di tungku perapian. Proses ini digunakan untuk memindahkan tekanan internal penuh sebagai hasil proses pendinginan. Berikutnya pendinginan logam diatur kembali di dalam sama benar untuk menurunkan energi bentuk wujud, tegangan yang baru dibebaskan dibentuk dan pertumbuhan butir dukung. Tujuannya untuk menghilangkan internal stress pada logam dan untuk menghaluskan grain (batas butir) dari atom logam, serta mengurangi kekerasan, sehingga menjadi lebih ulet. *Annealing* terdiri dari 3 proses yaitu :

a) *Fase recovery*

Fase recovery adalah hasil dari pelunakan logam melalui pelepasan cacat kristal (tipe utama dimana cacat linear disebut dislokasi) dan tegangan dalam.

b) *Fase rekristalisasi*

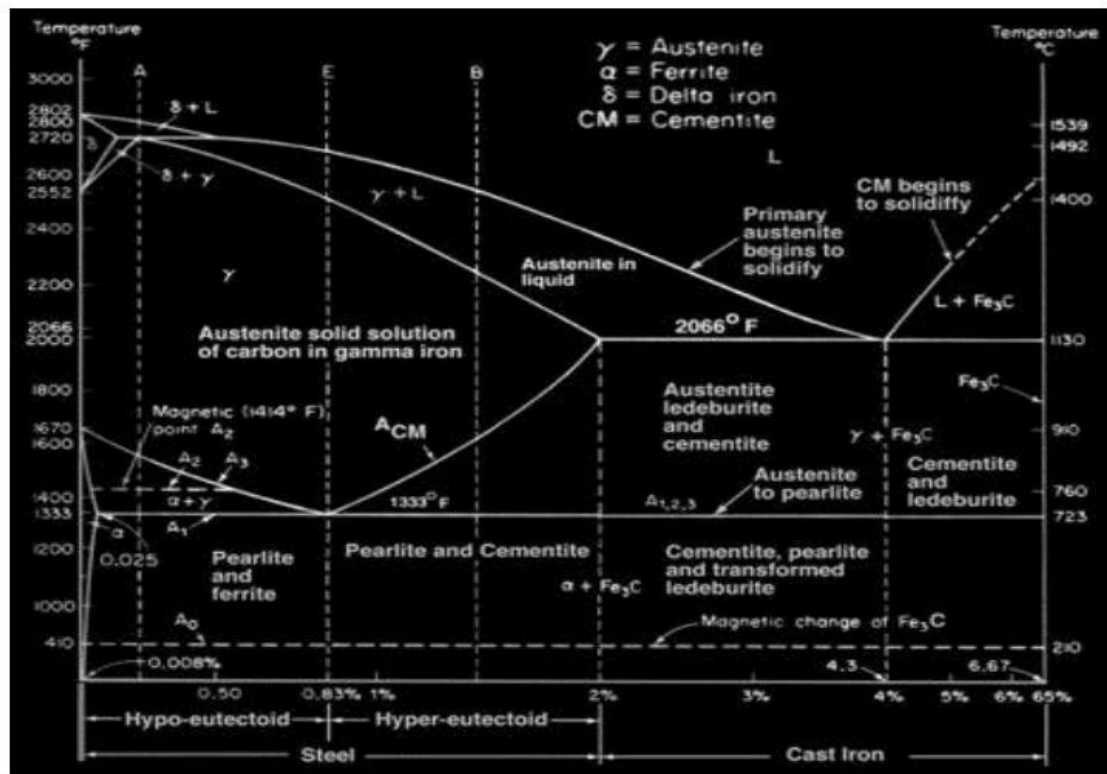
Fase rekristalisasi adalah fase dimana butir *nucleate* baru dan tumbuh untuk menggantikan cacat- cacat oleh tegangan dalam.

c) *Fase grain growth* (tumbuhnya butir)

Fase grain growth (tumbuhnya butir) adalah fase dimana mikrostruktur mulai menjadi kasar dan menyebabkan logam tidak terlalu memuaskan untuk proses pemesinan.

2.1.4 Normalizing

Normalizing adalah perlakuan panas logam di sekitar 40°C di atas batas kritis logam, kemudian di tahan pada temperatur tersebut untuk masa waktu yang cukup dan dilanjutkan dengan pendinginan pada udara terbuka. Pada proses pendinginan ini temperatur logam terjaga untuk sementara waktu sekitar 2 menit per mm dari ketebalan-nya hingga temperatur spesimen sama dengan temperatur ruangan, dan struktur yang diperoleh dalam proses ini diantaranya *perlit* (*eutectoid*), *perlit brown ferrite* (*hypoeutectoid*) atau *perlit brown cementite* (*hypereutectoid*). *Normalizing* digunakan untuk menyuling struktur butir dan menciptakan suatu *austenite* yang lebih homogen ketika baja dipanaskan kembali. (www.steelindonesia.com)



Gambar 2.1 Diagram fasa Fe-Fe₃C

Dari gambar diatas dapat diterangkan atau dibaca diantaranya :

1. Pada kandungan karbon mencapai 6.67% terbentuk struktur mikro dinamakan *Cementit* Fe₃C (dapat dilihat pada garis vertikal paling kanan). Sifat – sifat *cementit* diantaranya sangat keras dan sangat getas

2. Pada sisi kiri diagram dimana pada kandungan karbon yang sangat rendah, pada suhu kamar terbentuk struktur mikro *ferit*.
3. Pada baja dengan kadar karbon 0.83%, struktur mikro yang terbentuk adalah *Perlit*, kondisi suhu dan kadar karbon ini dinamakan titik *Eutectoid*.
4. Pada baja dengan kandungan karbon rendah sampai dengan titik *eutectoid*, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara *ferit* dan *perlit*.
5. Pada baja dengan kandungan titik *eutectoid* sampai dengan 6.67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara *perlit* dan *sementit*.
6. Pada saat pendinginan dari suhu leleh baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro *Ferit Delta* lalu menjadi struktur mikro *Austenit*.
7. Pada baja dengan kadar karbon yang lebih tinggi, suhu leleh turun dengan naiknya kadar karbon, peralihan bentuk langsung dari leleh menjadi *Austenit*.

2.1.5 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 *austenite*, difusi karbon dan unsur paduannya. Pedoman untuk menentukan *holding time* dari berbagai jenis baja pada yang umum diantaranya sebagai berikut.

- Baja Konstruksi dari Baja Karbon dan Baja Paduan Rendah; yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasannya dianggap sudah memadai.
- Baja Konstruksi dari Baja Paduan Menengah dianjurkan menggunakan *holding time* 15 – 25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.
- *Low Alloy Tool Steel*; memerlukan *holding time* yang tepat agar kekerasan yang diinginkan dapat tercapai. Dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda, atau 10 – 30 menit.

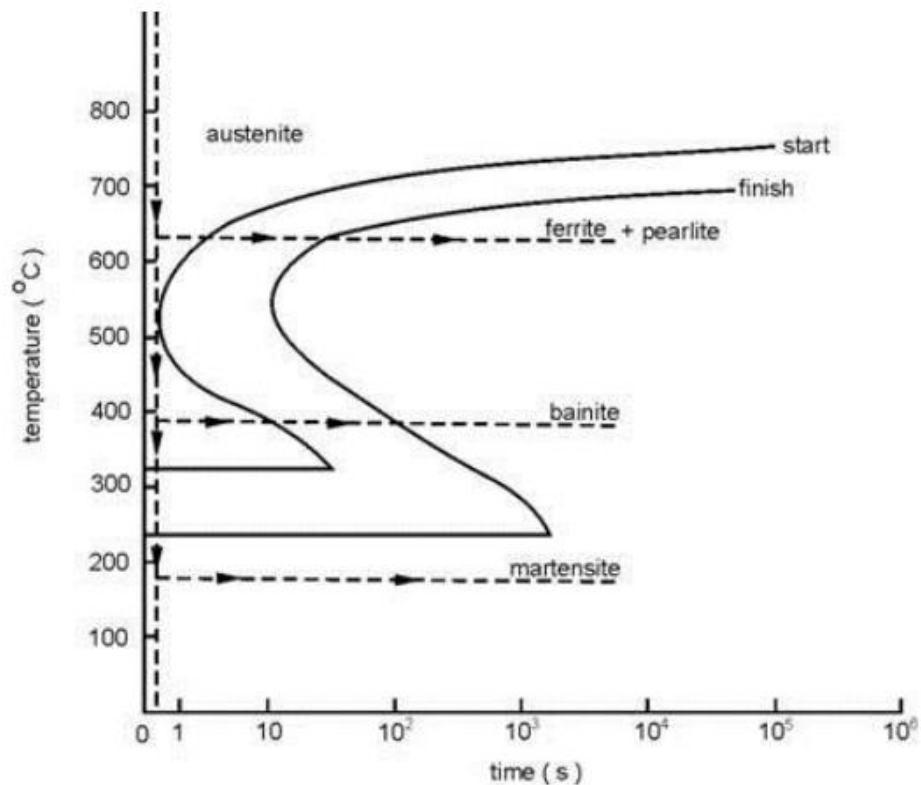
- *High Alloy Chrome Steel*; Membutuhkan *holding time* yang paling panjang diantara semua baja perkakas, juga tergantung pada temperatur pemanasannya. Juga diperlukan kombinasi temperatur dan *holding time* yang tepat. Biasanya dianjurkan menggunakan 0,5 menit per millimeter tebal benda dengan minimum 10 menit, maksimum 3 jam.
- *Hot Work Tool Steel*; mengandung karbida yang sulit larut, baru akan larut pada suhu 1000° C. Pada temperatur ini kemungkinan terjadinya pertumbuhan butir sangat besar, karena itu *holding time* harus dibatasi, 15 – 30 menit.
- *High Speed Steel*; memerlukan temperatur pemanasan yang sangat tinggi 1200° C - 1300° C. Untuk mencegah terjadinya pertumbuhan *holding time* diambil hanya beberapa menit saja. (jurnal, 2008)

2.1.6 Quenching

Proses *quenching* melibatkan beberapa faktor yang saling berhubungan. Pertama yaitu jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan *hardenbility* dari logam tersebut. *Hardenbility* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu. Selain itu, dimensi dari logam juga berpengaruh terhadap hasil proses *quenching*.

A. Pendinginan tidak menerus

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram *Isothermal Tranformation Diagram* dibawah ini.



Gambar 2.2 Isothermal Transformation Diagram

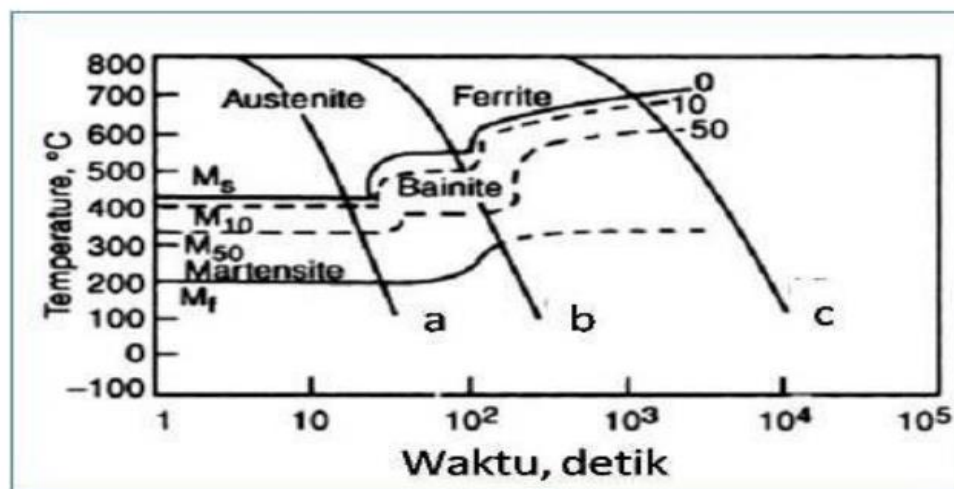
Berikut beberapa penjelasan tentang diagram diatas :

- Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja tersebut
- Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0.83% yang ditahan suhunya dititik tertentu dan letaknya dibagian atas dari kurva C, akan menghasilkan struktur *perlit* dan *ferit*.
- Jika ditahan suhunya pada titik tertentu bagian bawah kurva C tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro *Bainit* (lebih keras dari *perlit*).
- Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur *Martensit* (sangat keras dan getas).
- Semakin tinggi kadar karbon, maka kedua buah kurva C tersebut akan bergeser kekanan.
- Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih

besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil.

B. Pendinginan Terus menerus

Dalam prakteknya proses pendinginan pada pembuatan material baja dilakukan secara menerus mulai dari suhu yang lebih tinggi sampai dengan suhu rendah. Pengaruh kecepatan pendinginan terus menerus terhadap struktur mikro yang terbentuk dapat dilihat dari diagram *Continuous Cooling Transformation Diagram*.



Gambar 2.3 *Continuous Cooling Transformation Diagram*.

Penjelasan diagram:

- Kurva pendinginan (a) menunjukkan pendinginan secara kontinyu yang sangat cepat dari temperatur *austenite* sekitar 920° C ke temperature 200° C. Laju pendinginan cepat ini menghasilkan *dekomposisi* fasa *austenite* menjadi *martensit*. Fasa *Austenite* akan mulai *terdekomposisi* menjadi *martensit* pada Temperatur M_s, *martensite start*. Sedangkan akhir pembentukan *martensit* akan berakhir ketika pendinginan mencapai temperatur M_f, *martensite finish*.
- Kurva pendinginan (b) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju sedang/medium dari temperatur 920° C ke 250° C. Dengan laju pendinginan kontinyu ini fasa *austenite terdekomposisi* menjadi struktur *bainit*.

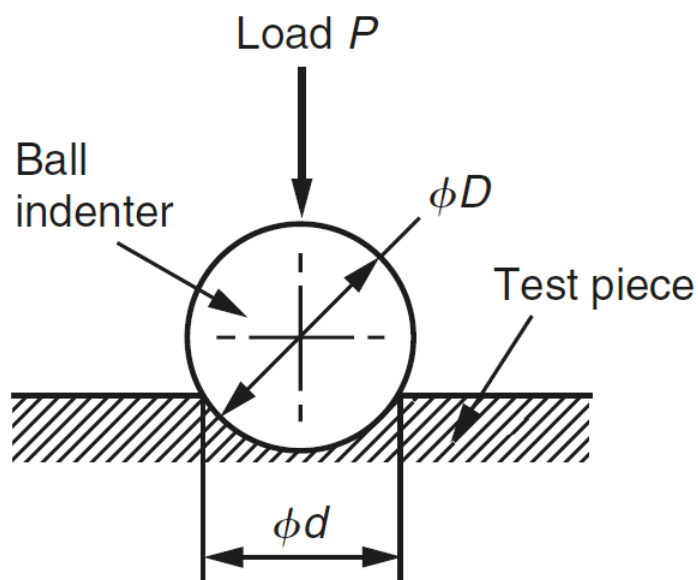
- Kurva pendinginan (c) menunjukkan pendinginan kontinyu dengan laju pendinginan lambat dari temperatur 920°C ke 250°C . Pendinginan lambat ini menyebabkan fasa *austenite terdekomposisi* menjadi fasa *ferit* dan *perlit*.

2.2 Pengujian Kekerasan

Uji kekerasan merupakan uji bahan untuk mengetahui ketahanan plastis dari suhu permukaan benda uji terhadap penetrasi. Beberapa macam uji kekerasan adalah *Ball indentation test (Brinel)*, *Cone indentation test (Rockwell)*.

2.2.1 Ball Indentation test (Brinel)

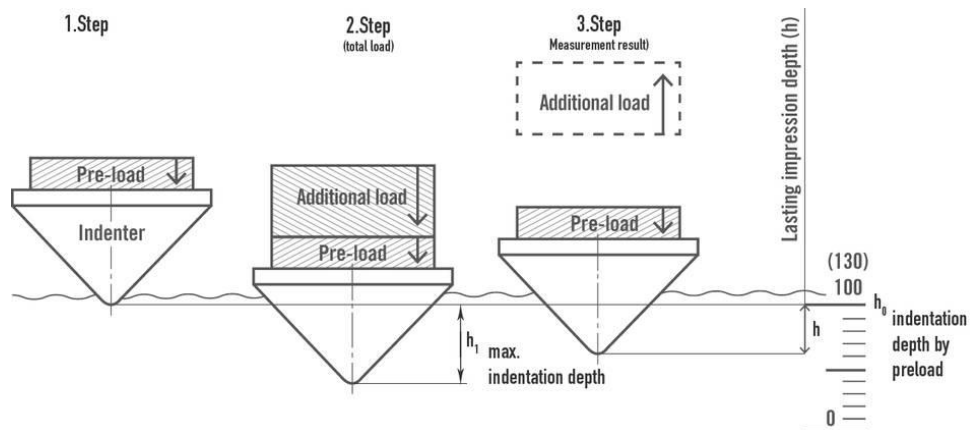
Pada dasarnya *ball indentation test* atau sering disebut sebagai metode *brinel*. Metode *brinel* adalah pengujian kekerasan berdasarkan nilai tekanan bola baja dengan beban tertentu diatas permukaan benda uji, sehingga menimbulkan bekas identasi atau bekas penekanan. Lubang bekas tekanan tersebut kemudian diukur luasnya dalam A mm^2 , sedangkan beban yang diberikan tersebut diukur dalam F kg sehingga diperoleh nilai kekerasan *brinel*.



Gambar 2.4 Posisi Beban Penekanan Metode *Brinell*.

2.2.2 Cone Indentation Test (Rockwell)

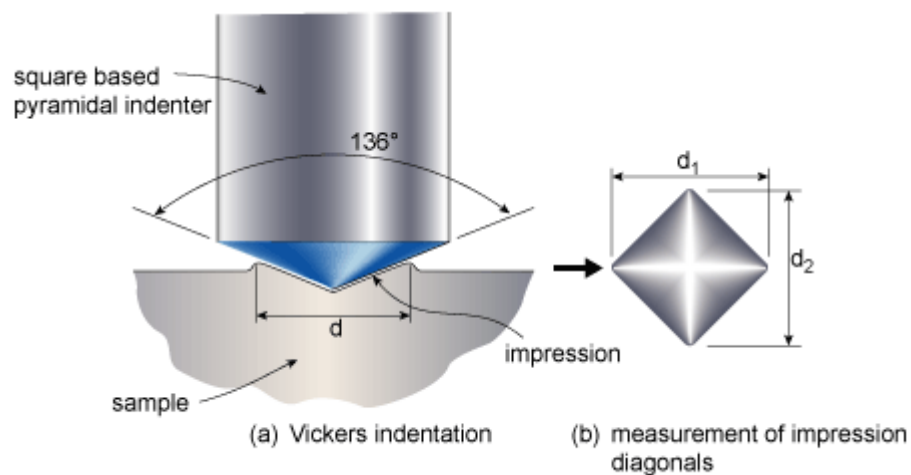
Cone indentation test atau pengujian kekerasan metode *rockwell* , pada dasarnya uji kekerasan bahan menggunakan penekan yang terbuat dari permata atau baja yang berujung piramida tersebut 120° . Pada uji ini, mula mula benda uji diberi beban awal sebesar 10 kg, lalu beban sesungguhnya 90 kg untuk penekanan baja skala B atau seberat 140 kg untuk penekanan baja skala A, kemudian semua beban dilepaskan dan diukur lubang penekanan, perlu diketahui bahwa kemampuan pengukuran kekerasan metode *rockwell* maksimal adalah 68 Rc.



Gambar 2.5 Posisi Beban Penekanan Metode *Rockwell*.

2.2.3 *Pyramide Indentation Test (Vickers)*

Pyramide indentation test atau sering dikenal dengan pengujian kekerasan bahan metode *vickers*. Metode ini dalam pengukurannya menggunakan beban tekan sebesar 5 kg, 10 kg, 20 kg, 50 kg, 100 kg, atau 120 kg dan menggunakan penekanan yang diperkeras berbentuk piramida dengan muka lawan sudut $\alpha = 136^\circ$.



Gambar 2.6 Posisi Beban Penekanan Metode *Vickers*.

2.3 Mikro Struktur Logam

Struktur mikro merupakan struktur yang dapat diamati dibawah mikroskop optik. Meskipun dapat pula diartikan sebagai hasil dari pengamatan menggunakan scanning electron microscope (SEM). Mikroskop optik dapat memperbesar struktur hingga 1500 kali.



Gambar 2.7 Gambar Struktur Mikro Logam

Pemeriksaan pada mikro struktur dari bahan logam untuk mengetahui keadaan struktur bahan tersebut dalam hubungannya dalam sifat bahan tersebut sebelum atau sesudah proses perlakuan panas. Sebagaimana telah kita pelajari bahwa sifat bahan khususnya bahan logam sangat dipengaruhi oleh struktur serta komposisi unsur dari logam tersebut, oleh karena itu dalam proses perbaikan sifat bahan sering dilakukan dengan cara merubah struktur bahan tersebut melalui proses perlakuan panas.

Untuk dapat mengamati struktur mikro sebuah material oleh mikroskop optik, maka harus dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan pemolesan secara bertahap hingga lebih halus dari 0,5 mikron. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan ampelas secara bertahap dimulai dengan grid yang kecil (100) hingga grid yang besar (2000). Dilanjutkan dengan pemolesan oleh mesin poles dibantu dengan larutan pemoles.
2. Etsa dilakukan setelah memperluas struktur mikro. Etsa adalah membilas atau mencelupkan permukaan material yang akan diamati ke dalam sebuah larutan kimia yang dibuat sesuai kandungan paduan logamnya. Hal ini dilakukan untuk memunculkan fasa-fasa yang ada dalam struktur mikro.

2.3.1 Metalografi

Metalografi adalah cara untuk melihat struktur mikro dari sebuah paduan. Metalografi juga dilakukan untuk melihat fasa, persen fasa, ukuran butiran, pemeriksaan mikro memberikan informasi karakteristik-karakteristik struktural mikro seperti ukuran butiran, bentuk dan distribusi fasa-fasa kedua dan inklusi-inklusi non metalik.

Pengetahuan mengenai semua ini memberikan kemungkinan bagi seseorang ahli metalurgi untuk dapat memperkirakan dengan pertimbangan ketepatan sifat-sifat atau perilaku dari logam ketika digunakan untuk tujuan tertentu. Struktur mikro dalam batasan tertentu, mampu memberikan sejarah yang hampir lengkap dari logam tertentu yang telah mengalami perlakuan mekanik maupun perlakuan panas.

Di industri-industri bahan dan metalurgi, analisis struktur mikro digunakan secara luas untuk spesifikasi bahan, kendali mutu bahan, evaluasi proses dan analisis kerusakan logam.

2.3.2 Fungsi Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi mikro dari suatu logam. Pengamatan ini biasanya melibatkan batas butir dan fasa-fasa yang ada dalam logam atau paduan tersebut.

2.4 Besi Tuang (*Cast Iron*)

Sebagaimana namanya besi ini dibuat dengan cara dituang atau dicor, bahan ini diperoleh dari besi gubal, besi gubal ini dilebur untuk memperoleh tingkat kandungan karbon yang diinginkan kemudian dituang atau dicor atau dicetak untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan.

2.4.1 Komposisi Besi Tuang

Komposisi besi tuang adalah unsur-unsur kimia yang digunakan dalam proses pengolahan dan pengecoran, terutama pada komponen-komponen mesin yang menggunakan besi tuang.

Komposisi dari besi tuang terdiri dari 5 yaitu:

1. Karbon

Karbon sebagai unsur paling penting mempunyai pengaruh sangat besar terhadap sifat mekanik, seperti: kekuatan tarik, regangan patah, kekerasan, dll. Jumlah karbon di dalam besi tuang sekitar 2-3,7 %, dia menempatkan diri pada dua kondisi, yaitu membentuk senyawa kimia Fe_3C yang dikenal dengan sementit, dan dalam keadaan bebas yang dikenal dengan grafit.

2. Silikon

Silikon memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan sifat mekanik. Karbon dan silikon mempunyai fungsi yang mirip, kedua-duanya mendorong pembentukan grafit sehingga kandungan kedua unsur ditentukan berdasarkan harga tingkat kejenuhan karbon (*sattigungsgrad*). Silikon ditambahkan sekitar 1,4-2,3% untuk menggalakkan pembentukan grafit. Silikon didalam besi menempatkan diri didalam ferit.

3. Fosfor

Fosfor bahan ini membuat besi mudah mencair dan bertambah getas. bila kandungan fosfor lebih dari 0.3 persen besi tuang menjadi kehilangan

kekuatannya dan tidak mudah dikerjakan dan bila besi yang diinginkan amat halus dan tipis maka kandungan fosfornya bervariasi antara 1% - 1,5% . fosfor di dalam besi tuang hingga 0,3% akan membentuk senyawa Fe_3P dan mampu alir menjadi lebih tinggi karena suhu eutektik turun hingga 956 0 C. fosfor diperlukan untuk pembuatan benda cor tipis, namun pemberian terlalu banyak bisa mengakibatkan timbulnya lubang-lubang kecil pada permukaan, maka kandungan fosfor dibatasi antara 0,2-2,0%.

4. Mangan

Bahan ini membuat besi tuang kuat dan getas dan kandungan mangan tidak boleh dari 0,7%. Mangan dibutuhkan untuk merangsang pembentukan struktur perlit, juga diperlukan untuk mengikat sulfur membentuk senyawa MnS . Jumlah kandungan mangan sekitar 0,5-0,7%.

5. Sulfur

Sulfur bahan ini membuat besi tuang keras dan getas. adanya bahan ini membuat besi tuang cepat mengeras , yang berakibat adanya cacat yang berupa pori2 udara yang terperangkap kandungan belerang umumnya tidak lebih dari 0.1 persentidak memberikan keuntungan, justru merugikan karena pada saat cair, besi menjadi kental dan pada saat padat besi menjadi rapuh. Kandungan sulfur maksimal 0,15%. Sulfur masuk ke dalam besi karena kontak langsung dengan kokas atau terbawa oleh bahan baku: pig iron (besi kasar), besi cor bekas atau baja bekas.

2.4.2 Jenis Besi Tuang

Ada beberapa jenis Besi Tuang (*Cast Iron*) yaitu

1. Besi Tuang Putih (*White Cast Iron*).

Dimana Besi Tuang ini seluruh karbonnya berupa Sementit sehingga mempunyai sifat sangat keras dan getas. Mikro strukturnya terdiri dari Karbida yang menyebabkan berwarna Putih.

2. Besi Tuang Mampu Tempa (*Malleable Cast Iron*)

Besi Tuang jenis ini dibuat dari besi tuang Putih dengan melakukan *heat treatment* kembali yang tujuannya menguraikan seluruh gumpalan graphite (Fe_3C) akan terurai menjadi matriks *Ferrite*, *Pearlite* dan *Martensite*. Mempunyai sifat yang mirip dengan Baja.

3. Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*).

Jenis Besi Tuang ini sering dijumpai (sekitar 70% besi tuang berwarna abu-abu). Mempunyai graphite yang berbentuk FLAKE. Sifat dari Besi Tuang ini kekuatan tariknya tidak begitu tinggi dan keuletannya rendah sekali (*Nil Ductility*).

4. Besi Tuang Nodular (*Nodular Cast Iron*)

Nodular Cast Iron adalah perpaduan besi tuang kelabu. Ciri besi tuang ini bentuk graphite flake dimana ujung – ujung flake berbentuk takikan yang mempunyai pengaruh terhadap ketangguhan, keuletan & kekuatan oleh karena untuk menjadi lebih baik, maka graphite tersebut berbentuk bola (spheroid) dengan menambahkan sedikit inoculating agent, seperti magnesium atau calcium silicide. karena besi tuang mempunyai keuletan yang tinggi maka besi tuang ini di kategorikan ductile cast iron.

2.4.3 Sifat Besi Tuang

Sifat-sifat besi tuang diantaranya :

- a. Keras dan mudah melebur dan mencair
- b. Getas sehingga tidak dapat menahan lenturan.
- c. Temperatur leleh 1250°C .
- d. Tidak berkarat.
- e. Tidak dapat diberi muatan magnet.
- f. Dapat dikeraskan dengan cara dipanasi kemudian didinginkan secara mendadak Menyusut waktu pendinginan.
- g. Kuat dalam menaha gaya desak tetapi lemah dalam menahan gaya tarik, kuat desaknya sekitar 600 Mpa, ada yang kuat tariknya sekitar 50 Mpa.
- h. Tidak dapat disambung dengan paku keling atau dilas, dua buah besi tuang hanya dapat disambung dengan baut dan sekrup.

2.4.4 Aplikasi Besi Tuang

Aplikasi pada besi tuang :

- a. pipa yang menahan tekanan luar sangat tinggi
- b. tutup lubang saluran drainase dan alat saniter yang lain
- c. bagian struktur rangka yang menahan gaya desak
- d. bagian mesin, blok mesin, dan sebagainya
- e. pintu gerbang, tiang lampu dan sebagainya,
- f. sendi, roll, jembatan

2.5 Besi Cor Nodular (FCD)

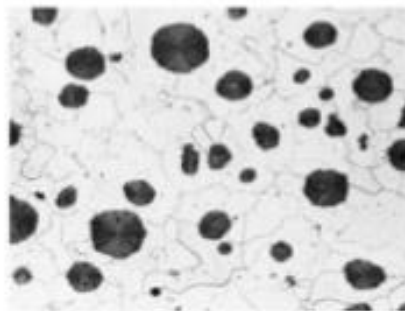
Besi Cor Nodular (BCN) yang juga dikenal dengan Besi Cor Ulet (ductile), karena sifat- sifatnya dewasa ini makin banyak dipakai dalam pembuatan komponen-komponen mesin. Besi cor nodular (BCN) atau istilah lain FCD/Ferro Casting Ductile adalah jenis besi dengan kandungan karbon diatas 2,06 %, memiliki matrik perlit dan/atau ferit dan mengandung grafit berbentuk bulat. Besi cor nodular dalam kondisi as-cast tanpa paduan khusus memiliki sifat-sifat mekanik yang cukup baik dapat dilihat dari Tabel 1 berikut yang diambil dari JIS Handbook.

Dengan mampu tarik yang berkisar antara 37 kgf/mm² s/d 80 kgf/mm² maka besi cor nodular dapat dijadikan alternatif pengganti baja.

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Besi Cor Nodular 700 Menurut Standar JIS

No	Kualitas	Kuat tarik	Elongasi	Kekerasan
		(Kgf/N/mm ²)	(%)	(BHN)
1	FCD 37	37	17 min.	179 maks.
2	FCD 40	40	12 min.	201 maks.
3	FCD 45	45	10 min.	143 s/d 217
4	FCD 50	50	7 min.	170 s/d 241
5	FCD 60	60	3 min.	192 s/d 269
6	FCD 70	70	2 min.	229 s/d 302
7	FCD 80	80	2 min.	248 s/d 352

Salah satu kelebihan besi cor nodular yaitu temperatur cair besi cor nodular lebih rendah daripada baja cor sehingga proses pengecorannya menjadi lebih mudah dan murah dibanding baja cor, maka dewasa ini banyak komponen mesin yang memakai bahan dari besi cor nodular.



Gambar 2.8 Struktur Mikro Besi Cor Nodular

Grafrit pada besi cor nodular menempati 10 – 15% dari volume total material serta tersebar merata didalam struktur dasar (matriks) yang mirip dengan baja karbon. Oleh karena itu sifat-sifat mekanik dari besi cor nodular dapat dihubungkan secara langsung dengan mampu tarik dan keuletan dari matriks yang dimilikinya sebagaimana halnya dengan baja karbon.

Namun demikian karena didalam struktur besi cor nodular juga terdapat grafit, maka mampu tarik, modulus elastisitas maupun ketahanan impak secara proporsional akan lebih rendah dari baja karbon dengan matriks yang serupa.

Matriks besi cor nodular bervariasi dari mulai struktur ferit yang lunak dan ulet sampai dengan struktur perlit yang lebih keras serta kuat bahkan struktur-struktur yang hanya dapat dicapai melalui penambahan bahan paduan maupun melalui perlakuan panas seperti martensit dan bainit.