

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Ball Mill

*Ball mill* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk proses penggerusan batuan mineral, hal ini dikarenakan alat tersebut mampu menghasilkan butiran halus (*fine particulate*). Mesin *ball mill* umumnya terdiri dari sebuah drum/silinder yang berputar dengan kecepatan yang rendah, dimana di dalamnya terdapat sejumlah bola-bola (*grinding ball*) yang berfungsi sebagai penggerus, umumnya *grinding ball* dan batuan mineral tersebut berjumlah 50% dari volume drum tersebut. Mekanisme penggerusan yang dilakukan oleh *grinding ball* dalam mesin *ball mill* melibatkan tiga jenis gaya, diantaranya gaya impak, gaya robek (*chipping*) dan gaya gesek.



**Gambar 2.1** Mesin *Ball Mill*

Sumber: <https://thesimpleacre.blogspot.com/2013/11/carakerjamesinallmil-diulas.html>

Prinsip kerja dari mesin *ball mill* adalah memutar tabung berisi bola-bola baja dan mineral yang akan dihaluskan, proses penghalusan terjadi karena tabung yang berputar membuat bola-bola di dalamnya menggelinding, menggerus, dan menggiling seluruh material yang ada di dalamnya sampai halus. Jika kecepatan putarannya terlalu tinggi maka bola-bola akan menempel pada dinding tabung karena terkena gaya

sentrifugal sehingga hasil akhirnya tidak maksimal. (Nurjaman Fajar. 2012)

## 2.2. Grinding Ball

*Grinding ball* adalah komponen terpenting dalam mesin *ball mill*, dimana komponen ini menerima gesekan dan impak yang sangat tinggi sehingga menyebabkan performa bola ini dibatasi oleh umur pakai dari komponen tersebut.



**Gambar 2.2** Grinding Ball

**Sumber :** [mechaplan.wordpress.com](http://mechaplan.wordpress.com)

Umur pakai *grinding ball* yang tinggi dapat diperoleh dengan cara melakukan pemilihan material yang tepat dengan sifat-sifat mekanik seperti nilai kekerasan dan ketangguhan yang optimal. (Nurjaman Fajar.2012)

## 2.3. Heat Treatment

*Heat treatment* adalah proses perlakuan panas pada suatu material yang bertujuan untuk merubah struktur mikro pada material. *Heat treatment* ini dapat mempengaruhi sebagian besar sifat-sifat material khususnya material logam karena dapat mengalami peningkatan secara drastis, oleh karena itu perubahan struktur mikro pada material logam sangat dipertimbangkan.



**Gambar 2.3** Proses Heat Treatment

**Sumber :** <http://www.grsforging.com/facilities-services/heat-treatment/>

Secara umum struktur logam yang paling stabil diproduksi ketika dipanaskan hingga keadaan austenitik dan didinginkan secara perlahan dibawah kondisi hampir seimbang. Jenis *treatment* yang sering disebut *annealing* atau *normalizing*, menghasilkan struktur yang memiliki tingkat tegangan sisa rendah dan struktur dapat diprediksi dari diagram keseimbangan. Namun sifat-sifat yang menarik perhatian adalah dapat menunjukkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi, biasanya disertai dengan tingkat residu yang tinggi (Totten George E.2007)

#### **2.4. Quenching**

Quenching adalah sistem pendinginan pada material yang telah diberikan perlakuan panas dengan cara pencelupan pada media pendingin berupa fluida berupa air, oli dan udara/gas. Tujuan utama quenching adalah menghasilkan material dengan kekerasan yang baik.

Proses quenching akan optimal jika selama transformasi struktur austenit dapat dirubah secara keseluruhan membentuk struktur martensit. Dimana hal-hal yang dapat menjamin keberhasilan quenching adalah temperatur pengerasan, waktu penahanan, laju pemanasan, metode pendinginan, media pendingin dan kemampuan pengerasan material. (Adawiyah Rabiatul.2015)

Dibawah ini adalah beberapa media quenching yang digunakan pada proses quenching :

- a. Air

Air adalah media yang paling banyak digunakan untuk proses quenching karena biaya yang murah dan mudah digunakan serta pendinginan yang cepat. Air dapat memberikan pendinginan yang sangat cepat sehingga dapat menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retakan.

b. Air garam

Proses quenching dengan menggunakan media air garam ini memiliki beberapa keuntungan yaitu suhu dapat merata pada air garam, proses pendinginan merata, tidak ada oksidasi, karburasi dan dekarburisasi selama proses pendinginan

c. Udara

Quenching dengan media udara lebih lambat dibandingkan dengan beberapa media pendingin lain, akibat dari lambatnya pendinginan ini memungkinkan terjadinya tegangan dalam dan distorsi

d. Oli

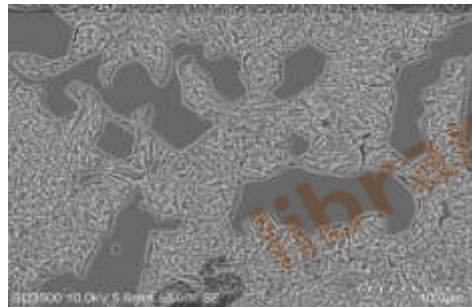
Quenching dengan media oli biasanya digunakan pada material kritis antara lain material yang mempunyai bagian tipis dan ujung yang tajam. Dikarenakan oli sebagai media pendingin yang lebih lunak maka dapat memungkinkan tegangan dalam, distorsi dan retakan kecil

(Adawiyah Rabiatul.2015)

## 2.5. Besi Cor Putih

Besi cor adalah salah satu bahan yang mempunyai beberapa paduan unsur yaitu karbon (C), Silica (Si), mangan (Mn), fosfor (P), dan Sulfur (S) dan unsur lainnya. Daerah komposisi kimia ditetapkan dalam diagram keseimbangan Fe-C pada batas kelarutan karbon pada besi. Karbon pada besi cor adalah diatas 2,1%. Karbon bebas dari besi cor berupa grafit yang memiliki sifat getas (Surdia Tata MS.Met.E.1984)

Besi cor putih dibuat dengan pendinginan yang sangat cepat. Pada laju pendinginan yang akan membentuk karbida  $Fe_3C$  yang metastabil dan karbon tidak memiliki kesempatan untuk membentuk grafit. Karbida yang terbentuk mencapai 30% dari volume. Besi cor putih mengandung karbon antara 1,8% – 3,6% , kandungan mangan antara 0,25% - 0,80 % , kandungan fosfor nya antara 0,06% – 0,2% dan kandungan sulfur antara 0,06% - 0,2%. Besi cor putih memiliki sifat getas, namun memiliki kekerasan yang sangat tinggi. Sifat yang dimilikinya menyebabkan besi cor putih banyak diaplikasikan pada suku cadang yang mensyaratkan ketahanan aus yang tinggi. (Sari Nasmi Herlina. 2018)



**Gambar 2.4** Struktur Mikro Besi Cor Putih

**Sumber :** Sumirat Uum, et all. 2019

## 2.6. Pengaruh Unsur-Unsur Kimia

Sebuah material tersusun dari unsur-unsur kimia yang semua unsur-unsur tersebut memiliki pengaruhnya masing-masing, dibawah ini akan dijelaskan beberapa unsur yang berpengaruh terhadap material besi cor yaitu sebagai berikut:

### a. Karbon

Kadar karbon tergantung pada jenis besi kasar, di dalam besi cor karbon bersenyawa dengan besi membentuk karbida besi atau dalam keadaan bebas sebagai grafit. Grafitisasi adalah proses dimana karbon terikat dalam besi yang disebut sementit berubah menjadi karbon bebas. Grafit akan mudah terjadi apabila kadar karbon dalam besi cor lebih dari 2%. Pembentukan grafit juga tergantung pada laju

pendinginan dan kadar silikon. Jumlah karbon di dalam besi cor sekitar 2 – 3,7%. Untuk meningkatkan nilai karbon pada besi cor dapat dilakukan dengan cara *pack carburizing* yaitu pemanasan besi cor pada suhu tertentu dengan karbon sebagai zat penambahnya

b. Chromium

Unsur chromium Merupakan unsur terpenting untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan gesek yang sangat tinggi, hal ini disebabkan oleh pembentukan senyawa karbida  $M_7C_3$  atau  $(Fe,Cr,Mo)_7C_3$  yang berada diantara matriks austenit pada kondisi as cast.

c. Tembaga

Tembaga sering digunakan dalam industri karenan memiliki sifat – sifat yang menguntungkan antara lain adalah mempunyai sifat penghantar panas yang baik, memiliki keuletan yang tinggi (mudah dibentuk), serta memiliki ketahanan korosi yang baik. Penambahan tembaga sebagai unsur paduan besi cor biasanya berkisar antara 0,3% - 1,5%. Tembaga juga berfungsi sebagai penstabil grafit pada besi cor.

d. Silikon

Silikon memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap perubahan sifat mekanik. Karbon dan silikon mempunyai fungsi yang mirip, keduanya mendorong pembentukan grafit sehingga kandungan kedua unsur ditentukan berdasarkan harga tingkat kejenuhan karbon. Silikon ditambahkan sekitar 1,3 – 2,3% untuk menggalakan pembentukan grafit . silikon sendiri di dalam besi cor menempatkan diri di dalam ferrit.

e. Fosfor

Fosfor di dalam besi cor putih akan membentuk senyawa  $Fe_3P$ . 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%. Penambahan kandungan fosfor mengurangi kelarutan karbon dan

memperbanyak sementit pada kandungan karbon yang tetap sehingga struktur menjadi keras dan sementit suka terurai.

f. Mangan

Mangan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan pada pengerjaan dingin.

g. Nikel

Fungsi nikel pada besi cor adalah untuk meningkatkan keuletan, kekuatan, pengerasan menyeluruh, ketahanan karat, dan menurunkan kecepatan pendinginan.

h. Boron

Boron berpengaruh untuk mencegah terjadinya pembentukan pearlit sehingga mampu memberikan dampak positif terhadap ketahanan aus yang cukup baik.

i. Molybdenum

Molybdenum berpengaruh terhadap peningkatan nilai kekerasan yang diakibatkan oleh pembentukan  $\text{Mo}_2\text{C}$  diantara eutectic  $\text{M}_7\text{C}_3$ .

(Nurjama Fajar.2012)

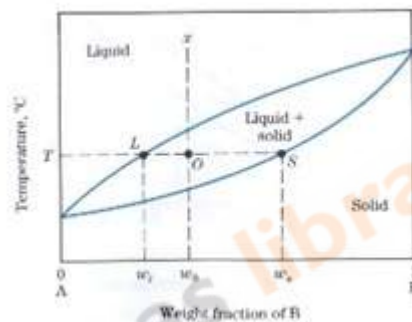
## 2.7. Diagram Fasa

Diagram fasa adalah diagram yang menjelaskan hubungan antara temperatur, komposisi kimia dan fasa dalam suatu paduan. Pada proses pendinginan yang sangat lambat perubahan fasa akan berlangsung seperti pada diagram fasa, akan tetapi kondisi seperti itu hampir tidak pernah tercapai karena pada kondisi normal pendinginan berlangsung lebih cepat dari waktu yang dibutuhkan untuk terjadinya perubahan fasa seperti yang tercantum dalam diagram fasa. Akibatnya, difusi atom tidak dapat berlangsung sempurna sehingga terbentuk fasa yang berbeda pada temperatur kamar. Adapun jenis-jenis diagram fasa antara lain :

a) Diagram fasa biner

Diagram biner adalah diagram yang menggambarkan dua jenis fasa dan menunjukkan sifat solubilitas timbal balik

pada suhu tertentu dan tekanan yang sama. Diagram biner adalah diagram yang menunjukkan sistem 2 fasa dari dua zat dalam campuran yang ditunjukkan oleh hubungan temperatur terhadap konsentrasi relatif zat. Dimana pencampuran ini dapat dilakukan dengan menambahkan suatu zat cair ke dalam cairan murni lain pada tekanan tertentu dengan variasi suhu. Pada diagram biner akan terlihat adanya perubahan dari sistem dua fasa menjadi sistem satu fasa. (Surdia Tata, 1984)



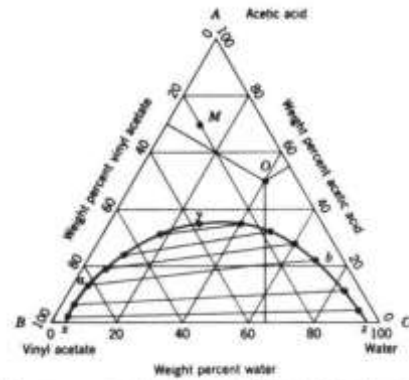
**Gambar 2.5** Diagram fasa biner

**Sumber:** <https://delfrisaryapratama090.blogspot.com/2015/10/diagram-biner.html>

b) Diagram fasa terner

Diagram Terner merupakan suatu diagram fasa berbentuk segitiga sama sisi dalam satu bidang datar yang dapat menggambarkan sistem tiga komponen zat dalam berbagai fasa. (Surdia Tata. 1984)



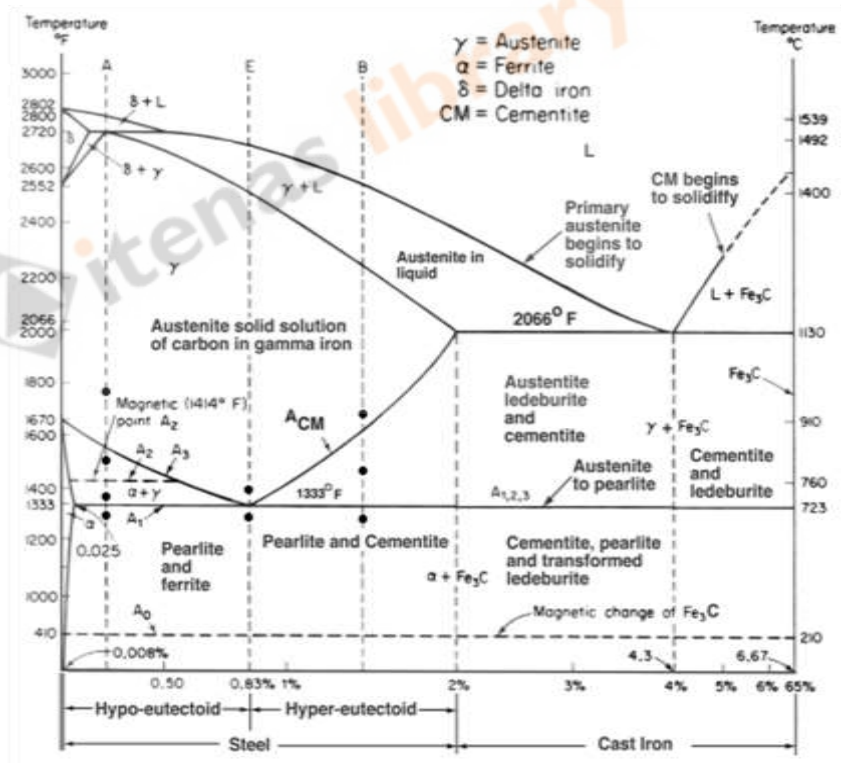


Three-component phase diagram at 25 °C and 1 atm showing regions of mi-

**Gambar 2.6** Diagram Fasa Terner

Sumber : <https://creamydogs.wordpress.com>

c) Diagram fasa quarterner



**Gambar 2.7** Diagram Fasa Quarterner

Sumber : <http://zunshare.blogspot.com/2014/09/diagram-fasa-fe-c.html>

Adapun fasa-fasa pada besi atau baja antara lain :

a. Ferrite

Ferrite adalah fase larutan padat yang memiliki struktur BCC (body centered cubic). Ferrite dalam keadaan setimbang dapat ditemukan pada temperatur ruang, yaitu alpha-ferrite atau pada temperatur tinggi, yaitu deltaferrite. Secara umum fase ini bersifat lunak (soft), ulet (ductile), dan magnetik (magnetic) hingga temperatur tertentu, yaitu  $T_c$ . Kelarutan karbon di dalam fase ini relatif lebih kecil dibandingkan dengan kelarutan karbon di dalam fase larutan padat lain di dalam baja, yaitu fase Austenite. Pada temperatur ruang, kelarutan karbon di dalam alpha-ferrite hanyalah sekitar 0,05%. Berbagai jenis baja dan besi tuang dibuat dengan mengeksploitasi sifat-sifat ferrite. Baja lembaran berkadar karbon rendah dengan fase tunggal ferrite misalnya, banyak diproduksi untuk proses pembentukan logam lembaran. Fasa ini bahkan telah dikembangkan baja berkadar karbon ultra rendah untuk karakteristik mampu bentuk yang lebih baik. Kenaikan kadar karbon secara umum akan meningkatkan sifat-sifat mekanik ferrite sebagaimana telah dibahas sebelumnya. Untuk paduan baja dengan fase tunggal ferrite, faktor lain yang berpengaruh signifikan terhadap sifat-sifat mekanik adalah ukuran butir. (Material Teknik, 2016)

b. Austenite

Fasa Austenite memiliki struktur atom FCC (Face Centered Cubic). Dalam keadaan setimbang fase Austenite ditemukan pada temperatur tinggi. Fase ini bersifat non magnetik dan ulet (ductile) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat Austenite lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fase Ferrite. Secara geometri, dapat dihitung perbandingan besarnya ruang intertisi di dalam fase Austenite (atau kristal FCC) dan fase Ferrite (atau kristal BCC). Perbedaan ini dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena transformasi fase

pada saat pendinginan Austenite yang berlangsung secara cepat. Selain pada temperatur tinggi, Austenite pada sistem *Ferrous* dapat pula direkayasa agar stabil pada temperatur ruang. Elemen-elemen seperti Mangan dan Nickel misalnya dapat menurunkan laju transformasi dari gamma-austenite menjadi alpha-ferrite. (Material Teknik, 2016)

c. Cementite

Cementite atau carbide dalam sistem paduan berbasis besi adalah *stoichiometric inter-metallic compound* Fe-C yang keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Nama cementite berasal dari kata *caementum* yang berarti *stone chip* atau lempengan batu. Cementite sebenarnya dapat terurai menjadi bentuk yang lebih stabil yaitu Fe dan C sehingga sering disebut sebagai fase metastabil. Namun, untuk keperluan praktis, fase ini dapat dianggap sebagai fase stabil. Cementite sangat penting perannya di dalam membentuk sifat-sifat mekanik akhir baja. Cementite dapat berada di dalam sistem besi baja dalam berbagai bentuk seperti: bentuk bola (*sphere*), bentuk lembaran (berselang seling dengan alpha-ferrite), atau partikel-partikel carbide kecil. Bentuk, ukuran, dan distribusi karbon dapat direkayasa melalui siklus pemanasan dan pendinginan. (Material Teknik, 2016)

d. Pearlite

Pearlite adalah suatu campuran lamellar dari ferrite dan cementite. Konstituen ini terbentuk dari dekomposisi Austenite melalui reaksi eutektoid pada keadaan setimbang, di mana lapisan ferrite dan cementite terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi eutektoid. Pearlite memiliki struktur yang lebih keras daripada ferrite, yang terutama disebabkan oleh adanya fase cementite atau carbide dalam bentuk lamel-lamel. (Material Teknik, 2016)

e. Martensite

Martensite adalah mikro konstituen yang terbentuk tanpa melalui proses difusi. Konstituen ini terbentuk saat Austenite didinginkan secara sangat cepat, misalnya melalui proses quenching pada medium air. Transformasi berlangsung pada kecepatan sangat cepat, mendekati orde kecepatan suara, sehingga tidak memungkinkan terjadi proses difusi karbon. Martensite yang terbentuk berbentuk seperti jarum yang bersifat sangat keras (hard) dan getas (brittle). Fasa martensite adalah fasa metastabil yang akan membentuk fasa yang lebih stabil apabila diberikan perlakuan panas. Martensite yang keras dan getas diduga terjadi karena proses transformasi secara mekanik (geser) akibat adanya atom karbon yang terperangkap pada struktur kristal pada saat terjadi transformasi polimer dari FCC ke BCC. Hal ini dapat dipahami dengan membandingkan batas kelarutan atom karbon di dalam FCC dan BCC serta ruang intertisi maksimum pada kedua struktur kristal tersebut. Akibatnya terjadi distorsi kisi kristal BCC menjadi BCT (Body Centered Tetragonal). Meskipun memiliki kekerasan yang sangat tinggi, Martensite tidak memiliki arti penting di dalam aplikasi rekayasa. Untuk kebanyakan aplikasi rekayasa martensite perlu ditemper atau dipanaskan kembali pada temperature tertentu untuk mengurangi kegetasan (brittleness) dan meningkatkan ketangguhannya (toughness) ke tingkat yang dapat diterima tanpa terlalu banyak menurunkan kekerasannya. (Material Teknik, 2016)

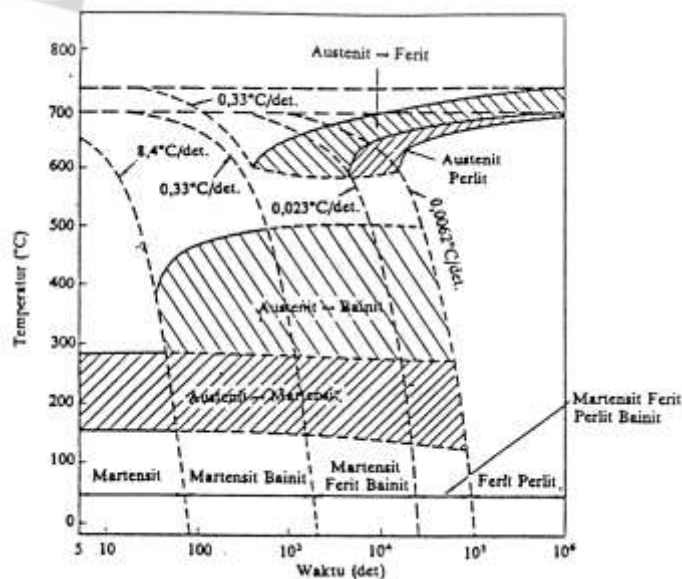
Fasa-fasa pada baja memiliki sifat-sifat yang khas yang dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.5.1** Fasa yang ada pada Baja (Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1985)

	Fasa dan Simbol	Struktur	Penjelasan
Menurut Kristal	Austenit ( $\gamma$ )	FCC	Paramagnetik dan stabil pada temperatur tinggi.
	Ferit ( $\alpha$ )	BCC	Stabil pada temperatur rendah, kelarutan padat terbatas, dapat berada bersama $Fe_3C$ (sementit) atau lainnya
	Bainit ( $\alpha'$ )	BCC	Austenit metastabil didinginkan dengan laju pendingin cepat tertentu. Terjadi hanya presipitasi $Fe_3C$ , unsur paduan lainnya tetap larut.
	Martensit ( $\alpha'$ )	BCT	Fasa metastabil terbentuk dengan media pendingin cepat, semua unsur paduan masih larut Dalam keadaan padat.
Menurut keadaan	Perlit		Lapisan ferit dan $Fe_3C$ .
	Widmanstaetten		$\alpha$ dan $\gamma$ dalam orientasi pada presipitasi ferit.
	Dendrit		Berbentuk cabang-cabang seperti pohon, struktur ini terbentuk karena segregasi karbon pada pembekuan. Sorbit adalah perlit halus dan trostit adalah bainit.
	Sorbit		Nama ini tidak banyak dipakai.

## 2.8. Diagram CCT dan TTT

### a) Diagram CCT

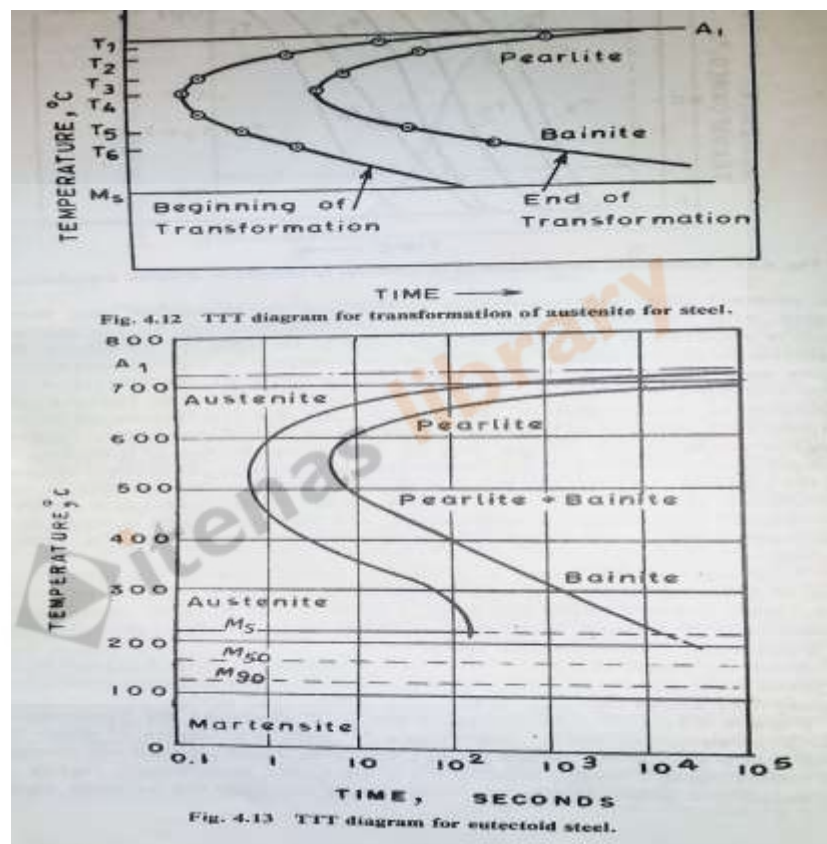


**Gambar 2.8** Diagram CCT (*Continuous Cooling Transformation*)

Sumber : Material Teknik.2016

Pada contoh gambar diagram di atas menjelaskan bahwa bila kecepatan pendinginan naik berarti bahwa waktu pendinginan dari suhu austenit turun, struktur akhir yang terjadi berubah dari campuran ferit–perlit ke campuran ferit–perlit–bainit– martensit, ferit–bainit–martensit, kemudian bainit–martensit dan akhirnya pada kecepatan yang tinggi sekali struktur yang terjadi adalah martensit.

b) Diagram TTT



**Gambar 2.9** Diagram TTT (*Time Temperature Transformation*)

**Sumber:** Material Teknik 2016

Dari diagram pendinginan di atas dapat dilihat bahwa dengan pendinginan cepat (kurva 6) akan menghasilkan struktur martensite karena garis pendinginan lebih cepat daripada kurva 7 yang merupakan laju pendinginan kritis (*critical cooling rate*) yang nantinya akan tetap terbentuk fase austenite (*unstable*). Sedangkan pada kurva 6 lebih

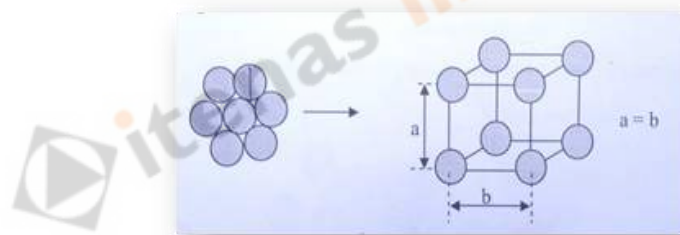
cepat daripada kurva 7, sehingga terbentuk struktur martensite yang keras, tetapi bersifat rapuh karena tegangan dalam yang besar.

## 2.9. Sel Satuan

Sistem slip menentukan karakteristik sifat mekanik dari logam. Semakin banyak sistem slip logam tersebut, maka semakin mudah atom-atom untuk bergerak, semakin mudah atom bergerak maka logam tersebut semakin lunak, dan sebaliknya semakin sulit atom bergerak atau semakin sedikit jumlah bidang slip suatu logam, maka logam tersebut semakin keras. Sel satuan tidak dapat berubah dengan diberinya deformasi. Sel satuan dapat berubah apabila fasa dari logam tersebut berubah. (Sumber : Material Teknik, 2017)

Di bawah adalah beberapa contoh dari sel satuan :

- a. Kubus Sederhana (*Simple Cubic*)



**Gambar 2.10** Kubus Sederhana (*Simple Cubic*)

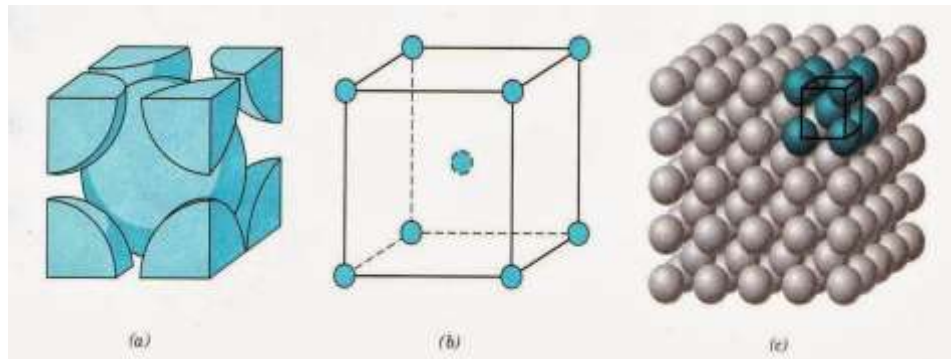
**Sumber :** Material Teknik, 2016

Memiliki bilangan kordinasi = 6 dimana satu atom dikelilingi oleh 6 atom yang sama

Jumlah atom persatuan sel satuan :

$\frac{1}{8} \times 8 = 1 \text{ atom}$ , ini berguna untuk menentukan masa jenis atom teoritik.

- b. *Body Center Cubic* (BCC)



**Gambar 2.11** Sel Satuan *Body Center Cubic* (BCC)

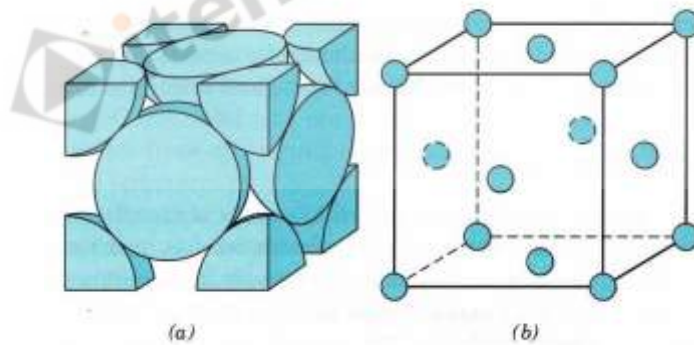
Sumber : <http://mantrinxagmcc.blogspot.com>

Jumlah atom persel satuan

$$\frac{1}{8} \times 8 = 1 \text{ atom} + 1 \text{ atom} = 2 \text{ atom} , \text{ memiliki bidang geser (bidang slip)} \\ = 6$$

Bidang slip adalah bidang yang memiliki jumlah atom terbanyak dan terpadat.

c. *Face Center Cubic* (FCC)



**Gambar 2.12** Sel Satuan *Face Center Cubic* (FCC)

Sumber : <http://mantrinxagmcc.blogspot.com>

Jumlah atom per sel satuan

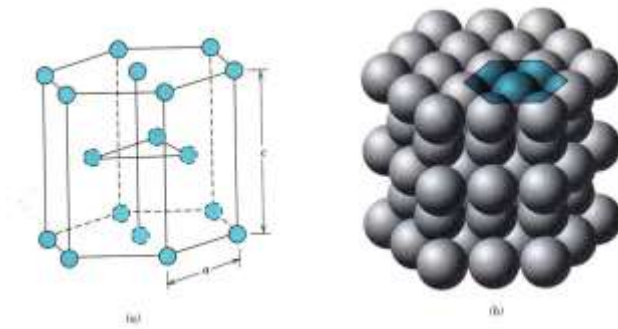
$$\frac{1}{8} \times 8 = 1 \text{ atom} + \left(\frac{1}{2}\right) \times 6 \text{ atom} = 4 \text{ atom}$$

Memiliki bidang geser (bidang slip) = 8



Bidang slip adalah bidang yang memiliki jumlah atom terbanyak dan terpadat. Jumlah arah slip dari FCC adalah 3 setiap bidang slipnya. Sehingga sistem slip dari FCC adalah  $(3 \times 8) = 24$  buah

d. *Hexagonal Close Packed (HCP)*



**Gambar 2.13 Sel Satuan *Hexagonal Close Packed (HCP)***

Sumber : <http://mantrinxagmcc.blogspot.com>

Mempunyai struktur yang rumit tapi tetap di sederhanakan. Pada gambar dapat dilihat susunan atomnya sangat rumit dan di tengahnya terdapat 3 buah atom. Jumlah atom tiap sel satuannya adalah 8 atom yaitu :

- Atom sudut terdiri dari  $\frac{1}{3}$  atom dikali 12 = 4 atom
- Atom di pusat bidang  $\frac{1}{2}$  dikali 2 = 1 atom
- Atom yang berada di dalam sel 3 atom

(Material Teknik.2016)

**2.10. Sifat- Sifat Material**

Secara umum sifat – sifat material dibagi menjadi tiga :

a. Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah sifat yang menunjukkan kelakuan material apabila material tersebut diberi beban mekanik (statik dan dinamik)

- Kekuatan tarik – tekan.
- Keuletan, ketangguhan.

- Keras getas.
- *Strain hardening*.

b. Sifat Fisik – Sifat Kimia

Sifat fisik adalah sifat yang berkaitan dengan karakteristik fisik atau kondisi dari material.

- Temperatur cair.
- Massa jenis.
- Warna.
- Ketahanan korosi.
- Konduktivitas panas dan listrik.

c. Sifat Teknologi

Sifat teknologi adalah sifat yang berhubungan dengan kemudahan material untuk diproses lebih lanjut. Contoh :

- Mampu mesin : kemampuan suatu material untuk dipotong, dengan menggunakan alat potong (pahat, gergajai, kikir dan gerinda).
- Mampu cor : kemampuan suatu material untuk dicairkan dan di tuang ke dalam cetakan tanpa adanya cacat (patah, retak, porositas, segregasi).
- Mampu las : kemampuan suatu material untuk disambung dengan menggunakan panas tanpa adanya cacat (fasa keras, retak, distorsi).
- Mampu bentuk : kemampuan suatu material untuk di deformasi plastis dengan tidak terjadinya necking dan beban yang diperlukan rendah (necking adalah pengecilan penampang pada saat deformasi plastis berlangsung).

(Sumber : Material Teknik, 2016)

## 2.11. Uji Impak



**Gambar 2.14** Mesin Uji Impak

**Sumber :** <http://ujimaterial.weebly.com>

Tujuan pengujian impak :

1. Melihat ketahanan material terhadap pembebanan yang tiba – tiba (impak).
2. Untuk melihat apakah material tersebut ulet atau getas, hal ini dapat dilihat dari harga impak (HI) dimana untuk material yang ulet HI yang tinggi dan untuk material yang getas memiliki HI yang rendah. Ulet dan getas juga dapat dilihat dari bentuk patahan hasil pengujian. Untuk yang ulet bentuk patahan berserabut sedangkan yang getas mengkilat.
3. Untuk menentukan temperatur transisi dari material, temperatur transisi adalah temperatur peralihan antara patah ulet dan patah getas.

$$\text{Persamaan harga impak : } HI = \frac{E}{A}$$

(Material Teknik.2016)

## **2.12. Uji Kekerasan**

Bertujuan untuk mengevaluasi kekerasan suatu material, dengan cara melihat ketahanan suatu material terhadap deformasi plastis, semakin tahan material tersebut terhadap deformasi plastis maka material tersebut semakin keras.

Ada beberapa metoda penekan yang sering dilakukan yaitu sebagai berikut:

a. Metoda Brinnell



**Gambar 2.15** Mesin Uji kekerasan Brinnell

**Sumber :** Dokumentasi Lapangan

Prinsip pengujian yaitu dengan menekan indentor bola baja yang berdiameter 10 mm ke permukaan benda kerja, permukaan benda kerja (spesimen uji) harus rata dan bebas dari kotoran. Besarnya gaya penekanan (P) harus lebih besar dari batas luluh dari benda kerja agar terjadi deformasi elastis berupa jejak bebas penekanan. Ukuran jejak sangat tergantung kepada besar kecilnya gaya P yang diberikan. Prinsip harga kekerasan menurut brinnell :

$$\text{BHN} = \frac{P}{A} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

b. Metoda Vicker



**Gambar 2.16** Mesin Uji Kekerasan Vickers

**Sumber :** <http://ujimaterial.weebly.com>

Prinsip kerja sama dengan brinnell, tetapi perbedaan dari bahan dan bentuk dari indentor. Pengujian vicker menggunakan indentor piramida intan, dengan memperhitungkan sudut maka kekerasan vicker dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{VHN} = 1,854 \frac{P}{d^2} \text{ dengan } d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Pembebanan pada pengujian vicker :

- Beban makro : 1kg – 30kg, biasa digunakan untuk mengukur kekerasan material yang memiliki permukaan yang kasar atau spesimen yang besar.
- Beban mikro : < 1kg (kecil dari 1000g). Biasa digunakan untuk mengukur kekerasan fasa – fasa yang terdapat pada logam, sehingga mengukur diagonal jejak dengan menggunakan mikroskop.

(Material Teknik.2016)

### **2.13. Analisa Struktur Mikro**

Struktur bahan dalam orde kecil sering disebut struktur mikro. Struktur ini tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, tetapi dapat

dilihat dengan menggunakan alat pengamat struktur mikro diantaranya : mikroskop electron, mikroskop *field ion*, mikroskop *field emission*, dan mikroskop sinar – X. Adapun manfaat dari pengamatan struktur mikro ini adalah mempelajari hubungan antara sifat-sifat bahan dengan struktur dan cacat pada bahan dan memperkirakan sifat bahan jika hubungan tersebut sudah diketahui.

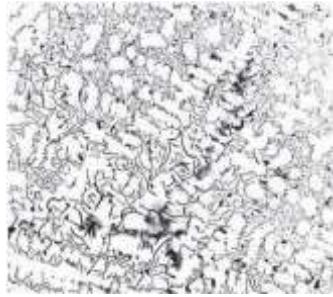


**Gambar 2.17** Analisa Struktur Mikro

**Sumber :** Dokumentasi Lapangan

#### **2.14. Inokulasi**

Inokulasi merupakan sebuah proses pada pembuatan besi cor yang bertujuan untuk meningkatkan jumlah inti pembekuan sehingga akan meningkatkan jumlah grafit eutektik, mengurangi under cooling dan menurunkan tendensi terbentuknya struktur pembekuan putih (ledeburit). Bahan dari inokulasi merupakan partikel-partikel padat ataupun unsur-unsur yang segera bersenyawa dengan  $O_2$  serta membentuk partikel padat yang dibutuhkan ke dalam cairan. Partikel-partikel ini berfungsi sebagai inti pada pertumbuhan baik grafit. Unsur-unsur pembentuk partikel ini dicampurkan dalam bahan pembawanya yaitu grafit, ferrosilikon (FeSi) atau kalsium siliside (CaSi).



(a)



(b)

**Gambar 2.18** (a) Tanpa Inokulasi (b) Dengan Inokulasi

**Sumber :** Buku Struktur Mikro.2016

 itenas library