

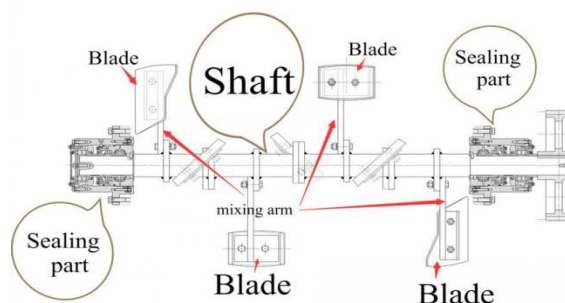
BAB II

TINJAUN PUSTAKA

2.1 Concrete Mixer Blade

Concrete mixer blade adalah komponen habis pakai yang digunakan untuk mencampur agregat dalam pembuatan beton di pabrik beton. Komponen ini memerlukan sifat- sifat yang tahan aus, keras, serta harga impact yang tinggi. Karena didalam pengoprasianya bergesekan langsung dengan material, serta mendapatkan beban kejut dari material bahan baku pembuat beton. Beban kejut yang diterima oleh concrete mixer blade berasal dari material beton yang dituang dai atas dan pada saat komponen tersebut berputar mengaduk agregat. Dengan adanya kontak komponen tersebut dengan material yang keras saat mengaduk agregat maka diperlukan sifat yang tahan aus dan keras dari komponen.

Secara umum sebuah *concrete mixer* merupakan alat yang berfungsi untuk mengaduk semen dari agregat seperti pasir, kerikil, dan air untuk membentuk beton. Sebuah *concrete mixer* menggunakan drum berputar untuk mencampur komponen. Untuk volume yang lebih kecil biasa menggunakan mixer beton portabel sehingga beton dapat dibuat di lokasi konstruksi. *Blade* pada *concreret mixer* adalah sebuah komponen yang membantu agar campuran adonan beton itu dapat berpadu dengan sempurna (Valigi, 2016).



Gambar 2.1 *concrete mixer blade*

Sumber : <http://www.ribbonmixermachine.com/>



Gambar 2.2 *Blade*

Sumber (dokumen pribadi)

2.2 Besi Cor

Besi cor merupakan paduan antara unsur besi yang mengandung *carbon* (C), *silica* (Si), mangan (Mg), *phosphor* (P), dan sulfur (S). Pada besi cor kandungan karbon biasanya antara 2% sampai 6,67%, sedang pada baja kandungan karbon hanya mencapai 2%. Semakin tinggi kadar karbon yang ada pada besi cor akan mengakibatkan besi cor rapuh/getas. Selain dari itu karbon besi cor juga mengandung *silicon* (Si) (1-3%), mangan (0,25-15%), dan *phosphor* (P) (0,05-15%), selain itu juga terdapat unsur-unsur lain yang ditambahkan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Selain unsur-unsur yang ditambahkan dalam besi cor, juga terdapat faktor-faktor penting lainnya yang dapat mempengaruhi sifat-sifat besi cor tersebut antara lain proses pembekuan, laju pendinginan dan perlakuan panas yang dilakukan. Besi cor mempunyai keuntungan yaitu mampu tuang (*castability*) yang baik, kemudahan proses produksi dan rendahnya temperatur ruang, selain itu besi cor juga mempunyai sifat yang sulit dilakukan *drawing* atau diubah bentuknya pada temperatur kamar, akan tetapi besi cor memiliki titik lebur yang relatif rendah yakni 1150°C – 1200°C dan dapat dituang kedalam bentuk-bentuk yang sulit. Hal ini merupakan keuntungan dari besi cor karena untuk

mendapatkan bentuk benda yang diinginkan hanya diperlukan sedikit proses pemanasan. Dan besi cor mempunyai kekerasan, ketahanan aus dan ketahanan terhadap korosi yang cukup baik. (Wahyu Darmadi, 2015)

Besi cor dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan karakteristik struktur mikro yaitu:

1. Besi Cor Putih

Besi cor putih mempunyai bidang patahan yang putih, karbon disini terikat sebagai karbida yang bersifat keras, sehingga besi cor putih yang mengandung karbida sulit dilakukan permesinan. Besi cor putih dibuat dengan menuang besi cor kedalam cetakan logam atau cetakan pasir dengan pengaturan komposisi. Untuk mengolahnya dapat menggunakan dapur kopula atau tanur udara. Prosesnya dikenal dengan nama duplek. Dengan cara ini logam dapat dikendalikan dengan baik. (Sumber : Wahyu Darmadi, 2015)

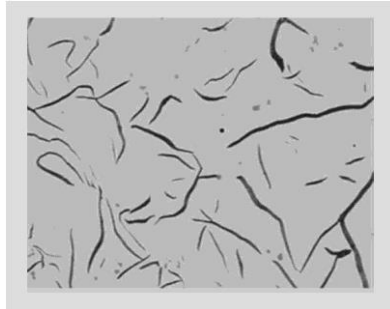


Gambar 2.3 Struktur Mikro Besi Cor Putih

Sumber: Wahyu Darmadi, 2015

2. Besi Cor Kelabu

Besi cor kelabu memiliki kadar silikon 2% dengan membentuk grafit dengan mudah sehingga Fe₃C tidak terbentuk. Besi cor kelabu pun memiliki kandungan karbon antara 2,5% - 4,0%, dan kandungan mangan antara 0,2% - 1,0%. Serpihan grafit terbentuk dalam logam sewaktu membeku. Besi cor kelabu sangat rendah keuletannya sehingga apabila ketika diuji tarik maka akan terbentuk bidang perpatahan. (Sumber : Wahyu Darmadi, 2015)

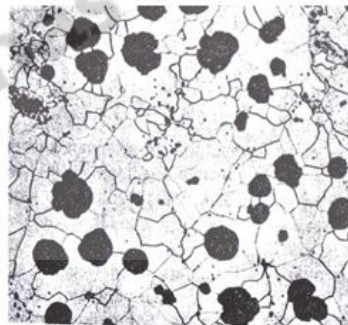


Gambar 2.4 Struktur Mikro Besi Cor Kelabu

Sumber: Wahyu Darmadi, 2015

3. Besi Cor Nodular

Besi cor nodular memiliki keunggulan dibandingkan dengan besi cor lain. Besi cor nodular bersifat keras namun getas, tahan terhadap gesekan dan mampu tempa yang baik. Besi cor nodular sendiri memiliki keuletan yang tinggi. (Sumber : Wahyu Darmadi, 2015)



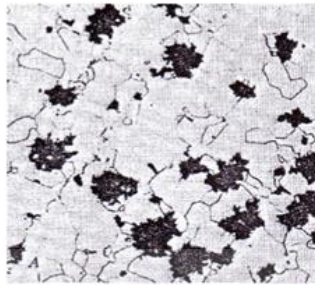
Gambar 2.5 Struktur Mikro Besi Cor Nodular

Sumber: Wahyu Darmadi, 2015

4. Besi Cor Malleable

Besi tuang mampu tempa (malleable cast iron) merupakan besi tuang putih yang diberi perlakuan panas sampai kurang lebih 900 °C. Perlakuan panas yang diterapkan pada besi tuang putih umumnya adalah anil yang bertujuan untuk memisahkan karbida besi Fe₃C menjadi besi

dan grafit. Secara umum, besi tuang ini memiliki sifat yang sama seperti baja ringan. Besi tuang jenis ini memiliki mampu tempa yang sangat baik, serta ketahanan terhadap beban kejut dan mampu mesin yang baik sehingga banyak digunakan pada industri kereta api, otomotif, sambungan pipa dan industri pertanian. (Sumber : Wahyu Darmadi, 2015)



Gambar 2.6 Struktur Mikro Besi Cor Malleable

Sumber : Wahyu Darmadi, 2015

2.3 Struktur Mikro Besi Cor

Struktur dari besi cor akan mempengaruhi pada sifat – sifat mekanik dan juga sifat fisik dari besi tersebut. Beberapa struktur yang ada di dalam besi cor adalah sebagai berikut:

a Grafit

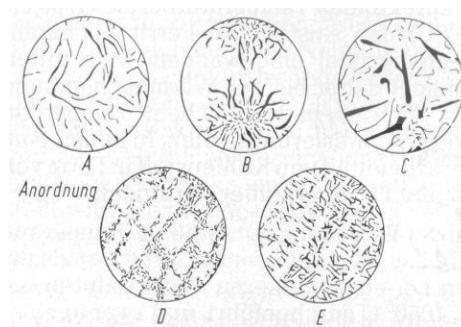
Grafit adalah kumpulan karbon yang dihasilkan selama proses pembekuan dan pendinginan lambat. Grafit memiliki kekerasan sekitar 1 HB. Grafit memberikan pengaruh sangat besar terhadap sifat – sifat mekanik besi cor. Grafit dalam besi cor dapat berada dalam keadaan bebas sebagai grafit. Grafit ini merupakan suatu bentuk kristal karbon yang lunak dan rapuh. Dalam struktur besi cor jumlahnya dapat mencapai 85% dari seluruh bentuk kandungan karbon.

Sifat mekanik dari besi cor banyak dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, distribusi dan banyaknya grafit di dalamnya. Besi cor bergrafit bulat memiliki kekuatan lebih baik dibandingkan dengan besi cor bergrafit serpih. Hal ini disebabkan karena serpih grafit akan mengalami pemusatan tegangan pada ujung – ujungnya bila mendapatkan gaya akan bekerja tegak lurus arah serpih.

Dalam struktur mikro ada berbagai bentuk dan ukuran dari potongan – potongan grafit yaitu halus dan besar, serpih atau asteroid, bergumpal atau bulat. Keadaan potongan – potongan grafit ini memberikan pengaruh yang besar terhadap sifat mekanik besi cor. Karakteristik grafit di dalam besi cor dikelompokkan dalam bentuk, distribusi dan ukuran.

b Distribusi Grafit

Bentuk dan distribusi grafit erat kaitannya dengan proses perlakuan peleburan bertujuan untuk mencegah terjadinya *undercooling*. Gambar berikut menunjukkan beberapa distribusi grafit



Gambar 2.7 Distribusi Grafit

- **Distribusi grafit A** dimiliki oleh besi cor kelas tinggi dengan matrik perlit.
- **Distribusi grafit B** kecendrungan terjadi pada coran tipis, untuk kandungan karbon atau silikon relatif rendah. Besi cor yang

memerlukan kekuatan tarik 25-30 kg/mm² diperbolehkan memiliki distribusi grafit B sebanyak 20-30%.

- **Distribusi grafit C** pada struktur ini grafit yang panjang dan lebar numpuk dan dikelilingi oleh serpihan grafit yang mengkristal di daerah eutektik. Struktur demikian begitu lemah mengakibatkan hasil produksi kurang kuat.
- **Distribusi grafit D** terjadi karena potongan – potongan grafit eutektik yang halus, yang mengkristal diantara dendrit – dendrit kristal mulai dari austenit karena pendinginan lanjut (*undercooling*) pada pembekuan eutektik. Distribusi grafit semacam ini terkadang muncul pada besi cor yang teroksidasi.
- **Distribusi grafit E** muncul pada kandungan karbon yang rendah. Kekuatan yang rendah disebabkan karena jarak yang dekat antar potongan – potongan grafit seperti pada distribusi D. Tetapi terkadang menghasilkan kekuatan yang tinggi apabila kandungan karbon rendah dan berkurangnya endapan grafit.

2.4 Pengaruh kandungan kimia besi cor

- Pengaruh Tembaga (Cu)

Tembaga adalah logam yang berwarna kemerahan dengan berat jenis 8,65 gr/cm³ yang mempunyai titik lebur 1070°C – 1193°C dan memiliki kekuatan tarik 200 – 400 N/mm². 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.

- **Pengaruh Karbon (C)**

Kadar karbon tergantung pada jenis besi kasar, besi bekas dan karbon yang diserap yang berasal dari proses peleburan. Didalam besi cor karbon bersenyawa dengan besi membentuk karbida besi atau dalam keadaan bebas sebagai grafit. Grafitisasi adalah proses dimana karbon yang 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.

- **Pengaruh Fosfor (P)**

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.

- **Pengaruh Mangan (Mn)**

Seperti Si terkandung di dalam semua bahan besi dan dibutuhkan dalam jumlah besar pada jenis istimewa. Mangan berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan pada pengerjaan dingin.

- **Pengaruh Khromium (Cr)**

Merupakan unsur terpenting untuk meningkatkan kekerasan, keuletan, ketahanan aus, tahan panas seta karat dan asam.

- **Pengaruh Nikel (Ni)**

Fungsi nikel sendiri untuk meningkatkan keuletan, kekuatan, pengerasan menyeluruh, ketahanan karat, dan menurunkan kecepatan pendinginan.

- **Pengaruh Molybdenum (Mo)**

Kebanyakan dipadukan dengan besi/baja dalam ikatan dengan Cr, Ni, V. Molybdenum sendiri berfungsi untuk meningkatkan kekuatan tarik, tahan panas, kerapuhan pelunakan.

2.5 *Heat Treatment*

Heat treatment (perlakuan panas) adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dengan maksud mengubah sifat fisik dari logam. Prosedur dari perlakuan panas tersebut adalah berbeda-beda tergantung tujuan dari pemberian proses perlakuan tersebut, yang biasanya mengacu pada sifat-sifat mekanik dari pada material benda kerja. Langkah pertama dalam proses *heat treatment* adalah pemanasan logam atau paduan dalam temperatur yang berbeda-beda dan dengan atau tanpa memberikan waktu penahanan (*holding time*), yang kemudian dilanjutkan dengan mendinginkannya dengan laju pendinginan yang diinginkan. Temperatur pengerasan sangat tergantung pada kadar karbon, dan temperatur pengerasan turun jika kadar karbon naik. Ada beberapa proses *heat treatment*, diantaranya adalah *annealing*, *normalizing*, *hardening*, dan *tempering*. Perlakuan panas pada besi cor putih kromium paduan tinggi umumnya dilakukan untuk presipitasi karbida sekunder, yang juga didukung oleh destabilisasi austenit yang kemudian bertransformasi menjadi martensit. (Sumber : Hera Setiawan, 2008)

- ***Quenching***

Quenching (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misal air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang lazim dilakukan pencelupan dengan air. Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak (oli) sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula.

- ***Tempering***

Tujuan *tempering* adalah menghilangkan tegangan sisa akibat hardening yang bisa menimbulkan retak dan untuk mengembalikan ketangguhan bahan, yaitu dengan cara memanaskan sampai temperature tertentu yang lebih rendah dari temperatur hardening. Prosesnya adalah memanaskan kembali berkisar antara suhu 150°C - 650°C dan didinginkan secara perlahan – lahan tergantung sifat akhir baja tersebut.

- **Perlakuan Sub-kritis**

Perlakuan sub-kritis merupakan tahapan perlakuan panas yang dilakukan untuk mendapatkan struktur perlit diantara matriks austenit. Sub-kritis ini dilakukan sedikit di bawah temperatur kritis A1 yaitu pada suhu 723°C. Hal ini dilakukan agar austenit tidak

menjadi stabil saat proses destabilisasi sehingga austenit dapat bertransformasi menjadi martensit. Selain itu perlakuan sub-kritis juga berfungsi untuk mentransformasi austenit sisa yang didapat dari material yang belum diberikan perlakuan panas.

- ***Austenisasi***

Austenisasi bertujuan untuk mendapatkan struktur austenit yang homogen. Kesetimbangan kadar karbon austenit akan bertambah dengan naiknya suhu austenisasi, hal ini mempengaruhi karakteristik isothermal.

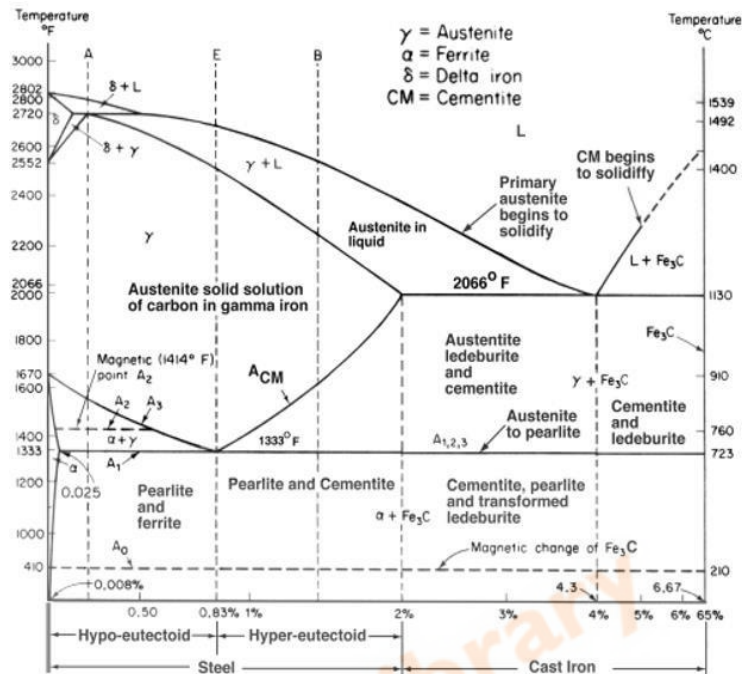
- **Pendinginan Cepat**

Pendinginan Cepat adalah perlakuan panas terhadap logam seperti baja dan besi paduan dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam tersebut. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan cepat dengan kecepatan pendinginan kritis.

2.6 Diagram Fasa

Diagram fasa merupakan diagram yang menghubungkan temperatur, komposisi kimia, dan fasa. 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. Paduan besi dan karbon terdapat fasa karbida yang disebut sementit dan grafit, untuk grafit lebih stabil dari pada sementit (Tata Surdia dan Shinroku Saito, 1985). Sementit mempunyai kadar C = 6,67 %.

1. Diagram Keseimbangan Fasa Fe-C

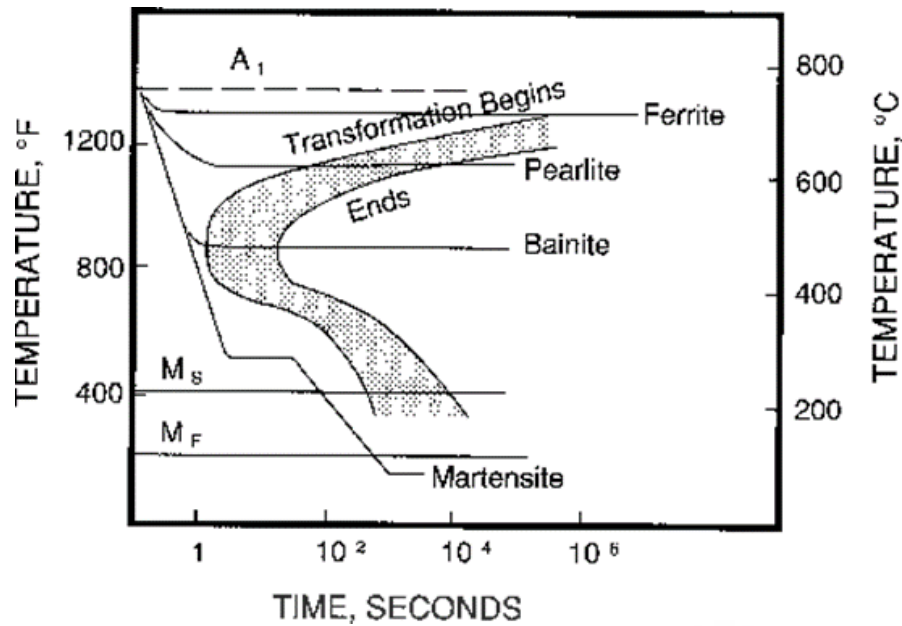


Gambar 2.8 Diagram Keseimbangan Fasa Fe-C

Sumber : (Sinha, 2003)

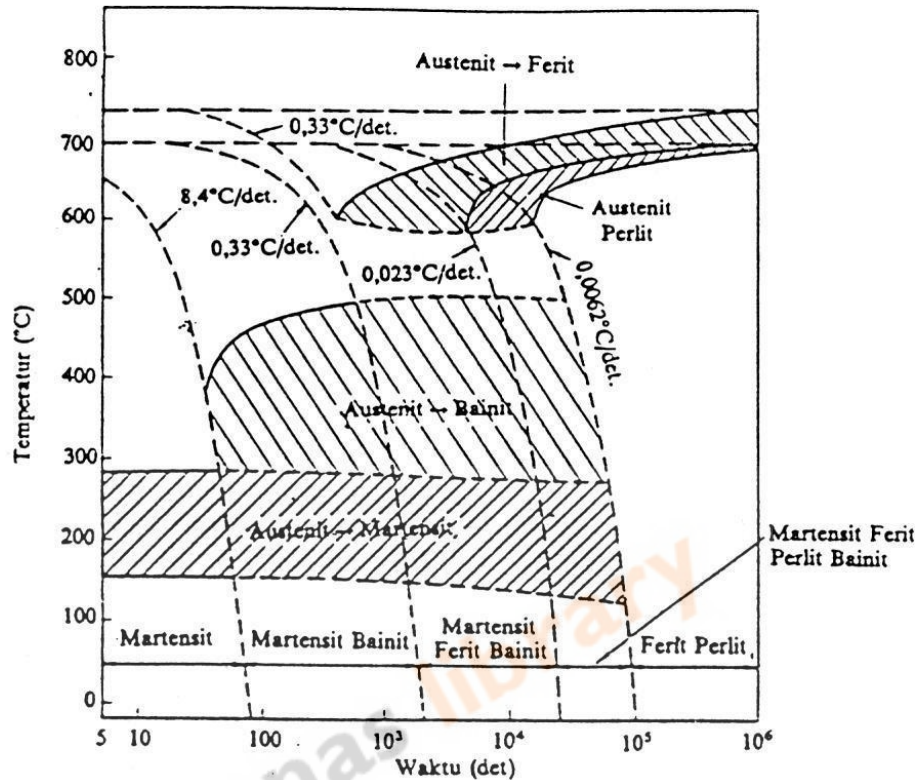
2. Diagram TTT dan CCT

Untuk menentukan laju reaksi perubahan fasa yang terjadi dapat diperoleh dari diagram TTT (Time Temperature Transformation). Diagram TTT untuk besi cor kelabu di tunjukkan oleh gambar.



Gambar 2.9 Diagram TTT untuk Besi Cor Kelabu

Dari gambar diatas menunjukkan bentuk hidung (nose) sebagai batasan waktu minimum dimana sebelum waktu tersebut bertransformasi austenit ke perlit tidak akan terjadi. Posisi hidung dari diagram TTT dapat bergeser menurut kadar karbon. Posisi hidung bergeser makin kekanan yang berarti baja karbon itu makin mudah untuk membentuk bainit/martensit atau makin mudah untuk dikeraskan. Sedangkan M_s merupakan temperatur awal mulai terbentuknya fasa martensit dan M_f merupakan temperatur akhir dimana martensit masih bisa terbentuk. Untuk mendapatkan hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur mikro (fasa) yang terbentuk biasanya dilakukan dengan menggabungkan diagram kecepatan pendinginan kedalam diagram TTT yang dikenal dengan diagram CCT (Continuous Cooling Transformation).



Gambar 2.10 Diagram CCT (Continuous Cooling Transformation)

Pada contoh gambar diagram diatas 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.

- Fase-fase yang terjadi pada baja antara lain :

- 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. 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. Dewasa 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. (Sumber : Material Teknik, 2016)

- **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. (Sumber : Material Teknik, 2016)

- **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. (Sumber : Material Teknik, 2016)

- **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. (Sumber : Material Teknik, 2016)

- **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). Fase martensite adalah fase metastabil yang akan membentuk fase 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 polimorf 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. (Sumber : Material Teknik, 2016)