

TKS 4406 Material Technology I

Iron and Steel

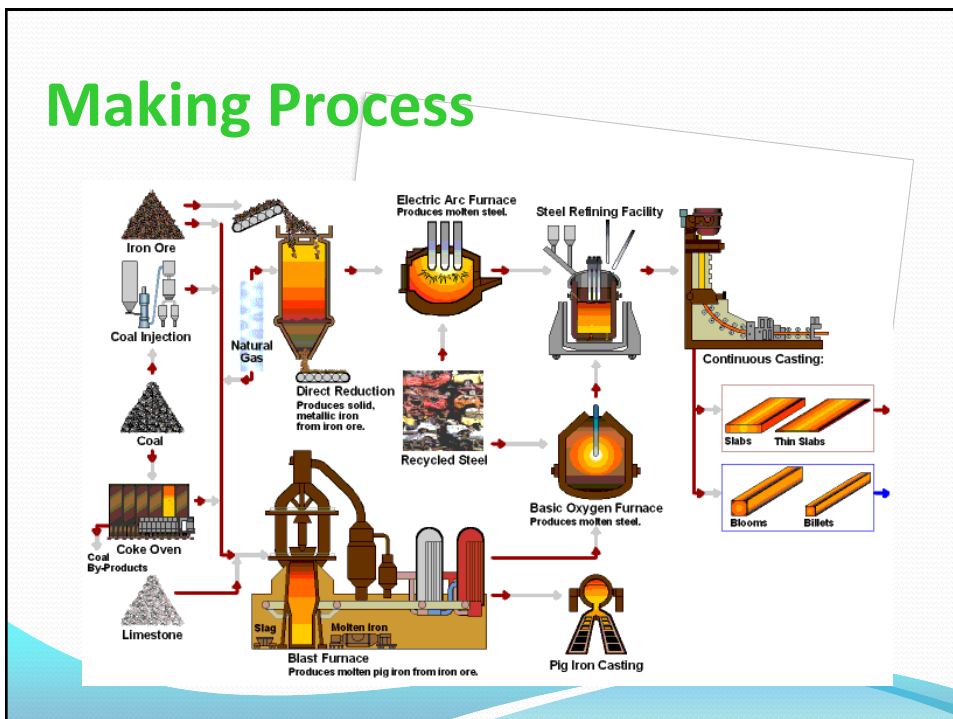
DR.ENG. ACHFAS ZACOE, ST., MT.
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITY OF BRAWIJAYA

Umum

Logam banyak dipakai untuk berbagai macam keperluan teknik, misalnya sebagai bahan struktur, pintu, jendela dan pipa. Dari kebanyakan bahan logam, besi merupakan bahan yang paling banyak digunakan. Besi diperoleh dari tambang biji besi dalam bentuk oksida besi (Fe_2O_3). Jumlah kandungan besi dalam biji besi tergantung dari tempat pengambilannya dan biasanya bercampur dengan bahan-bahan lain, misalnya silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), mangan, belerang, fosfor dll.

Umum (lanjutan)

- Bahan besi yang diperoleh dari alam disebut dengan besi gubal (*pig iron*) yang merupakan bahan dasar logam besi. Besi gubal ini merupakan bahan yang lunak dan getas sehingga tidak dapat digunakan untuk bahan struktur. Logam besi dapat dibagi menjadi 3 macam, yaitu :
 - Besi tuang/cor.
 - Besi tempa
 - Baja



Besi Tuang (*Cast Iron*)

Dibuat dengan cara besi gubal dilebur untuk memperoleh tingkat kandungan karbon yang diinginkan kemudian dituang/dicor atau dicetak untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan. Besi tuang berisi 2 sampai 4% karbon bersama-sama dengan mangan (*manganese*), fosfor (*phosphorus*), belerang (*sulphur*) dan silikon (*silicon*).

Besi Tuang (lanjutan)

Sifat-sifat besi tuang, antara lain :

- Keras dan mudah melebur/mencair.
- Getas, sehingga tidak dapat menahan benturan.
- Temperatur leleh 1250°C.
- Tidak berkarat.
- Tidak dapat diberi muatan magnet.
- Dapat dikeraskan dengan cara dipanasi kemudian didinginkan secara mendadak.

Besi Tuang (lanjutan)

- Menyusut waktu pendinginan sewaktu dituang, akibat adanya susutan ini aka ukuran cetakan perlu sedikit lebih besar agar diperoleh hasil cetakan yang sesuai dengan ukuran benda yang diinginkan.
- Kuat dalam menahan gaya tekan, tetapi lemah dalam menahan gaya tarik. Kuat tekannya sekitar 600 MPa, sedangkan kuat tariknya sekitar 50 MPa.
- Tidak dapat disambung dengan paku keling atau dilas, hanya dapat disambung dengan baut dan sekrup.

Besi Tuang (lanjutan)

Pemakaian besi tuang sebagai bahan struktur :

- Pipa yang menahan tekanan dari luar sangat tinggi.
- Tutup lubang saluran drainase dan alat sanitasi yang lain.
- Bagian struktur rangka (*truss*) yang menahan gaya tekan.
- Bagian-bagian mesin, blok mesin dan sebagainya.
- Pintu gerbang, tiang lampu dan sebagainya.
- Tumpuan sendi dan rol pada jembatan.

Besi Tempa (*Wrought Iron*)

Merupakan macam besi yang paling sedikit mengandung bahan campuran lain, bahan-bahan lain tersebut adalah :

- | | |
|--------------|--------------|
| • karbon | 0,05 – 0,15% |
| • silika | 0,15 – 0,2% |
| • fosfor | 0,12 – 0,16% |
| • belerang | 0,02 – 0,03% |
| • mangan | 0,03 – 0,1% |
| • unsur lain | ± 2% |

Besi Tempa (lanjutan)

Sifat-sifat besi tempa antara lain :

- Daktail (liat), kuat dan dapat ditempa.
- Dapat dilas.
- Tidak dapat dituang karena sulit mencair.
- Tahan korosi.
- Temperatur leleh sekitar 1535°C.
- Kuat tarik maksimum sekitar 400 MPa dan kuat tekannya sekitar 200 MPa.

Besi Tempa (lanjutan)

Pemakaian besi tempa telah lama digantikan oleh baja struktur (*mild steel*), dan hanya digunakan jika dibutuhkan bahan yang kuat. Misalnya digunakan untuk paku keling, pipa air, pipa gas, baut, sekrup, tapal kuda, rantai dan sebagainya.

Baja (Steel)

Baja terletak di antara besi tuang dan besi tempa, baja merupakan perpaduan antara besi dan karbon. Bila besi dipadu dengan karbon disebut baja (*steel*), akan tetapi bila besi dipadu dengan logam lain disebut baja paduan (*alloy steel*).

Baja(lanjutan)

Baja dapat dibedakan menjadi 4 jenis sesuai dengan kandungan karbonnya (Semakin banyak kandungan karbonnya, maka baja semakin keras dan kuat tetapi sifat daktilitasnya berkurang).

- Baja dengan kandungan karbon $< 0,1\%$ disebut dengan baja dengan kandungan karbon sangat sedikit (*dead steel*).
- Baja dengan kandungan karbon antara $0,1 - 0,25\%$ disebut dengan baja struktural atau baja lunak (*mild steel*).
- Baja dengan kandungan karbon antara $0,25 - 0,7\%$ disebut dengan baja dengan kandungan karbon sedang (*medium carbon steel*).
- Baja dengan kandungan karbon antara $0,7 - 1,5\%$ disebut dengan baja dengan kandungan karbon tinggi (*high carbon steel*) atau baja keras.

Baja(lanjutan)

Kekuatan, eslatisitas, daktilitas dan sifat-sifat penting lainnya yang dimiliki baja amat dipengaruhi oleh :

- Kandungan karbon
- Proses pemanasan
- Kandungan bahan lain (misalnya : belerang, fosfor, silika dan sebagainya).

Baja lunak banyak digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan struktur, baik berupa baja tulangan maupun baja profil. Jenis baja tulangan yang ada berupa batang, kawat dan jaring kawat baja las (*wire mesh*).

Baja(lanjutan)

Sifat baja struktur yang penting untuk diketahui adalah :

- Modulus Young, E_s
- Kekuatan Leleh, f_y
- Kekuatan Batas, f_u
- Mutu Baja
- Ukuran atau Diameter Batang atau Kawat.

Baja(lanjutan)

Sifat-sifat baja lunak :

- Berat jenis 7,8
- Temperatur leleh sekitar 1.400°C
- Daktail (liat)
- Mudah di las
- Dapat diberi muatan magnet
- Mudah berkarat
- Lebih keras dan kuat daripada besi tempa
- Hampir dipakai untuk semua struktur, sehingga dinamakan baja struktur

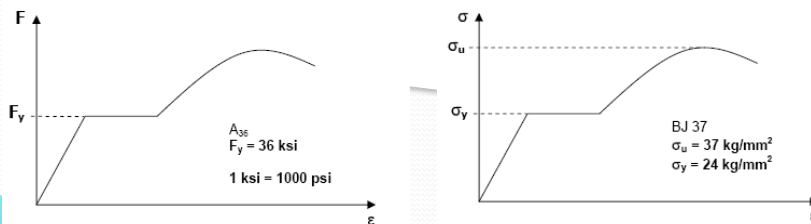
Baja(lanjutan)

Sifat-sifat baja keras :

- Dapat diberi muatan magnet permanen
- Dapat di las
- Lebih elastis dan kuat daripada baja lunak
- Mudah berkarat
- Berat jenis 7,9
- Temperatur leleh sekitar 1.300°C
- Kuat tarik dan kuat geser hampir sama besar
- Banyak dipakai untuk bagian alat yang sering menerima beban kejut dan getaran.

Baja(lanjutan)

Sebagai contoh, mutu baja yang sering digunakan adalah A_{36} dan BJ 37 yang pada dasarnya mempunyai tegangan leleh (*yield strength*) yang hampir sama. Untuk jelasnya dapat dilihat pada perbandingan diagram tegangan-regangan kedua macam baja tersebut :



Baja(lanjutan)

Dibanding dengan tegangan leleh A_{36} yang terletak di antara 22–25 kg/mm², tampak bahwa harga tegangan leleh BJ_{37} (24 kg/mm²) terletak dalam range tegangan leleh baja A_{36} , sehingga baja A_{36} dan BJ_{37} hampir sama. Jadi yang dimaksud dengan baja A_{36} adalah baja tersebut mempunyai tegangan leleh 36 ksi, sedangkan BJ_{37} mempunyai tegangan ultimit 37 kg/mm² (3700 kg/cm²).

Baja(lanjutan)

Pada umumnya di Indonesia untuk bangunan gedung maupun jembatan menggunakan baja mutu BJ_{37} . Jadi AISC (*American Institute of Steel Construction*) berdasarkan tegangan lelehnya (A_{36}), sedangkan SNI (Standard Nasional Industri) berdasarkan tegangan ultimitnya (BJ_{37}).

Baja tulangan beton

Baja tulangan beton atau *reinforcement bar (re-bar)* adalah baja yang berbentuk batang yang digunakan untuk penulangan beton, dalam perdagangan disebut juga besi beton.

Berdasarkan bentuknya, baja tulangan terdiri dari baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir/sirip/deform (BJTD). Baja tulangan polos merupakan batang baja yang permukaannya licin. Baja tulangan ulir merupakan batang dengan bentuk permukaan khusus untuk mendapatkan pelekatan (*bonding*) pada beton yang lebih baik daripada baja tulangan polos pada luas penampang yang sama.

Baja tulangan beton(lanjutan)

Sifat-sifat mekanis baja tulangan beton adalah sebagai berikut :

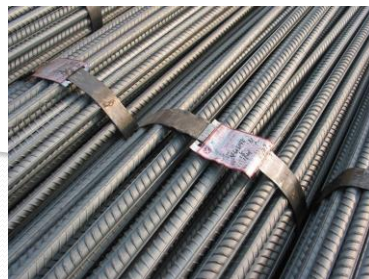
Jenis	Simbol	Tegangan leleh minimum (MPa)	Kuat tarik minimum (MPa)	Regangan patah minimum (%)	Sudut lengkung	Diameter lengkung
Baja tulangan polos	BJTP 24	235	382	20	180	3 x d
	BJTP 30	294	480	16	180	4 x d
Baja tulangan sirip (deform)	BJTD 24	235	382	18	180	3 x d
	BJTD 30	294	480	14	180	4 x d
	BJTD 35	343	490	18	180	4 x d
	BJTD 40	392	559	16	180	5 x d
	BJTD 50	490	618	12	90	5 x d

Baja tulangan beton(lanjutan)

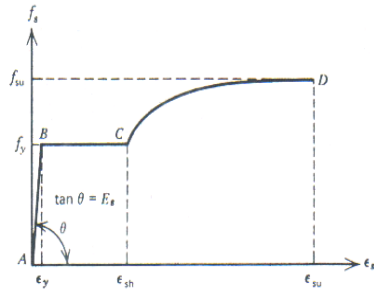
Baja tulangan beton hasil *re-rolling* adalah baja tulangan yang diperoleh dengan pengerolan kembali baja bekas, yaitu baja dari proses produksi barang-barang baja misalnya baja bekas kapal, baja bekas rel, dan sebagainya. Sifat mekanis baja tulangan beton hasil *re-rolling* adalah sebagai berikut :

Simbol	Tegangan leleh minimum (MPa)	Kuat tarik minimum (MPa)	Regangan patah minimum (%)	Sudut lengkung	Diameter lengkung
BJ.RP 24	240	370	20	180	3 x d
BJ.RP 30	300	420	16	180	4 x d

Baja tulangan beton(lanjutan)



Hubungan tegangan-regangan baja

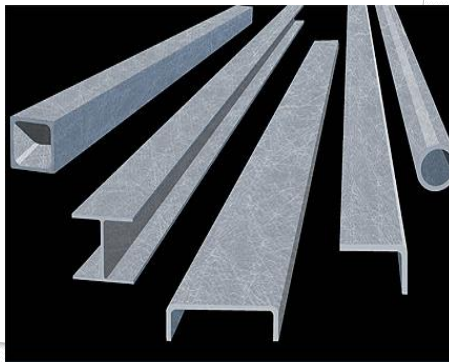


Daerah linier A-B dalam kurva tersebut merupakan daerah elastis, kemudian diikuti oleh daerah leleh yang diperlihatkan oleh garis horisontal B-C, yang nilai regangannya terus bertambah pada kondisi tegangan yang tetap. Tegangan dimana terbentuk daerah leleh, titik B, disebut tegangan leleh (*yield stress*).

Dengan peningkatan regangan, ternyata nilai tegangannya sedikit meningkat, gejala ini dikenal sebagai *strain-hardening* yang ditunjukkan pada daerah C-D. Kurva akan mencapai nilai maksimum bila tegangan tarik ultimatenya (*tensile strength*) tercapai, ditunjukkan oleh titik D. Kemudian kurva tersebut akan turun lagi hingga material putus. Besarnya modulus elastisitas baja (E_s) adalah 200.000 MPa.

Baja Profil

Baja profil adalah baja yang terbentuk dari pabrik dengan bentuk profil, misalnya I, L, T, C, H, U dan sebagainya. Baja profil untuk konstruksi baja, misalnya sebagai kuda-kuda, balok, kolom.



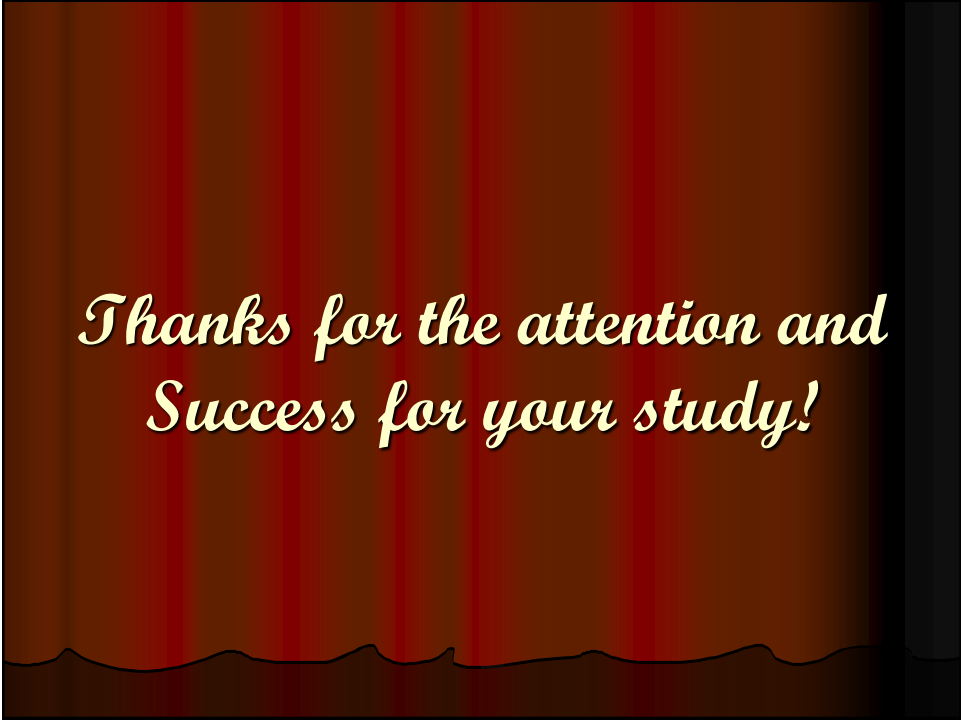
Perlindungan Korosi (*Corrosion Protection*)

Perubahan logam menjadi bentuk oksida akibat reaksi dengan udara bebas disebut korosi. Salah satu kejelekan bahan logam adalah sifat korosi (mudah berkarat), yang dapat dicegah atau diperlambat proses terjadinya karat dengan cara :

- **Tarring**, permukaan baja dilapisi dengan gas batu bara (*coal tar*) yang diproses dengan temperatur tinggi dan dengan bantuan sikat. Gas batu bara ini akan sedikit meresap di permukaan baja.
- **Electroplating**, permukaan baja dilapisi dengan perak, tembaga, nikel dan sebagainya, dengan proses yang disebut dengan *electrolysis*.

Perlindungan Korosi (lanjutan)

- **Galvanizing**, permukaan baja yang telah dibersihkan direndam dalam cairan seng sehingga permukaan baja terlapisi seng
- **Metal spraying**, permukaan baja disemprot dengan gas/cairan seng, aluminium atau timah.
- **Dilapisi cat**, permukaan baja dilapisi cat dan pengecatan dapat dilakukan dengan sikat/kuas atau disemprotkan.
- **Dimasukkan ke dalam beton**, batang baja ditutup dengan beton, dengan dasar ini pula baja tulangan tidak berkarat karena berada di dalam beton (beton bertulang).



*Thanks for the attention and
Success for your study!*