

Besi dan Baja



- Logam (metal) merupakan bahan yang banyak dipergunakan untuk keperluan teknik, antara lain untuk mesin/komponen mesin, perpipaan, atau bagian utama dari suatu konstruksi/non-konstruksi bangunan. Besi (iron) dan Aluminium adalah logam yang umum digunakan dalam bidang ke teknik sipil.
- Besi adalah bahan logam yang terdiri dari sebagian besar atom besi (ferro), sehingga disebut *ferrous metal*, sebaliknya logam yang sedikit atau tidak mengandung atom besi disebut *non-ferrous metal*.
- Biji besi merupakan bahan mentah besi yang dieksploitasi dari pertambangani. Dilahan pertambangan, biji besi umumnya dalam bentuk senyawa oksida besi (Fe_2O_3) dan tercampur dengan bahan-bahan lain seperti silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), mangan, belerang, fosfor, dsb.nya. Bahan mentah tersebut dikenal dengan sebutan **besi gubal** (*pig iron*), dengan komposisi 90 – 95% besi, 3 – 4% karbon, dan selebihnya adalah bahan-bahan tercampur lainnya.

- Besi gubal bersifat lunak dan getas, sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan struktur atau lainnya yang membutuhkan kekuatan yang cukup. Karena itu besi gubal dioleh lebih lanjut menjadi antara lain : **besi tuang/cor, besi tempa dan baja**

1. Besi Tuang

Diperoleh dengan melebur biji-biji besi dan diproses sedemikian agar diperoleh proporsi tertentu kandungan unsur-unsur lain di luar besi, kemudian dituang ke dalam cetakan dengan bentuk sesuai yang diinginkan. Kandungan unsur utama dalam besi tuang selain Fe_2O_3 adalah karbon bersama-sama dengan mangan (Mn) sebesar 2 – 4%, belerang (S) 0,1%, posfor (P) 0,3% dan silikon (Si) 2,5%.

Pengaruh Kandungan unsur utama dalam Besi Tuang

- **Belerang (S), maksimum 0,1%**
 - menyebabkan besi tuang keras dan getas
 - menyebabkan adonan besi tuang cepat mengeras, mendahului keluarnya gelembung-gelembung udara yang terperangkap sehingga menimbulkan banyak pori-pori.

■ **Posfor (P), maksimum 0,3%**

- menyebabkan besi tuang mudah mencair
- menyebabkan besi tuang semakin getas
- kandungan > 0,3 % menyebabkan besi tuang kehilangan kekerasannya sehingga tidak mudah diolah, dan
- bila diinginkan besi tuang berbentuk tipis dan halus digunakan posfor 1,0 – 1,5%.

■ **Silikon (Si), maksimum 2,5%**

- mengurangi susut pengerasan besi tuang
- menyebabkan besi tuang lebih lunak
- kadar sampai 2,5%, menyebabkan adonan mudah dituangkan

■ **Mangan (Mn) maksimum 0,7%**

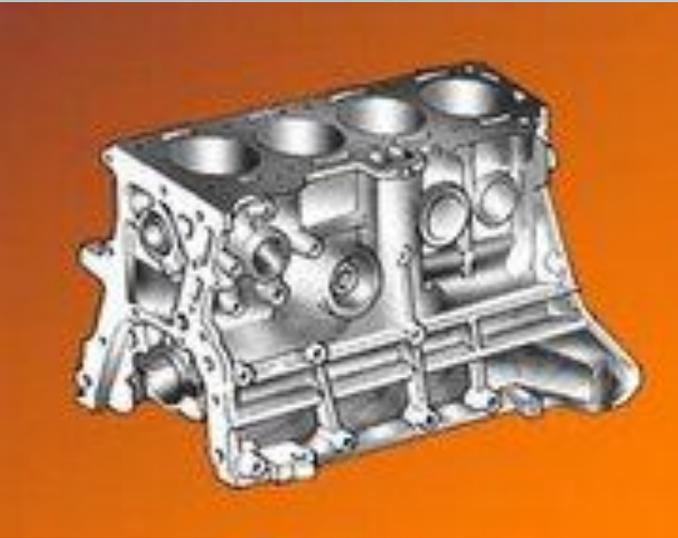
- menyebabkan besi tuang keras
- menyebabkan besi tuang bersifat getas

Sifat-sifat Besi Tuang

- a. keras
- b. getas (tidak kuat menahan benturan)
- c. mudah melebur mencair, titik leleh 1250°C
- d. menyusut waktu pendinginan
- e. dikeraskan dengan dipanaskan, lalu didinginkan mendadak
- f. kuat menahan desak, sampai 6000 kg/cm^2
- g. lemah terhadap tarik, maksimum 500 kg/cm^2
- h. tidak berkarat
- i. tidak dapat diberi muatan magnet
- j. tidak dapat disambung dengan paku keling atau dengan pengelasan

Penggunaan Besi Tuang

- a. pipa bertekanan tinggi
- b. alat-alat sanitasi
- c. bagian-bagian struktur yang menahan desak
- d. tumpuan gelagar jembatan (sendi dan roll)
- e. bagian-bagian mesin, pintu gerbang, dll



Contoh Produk Besi Tuang



2. Besi Tempa (*Wrought Iron*)

Besi tempa adalah jenis besi yang mengandung unsur-unsur lain dalam jumlah yang kecil, yaitu :

- karbon 0,05 – 0,15%
- silika 0,15 – 0,20%
- posfor 0,12 – 0,16%
- belerang 0,02 – 0,03%
- mangan 0,03 – 0,10%
- unsur-unsur lain 2%

Sifat-sifat besi tempa :

- daktail (liat), kuat dan dapat ditempa
- kuat tarik maksimum 4000 kg/cm²
- kuat tekan maksimum 2000 kg/cm²
- adonan sulit dituang, suhu leleh 1535° C
- tahan korosi
- dapat disambung dengan las

Saat ini besi tempa sudah jarang digunakan. Untuk keperluan yang sama lebih sering digunakan baja struktur, kecuali bagian-bagian yang membutuhkan bahan yang kuat, seperti paku keling/sumbat, baut, sekrup, pipa gas, rantai tapal kuda, dll.

3. Baja (Steel)

Besi-baja (sering disebut baja saja), merupakan paduan antara besi dan karbon, dengan kandungan karbon lebih sedikit dibanding besi tuang, tetapi lebih banyak dari besi tempa.

Berdasarkan kadar karbonnya, baja terbagi menjadi

- | | |
|---|--------------------------------|
| a. baja sangat lunak (<i>dead steel</i>) | kandungan karbon $\leq 0,10\%$ |
| b. baja lunak (<i>low carbon steel</i>) | 0,10 – 0,25% |
| c. baja sedang (<i>medium carbon steel</i>) | 0,25 – 0,70% |
| d. baja keras (<i>high carbon steel</i>) | 0,70 – 1,50% |

Dalam bidang konstruksi, baja dibagi dalam dua kelompok, baja keras dan baja lunak (yang umum digunakan dalam struktur teknik sipil)

1. Pengaruh kandungan Unsur pada Sifat Baja

Sifat-sifat baja, yaitu kekuatan, elastisitas dan daktilitas, serta kemagnitan, sangat dipengaruhi oleh kandungan unsur-unsurnya dan proses pemanasannya.

- a. **Karbon**. Semakin banyak kandungan karbon, baja semakin keras dan kuat, tetapi sifat daktilitasnya berkurang (menjadi semakin getas) dan sifat kemagnetannya juga berkurang.
- b. **Belerang**. mulai kelihatan pengaruhnya pada sifat baja jika kandungannya $> 0,10\%$, baja mulai sukar ditempa pada suhu tinggi, kekuatan dan daktilitasnya mulai menurun.
- c. **Posfor**. akan menambah kecairan baja saat meleleh, tetapi juga akan mengurangi kekuatan dan daktilitas serta sifat kemagnetannya.
- d. **Silikon**. berpengaruh bila kandungannya $> 0,20\%$. Kandungan silikon yang berlebih akan menambah sedikit kekuatan dan elastisitas baja tanpa mengurangi sifat daktilitas dan kemagnetannya.
- e. **Mangan**. bila kandungannya $> 0,10\%$ akan mulai mempengaruhi sifat baja, yaitu menaikkan kekuatan baja. Tetapi pada kandungan diatas $1,50\%$ membuat baja menjadi sangat getas.
- f. Pengaruh Proses **Pemanasan**. Sifat baja dapat dimodifikasi melalui proses pemanasan dan pendinginan, melalui pengontrolan suhu dan jeda waktu antara pemanasan dengan pendinginan.

2. Proses Pembentukan Produk Baja

Proses-proses yang dilaksanakan pada produksi baja dimaksudkan untuk memperoleh bentuk dan kualitas yang banyak dibutuhkan di pasaran. Dilaksanakan dengan cara

- pengerjaan panas, dimana pengerjaan dilakukan dalam kondisi baja dipanasi sehingga mencapai suhu kristalisasi, atau
- pengerjaan dingin, dimana pengerjaan dilakukan dalam kondisi baja berada dalam suhu ruang.

Kebanyakan proses pengerjaan dilakukan dengan pengerjaan panas. Beberapa mekanisme pengerjaan baja :

- a. *Drawing*** (penarikan). untuk memperoleh baja dalam bentuk kawat atau lonjoran-lonjoran bulat. Pada proses ini, baja pijar dipaksa melewati lubang dengan diameter yang dikehendaki dengan cara ditarik, sehingga bentuk akhirnya berupa lonjoran dengan tampang dan diameter sesuai bentuk lubang yang dilewati.

- b. Forging** (penempaan). baja dipanasi sampai suhu tertentu, kemudian dipukul/ditempa berulang-ulang hingga diperoleh bentuk dan ukuran yang dikehendaki, menyebabkan baja lebih mampat, sehingga berat jenisnya sedikit lebih tinggi.
- c. Pressing** (penekanan). Bentuk baja diperoleh dengan cara menempatkan baja pijar dalam cetakan, kemudian ditekan dengan alat penekan secara perlahan-lahan sampai seluruh ruang cetakan terisi penuh.
- d. Rolling** (penggilingan). Dalam cara ini, baja pijar dipaksa melalui serangkaian celah diantara roda/roll khusus yang berfungsi sebagai penggiling. Celah-celah tersebut berurutan mulai dari ukuran terbesar, mengecil, sampai ukuran celah sesuai ukuran baja yang dikehendaki. Biasanya untuk menghasilkan baja-tulangan, profil siku, rel, pelat, dsb.nya.
- e. Extrusion**. Adalah pembentuk produk baja dengan cara memaksa baja pijar melalui lubang dengan bentuk dan ukuran tertentu sesuai dengan produksi yang diinginkan. Pemaksaan dilakukan dengan tenaga tekanan.

3. Sifat-sifat Baja Keras

Baja yang dikategorikan sebagai baja keras memiliki sifat-sifat

- Berat jenis 7,90
- Temperatur leleh sekitar 1300° C
- Kuat tarik dan kuat geser nilainya hampir sama
- Lebih elastis dan lebih kuat dari baja lunak
- Dapat dilas dan diberi muatan magnet permanen
- Mudah berkarat.

Umumnya digunakan untuk bagian/alat yang mengalami beban kejut atau getar, baut mutu tinggi (*high strength bolt*) dan baja-prategang.

4. Sifat-sifat dan Produk Baja Lunak

Baja lunak mempunyai sifat

- Berat jenis 7,80
- Temperatur leleh sekitar 1400° C
- Duktal (liat)
- Dapat dilas dan diberi muatan magnet
- Mudah berkarat
- Digunakan untuk hampir semua bagian struktur

Contoh bangunan baja



HYW024

Baja struktur yang umum adalah baja tulangan, baja profil, pelat baja, dan baut baja. Semula, mutu baja struktur ini diidentifikasi dengan simbol **Uxy** yang artinya baja tersebut memiliki tegangan leleh karakteristik sebesar xy kali 100 kg/cm^2 (misal : U22, menunjukkan baja dengan tegangan leleh karakteristik 2200 kg/cm^2). Tetapi saat ini lebih sering diwakili dengan notasi **fy** yang menunjukkan nilai tegangan leleh/luluh baja yang bersangkutan, misal $f_y = 240 \text{ MPa}$.

a. Baja Tulangan.

Baja tulangan adalah baja yang berbentuk batang yang dipergunakan untuk penulangan beton, karena itu sering disebut **besi beton**. Baja tulangan berbentuk lonjoran-lonjoran baik permukaan polos/licin (**BJTP**) ataupun permukaan berulir/sirip (**BJTD/deform**) dengan panjang standar adalah 6 m, 9 m dan 12 m. Bentuk sirip baja tulangan deform dapat berupa sirip teratur dan dapat juga berupa sirip terpuntir.

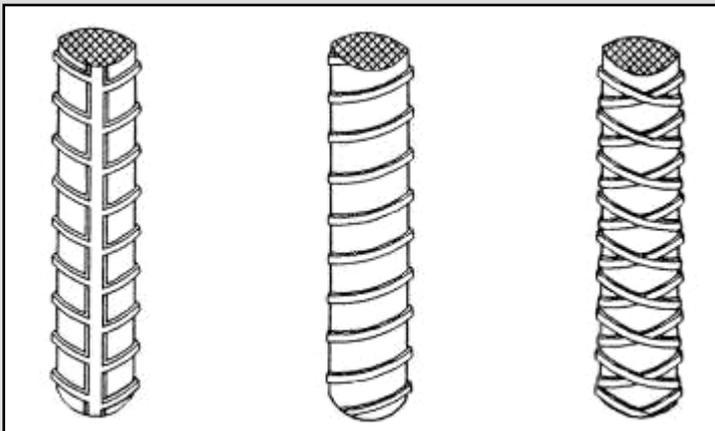
Baja tulangan disyaratkan tidak boleh mengandung serpih-serpih, lipatan-lipatan, retak-retak, bergelombang, dan hanya diperbolehkan berkarat ringan pada permukaan. Untuk baja tulangan deform, jarak antara dua sirip melintang tidak boleh $> 0,7 d$, tinggi sirip tidak boleh kurang dari $0,05 d$, serta sirip melintang tidak boleh membentuk sudut kurang dari 45° terhadap sumbu batang.

Karena adanya sirip-sirip, maka diameter nominal baja tulangan deform dihitung dengan rumus :

$$d = 12,74\sqrt{B} \quad B : \text{berat persatuan panjang baja tulangan (kg/m')}$$

Khusus untuk baja-tulangan, notasi yang digunakan untuk menunjukkan mutu baja adalah **BJTPxx** (baja tulangan polos) atau **BJTDxx** (baja tulangan deformasian).

BJTP24 artinya baja tulangan polos dengan tegangan leleh $f_y = 240 \text{ MPa}$, sedang BJTD32 artinya baja tulangan deformasian dengan tegangan leleh $f_y = 320 \text{ MPa}$.



Tabel : Sifat Mekanis Baja Tulangan

Kelas	Simbol	Batas Ulur	Kuat Tarik
		minimum	minimum
		N/mm ²	N/mm ²
		(kgf/mm ²)	(kgf/mm ²)
Polos	1	BJTP24 285 (24)	382 (39)
	2	BJTP30 294 (30)	480 (49)
Deform	1	BJTD24 285 (24)	282 (29)
	2	BJTD30 294 (30)	480 (49)
	3	BJTD35 343 (35)	490 (50)
	4	BJTD40 392 (40)	559 (57)
	5	BJTD50 490 (50)	618 (63)

Tabel : Diameter, Luas Tampang dan Berat Nominal

Penampang Diameter Baja Tulangan				Luas	Berat Nominal
Polos	Diameter (mm)	Deform	Diameter (mm)	Penampang (mm ²)	per-satuan panjang (kg/m')
P6	6	D6	6	28,26	0,222
P8	8	D8	8	50,24	0,395
P9	9	D9	9	63,59	0,499
P10	10	D10	10	78,50	0,617
P12	12	D12	12	113,04	0,888
P13	13	D13	13	132,67	1,040
P14	14	D14	14	153,86	1,210
P16	16	D16	16	200,96	1,580
P18	18	D18	18	254,34	2,000
P19	19	D19	19	283,39	2,230
P20	20	D20	20	314,00	2,470
P22	22	D22	22	379,94	2,980
P25	25	D25	25	490,63	3,850
P28	28	D28	28	615,44	4,830
		D29	29	660,19	5,190
P32	32	D32	32	803,84	6,310
		D36	36	1.017,36	7,990
		D40	40	1.256,00	9,870
		D50	50	1.962,50	15,400

b. Wiremesh,

Wiremesh, atau Jaringan Kawat Baja Las digunakan untuk tulangan beton (pelat) berbentuk empat persegi, terbuat dari kawat hasil penarikan dingin. Titik potong kawat yang memanjang dan melintang dari jaringan kawat las ini dilas dengan las titik secara sempurna, rapi dan kokoh, kawat-kawat satu dengan lainnya harus tegak lurus dan tidak boleh terdapat cacat-cacat pembuatan yang dapat mengurangi kekuatan. Kawat yang dipergunakan sebagai jaringan kawat las, baik kawat memanjang maupun melintang disyaratkan mempunyai kuat tarik minimum $50,10 \text{ kgf/mm}^2$, serta kuat geser las minimum $25,00 \text{ kgf/mm}^2$.

Standar diameter kawat yang digunakan adalah 4,00, 4,50, 5,00, 6,00, 7,00, 8,00, 9,00 dan 10,00 mm. Sedang bentuk lubang adalah bujur-sangkar dan empat persegi panjang seperti pada tabel berikut.

Ukuran lembar jaringan kawat las adalah :

- Lebar = 2,10 meter
- Panjang = 5,40 meter (lembar standar), dan 54 meter (gulungan standar dengan diameter maksimum 6 mm untuk kawat yang memanjang).

Tabel : Ukuran Lubang Jaringan Kawat Las

No	Lubang Bujur Sangkar	Lubang Persegi Panjang
	(mm)	(mm)
1	50 x 50	50 x 75
2	75 x 75	75 x 100
3	100 x 100	100 x 150
4	150 x 150	150 x 200
5	200 x 200	200 x 250
6	250 x 250	250 x 300
7	300 x 300	

c. Baja Profil

Baja profil berupa batangan-batangan baja yang mempunyai bentuk penampang tertentu, seperti H, I, C, L, T, Z dan sebagainya. Baja profil dibuat dengan proses canai panas, kecuali profil Kanal C ringan dibuat dengan proses dingin dari pelat baja atau strip baja, baik pelat/strip baja yang diperoleh dari proses canai panas atau canai dingin. Detail properti dan simbol baja profil secara lengkap dalam daftar/tabel baja profil. Umumnya baja profil digunakan untuk struktur rangka baja (portal baja, rangka atap baja, rangka baja jembatan, dll) atau struktur komposit.

d. Pelat Baja

Pelat baja berupa lembaran-lembaran dengan berbagai ketebalan sesuai kebutuhan pasar. Umumnya digunakan untuk pelat-pelat sambung rangka baja, dsb.nya.

e. Baut

Digunakan sebagai alat sambung/hubungan joint rangka baja. Biasanya menggunakan simbol baut baja A307 untuk baut baja hitam, A325 dan A490 untuk baut baja mutu tinggi.

f. Baja Ringan

Baja ringan merupakan baja mutu tinggi, ringan dan tipis, namun memiliki fungsi setara baja konvensional. Meskipun tipis, baja ringan memiliki kekuatan tarik 550 MPa dan terbuat dari baja ringan lapis Zinc (3-5 micron) dan Aluminium Hi-Ten (High Tension Steel).

Di Indonesia, ketebalan baja ringan berkisar 0,4 mm – 1 mm. Ketebalan material baja ringan untuk kuda-kuda atau main truss berbentuk profil C berkisar 0,7 – 1 mm, dan Profil Top Span R37 untuk reng 0,4 - 0,7 mm.





Kelebihan

- bobotnya yang ringan, maka beban yang harus dipikul oleh struktur di bawahnya ringan
- bersifat tidak membesarkan api (*non-combustible*)
- pemasangannya relatif sangat cepat apabila dibandingkan rangka kayu
- nyaris tidak memiliki nilai muai dan susut

Kekurangan

- kerangka atap baja ringan tidak bisa diekspos seperti rangka kayu, sistem rangkanya yang berbentuk jaring kurang menarik bila tanpa penutup plafon.
- Karena strukturnya yang seperti jaring ini maka bila ada salah satu bagian struktur yang salah hitung ia akan menyeret bagian lainnya.
- Rangka atap baja ringan tidak sefleksibel kayu yang dapat dipotong dan dibentuk berbagai profil.

5. Proses Perlindungan Baja

Kelemahan baja adalah mudah terserang korosi/karat akibat bersentuhan dengan air atau kelembaban udara sekeliling.

Untuk mengatasi kelemahan tersebut, dilakukan langkah/langkah perlindungan/pelapisan (*coating*) permukaan baja seperti :

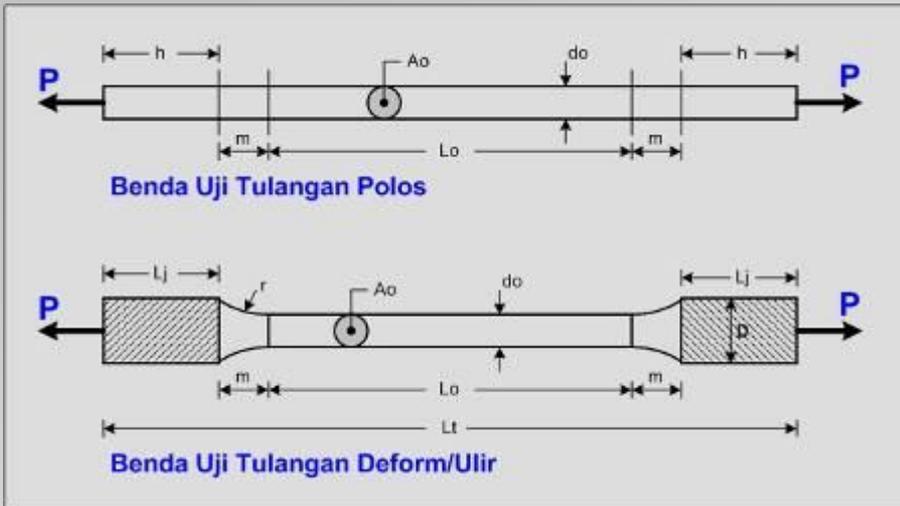
- **Tarring** : pelapisan permukaan baja dengan gas batu bara (*coaltar*) dengan proses temperatur tinggi sehingga gas terserap sedikit dipermukaan baja
- **Electroplating** : pelapisan permukaan baja dengan cara elektrolisa partikel-partikel perak atau nikel dan sebagainya.
- **Calvanizing** : pelapisan permukaan baja dengan seng, diperoleh dengan cara baja direndam dalam cairan seng.
- **Metal Spraying** : permukaan baja dilapisi dengan gas/cairan seng atau aluminium atau timah dengan cara disemprot.
- **Painting** : pelapisan permukaan baja dengan cat
- **Casing** : membungkus/menyelubungi dengan beton.



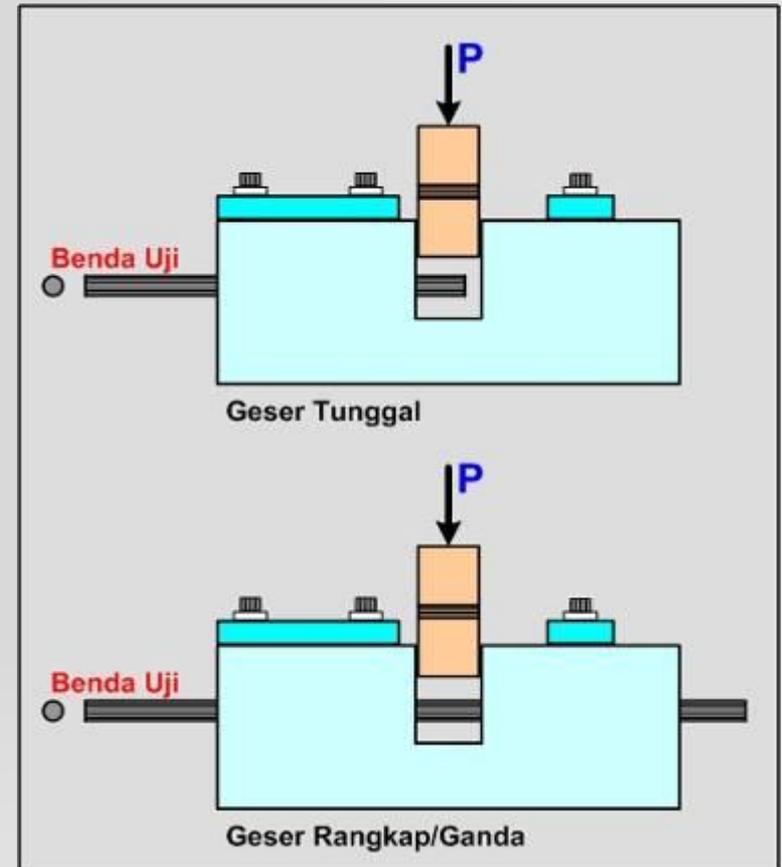
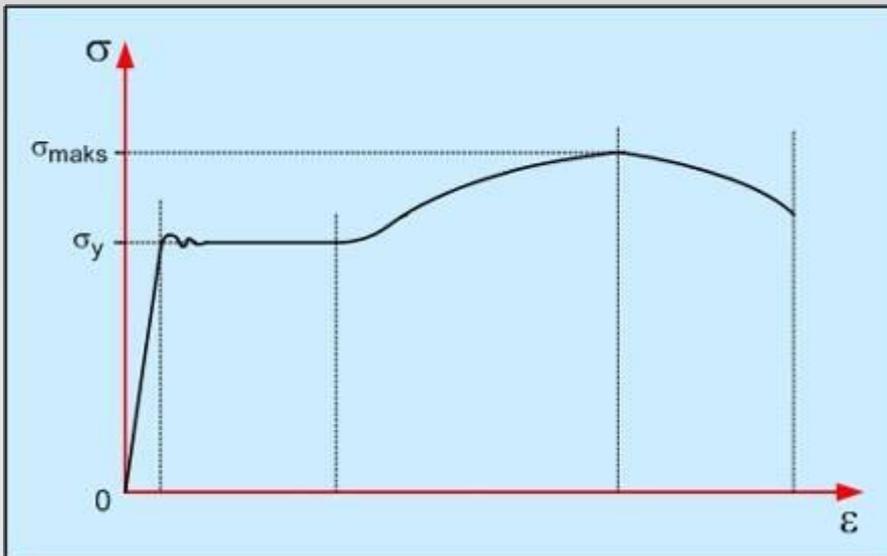
Pengujian Baja-tulangan



Pengujian Baja-tulangan



Pengujian Tarik Baja-Tulangan



Pengujian Geser Baja-Tulangan