

TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI

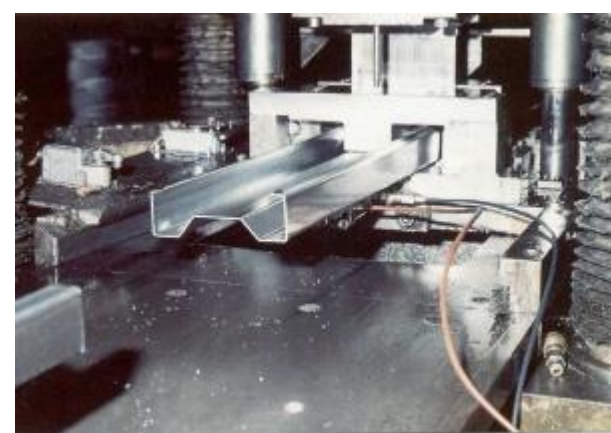
7. PROSES PEMBUATAN BAJA

Dosen:

Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.



Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
2023



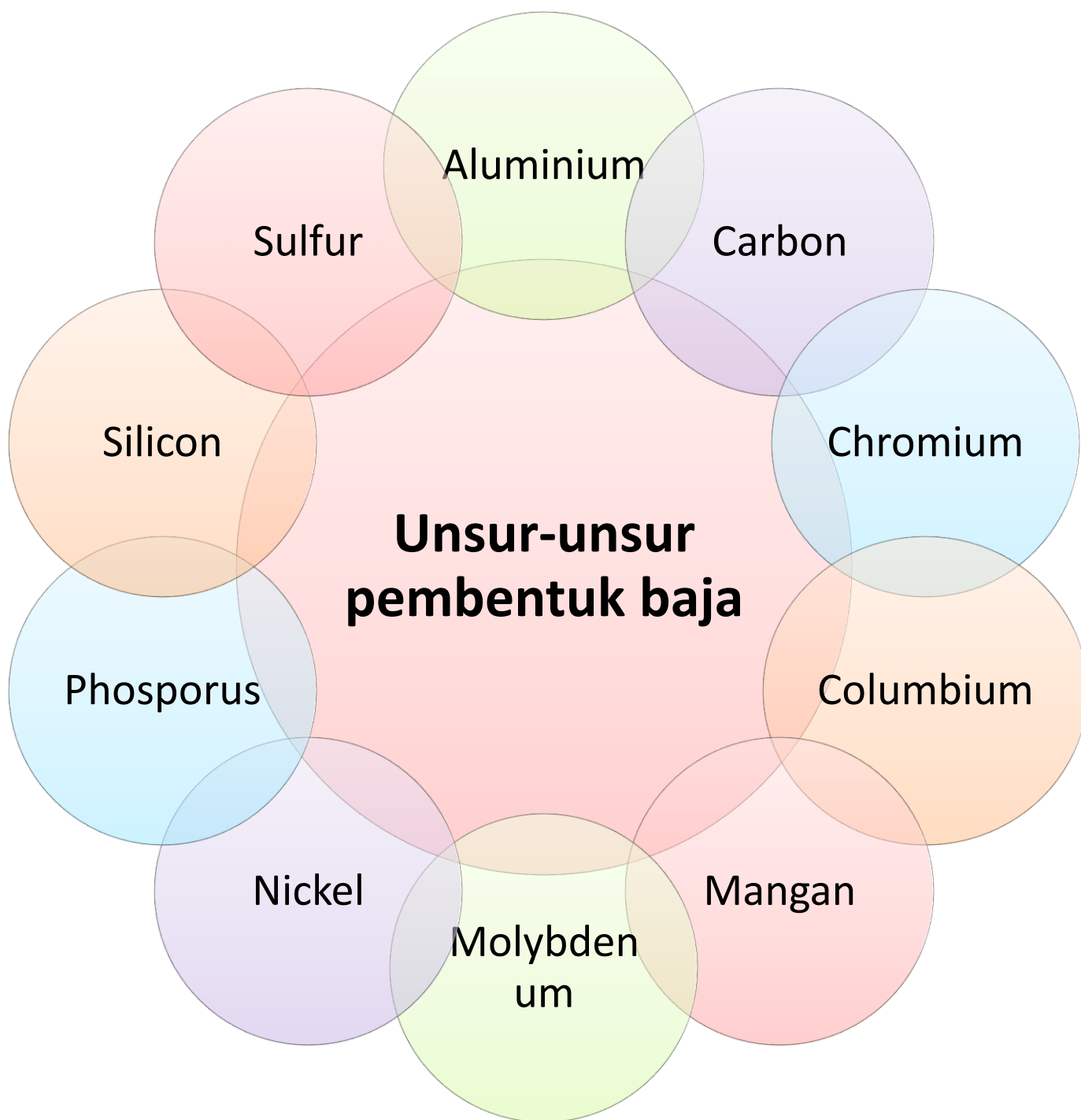
BAHAN BAJA

Ferrous alloys merupakan campuran logam dengan besi sebagai unsur utama.

Ferrous alloys merupakan logam yang paling banyak diproduksi karena:

- Proses produksi besi dan baja relatif tidak mahal.
- Mudah dibentuk menjadi produk dengan berbagai sifat dan karakteristik fisik dan mekanik.

Kelemahan utama: tidak tahan terhadap korosi



Aluminium

- Sebagai deoksida bersama deoksida lainnya untuk mencegah pembesaran ukuran butiran besi pada proses pembentukan baja

Carbon

- Pertambahan jumlah carbon hingga 0,9% dalam baja akan:
 - Meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap abrasi.
 - Mengurangi daktilitas, toughness, dan daya impak.

Chromium

- Meningkatkan kekuatan dan kekerasan
- Mempertahankan kekuatan baja pada suhu tinggi
- Meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan abrasi

Columbium

- Meningkatkan kekuatan tarik baja karbon
- Bersama carbon meningkatkan ketahanan terhadap korosi
- Digunakan pada baja tahan karat (stainless-steel)

Mangan

- Unsur terpenting setelah carbon dalam pembuatan baja
- Meningkatkan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap abrasi
- Mengurangi daktilitas pada baja carbon rendah pada proses drawing.

Molybdenum

- Meningkatkan suhu dimana baja mengalami *hardening* atau pengerasan
- Meningkatkan kekuatan baja pada suhu tinggi
- Meningkatkan ketahanan terhadap creep
- Meningkatkan kekerasan

Nickel

- Meningkatkan kemampuan baja untuk mengeras
- Meningkatkan kekuatan impak pada suhu rendah
- Bersama chromium digunakan pada pembuatan baja tahan karat

Phosporus

- Meningkatkan kekuatan
- Mengurangi daktilitas
- Mempermudah pemotongan atau pembentukan pada baja

Silicon

- Salah satu dioksida utama
- Meningkatkan kekuatan baja

Sulfur

- Mempermudah pemotongan atau pembentukan

1. Low carbon steel

2. Medium carbon steel

Baja karbon
(carbon steel)

3. High carbon steel

4. High alloy

1. LOW CARBON STEEL

- Merupakan jenis baja yang paling banyak diproduksi dan digunakan sebagai elemen struktur
- Mengandung $< 0,25\%$ berat C
- Tidak sensitif terhadap perlakuan panas (heat treatment)
- Peningkatan kekuatan melalui cold working
- Lunak namun memiliki daktilitas sangat tinggi
- Mudah dibentuk
- Mudah dilas
- Biaya produksi relatif rendah
- Penambahan unsur Cu, V dan Ni akan meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi

Jenis baja ini disebut HIGH STRENGTH LOW ALLOY STEEL

2. MEDIUM CARBON STEEL

- Mengandung 0,25 – 0,60 % berat C
- Dapat menerima perlakuan panas guna meningkatkan perilaku mekanisnya
- Penambahan unsur Cr, Ni, dan Molybdenum dapat meningkatkan kemampuan terhadap perlakuan panas dan menghasilkan:
 - Peningkatan kekuatan
 - Pengurangan daktilitas dan toughness

Jenis baja ini disebut HEAT-TREATED ALLOY

3. HIGH CARBON STEEL

- Mengandung 0,60 – 1,40 % berat C
- Kekuatan sangat tinggi
- Daktilitas sangat rendah
- Kekerasan sangat tinggi, tidak mudah aus.
- Penambahan unsur Cr, V, dan molybdenum akan membentuk karbida yang sangat keras dan tahan aus
- Digunakan sebagai bahan pembuat alat pemotong (pisau, gergaji, dsb)

4. HIGH ALLOY

- Mengandung unsur-unsur tambahan dalam jumlah besar.
- Stainless steel mengandung $> 11\%$ Cr
- Ketahanan terhadap korosi dapat ditingkatkan dengan penambahan unsur Ni dan molybdenum

Proses pembuatan baja struktur

1. Pemurnian bijih besi menjadi besi

2. Pencampuran unsur-unsur pembentukan bahan baja

3. Fabrikasi dan pembentukan profil baja

Proses pemurnian pada tungku (blast-furnace) berukuran besar dengan bahan baku dasar berupa:

- Bijih besi (*iron ore*)
- Batu bara (*coal*)
- Batu kapur (*limestone*)

Bijih besi

- Besi yang dijumpai di alam tidak berupa besi murni (Fe) namun berupa oksida besi, misal: hematite (Fe_2O_3), magnetite (Fe_3O_4), taconite, dll.
- Oksida besi dihancurkan hingga berukuran kecil, kemudian dicampur air membentuk *slurry*.
- Dengan menggunakan gaya magnetik, *slurry* dipindahkan, untuk selanjutnya dibentuk menjadi butiran (*pellets*) dengan konsentrasi Fe di atas 60%.

Batu bara

- Diubah menjadi *coke* dalam oven pemanas, dan digunakan sebagai bahan bakar pada tungku.

Batu kapur (limestone)

- Dihancurkan, disaring, dan dikirim ke pabrik baja dalam beberapa ukuran untuk digunakan sebagai:
 - Bahan fluks pada proses pembakaran dalam tungku dengan ditambah dolomite
 - Bahan pelapis dinding tungku

1. PROSES PEMURNIAN DALAM TUNGKU

Tungku diisi secara teratur, lapis demi lapis dengan bijih besi, coke dan fluks. Perbandingan berat:
bijih besi : coke : fluks = 60% : 25% : 12%

Udara dipanaskan hingga mencapai 760° - 1150° C untuk:

1. Mengeringkan bahan baku
2. Menimbulkan pembakaran pada coke

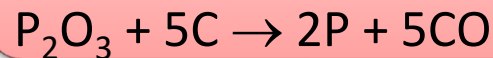
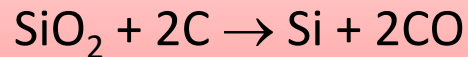
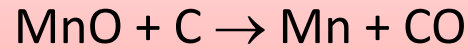
Berlangsung reaksi kimia: $2C + O_2 \rightarrow 2CO$
Bila digunakan hematite, reduksi parsial oleh CO menghasilkan: $3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$

Akibat pemanasan yang tinggi, batu kapur mengalami reaksi: $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
sedangkan dolomite mengalami reaksi:
 $MgCO_3 \rightarrow MgO + CO_2$

Reaksi antara oksida besi dengan karbon menghasilkan Fe, melalui reaksi reduksi:
 $Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$

1. PROSES PEMURNIAN DALAM TUNGKU

Selanjutnya terjadi juga reaksi reduksi dari oksida mangan, silicon, dan fosfor:



Pemanasan yang tinggi mengakibatkan:

1. Besi menjadi sangat lunak, disebut molten.
2. Bahan non logam bergabung membentuk slag.

Slag berfungsi melepaskan unsur sulfur dari molten besi. Reaksi berlangsung dalam tungku dengan temperatur tinggi: $\text{FeS} + \text{CaO} + \text{C} \rightarrow \text{CaS} + \text{Fe} + \text{CO}$

Molten besi dan slag dikeluarkan dari tungku secara teratur melalui lubang yang dibuat pada bagian dasar tungku.

Proses pemurnian dalam tungku berlangsung tanpa henti, kecuali pada saat dinding tungku perlu dilapisi kembali.

2. PROSES PENCAMPURAN UNSUR-UNSUR PEMBENTUK BAHAN BAJA

Proses pencampuran secara konvensional dilakukan dalam tungku terbuka: open-hearth furnace. Pig iron hasil proses sebelumnya, dimasukkan ke dalam tungku yang telah berisi campuran baja yang telah meluluh.

Bahan bakar cair atau gas diinjeksi bersama udara panas untuk mempertahankan suhu hingga 1650°C selama 3,5-7 jam

Selama proses pemanasan, dilakukan pengambilan sampel campuran oleh teknisi secara terus menerus, untuk menjamin bahan baja yang dihasilkan memenuhi komposisi yang disyaratkan.

Penambahan unsur-unsur yang diperlukan hingga mencapai komposisi yang tepat bagi campuran baja yang direncanakan.

2. PROSES PENCAMPURAN UNSUR-UNSUR PEMBENTUK BAHAN BAJA

Pemisahan dari unsur-unsur lain tetap dilakukan seperti pada proses sebelumnya, yaitu dengan menggunakan limestone.

Untuk mempercepat proses silakukan:

- Injeksi udara ke bagian dasar tungku (bessemer cobverter)
- Injeksi oksigen ke bagian atas tungku (basic oxygen furnace)

Campuran baja (ingots) diangkat ke dalam cetakan untuk dibawa ke tempat fabrikasi.

- Catakan berisi baja dibiarkan mendingin, kemudian dibuka. Ingots yang sudah agak dingin seberat 10-20 ton, dicelupkan ke dalam bak yang dipanaskan, agar siap diproses selanjutnya.

3. PROSES PABRIKASI DAN PEMBENTUKAN BAJA STRUKTUR

Pemilihan teknik pabrikan bergantung pada:

- Karakteristik dan sifat produk yang akan dihasilkan
- Bentuk dan ukuran yang akan diinginkan
- Biaya, dsb.

Pabrikan baja dimulai dengan *casting operation*

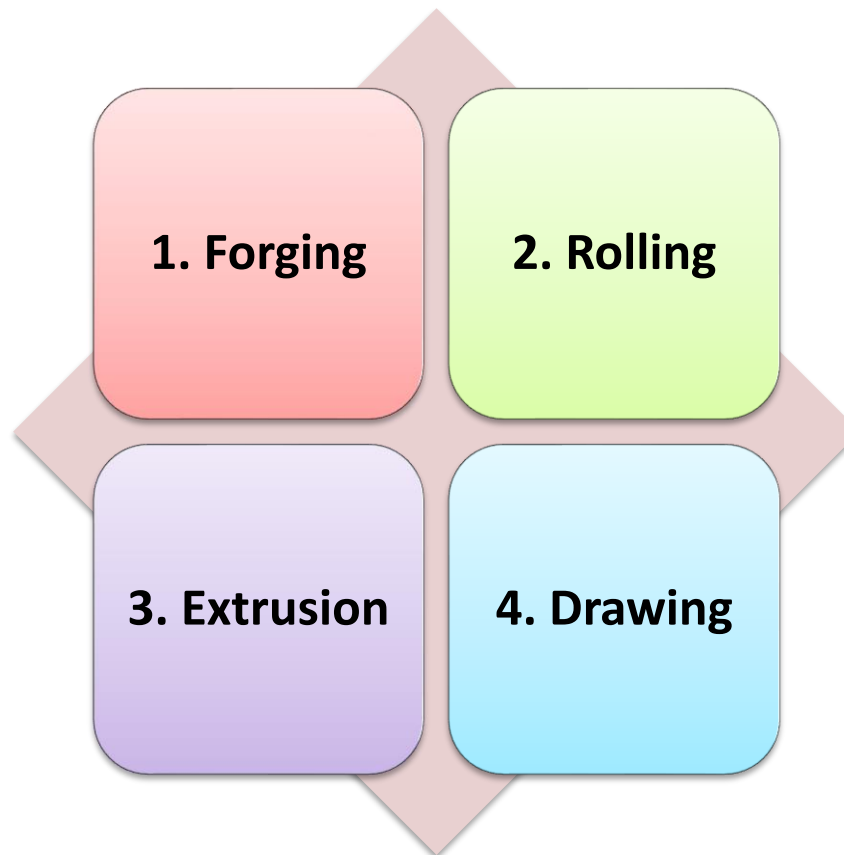
- Yaitu menuangkan campuran baja ke dalam cetakan secara kontinu. Selanjutnya, baja untuk elemen struktur dibentuk melalui *forming operation*, dimana bentuk geometrik baja diubah melalui deformasi plastik.

Catatan:

- *Casting operation* digunakan juga untuk membuat besi tuang dengan bentuk tertentu, yang memiliki karakteristik:
 - Titik leleh lebih rendah dari pada baja struktur
 - Getas (*brittle*)
 - Relatif kuat terhadap tekan, namun tidak kuat terhadap tarik

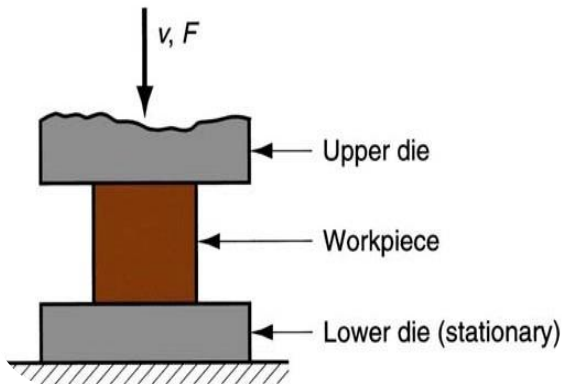
PROSES PEMBENTUKAN (*FORMING OPERATION*)

- Untuk mencapai terjadinya deformasi plastik pada proses ini, maka campuran baja harus dikenakan gaya yang besar sehingga tegangan yang terjadi melampaui tegangan leleh baja tersebut.
- Teknik fabrikasi ini umumnya menghasilkan baja dengan daktilitas tertentu yang mampu berdeformasi secara permanen tanpa mengalami retak atau fraktur.

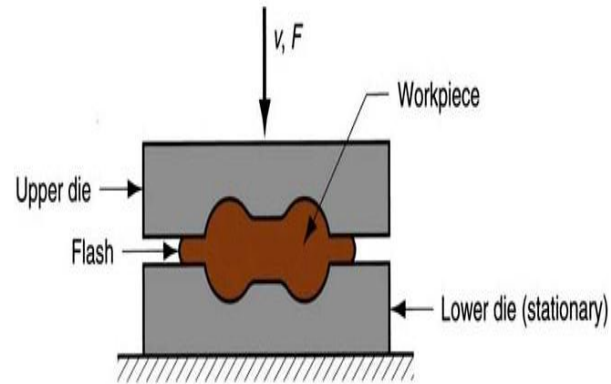


1. FORGING

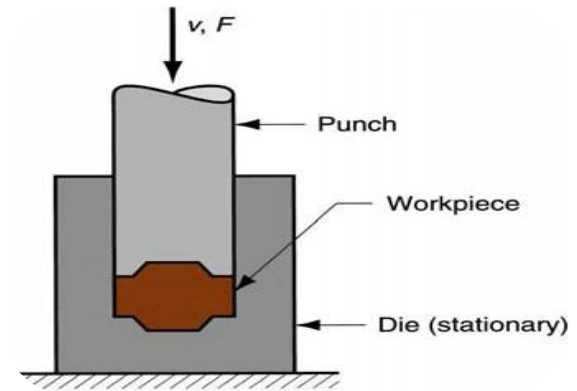
- Gaya tekanan yang diberikan pada baja melalui cetakan sedemikian rupa sehingga deformasi baja mengikuti bentuk cetakan.
- Contoh: roda kereta api



Open-die forging



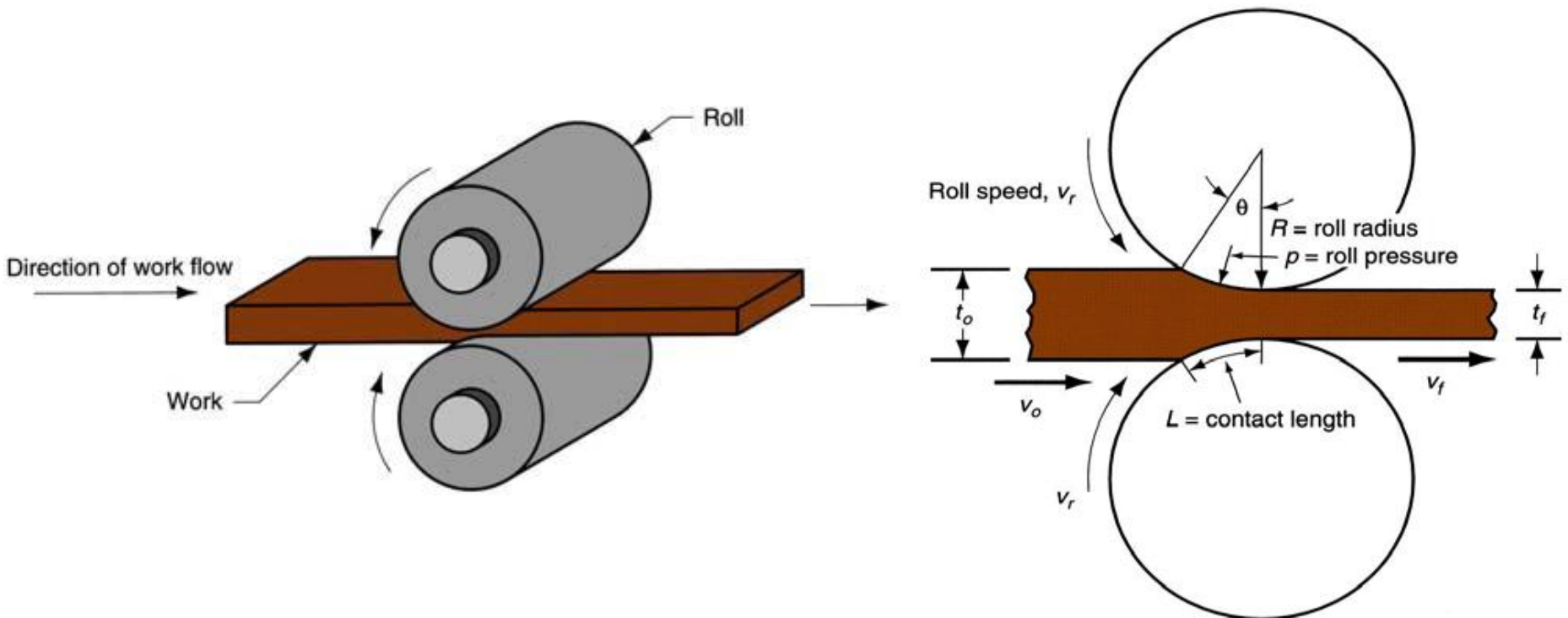
Impression-die forging



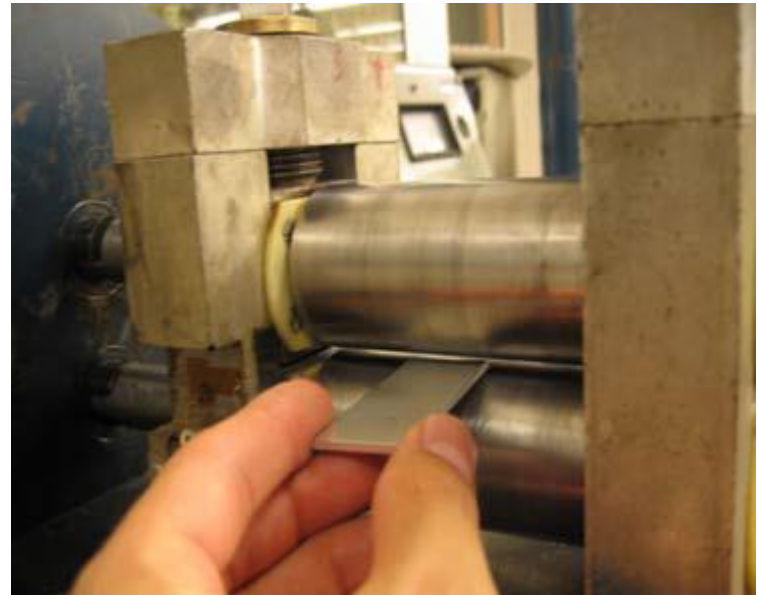
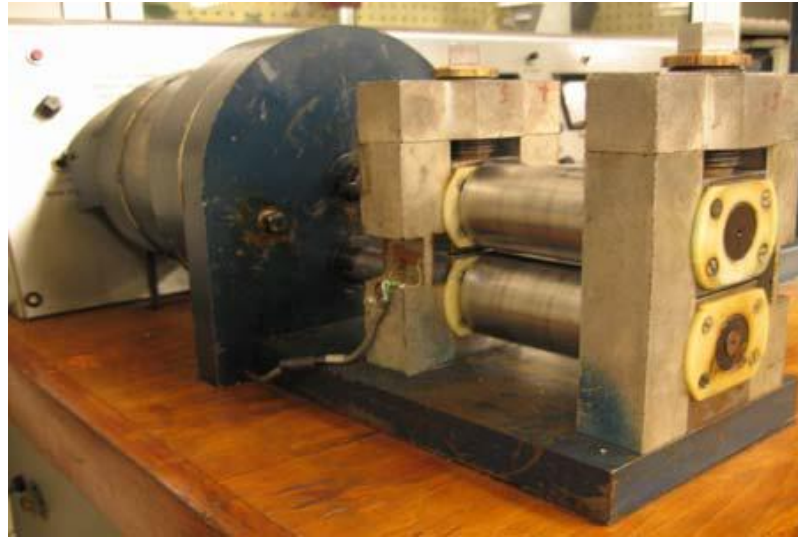
Flashless forging

2. ROLLING

- Potongan baja dilewatkan pada dua buah rol. Gaya tekan rol menyebabkan ketebalan potongan baja berkurang sesuai dengan bentuk dan ukuran yang ingin diperoleh.
- Contoh: pelat baja, profil I, rel kereta api.



PROSES ROLLING



TIPE-TIPE ROLLING

Berdasarkan geometri

Shape rolling

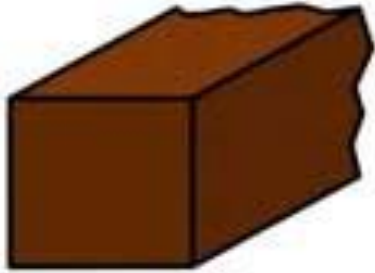
Flat rolling

Berdasarkan temperatur kerja

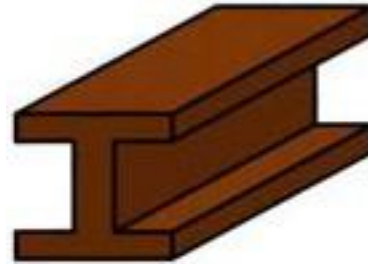
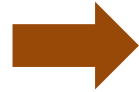
Hot Rolling

Cold Rolling

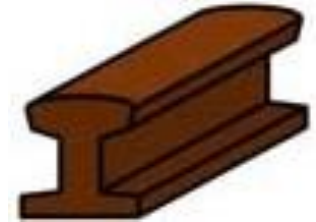
BENTUK BAJA YANG DIHASILKAN DARI PROSES ROLLING



Bloom



Structural shapes



Rails



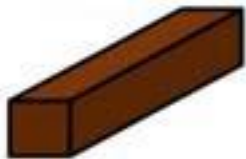
Slab



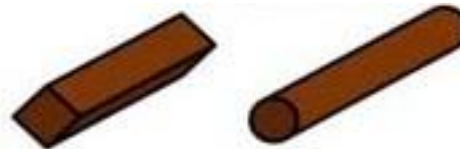
Plates, sheets



Coils

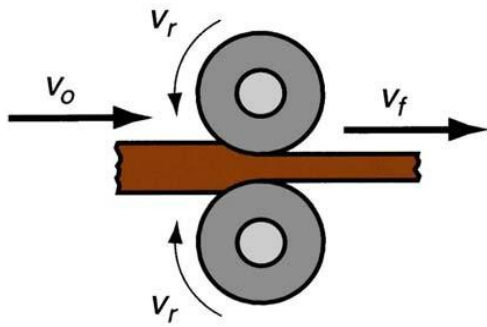


Billet

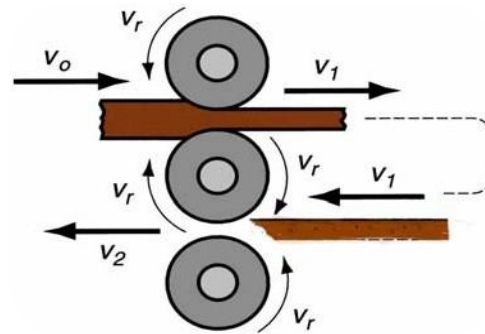


Bars, rods

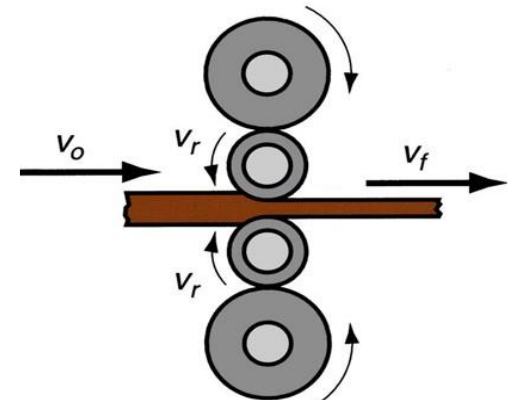
KONFIGURASI ROLLING MILL



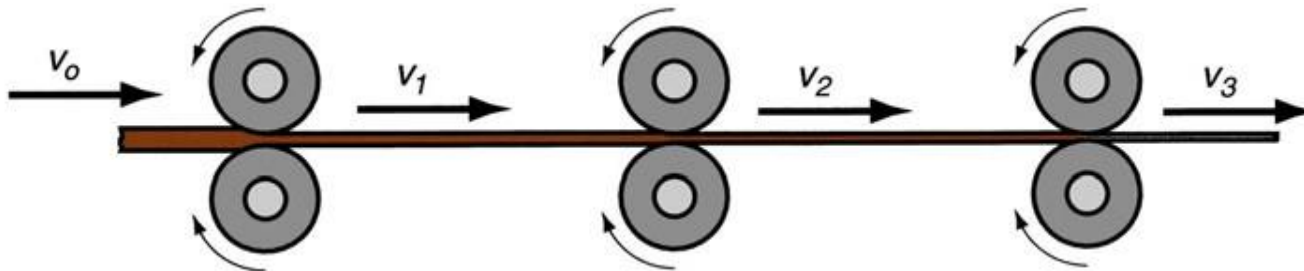
1. Two-High Rolling Mill



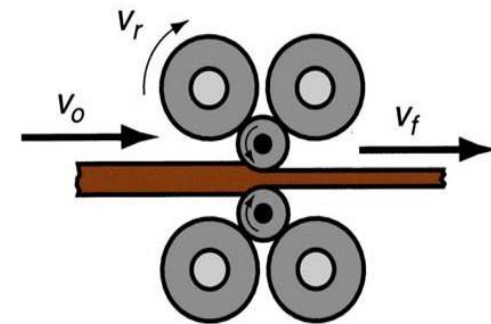
2. Three-High Rolling Mill



3. Four-High Rolling Mill



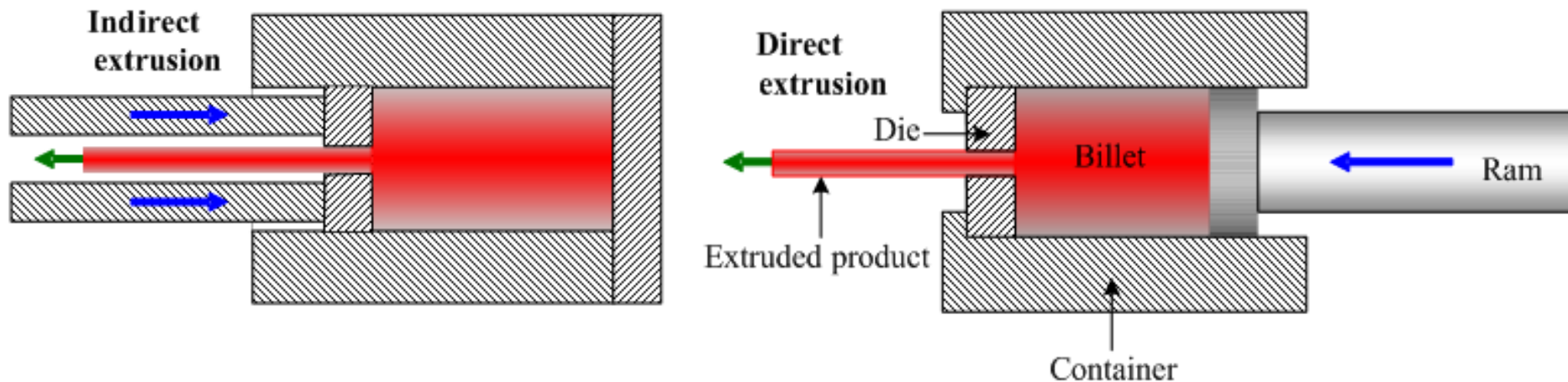
4. Tandem Rolling Mill



5. Cluster Mill

3. EXTRUSION

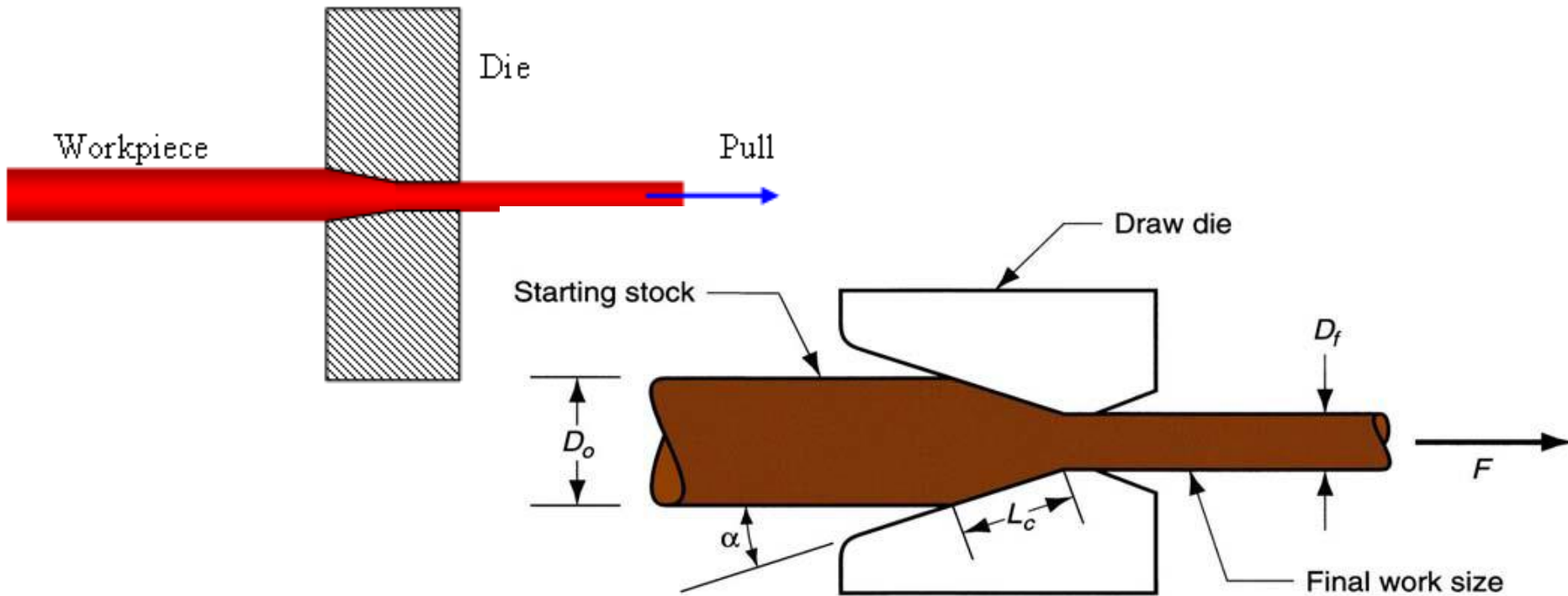
- Bahan baja dimasukkan dalam suatu tempat yang mendapat dorongan dari satu sisi dan dipaksa keluar melalui sisi lainnya. Penampang baja yang dihasilkan memiliki bentuk sesuai dengan cetakan.
- Contoh: pipa baja



4. DRAWING

- Potongan baja ditarik melewati rintangan yang menyebabkan luas penampangnya berkurang, sedangkan panjangnya bertambah.
- Contoh: kabel, baja tulangan.

Drawing



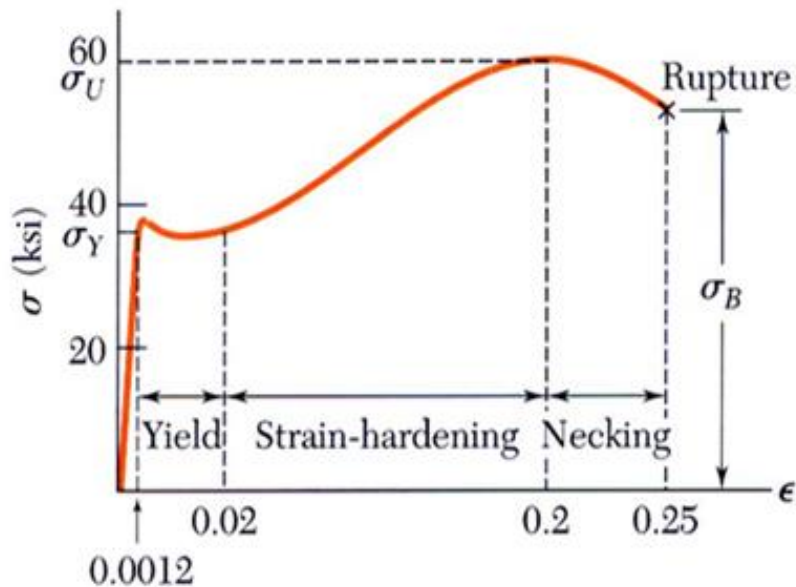
TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI

8. PERILAKU MEKANIK BAJA



Dosen:

Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.



Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
2023

Capaian Pembelajaran

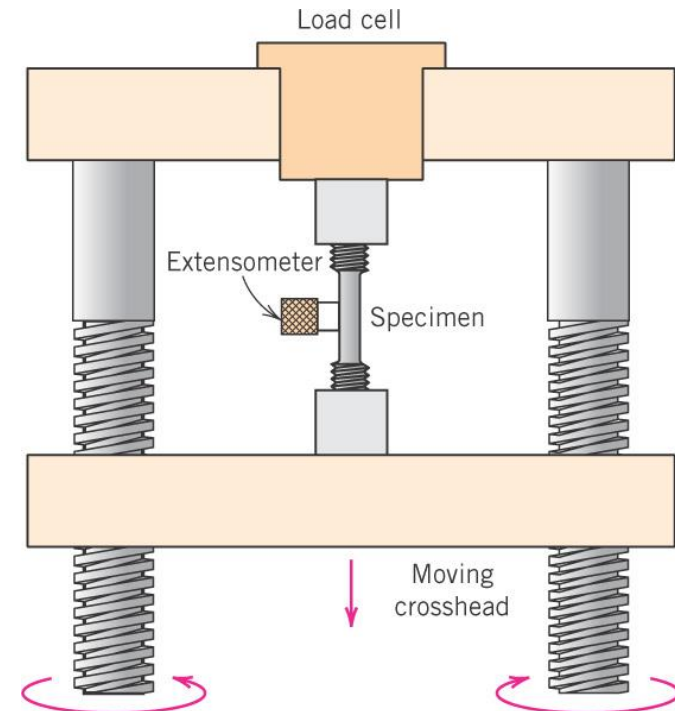
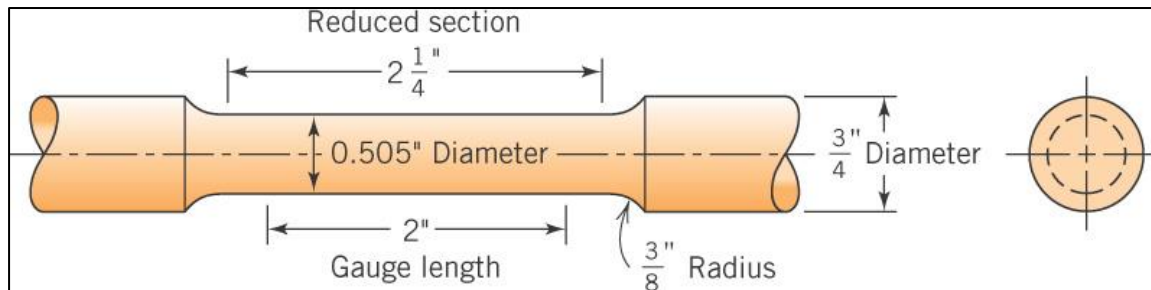
- Mahasiswa mengerti mengenai perilaku mekanik baja
- Mahasiswa mengerti proses pengujian baja dan hasil tegangan regangan baja

1. TENSION TEST (ASTM E8)

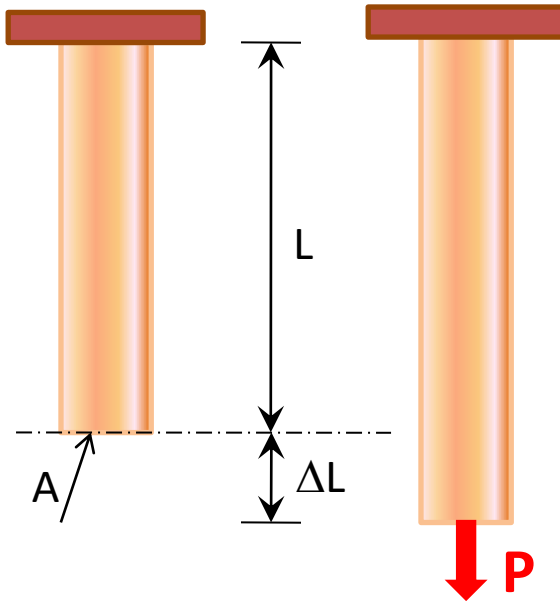


HUBUNGAN TEGANGAN REGANGAN

- Perilaku baja dapat diketahui melalui hubungan tegangan-regangan pada potongan baja yang ditarik secara perlahan hingga putus.
- Hubungan tegangan regangan suatu bahan menunjukkan perilaku bahan yang berhubungan dengan kekuatan dan deformasi.



SKEMA HUBUNGAN TEGANGAN REGANGAN



tegangan (stress): $\sigma = \frac{P}{A}$

regangan (strain): $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$

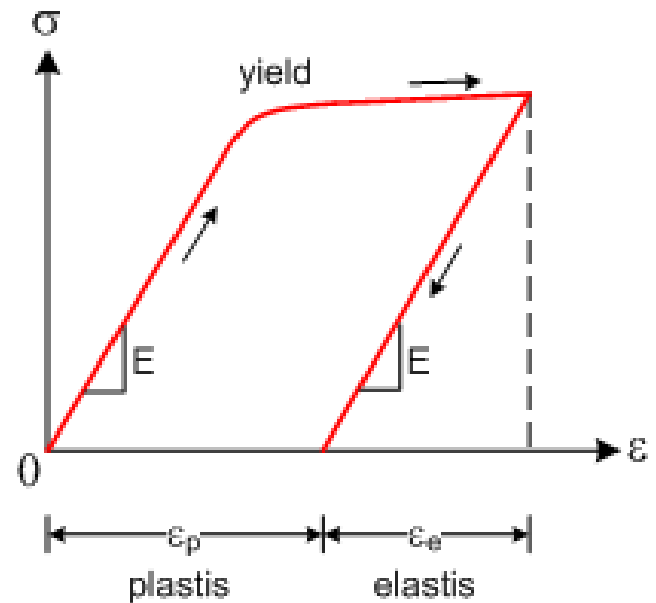
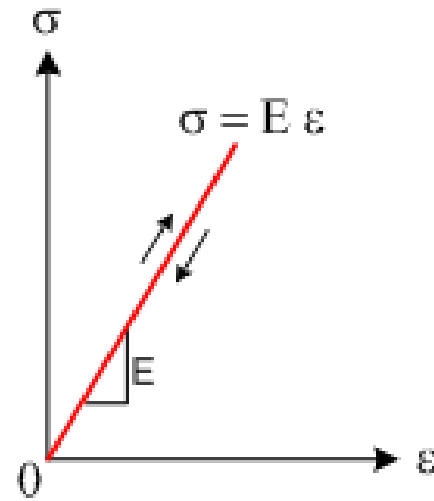
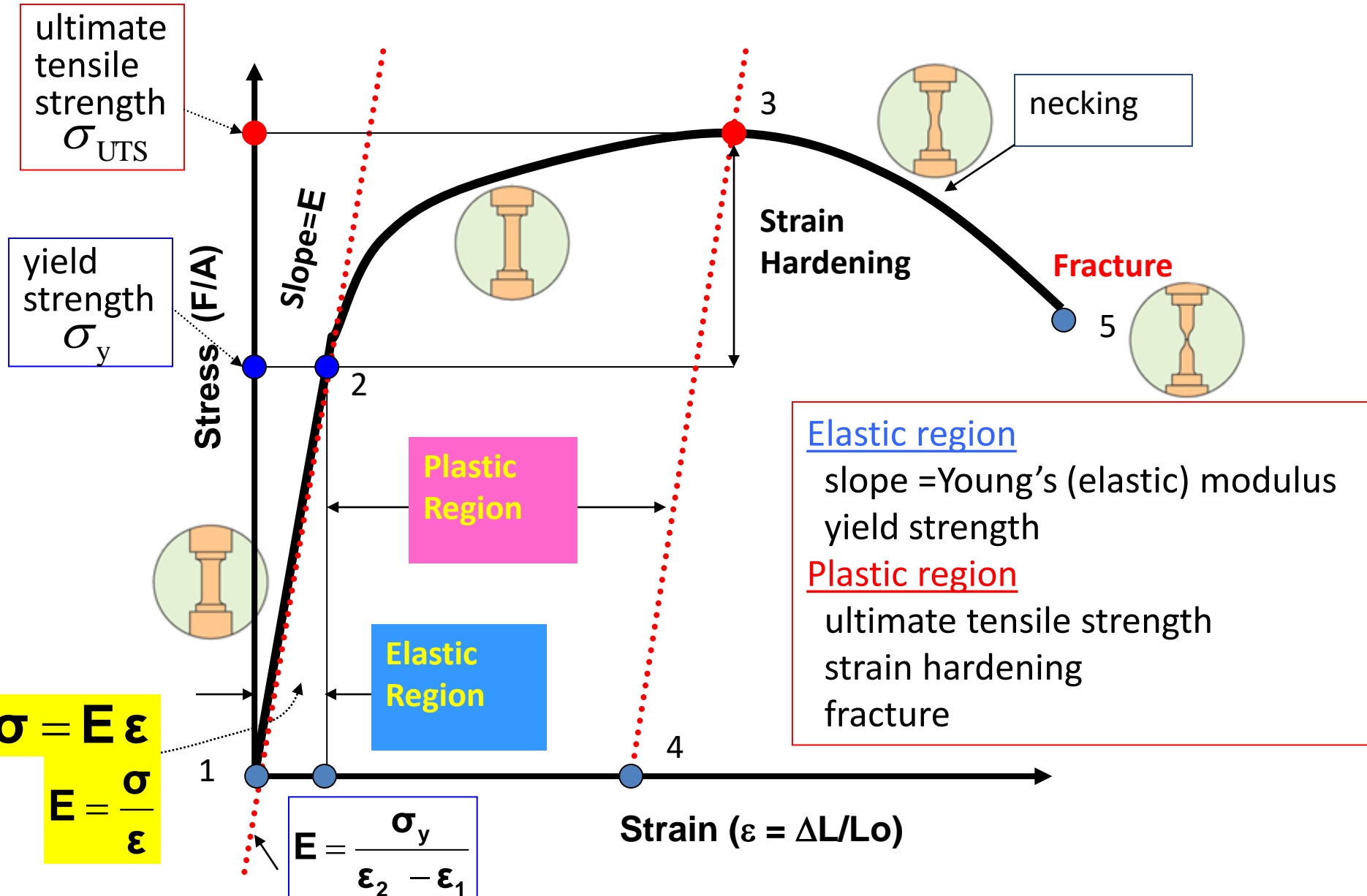
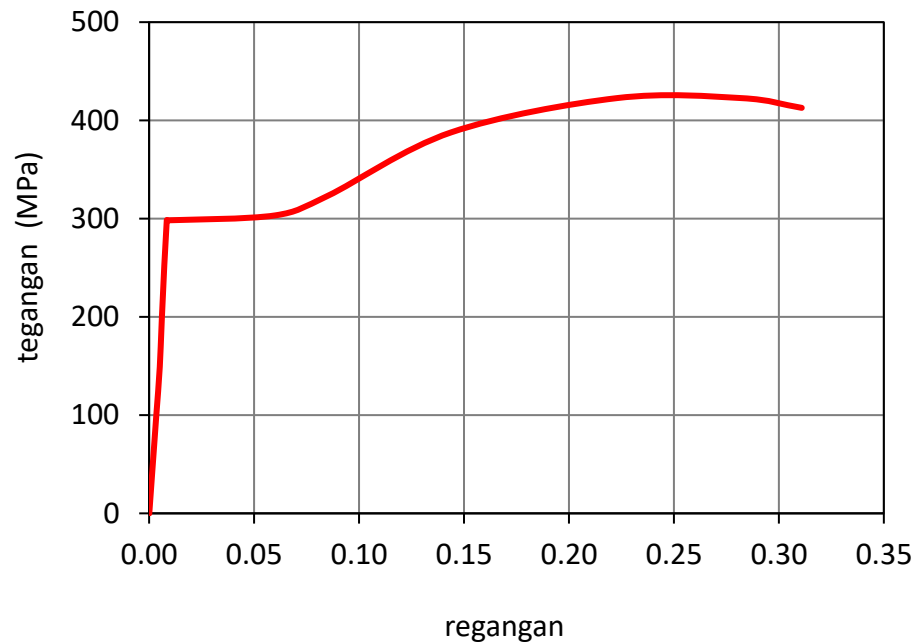


DIAGRAM TEGANGAN-REGANGAN



CONTOH HASIL UJI TARIK BAJA



Pada tahap awal pembebanan, tegangan dan regangan meningkat secara proporsional (linier) dinyatakan dengan hukum Hooke: $\sigma = E \varepsilon$, hingga tegangan mencapai batas proporsional, dimana E adalah modulus elastisitas bahan.

Setelah melalui batas proporsional, hubungan tegangan dan regangan tidak lagi linier.

CONTOH HASIL UJI TARIK BAJA

Peningkatan pembebanan menyebabkan tegangan meningkat hingga mencapai batas elastik. Setelah melewati batas ini, bila pembebanan dihilangkan (unloading) dan tegangan kembali nol, regangan juga akan kembali nol (tidak ada deformasi permanen). Deformasi yang terjadi selama pembebanan belum melewati batas elastik disebut deformasi elastik.

Apabila tegangan meningkat melewati batas elastik, maka deformasi yang terjadi akan bersifat permanen. Pada kondisi ini peningkatan tegangan yang kecil akan menyebabkan regangan yang besar. Pada batas elastik ini tegangan mencapai tegangan leleh bahan (*yield stress*).

Pada taraf pembebanan lanjut, tegangan akan meningkat kembali dan mencapai harga tertinggi yang disebut kuat tarik bahan.

Setelah mencapai kekuatan tariknya, bahan akan mengalami deformasi besar tanpa mengalami peningkatan tegangan, bahkan tegangan cenderung menurun hingga mencapai keruntuhan. Tegangan yang terjadi disebut tegangan runtuh.

Walaupun baja secara umum disebut bahan elastik, perilaku elastik hanya berlangsung pada sebagian kecil dari kurva tegangan-regangan. Perilaku elastik ini dikenal dengan hukum Hooke.

Modulus elastisitas baja (E)

Besaran ini merupakan besaran karakteristik dari bahan, yang nilainya ditentukan oleh rasio tegangan-regangan (kemiringan garis linier pada kurva elastik) sebelum tegangan mencapai batas proporsional. Untuk bahan baja struktur $E = 200.000 \text{ MPa}$.

Pada baja karbon rendah, tegangan leleh umumnya dianggap sama dengan batas proporsional.

Mengingat tidak selalu mudah menentukan titik leleh pada kurva hasil uji tarik baja, maka secara umum, tegangan leleh baja, σ_y atau f_y didefinisikan sebagai tegangan yang terjadi pada saat off set regangan plastis mencapai 0,2% atau 0,002.

Pada baja karbon rendah, besar regangan plastik dapat mencapai lebih dari 100 kali regangan leleh, atau lebih dari 20%. Hal ini menunjukkan sifat daktilitas yang tinggi.

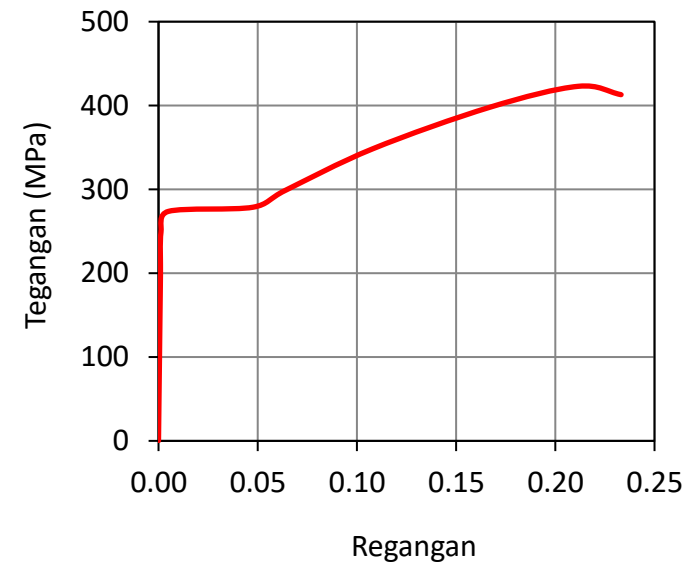
Pada saat tegangan mencapai maksimum (σ_u), luas penampang telah berkurang dari luas penampang elastik. Perilaku ini dikenal sebagai *necking*.

Poisson ratio, ν , menunjukkan rasio antara regangan arah transversal dan regangan arah longitudinal akibat pembebanan aksial. Nilai ini membesar pada saat bahan bersifat plastis.

CONTOH UJI TARIK BAJA

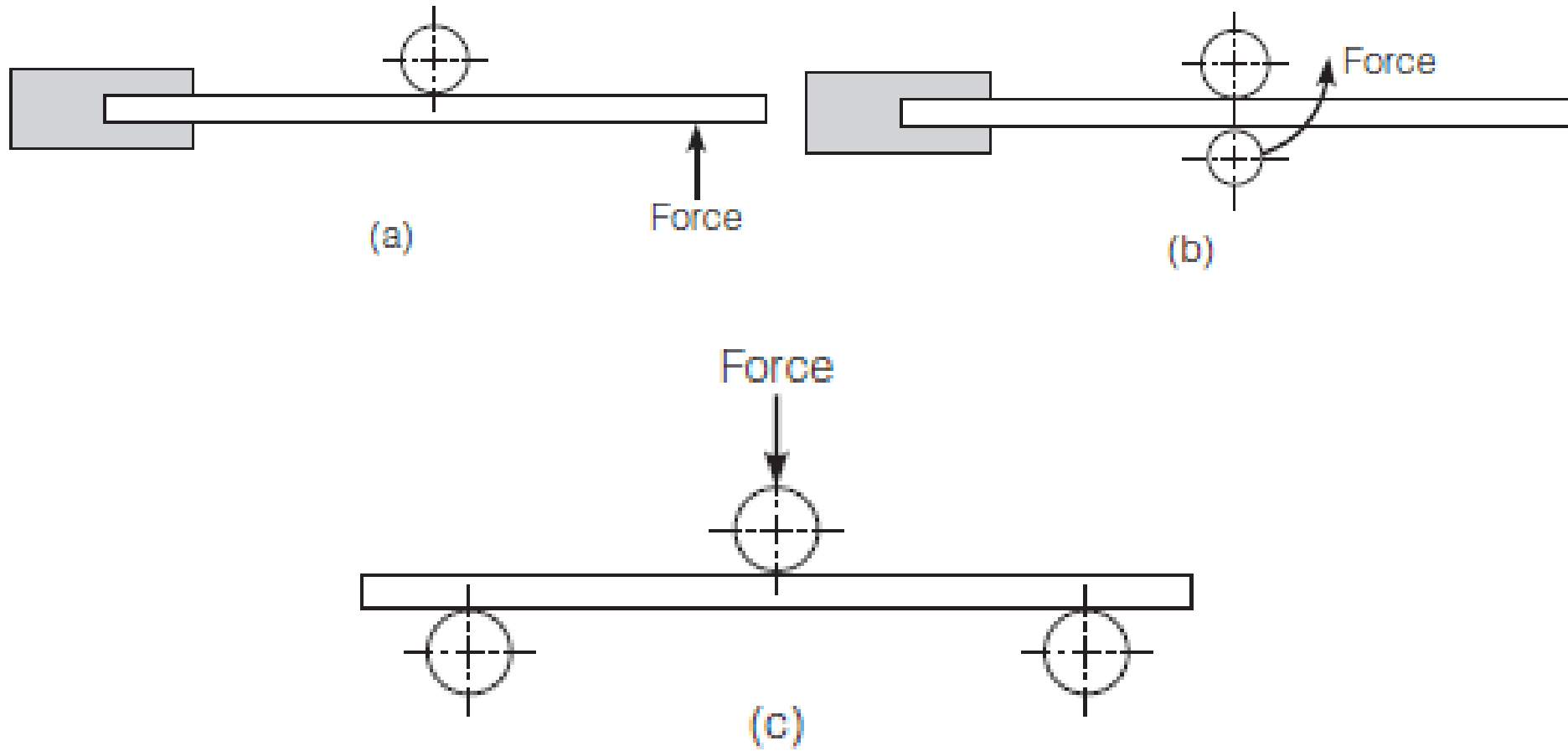
- Uji tarik dilakukan terhadap sebuah batang baja sepanjang 200 mm dengan diameter $d = 16$ mm. hasil uji dicatat dalam bentuk data beban (P) dan perpanjangan (ΔL). Buatlah kurva tegangan-regangan yang menggambarkan perilaku baja tersebut.

Beban P (kN)	Perpanjangan ΔL (mm)	Tegangan $\sigma = P/A$ (MPa)	Regangan $\epsilon = \Delta L/L$	$\Delta\sigma/\Delta\epsilon$ (MPa)
0	0,00	0,00	0,00000	198.944
10	0,05	49,74	0,00025	198.944
20	0,10	99,47	0,00050	198.944
30	0,15	149,21	0,00075	198.944
40	0,20	198,94	0,00100	198.944
50	0,25	248,68	0,00125	165.786
55	0,28	273,55	0,00140	108
56	9,52	278,52	0,04760	1.232
60	12,75	298,42	0,06375	1.127
70	21,58	348,15	0,10790	840
80	33,42	397,89	0,16710	560
85	42,30	422,76	0,21150	198.944
83	46,62	412,81	0,23310	198.944

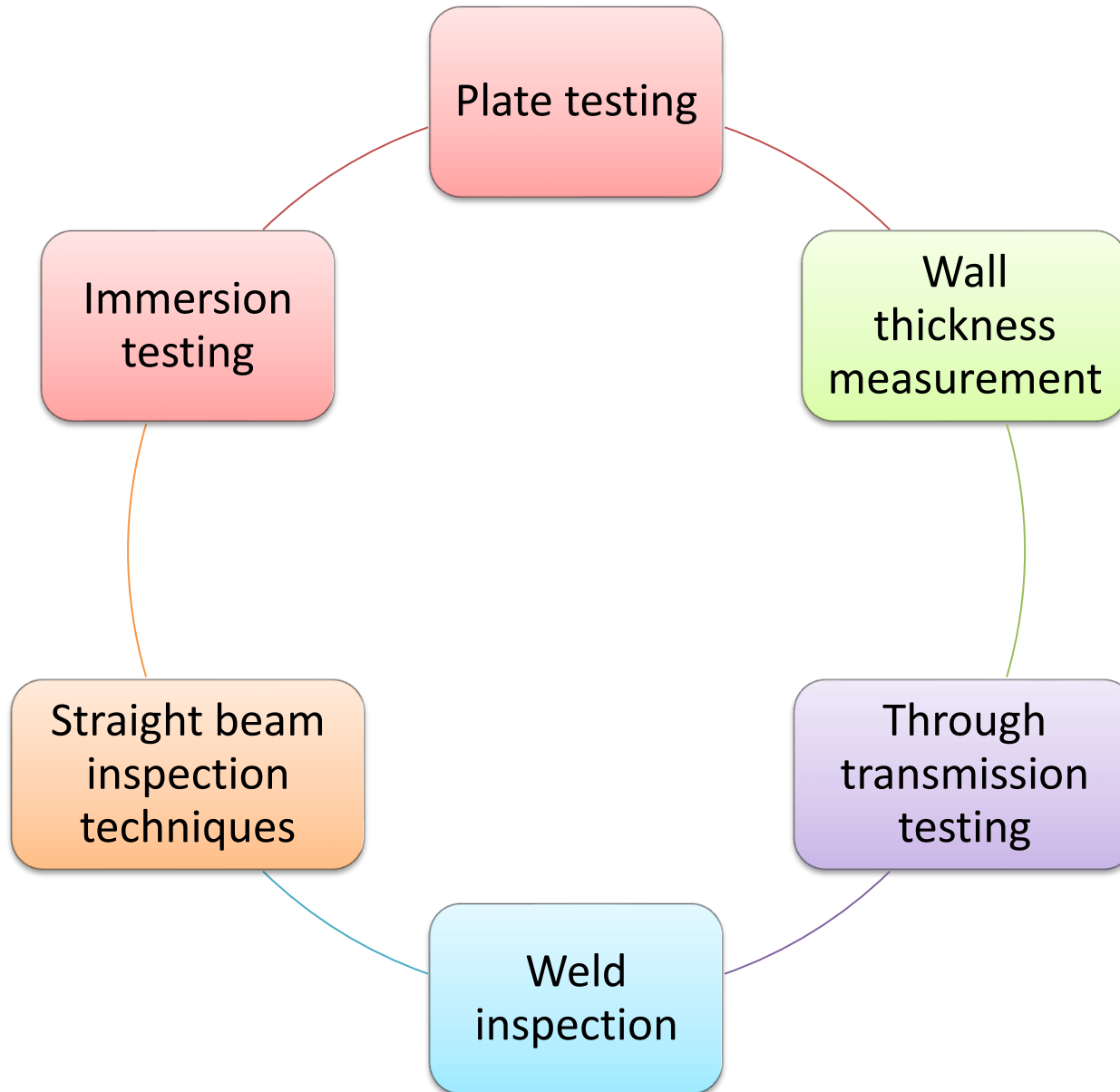


Dari hasil uji terlihat bahwa bahan mengalami leleh pada tegangan 273,55 MPa dan regangan 0,0014. Pada saat itu kekakuan bahan mengecil, dan kembali membesar (*strain-hardening*) pada tegangan 298,42 MPa. Selanjutnya, tegangan tarik tercatat pada 422,76 MPa pada regangan tarik 21,15%.

4. BEND TEST (ASTM E290)

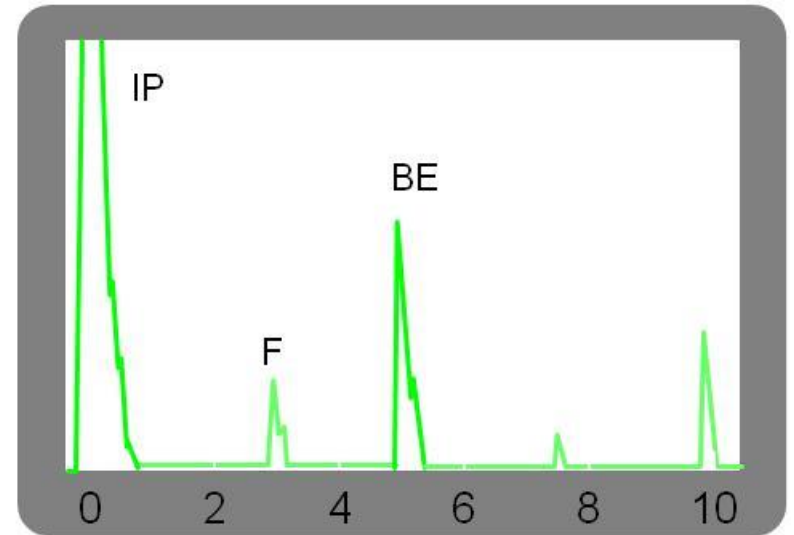
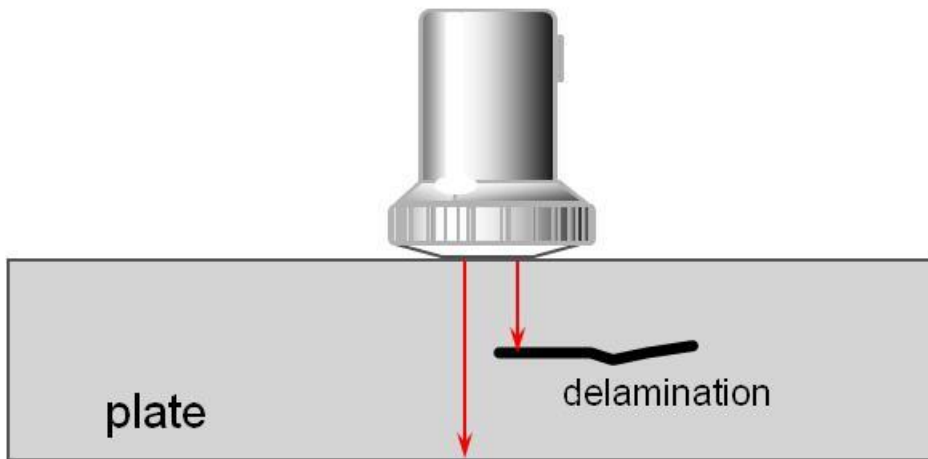


6. ULTRASONIC TESTING



6. ULTRASONIC TESTING

Plate testing



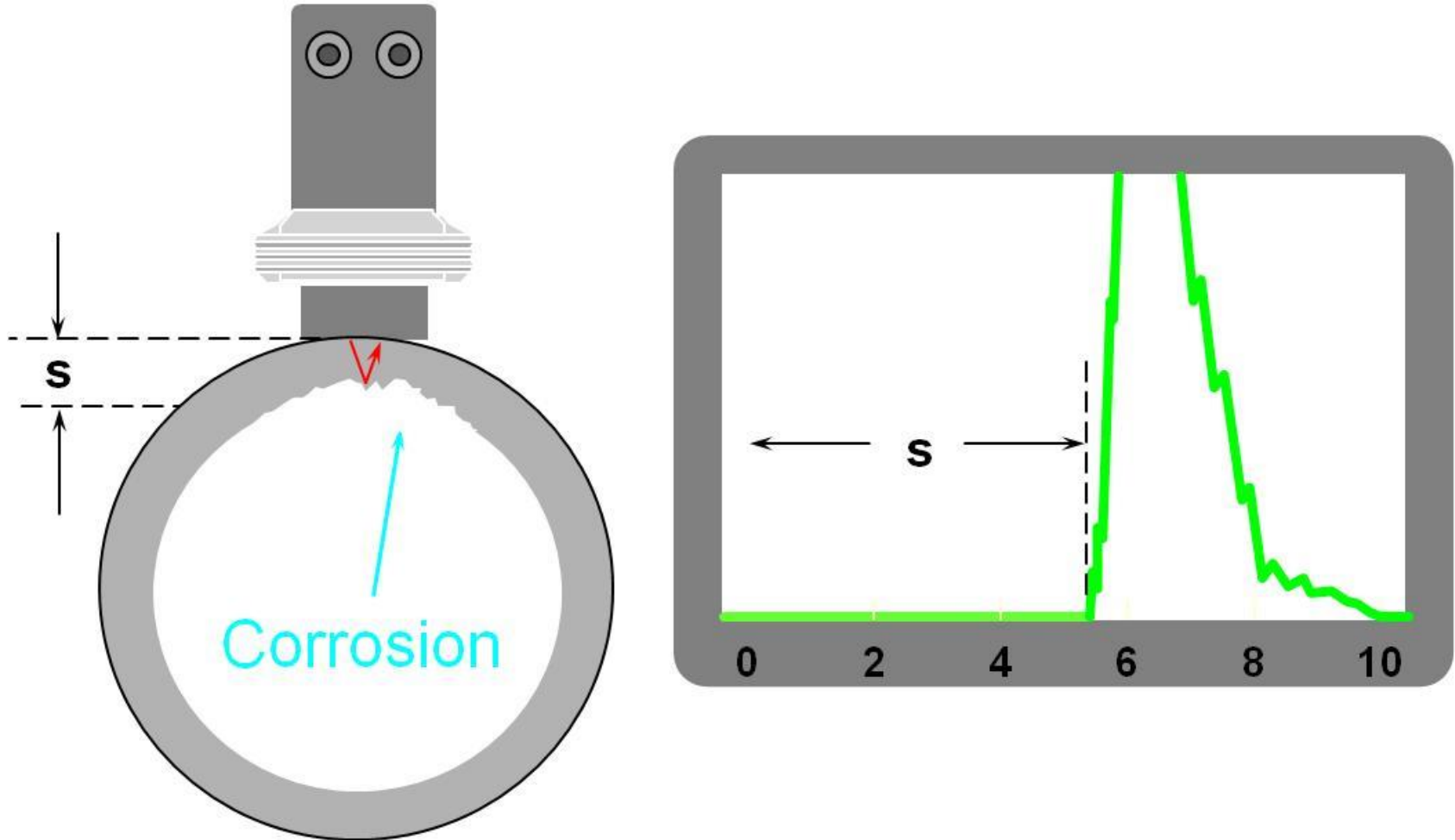
IP = Initial pulse

F = Flaw

BE = Backwall echo

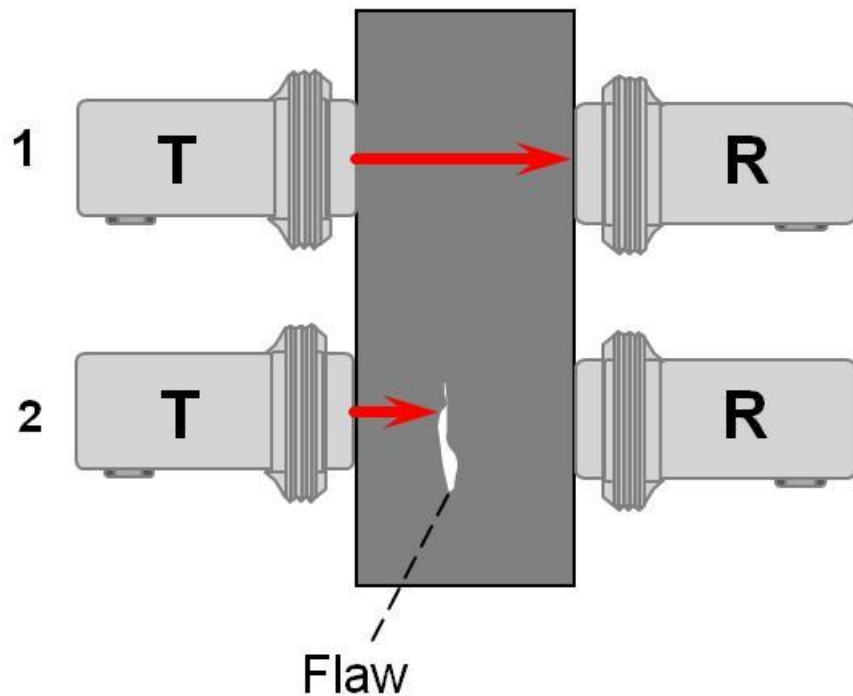
6. ULTRASONIC TESTING

Wall thickness measurement

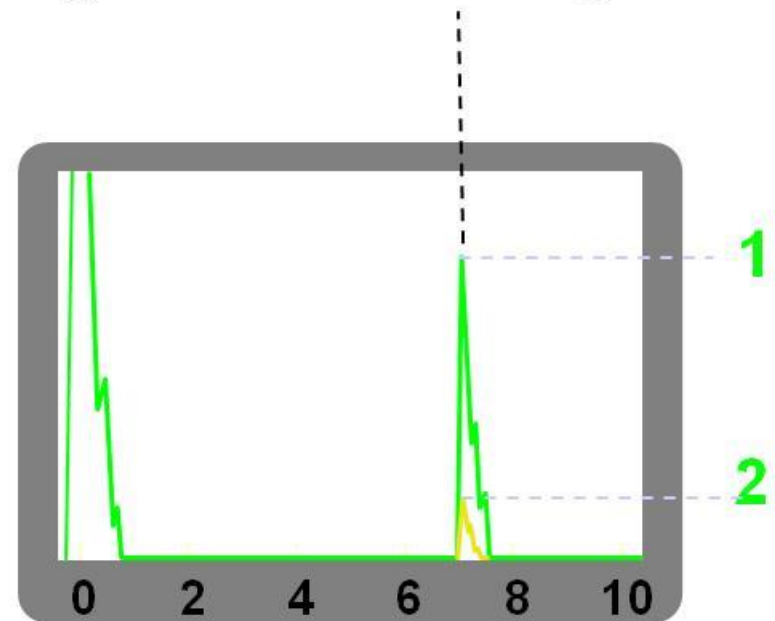


6. ULTRASONIC TESTING

Through transmission testing



Through transmission signal



DAKTAIL (*DUCTILITY*) DAN GETAS (*BRITTLE*)

Duktail

- Kemampuan mengalami deformasi plastis yang besar sebelum patah (*fracture*).

Getas

- Bahan patah (*fracture*) dengan sedikit atau tanpa mengalami deformasi plastis

Walaupun mengalami tegangan leleh yang relatif rendah, baja karbon rendah umumnya memiliki daktilitas yang tinggi.

Perilaku duktail sangat bermanfaat bagi elemen struktur yang direncanakan terhadap gempa, yaitu melalui penyerapan energi gempa pada saat elemen tersebut mengalami plastis yang besar.

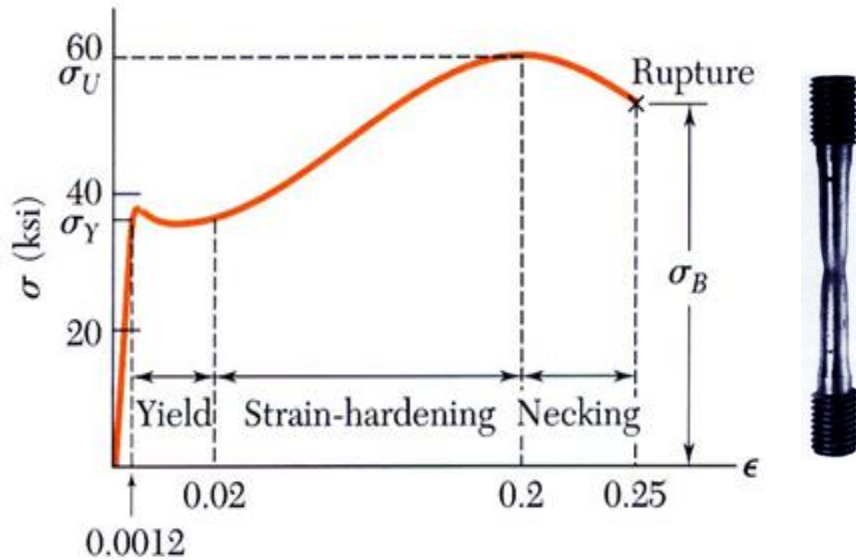
Daktilitas baja dapat diukur dari hasil uji tarik sebagai berikut:

Daktilitas = regangan tarik / regangan leleh

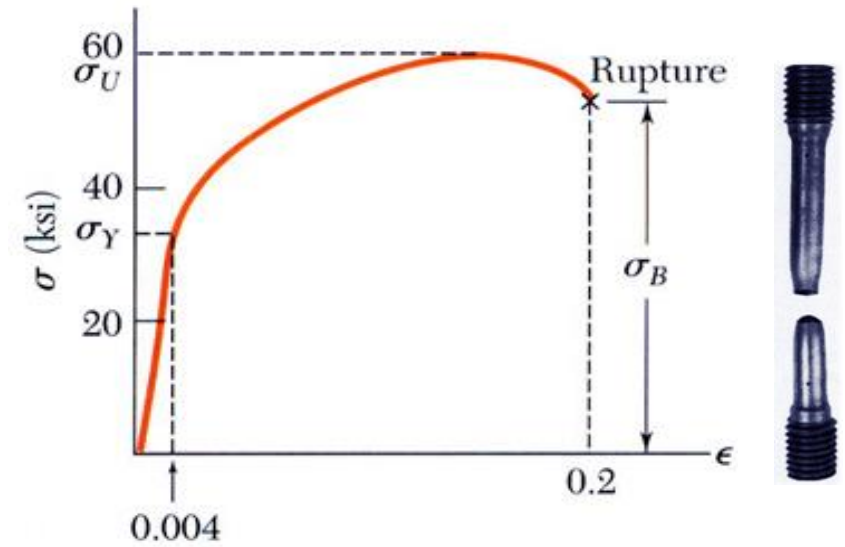
$$= \varepsilon_u / \varepsilon_y$$

DAKTAIL (*DUCTILITY*) DAN GETAS (*BRITTLE*)

1. Ductile Materials

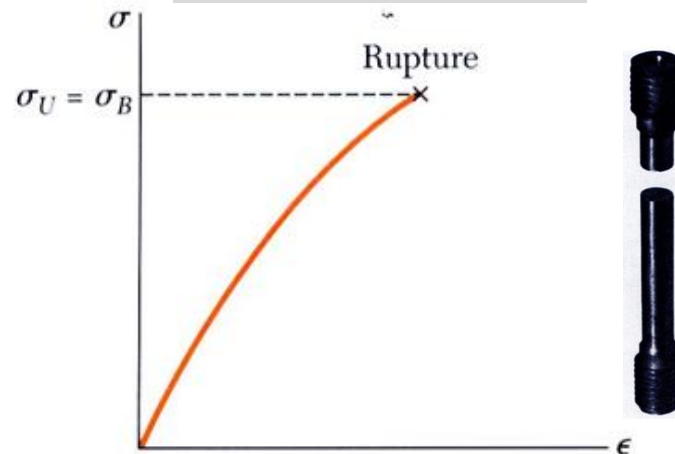


(a) Low-carbon steel



(b) Aluminum alloy

2. Brittle Materials



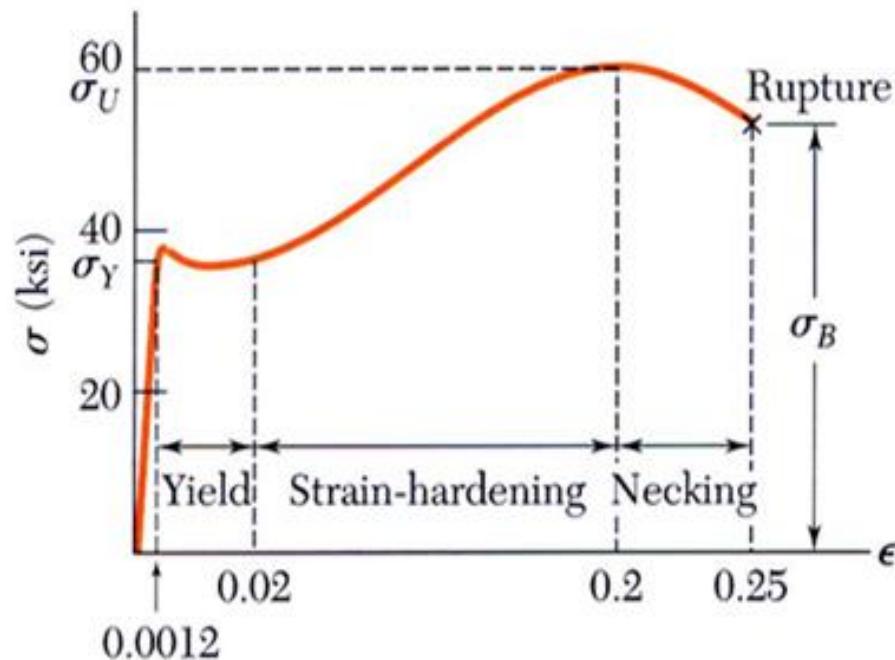
FRAKTUR GETAS (BRITTLE FRACTURES)

- Merupakan jenis kegagalan bahan yang berlangsung sangat cepat, tanpa terjadi deformasi plastis yang cukup besar. Hal ini merupakan kejadian perambatan retak yang umumnya diawali dengan adanya retak/cacat dengan ukuran sangat kecil dan mengalami tegangan tarik.



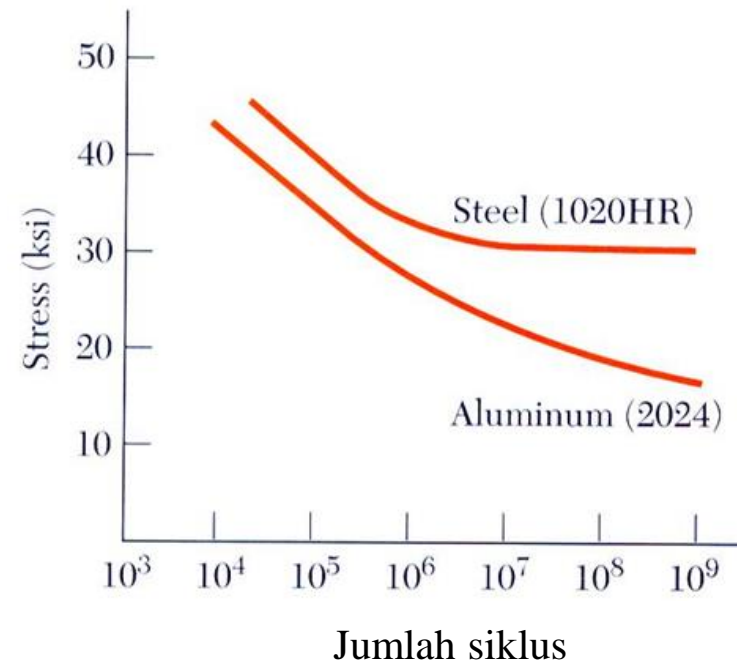
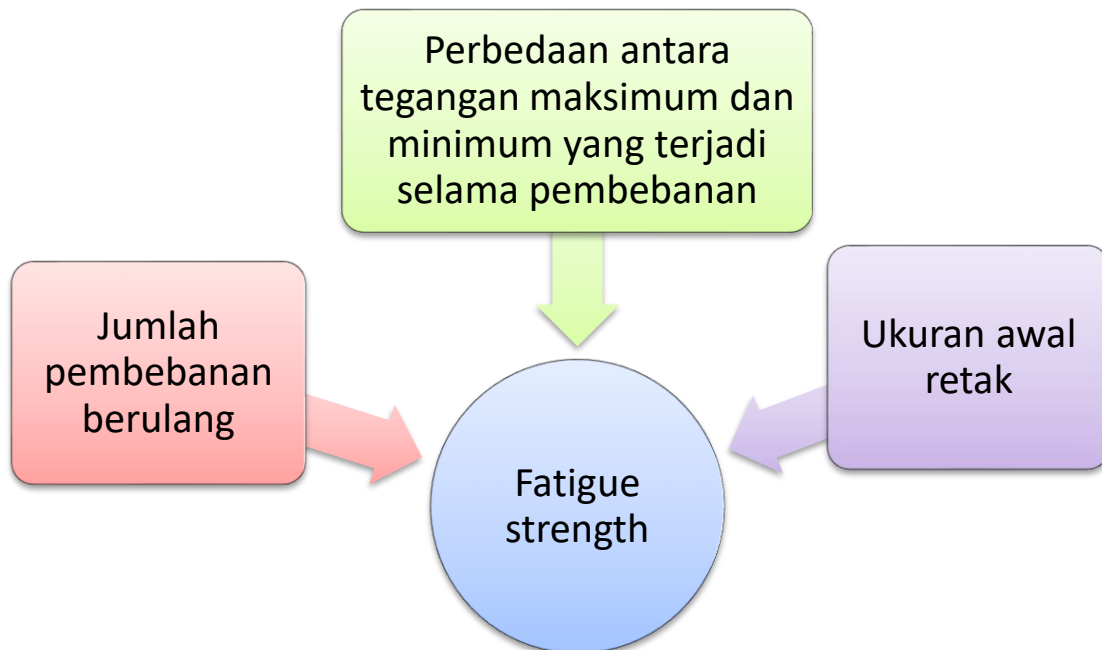
STRAIN HARDENING

- Merupakan perilaku peningkatan tegangan yang terjadi setelah bahan leleh dan mengalami regangan plastis beberapa saat, kemudian mengalami peningkatan resistensi seiring terjadinya kenaikan tegangan bahan.



KELELAHAN (*FATIGUE*)

- Pembebanan berulang-ulang pada bahan, terutama pembebanan tarik, dapat menyebabkan kegagalan walaupun tegangan yang bekerja akibat pembebanan belum mencapai tegangan leleh.
- Penurunan kekuatan bahan terjadi setelah bahan mengalami jumlah pembebanan berulang yang tinggi.
- Fenomena ini berlangsung progresif dimana akhirnya terjadi penyebaran retak yang tidak stabil.
- Contoh struktur baja yang mengalami pembebanan berulang: jembatan, struktur pemikul crane, dsb.



TEGANGAN SISA (*RESIDUAL STRESS*)

- Merupakan tegangan yang masih bekerja pada elemen struktur baja setelah dibentuk menjadi profil jadi.
- Tegangan ini tetap bekerja pada elemen baja dan dapat mengurangi kemampuan elemen dalam memikul beban tarik maupun tekan.
- Terjadi akibat deformasi negatif yang disebabkan oleh:
 - Proses pendinginan yang tidak merata setelah baja mengalami hot rolling menjadi profil baja.
 - Lentur yang terjadi pada suhu ruang selama pabrikan.
 - Pemotongan atau pembuatan lubang selama pabrikan.
 - Pengelasan

PERILAKU AKIBAT SUHU TINGGI

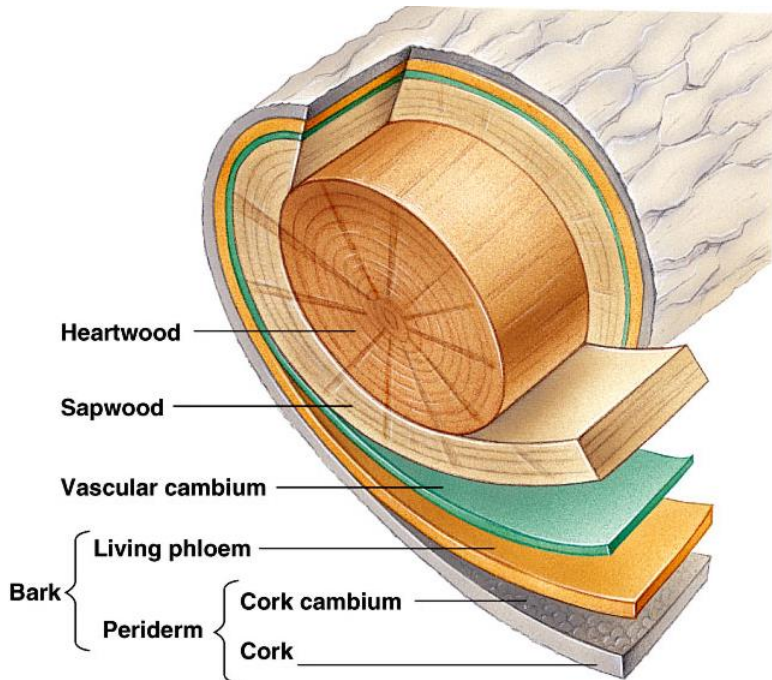
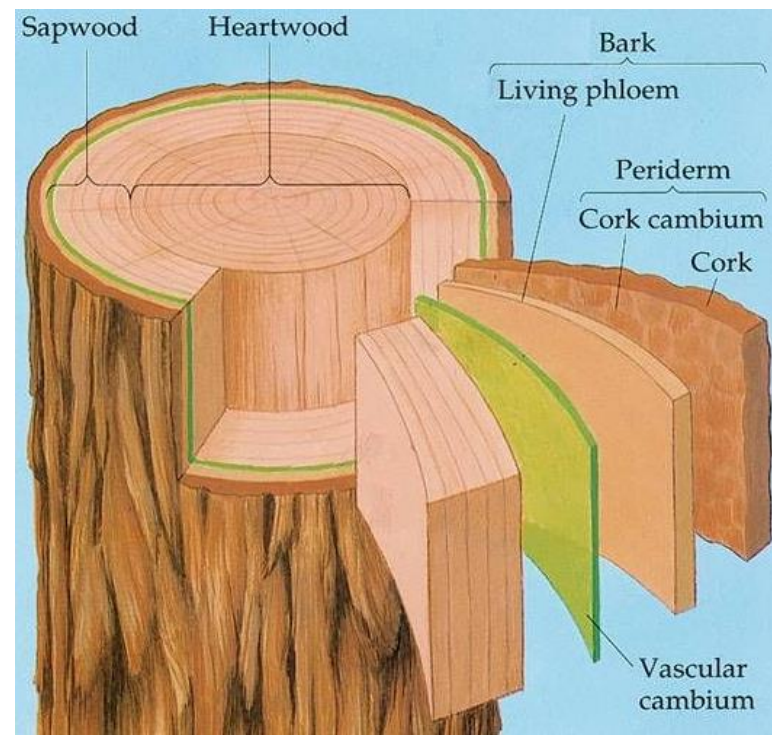
- Perilaku mekanis baja akibat suhu tinggi perlu diperhatikan sebagai akibat dari pengelasan atau terjadi kebakaran.
- Pada saat suhu mencapai 93°C , kurva tegangan-regangan menjadi non-linier walaupun masih dalam batas elastik.
- Akibat peningkatan suhu, terjadi penurunan nilai modulus elastisitas (E), tegangan leleh (σ_y) dan kuat tarik (σ_u).

TEKNOLOGI BAHAN KONSTRUKSI

9. KAYU

Dosen:

Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.



Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
2023

PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN



PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN



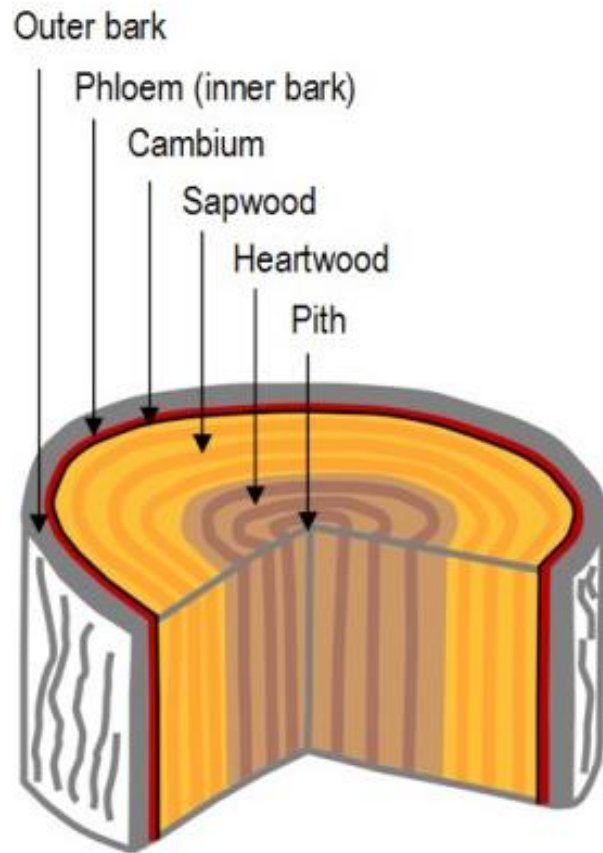
PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN



PENGGUNAAN KAYU SEBAGAI MATERIAL BANGUNAN



SIFAT-SIFAT UMUM KAYU



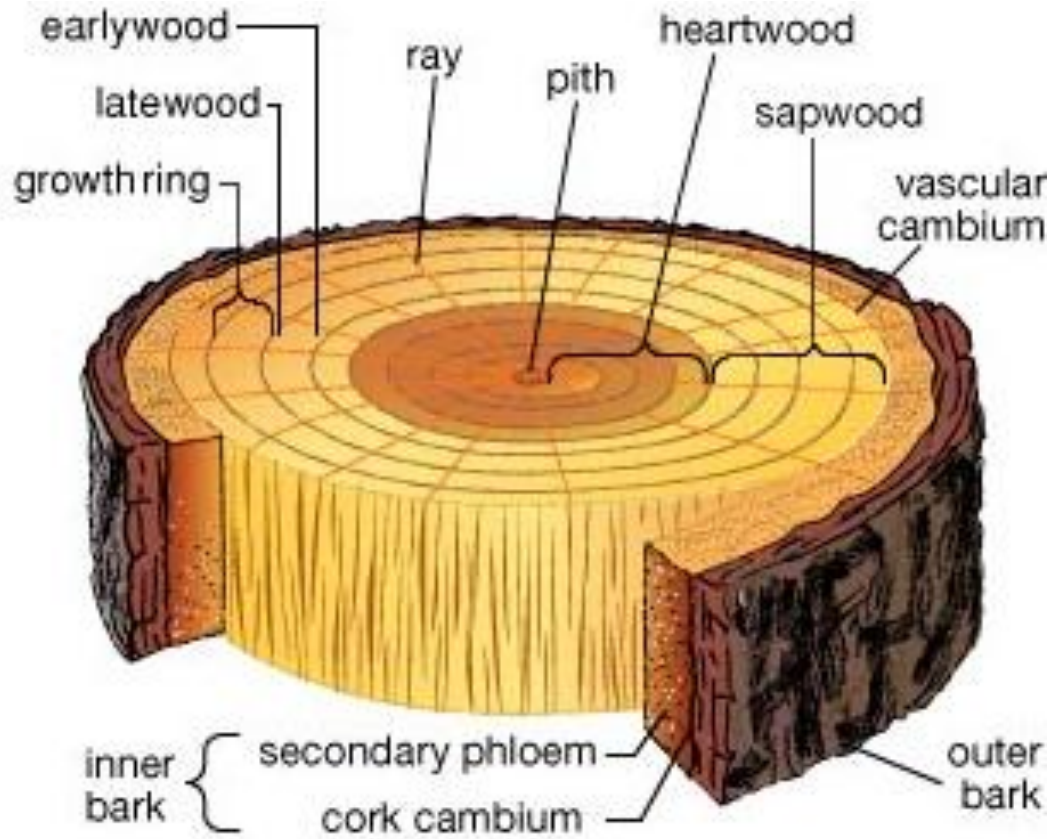
Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa serta lignin.

Bersifat **anisotropik**, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, radial dan tangensial).

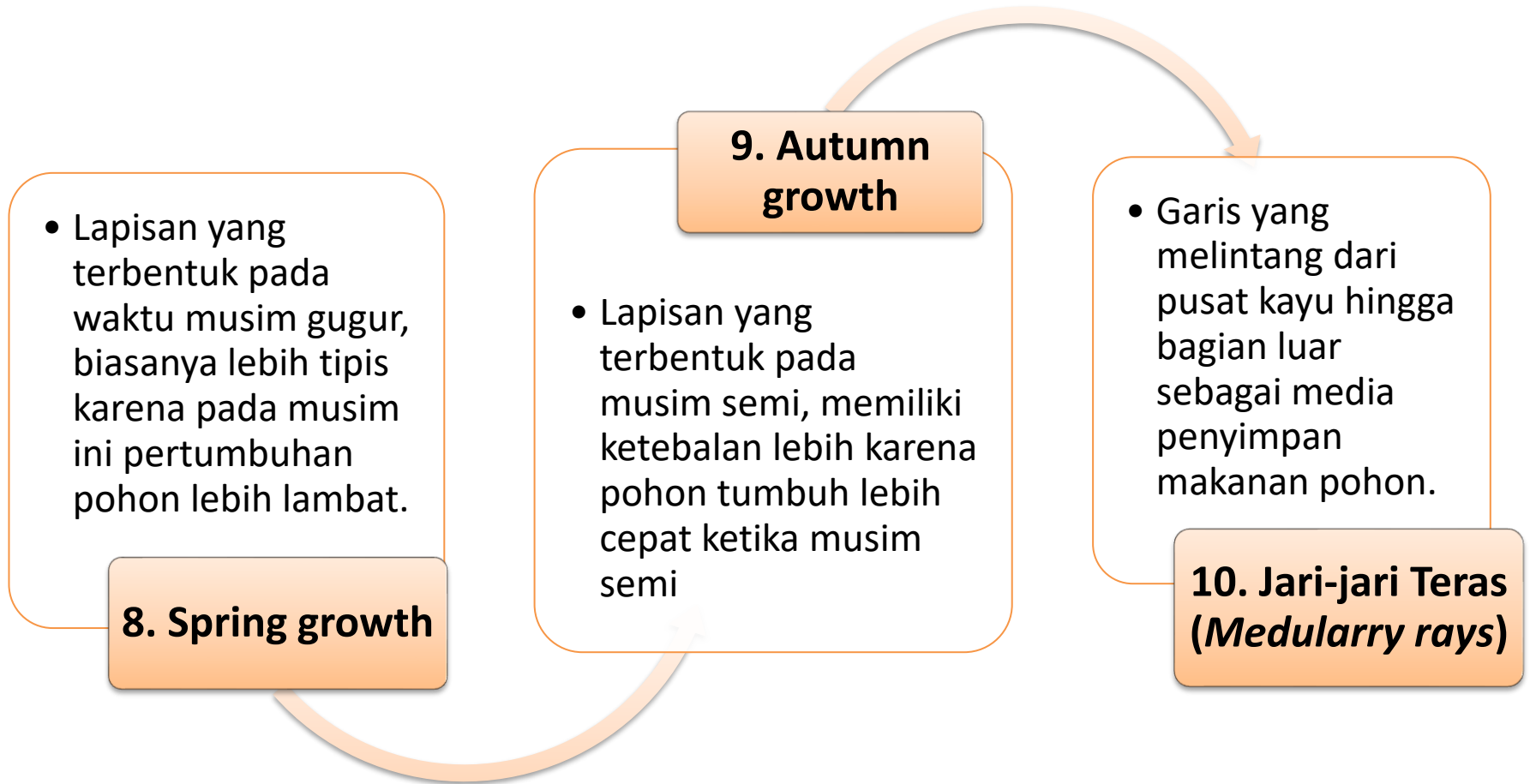
Bersifat **higroskopis**, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara sekelilingnya.

Kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit, serta dapat terbakar terutama dalam keadaan kering

BAGIAN-BAGIAN KAYU



BAGIAN-BAGIAN KAYU



KELEBIHAN KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI



Tahan terhadap tekan dan lentur

Dari segi estetika kayu memiliki tekstur yang baik dan indah

Berat jenis yang ringan

Bahan kayu dapat diperbaharui



KEKURANGAN KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI



Kayu mudah diserang serangga, seperti rayap.

Kayu mengandung air sehingga harus dikeringkan sebelum diproses lebih lanjut.

Mengalami susut bila proses pengeringan kurang baik

Terbatasnya diameter kayu sehingga sulit mendapatkan bahan baku yang lebar, sehingga perlu disambung.

Mudah terbakar



KELAS KUAT KAYU

Kelas Kuat	Berat Jenis	Kekuatan Lentur (kg/cm ²)	Kekuatan Tekan (kg/cm ²)
I	> 0,90	> 1100	> 650
II	0,90 – 0,60	1100-725	650-425
III	0,60-0,40	725-500	425-300
IV	0,40-0,30	500-360	300-215
V	< 0,30	<360	< 215

Tabel 4.2.1 - Nilai Desain dan Modulus Elastisitas Lentur Acuan

Kode Mutu	Nilai Desain Acuan (MPa)					Modulus Elastisitas Acuan (MPa)	
	F_b	F_t	F_c	F_v	F_{cL}	E	E_{min}
E25	26.0	22.9	22.9	3.06	6.11	25000	12500
E24	24.4	21.5	21.5	2.87	5.74	24000	12000
E23	23.2	20.5	20.5	2.73	5.46	23000	11500
E22	22.0	19.4	19.4	2.59	5.19	22000	11000
E21	21.3	18.8	18.8	2.50	5.00	21000	10500
E20	19.7	17.4	17.4	2.31	4.63	20000	10000
E19	18.5	16.3	16.3	2.18	4.35	19000	9500
E18	17.3	15.3	15.3	2.04	4.07	18000	9000
E17	16.5	14.6	14.6	1.94	3.89	17000	8500
E16	15.0	13.2	13.2	1.76	3.52	16000	8000
E15	13.8	12.2	12.2	1.62	3.24	15000	7500
E14	12.6	11.1	11.1	1.48	2.96	14000	7000
E13	11.8	10.4	10.4	1.39	2.78	13000	6500
E12	10.6	9.4	9.4	1.25	2.50	12000	6000
E11	9.1	8.0	8.0	1.06	2.13	11000	5500
E10	7.9	6.9	6.9	0.93	1.85	10000	5000
E9	7.1	6.3	6.3	0.83	1.67	9000	4500
E8	5.5	4.9	4.9	0.65	1.30	8000	4000
E7	4.3	3.8	3.8	0.51	1.02	7000	3500
E6	3.1	2.8	2.8	0.37	0.74	6000	3000
E5	2.0	1.7	1.7	0.23	0.46	5000	2500

KEPADATAN KAYU

Berat Jenis

Perbandingan berat dan volume kayu dalam keadaan kering udara dengan kadar air sekitar 15%.

Kekuatan Kayu

Kekuatan, kekerasan dan sifat teknis lain pada kayu berbanding lurus dengan berat jenisnya.



Faktor dalam kayu (internal)

- Berat jenis, cacat mata kayu, serat miring, dsb.

Faktor luar (eksternal)

- Pengawetan kayu, kelembaban lingkungan, pembebanan dan cacat yang disebabkan oleh jamur atau serangga merusak kayu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat mekanik

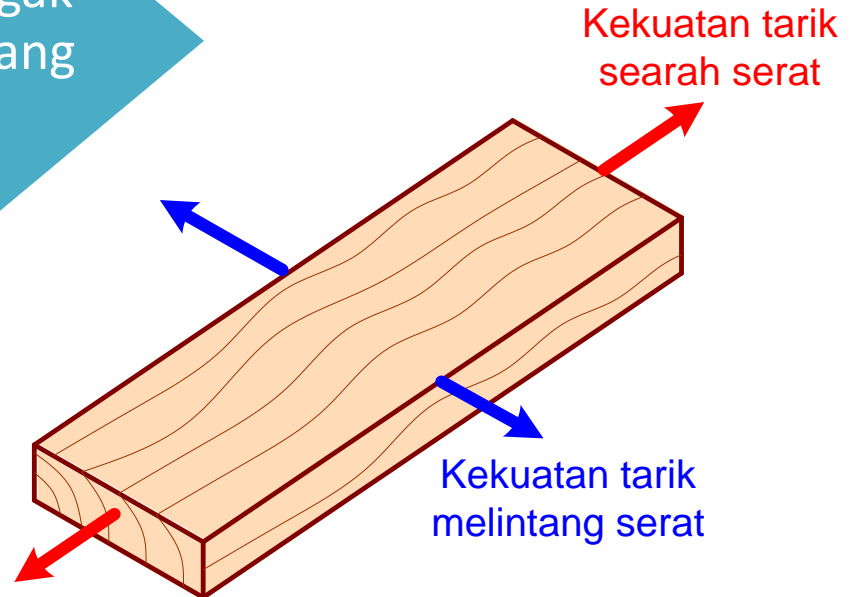
KEKUATAN TARIK

- Kekuatan tarik kayu adalah reaksi bahan kayu terhadap gaya tarik.

Kekuatan tarik sejajar arah serat kayu

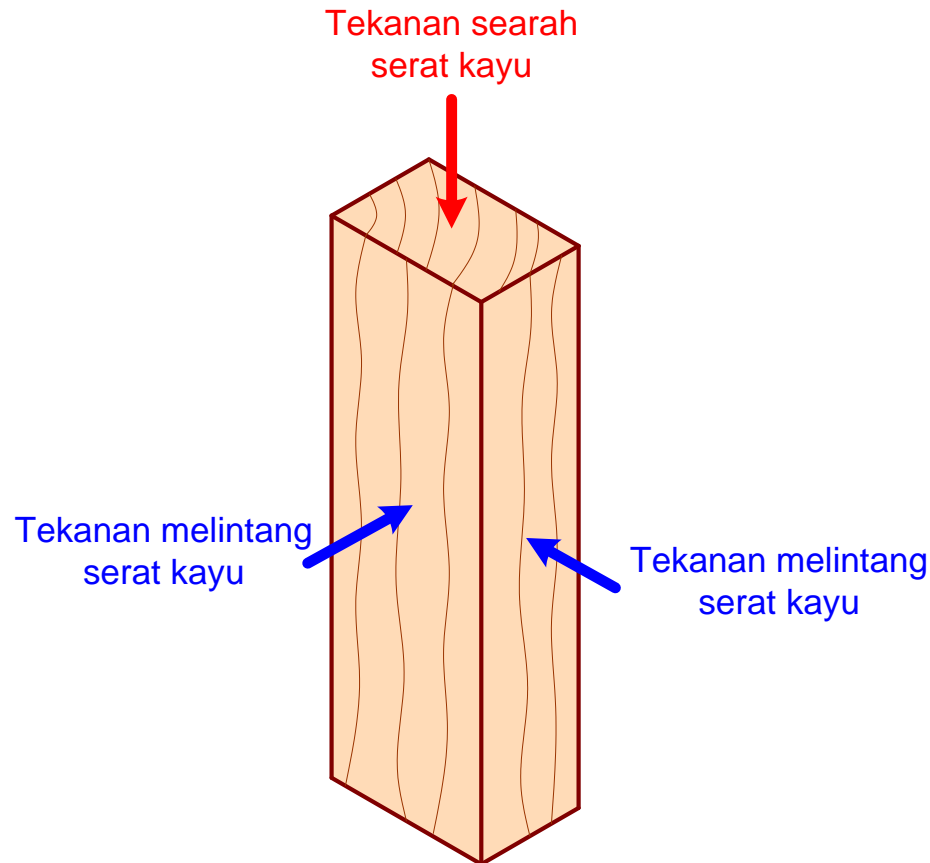
Kekuatan tarik tegak lurus atau melintang serat kayu

Kekuatan tarik terbesar pada kayu ialah kekuatan tarik sejajar arah serat. Kekuatan tarik tegak lurus arah serat lebih kecil daripada kekuatan tarik sejajar arah serat.



KEKUATAN TEKAN

- Daya tahan kayu terhadap tekanan pada arah serat kayu atau melintang serat kayu.
- Kekuatan tekan kayu lebih lemah pada arah melintang kayu.



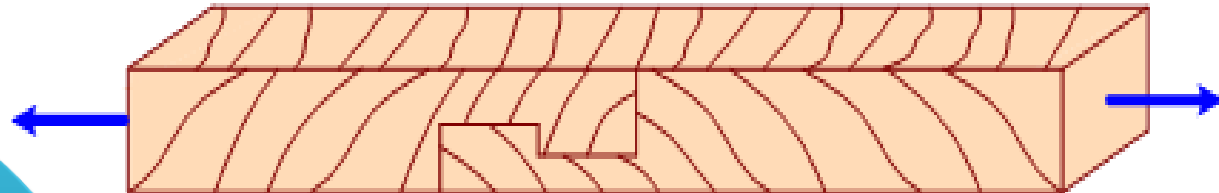
KEKUATAN GESER

- Kekuatan geser adalah kekuatan kayu menahan gerakan dan tekanan yang membuat kayu bergeser akibat beban tekan secara terus menerus pada skala tertentu atau akibat tekanan yang berulang-ulang. Kekuatan geser kayu paling besar pada serat melintang kayu.

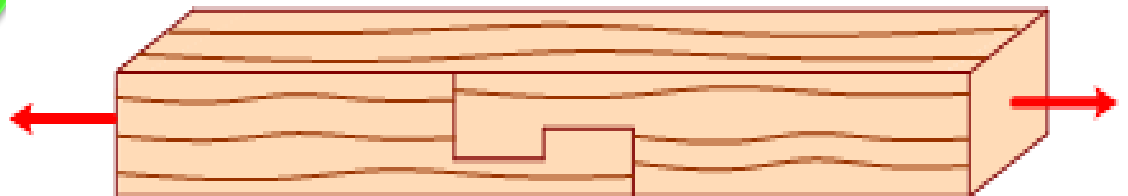
Kekuatan geser miring

Kekuatan geser sejajar arah serat

Kekuatan geser tegak lurus arah serat



Kekuatan geser tegak lurus serat jauh lebih besar dari pada kekuatan geser sejajar arah serat



KEKUATAN LENTUR

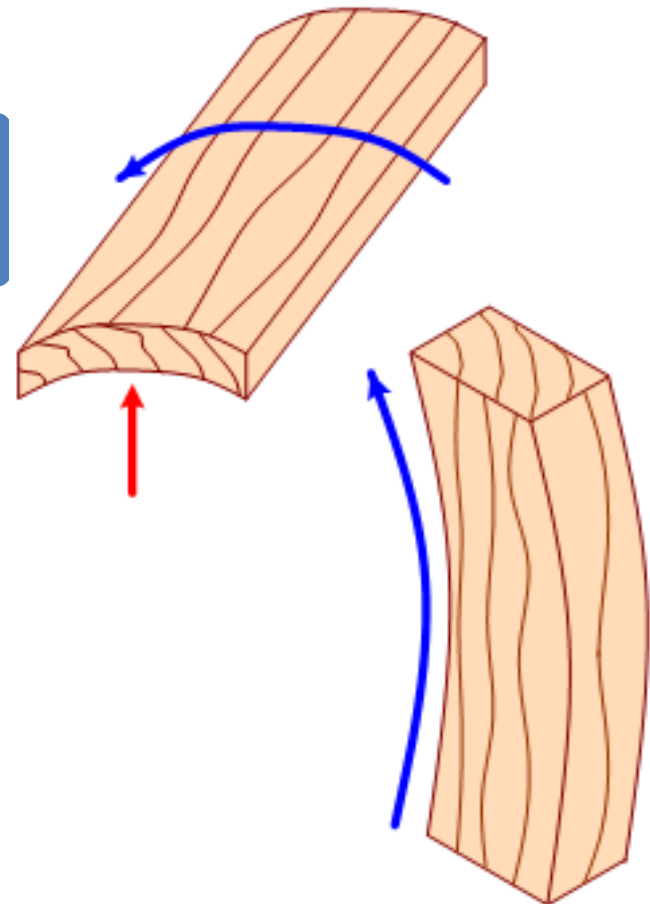
- Kekuatan untuk menahan gaya-gaya yang berusaha melengkungkan kayu atau untuk menahan beban mati maupun hidup selain beban pukulan.

- Kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara perlahan-lahan.

Kekuatan lentur statik

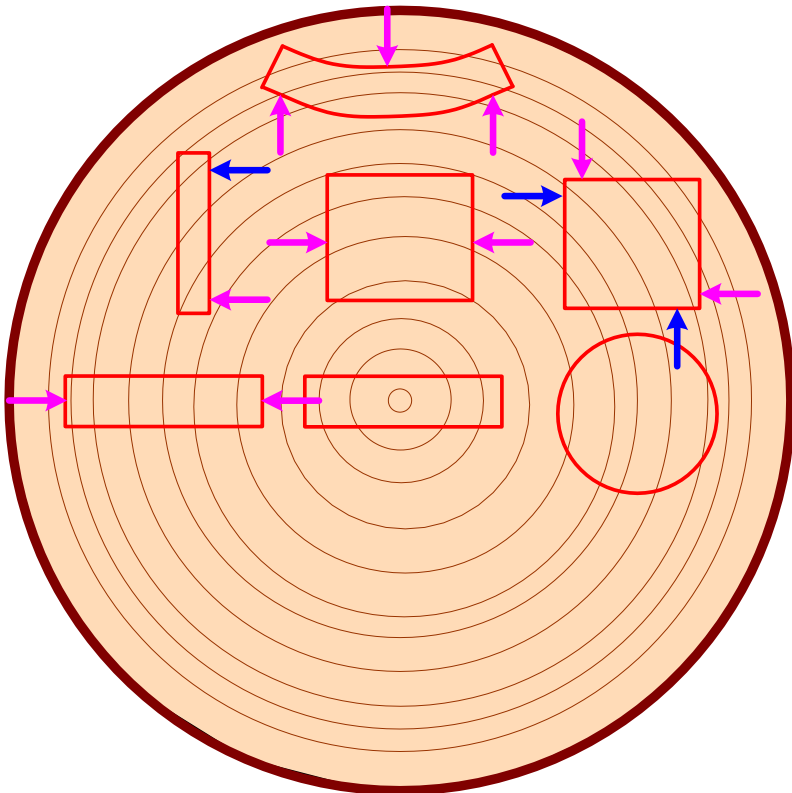
- Kekuatan kayu menahan gaya yang mengenainya secara mendadak

Kekuatan lentur dinamik



PENYUSUTAN KAYU

- Besar penyusutan kayu tergantung lokasi kayu pada log, lebih dekat posisinya ke arah hati kayu (pusat lingkaran tahun) maka lebih kecil nilai penyusutannya.
- Bentuk akhir akibat penyusutan kayu adalah melengkung, melintir (twist), trapesium atau bengkok.



Arah panah warna merah adalah arah penyusutan paling besar yang mungkin terjadi.

Anak panah biru menunjukkan arah penyusutan yang lebih kecil.

Kekakuan

- Kekakuan adalah kemampuan kayu untuk menahan perubahan bentuk atau lengkungan.
- Kekakuan dinyatakan dalam modulus elastisitas.

Keuletan

- Keuletan adalah kemampuan kayu untuk menyerap sejumlah gaya yang relatif besar atau tahan terhadap tegangan berulang yang melampaui batas proporsional serta mengakibatkan perubahan bentuk yang permanen dan kerusakan sebagian.

Kekerasan

- Kekerasan adalah kemampuan kayu untuk menahan gaya yang membuat takik atau lekukan atau kikisan (abrasi). Bersama-sama dengan keuletan, kekerasan merupakan suatu ukuran tentang ketahanan terhadap pengausan kayu

CACAT FISIK ALAMI KAYU

Mata kayu

Kayu Gubal

Retak atau pecah

Watermark

Bluestain atau jamur

