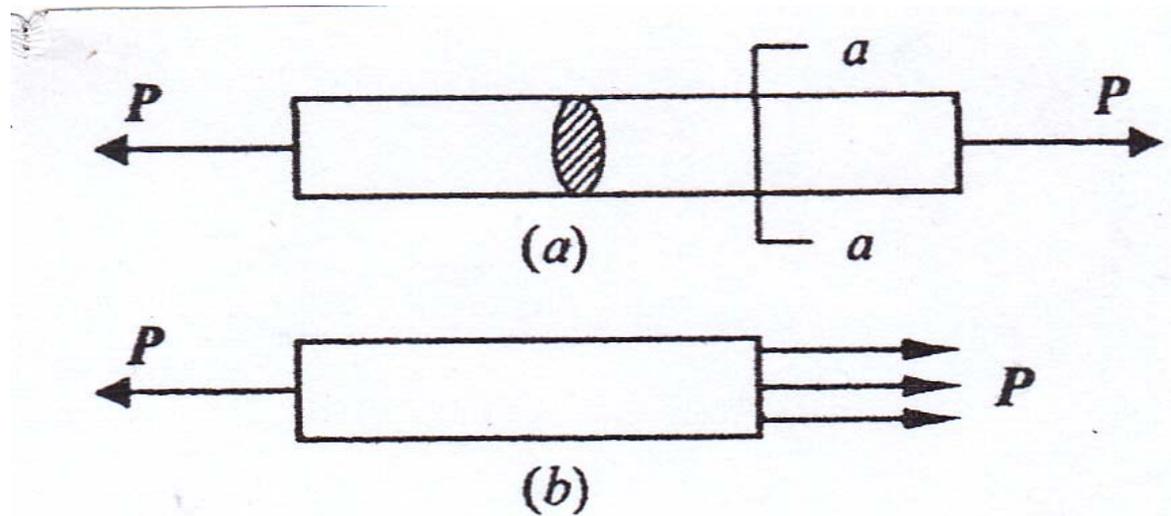
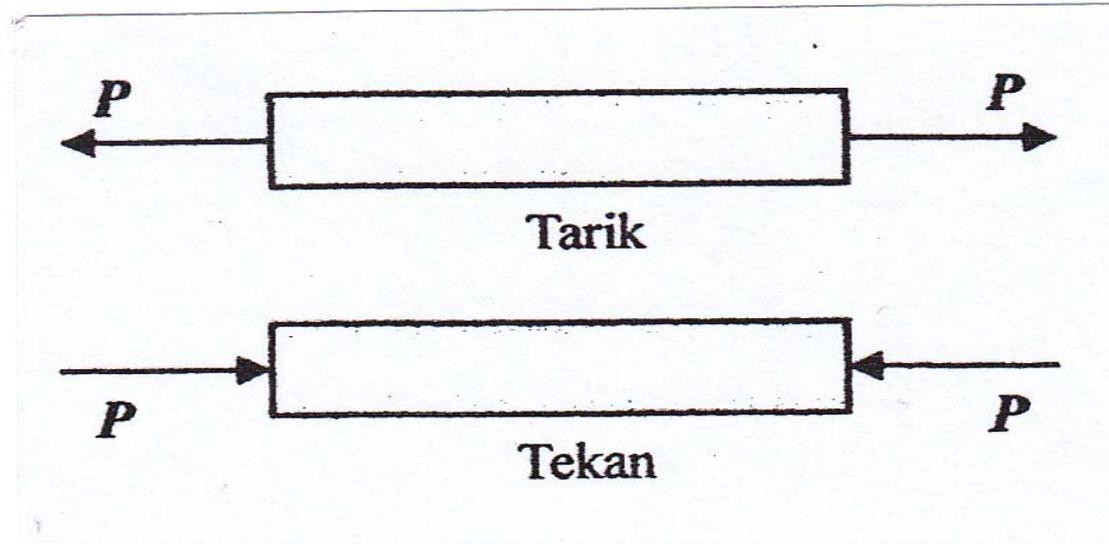


Pembebanan Batang Secara Aksial



Suatu batang dengan luas penampang konstan, dibebani melalui kedua ujungnya dengan sepasang gaya linier dengan arah saling berlawanan yang berimpit pada sumbu longitudinal batang dan bekerja melalui pusat penampang melintang masing-masing.

Untuk keseimbangan statis besarnya gaya-gaya harus sama.

Gaya-gaya diarahkan menjauhi batang, maka batang disebut ditarik.

Gaya-gaya diarahkan pada batang, maka batang disebut ditekan.

Aksi pasangan gaya-gaya tarik atau tekan, hambatan internal terbentuk di dalam bahan dan karakteristiknya dapat dilihat pada potongan melintang di sepanjang batang

Tegangan Normal

Tegangan normal adalah intensitas gaya normal per unit luasan, dinyatakan dalam N/m^2 ,

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

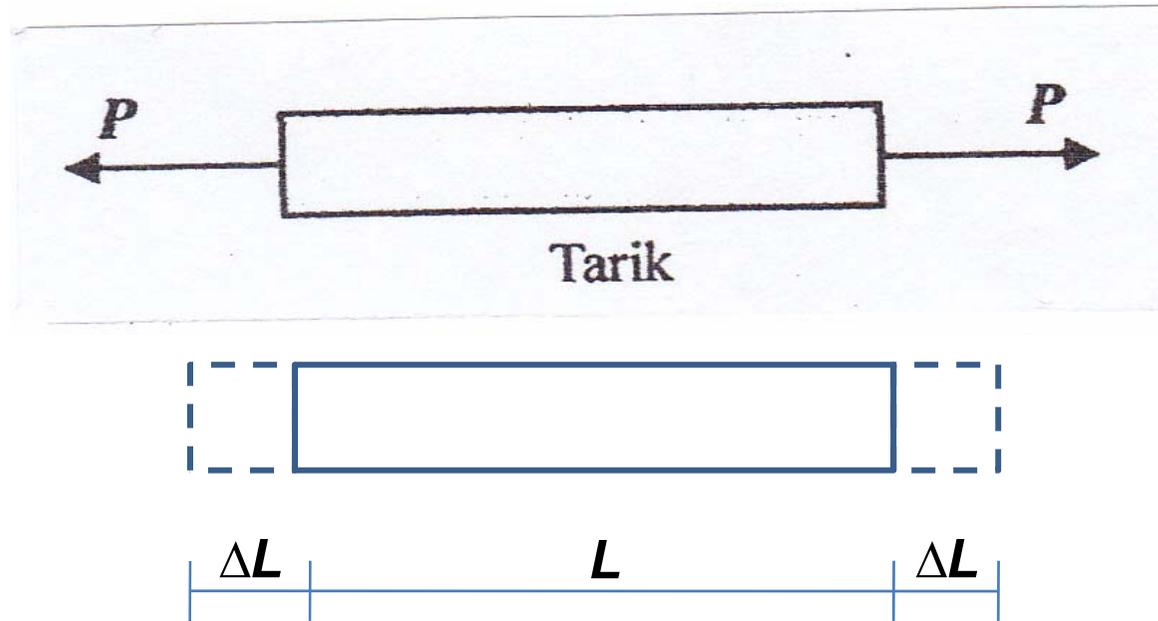
Apabila gaya-gaya dikenakan pada ujung-ujung batang sedemikian, sehingga batang dalam kondisi tertarik, maka terjadi suatu tegangan tarik pada batang,

$$\sigma_{tr} = \frac{P_{tr}}{A}$$

Jika batang dalam kondisi tertekan, maka terjadi tegangan tekan,

$$\sigma_{tk} = \frac{P_{tk}}{A}$$

Regangan Normal

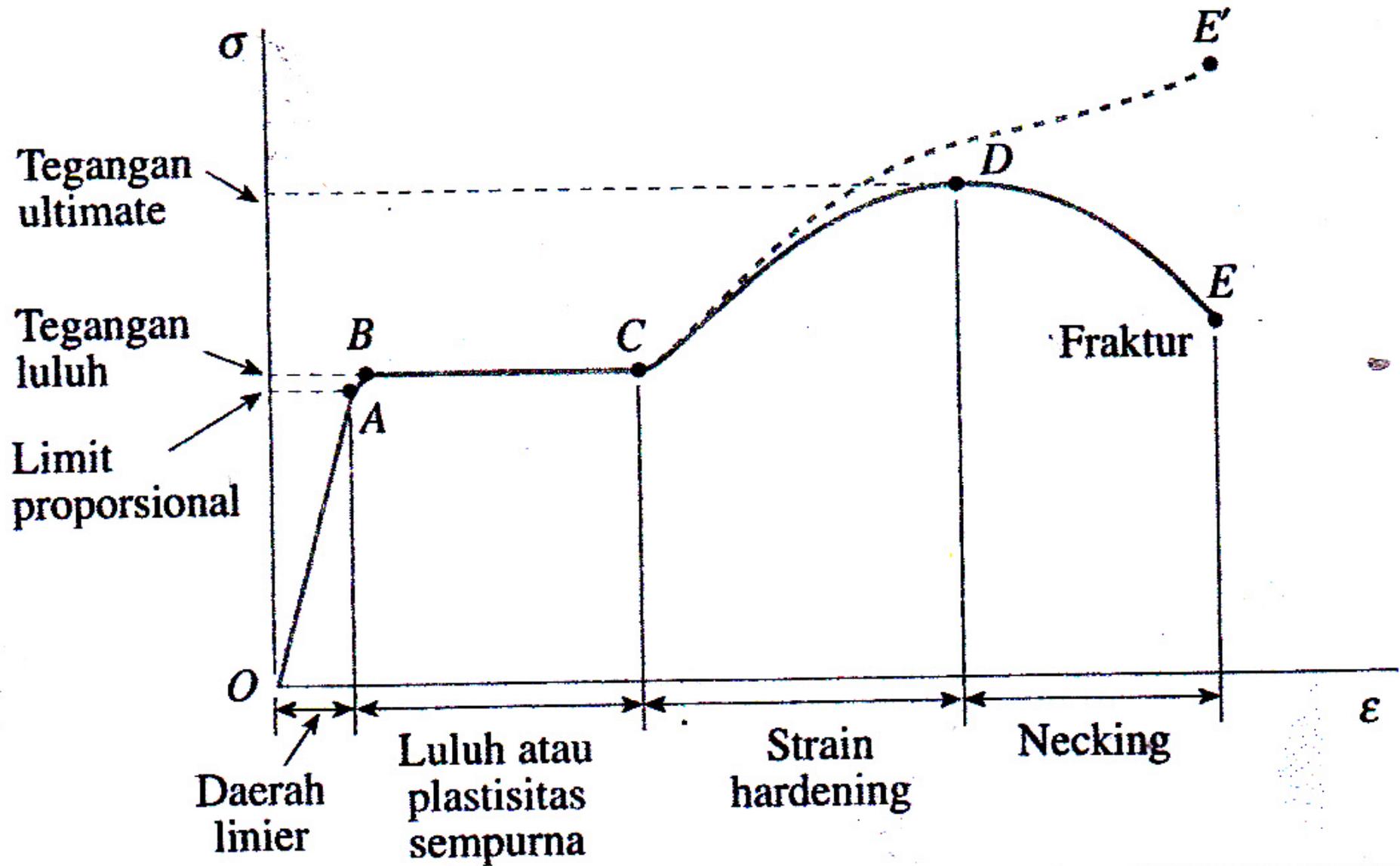


Perpanjangan pada batang dapat diukur untuk setiap kenaikan tertentu dari beban aksial

Perpanjangan per unit panjang disebut regangan normal, dinyatakan tidak berdimensi.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Kurva Tegangan-Regangan Baja Struktural



Titik **A** tegangan maksimum, tidak terjadi perubahan bentuk ketika beban diberikan disebut batas elastis

OA disebut daerah elastis

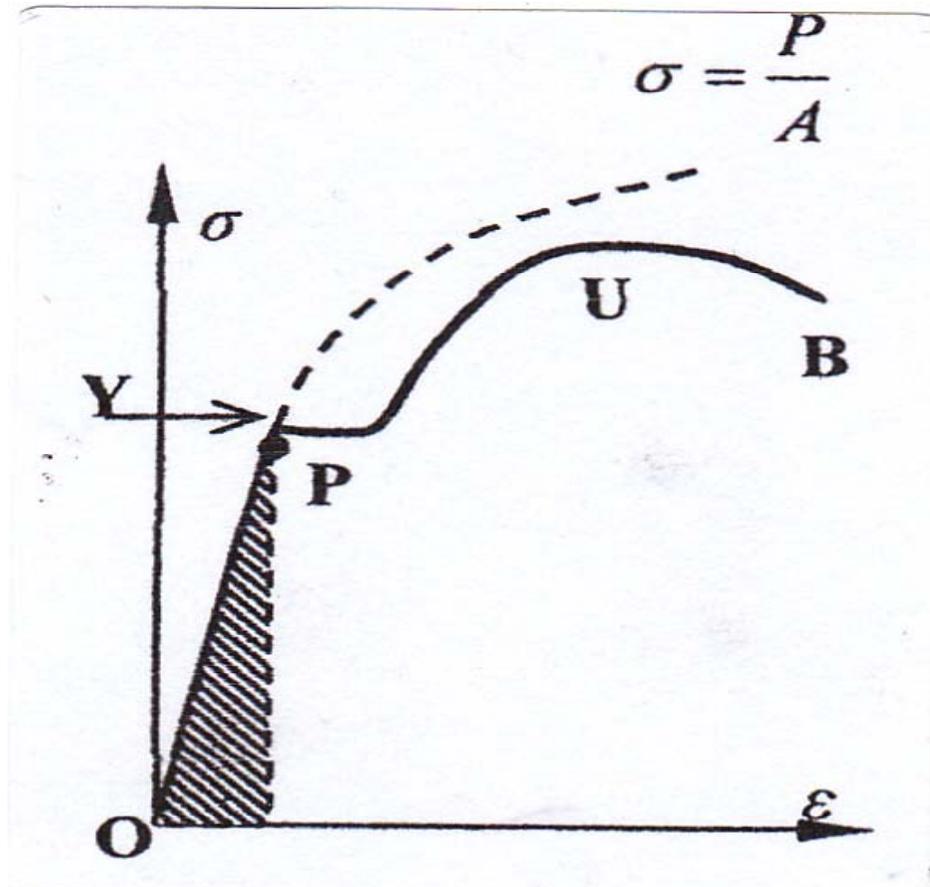
BCD disebut daerah plastis.

BC disebut titik leleh, terjadi pertambahan regangan tanpa adanya penambahan tegangan.

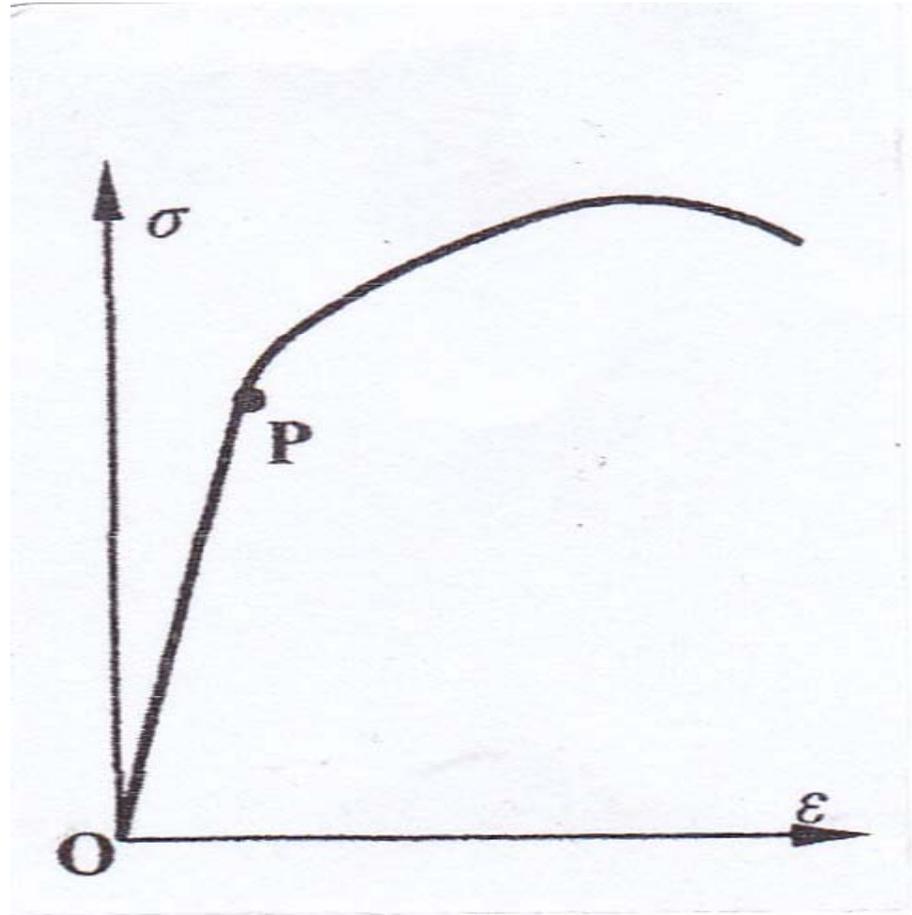
Titik **D** tegangan puncak dari bahan, disebut titik runtuh

Titik **E** tegangan putus dari bahan.

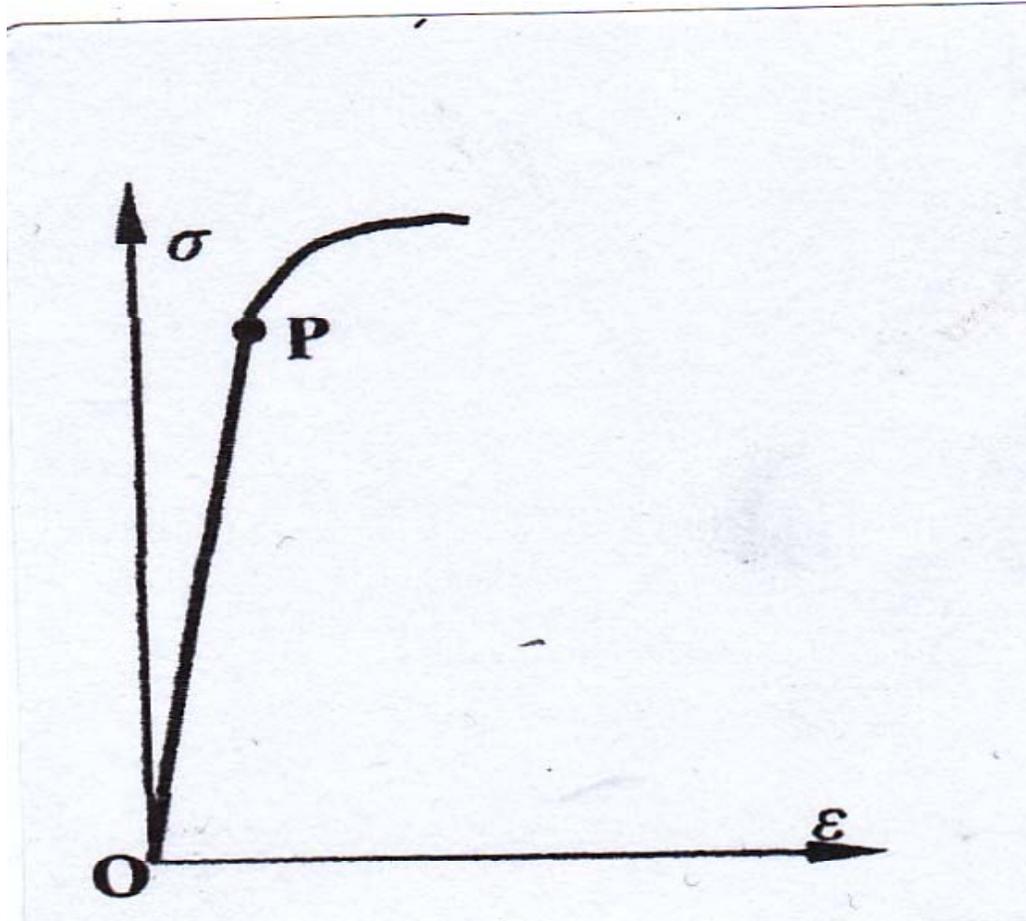
Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Medium



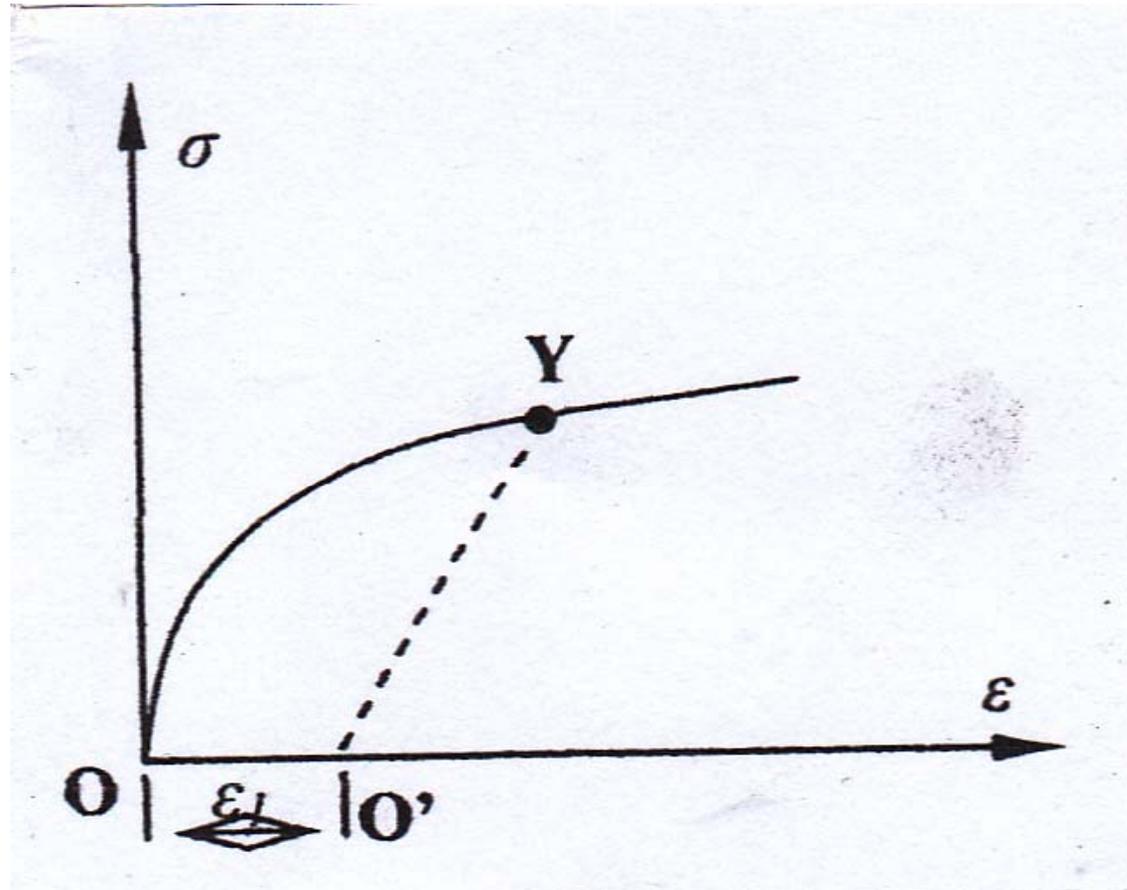
Kurva Tegangan-Regangan Baja Campuran



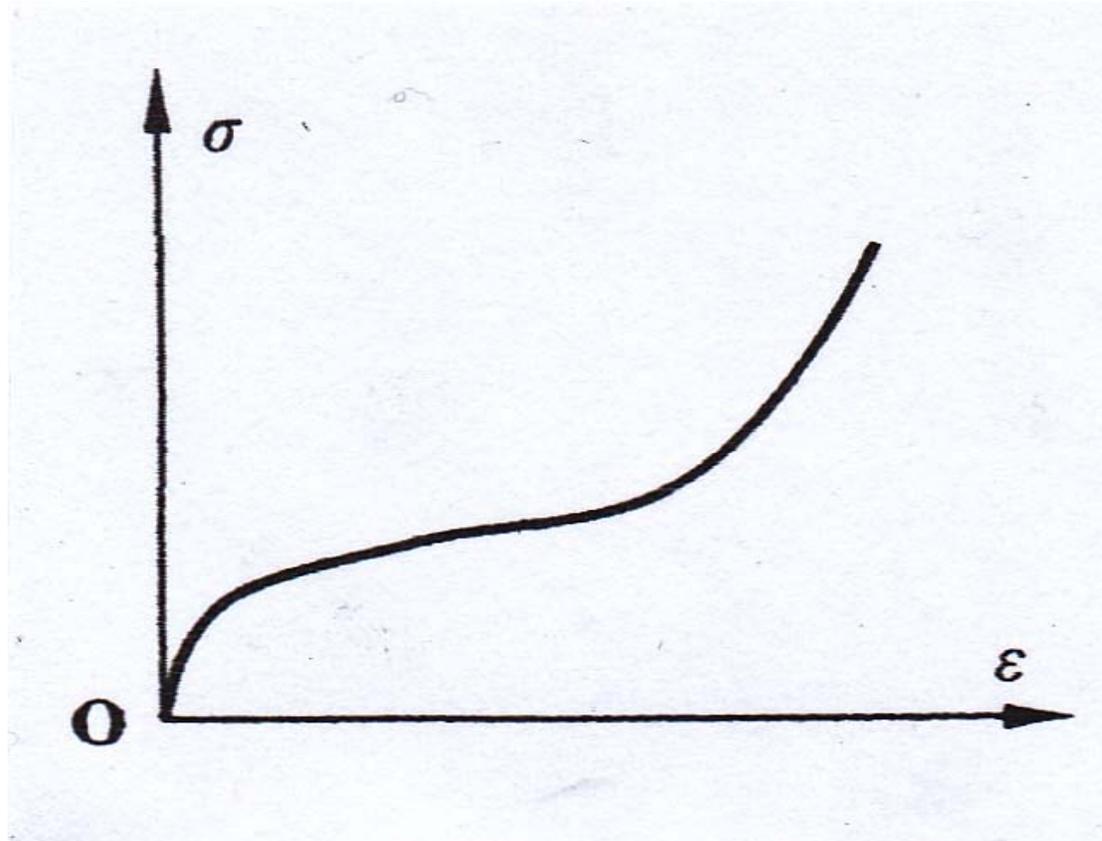
Kurva Tegangan-Regangan Baja Karbon Tinggi



Kurva Tegangan-Regangan Besi Kasar



Kurva Tegangan-Regangan Karet



Bahan Liat dan Bahan Rapuh

Bahan-bahan logam diklasifikasikan sebagai bahan liat (*ductile*) atau bahan rapuh (*brittle*).

Bahan liat mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan, misalnya baja atau aluminium.

Bahan rapuh mempunyai gaya regangan yang relatif kecil sampai dengan titik yang sama, misalnya besi cor dan beton.

Batas regangan 0,05 sering dipakai untuk garis pemisah diantara bahan liat dan bahan rapuh

Hubungan tegangan-regangan untuk nilai regangan yang cukup kecil adalah linier.

Hubungan linier antara pertambahan panjang dan gaya aksial yang menyebabkannya, hal ini dinyatakan oleh Robert Hooke, yang disebut *Hukum Hooke*

Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yaitu rasio unit tegangan terhadap unit regangan, sering disebut *Modulus Young*,

Nilai modulus elastisitas setiap bahan berbeda-beda.

Unit regangan merupakan bilangan tanpa dimensi (rasio dua satuan panjang), maka modulus elastisitas mempunyai satuan yang sama dengan tegangan, yaitu N/m^2 .

Untuk banyak bahan-bahan teknik, modulus elastisitas dalam tekanan mendekati sama dengan modulus elastisitas dalam tarikan.

Sifat-Sifat Mekanis Bahan

Batas proporsional (*proportional limit*), yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama diberikan beban, sehingga tegangan merupakan fungsi linier dari regangan.

Batas elastis (*elastic limit*), yaitu tegangan maksimum yang terjadi selama diberikan beban, sehingga tidak terjadi perubahan bentuk atau deformasi ketika pembebanan dipindahkan.

Untuk kebanyakan bahan nilai batas elastis dan batas proporsional hampir sama. Nilai batas elastis selalu sedikit lebih besar dari pada batas proporsi.

Selang elastis (*elastic ranges*) yaitu rentang kurva tegangan-regangan yang terjadi dari origin sampai batas proporsi.

Selang plastis (*plastic ranges*), yaitu rentang kurva tegangan-regangan yang ditarik dari batas proporsi sampai runtuh.

Titik leleh, yaitu titik dimana terjadi peningkatan atau penambahan regangan tanpa adanya penambahan tegangan. Setelah pembebanan mencapai titik leleh, maka selanjutnya dikatakan terjadi kelelahan.

Tegangan maksimum, yaitu dimana titik maksimum pada kurva diketahui sebagai tegangan maksimum atau tegangan puncak dari bahan.

Tegangan putus, yaitu titik dimana tegangan putus dari bahan.

Modulus Kekenyalan, keuletan (*modulus of resilience*), yaitu kemampuan bahan menyerap energi pada selang elastisnya. Batas kekenyalan, yaitu kerja yang dilakukan suatu unit volume bahan dengan gaya tarikan yang dinaikan secara bertahap dari nol sampai batas proporsi.

Modulus Kekerasan (*modulus of toughness*), yaitu kerja yang dilakukan suatu unit bahan dari nol sampai keruntuhan. Kekerasan bahan adalah kemampuan untuk menyerap energi pada selang plastis dari bahan.

Persentase pengurangan luas penampang, yaitu penurunan luas penampang dari luasan awal pada bagian patah dibagi dengan luasan awalnya dikalikan dengan seratus.

Persentase pertambahan panjang (*elongation*), yaitu pertambahan panjang setelah patah dibagi dengan panjang awal dan dikalikan dengan seratus.

Kekuatan lelah (*yield strength*), sisa regangan, yaitu dimana bahan mengalami perubahan bentuk atau deformasi yang tetap ketika pembebanan dipindahkan.
Perubahan bentuk biasanya diambil 0,0035.

Modulus tangen, yaitu laju perubahan tegangan terhadap perubahan regangan, dan merupakan bentuk modulus sesaat.

Koefisien ekspansi linier, yaitu perubahan panjang per unit panjang suatu batang lurus karena perubahan suhu sebesar satu derajat.

Rasio poisson, yaitu rasio regangan pada arah lateral (tegak lurus terhadap pembebanan) terhadap arah aksial.

Kebanyakan logam mempunyai nilai rasio poisson (μ) antara 0,25 sampai 0,35.

Kekuatan spesifik, yaitu rasio tegangan maksimum terhadap berat spesifik (berat per unit volume).

Modulus spesifik, yaitu perbandingan modulus young terhadap berat spesifik bahan.

Sifat-Sifat Bahan Teknik pada suhu 20°C

Bahan	Berat spesifik KN/m ³	Modulus Young Gpa	Tegangan maksimum kPa	Koefisien ekspansi 10e-6/°C	Rasio Poisson
I. Metal dalam bentuk papan, batang atau blok					
Aluminium	27	70-79	310-550	23	0.33
campuran	84	96-110	300-590	20	0.34
Kuningan	87	112-120	230-380	17	0.33
Tembaga	87	210	310-760	13	0.31
Nikel	77	195-210	550-1400	12	0.30
Baja	44	105-210	900-970	8-10	0.33
Titanium campuran					
II. Non-metal dalam bentuk papan, batang atau blok					
Beton	24	25	24-81	11	
Kaca	26	48-83	70	5-11	0.23
III. Bahan dengan filamen (diameter < 0.025 mm)					
Aluminium oksida	38	690-2410	13800-27600		
Barium carbide	25	450	6900		
Kaca		345	7000-20000		
Grafit	22	980	20000		

Klasifikasi Bahan

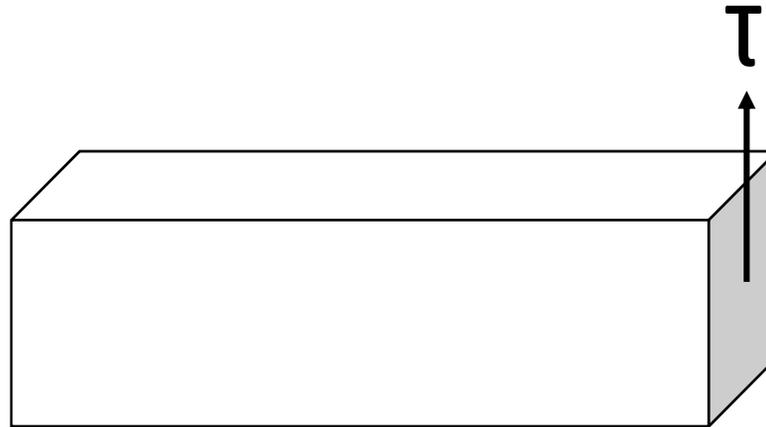
Homogen, yaitu mempunyai sifat elastis (E , μ) yang sama pada keseluruhan titik pada bahan.

Isotropis, yaitu mempunyai sifat elastis yang sama pada semua arah pada setiap titik dalam bahan.

Tidak semua bahan mempunyai sifat isotropis.

Apabila suatu bahan tidak memiliki suatu sifat simetri elastik, maka bahan disebut *anisotropis*

Tegangan Geser



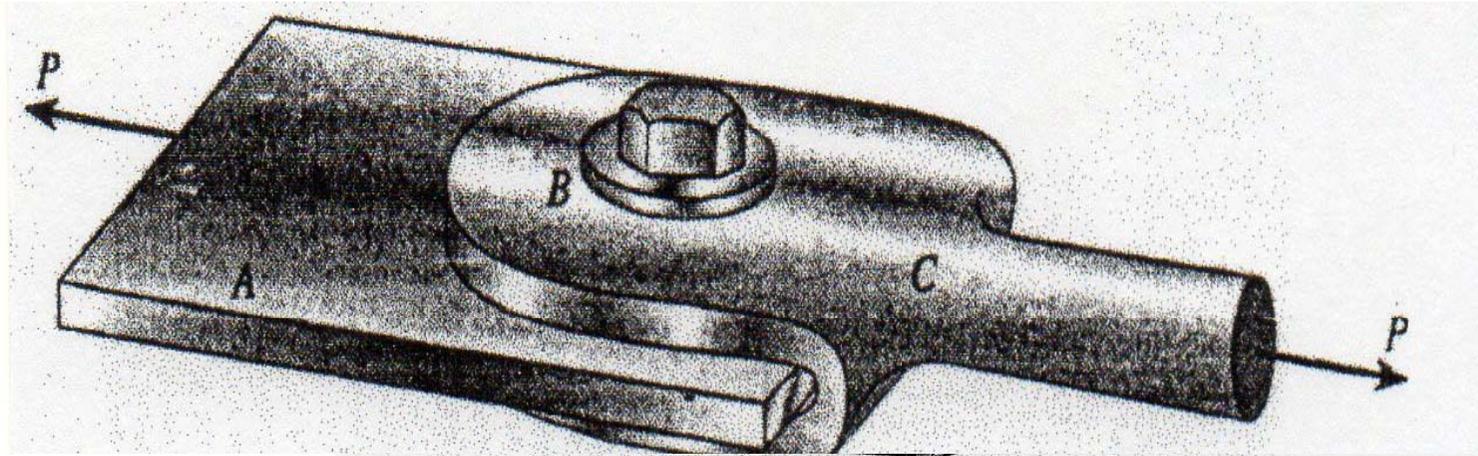
Tegangan geser bekerja di sepanjang atau sejajar bidang.

Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja dalam arah tangensial terhadap permukaan bahan.

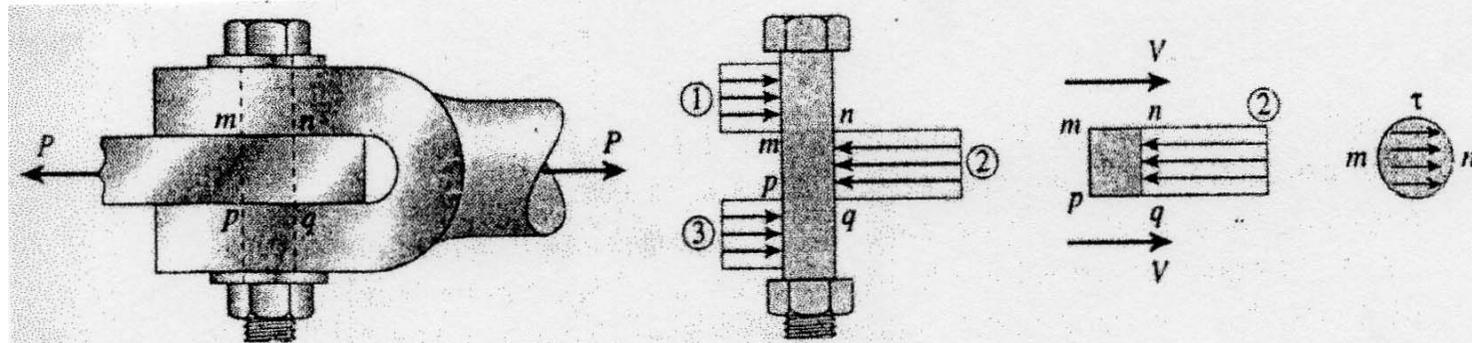
Tegangan geser (τ), yaitu gaya gesek dibagi luasan

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

Tegangan Geser Pada Sambungan Baut

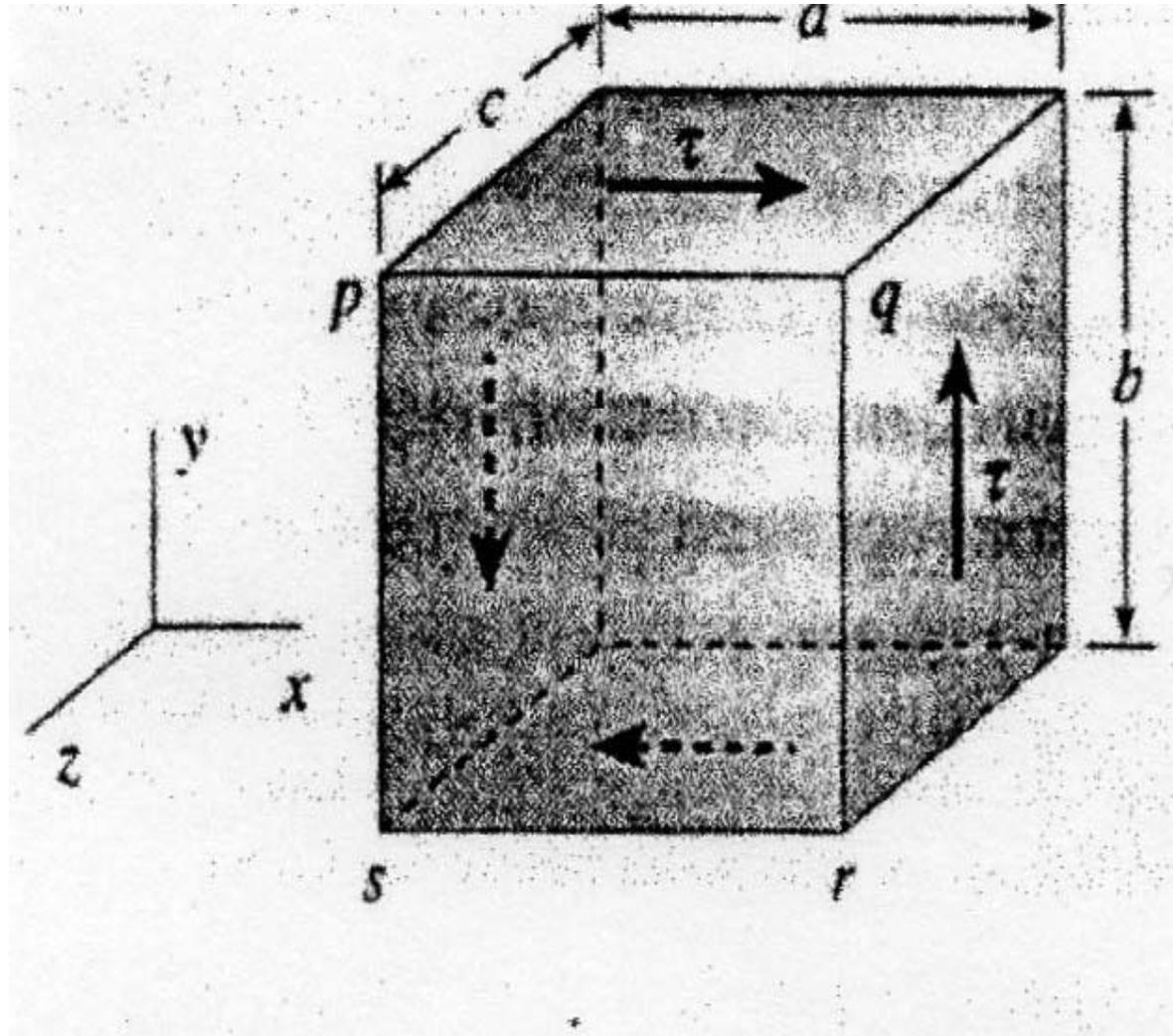


(a)

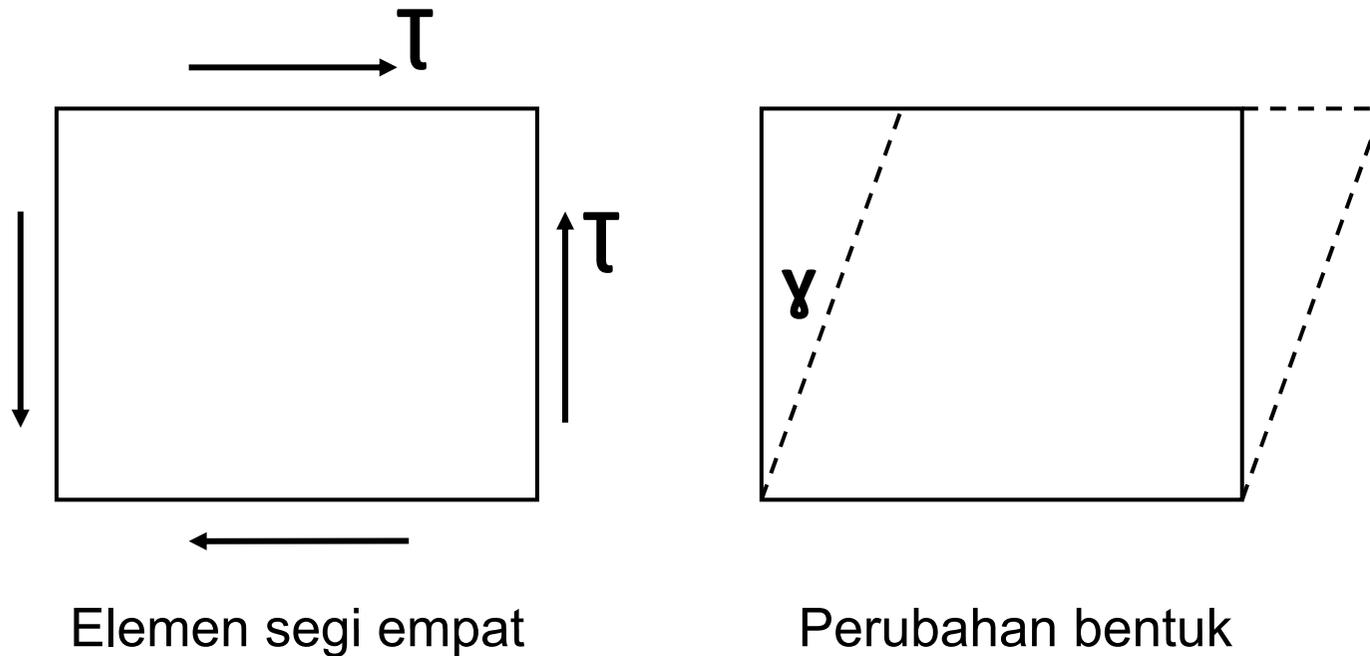


$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

Elemen Persegi Panjang Mengalami Tegangan Geser



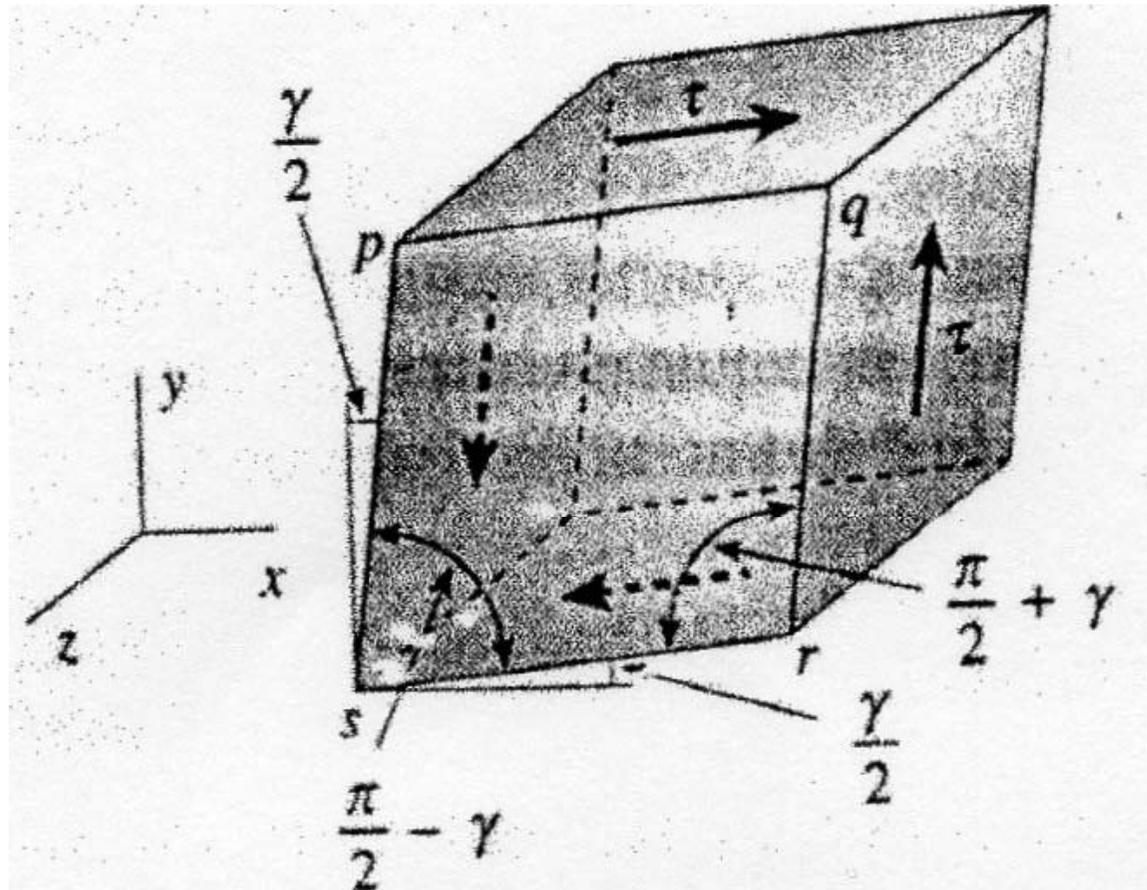
Perubahan Sudut Elemen Persegi Panjang



Perubahan sudut pada bagian pokok elemen empat persegi panjang awal disebut sebagai regangan geser.

Sudut dinyatakan dengan radian dan dinotasikan dengan γ

Perubahan Bentuk Elemen Persegi Panjang



Modulus Elastistas Geser

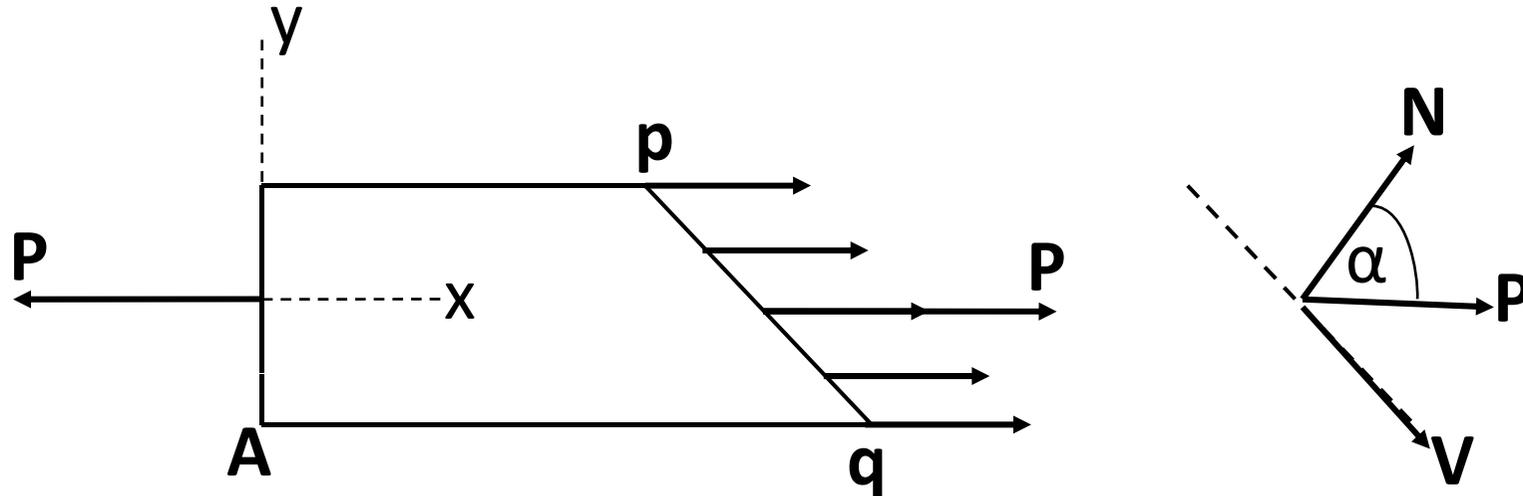
Rasio antara tegangan geser (τ) dengan regangan geser (γ) disebut modulus elastisitas geser, dan biasanya dinotasikan dengan G .

$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

Modulus elastisitas geser disebut juga modulus kekakuan (*modulus of rigidity*).

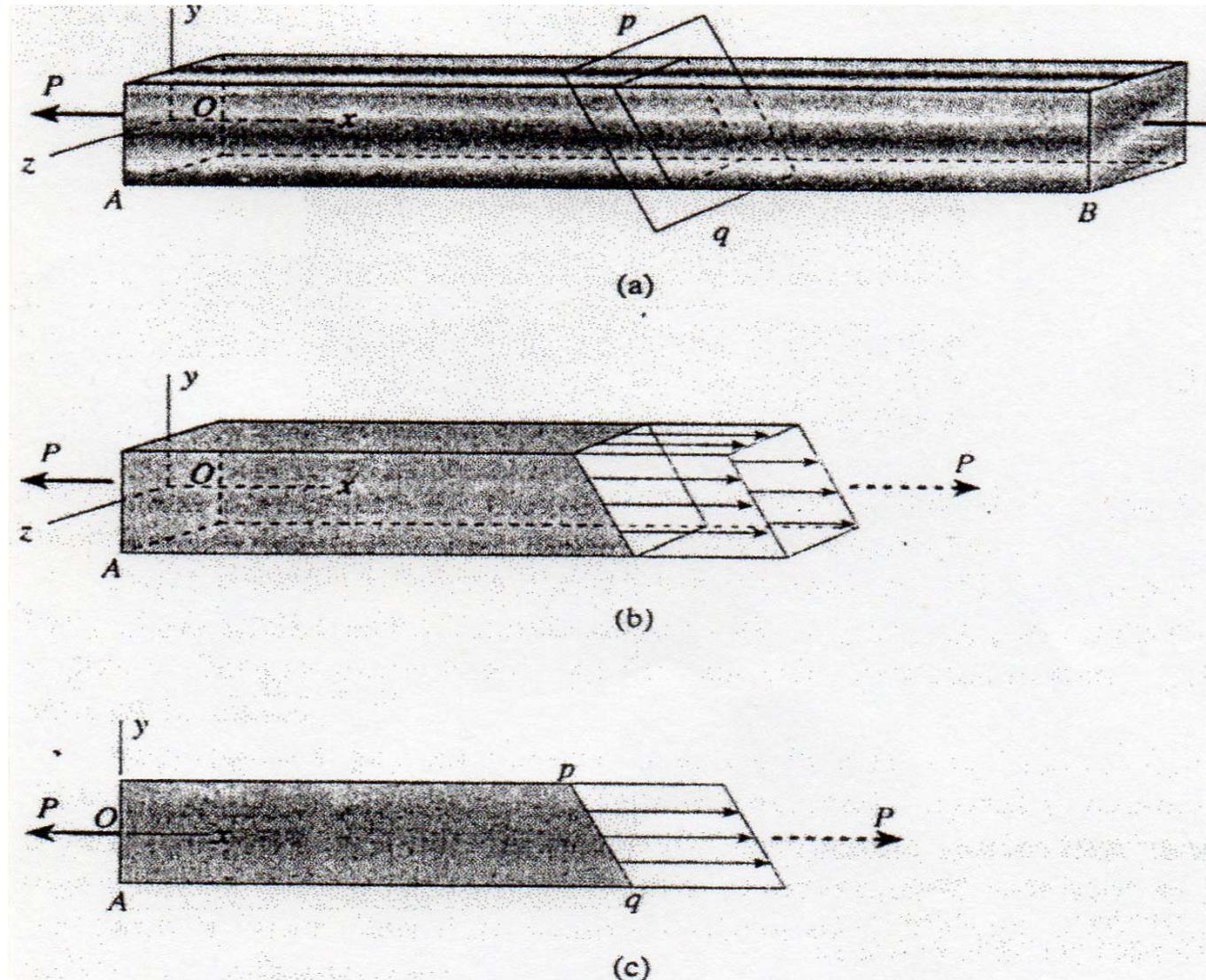
Satuan untuk modulus elastisitas geser sama dengan satuan tegangan geser, yaitu N/m².

Komponen Gaya Pada Potongan Miring



Gaya normal N tegak lurus bidang pq , dan gaya geser V searah pq , maka
 $N = P \cos \alpha$ dan $V = P \sin \alpha$

Diagram Tegangan Pada Potongan Miring



Tegangan Normal :

$$\sigma = \frac{N}{A_1}$$

Tegangan geser :

$$\tau = \frac{V}{A_1}$$

A_1 adalah luas potongan miring

$$A_1 = \frac{A}{\cos \alpha}$$

Tegangan Batas (*Ultimate Stress*) dan Tegangan Luluh

Tegangan Batas (σ_u) :

Setiap bahan mempunyai batas kekuatan masing-masing.

Jika gaya yang bekerja sudah melebihi batas kekuatan bahan, maka benda akan putus.

Perencanaan dengan metode tegangan batas, cocok untuk bahan yang getas, seperti beton.

Tegangan Luluh (σ_y) :

Untuk sebagian besar struktur, bahannya harus berada dalam daerah plastis linier untuk mencegah terjadinya deformasi permanen apabila beban dihilangkan

Luluh mulai terjadi apabila tegangan luluh tercapai di semua titik sembarang di dalam struktur.

Tegangan Izin

Tegangan izin merupakan batas yang aman dalam perencanaan konstruksi

.Penerapan faktor keamanan pada tegangan luluh (atau kekuatan luluh), didapatkan tegangan izin (atau tegangan kerja) yang tidak boleh dilampaui dimanapun di dalam struktur, jadi,

$$\text{Untuk tarik : } \sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{n}$$

$$\text{Untuk geser : } \tau_{izin} = \frac{\tau_y}{n}$$

σ_y dan τ_y adalah tegangan luluh dan n adalah faktor keamanan, untuk disain gedung, faktor keamanan untuk luluh tarik adalah 1,67

Untuk bahan yang tegangan luluhnya tidak didefinisikan dengan jelas, seperti kayu dan baja berkekuatan tinggi, maka faktor keamanan diterapkan pada tegangan ultimit.

$$\text{Untuk tarik : } \sigma_{izin} = \frac{\sigma_u}{n}$$

$$\text{Untuk geser : } \tau_{izin} = \frac{\tau_u}{n}$$

σ_u dan τ_u adalah tegangan ultimit dan n adalah faktor keamanan.

Faktor keamanan terhadap kekuatan ultimit dari suatu bahan biasanya lebih besar daripada yang didasarkan atas kekuatan luluh.

Untuk baja lunak, faktor keamanan sebesar 1,67 terhadap luluh sebanding dengan faktor keamanan sebesar kira-kira 2,8 terhadap kekuatan ultimit.

Beban Izin

Sesudah tegangan izin ditetapkan untuk struktur dan bahan, maka beban izin pada struktur dapat ditetapkan.

Hubungan antara beban izin dengan tegangan izin bergantung pada jenis struktur.

Beban izin juga disebut beban yang diperbolehkan atau beban aman, samadengan tegangan izin dikalikan dengan luas dimana beban bekerja.

Untuk batang yang mengalami tarik :

$$P_{izin} = \sigma_{izin} \cdot A$$

Untuk batang yang mengalami geser :

$$P_{izin} = \tau_{izin} \cdot A$$

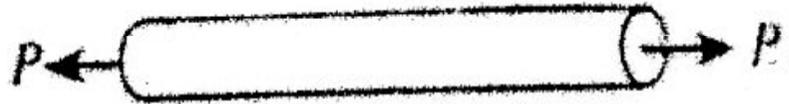
Untuk batang yang mengalami tumpu :

$$P_{izin} = \sigma_b \cdot A_b$$

σ_{izin} adalah tegangan normal izin, τ_u adalah tegangan geser izin σ_b adalah tegangan tumpu izin, dan A adalah luas penampang batang, A_b adalah luas bidang tumpu dimana tegangan tumpu bekerja.

Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 1. Sebuah batang baja yang berdiameter 20 mm dengan panjang 0,5 meter, mengalami beba tarik sebesar 25 kN, sehingga panjangnya menjadi 0,505 meter. Tentukan tegangan dan regangan normal yang terjadi pada batang.



Penyelesaian :

a. Tegangan normal :

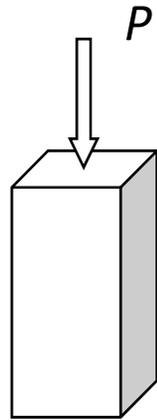
$$\sigma_{tr} = \frac{P_{tr}}{A} = \frac{25000}{\frac{1}{4} \pi \cdot 20^2} = 79,58 \text{ MPa}$$

b. Regangan normal :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L - L_o}{L} = \frac{0,505 - 0,5}{0,5} = 0,01$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 2. Bata standar yang mempunyai ukuran 20,31 cm x 10,16 cm x 6,35 cm, ditekan dengan mesin uji pada arah memanjang. Jika tegangan tekan yang terjadi pada bata adalah sebesar 0,115 MPa. Tentukan tekan maksimum yang mampu ditahan bata tersebut.



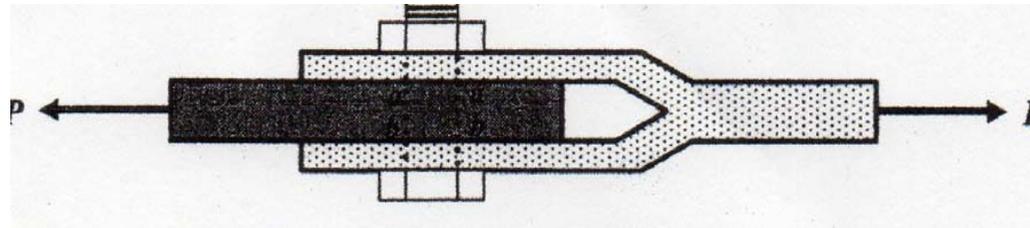
Penyelesaian :

$$\sigma_{tk} = \frac{P_{tk}}{A} \Rightarrow P = \sigma_{tk} \cdot A$$

$$P = 0,115 \times (101,6 \times 63,5) = 741,9 .N$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 3. Suatu sambungan dengan baut, memikul gaya tarik sebesar 30 kN. Apabila diameter baut 10 mm, tentukan tegangan geser yang terjadi pada sambungan tersebut.

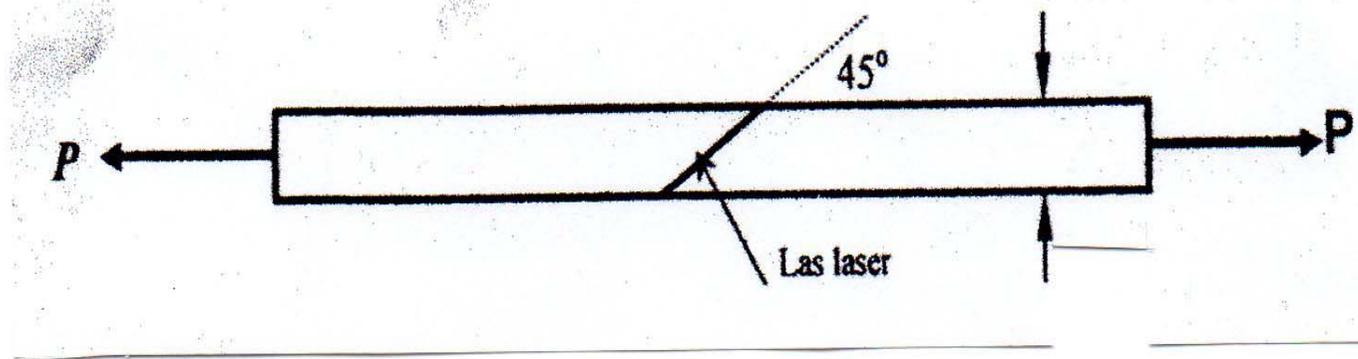


Penyelesaian :

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$
$$\tau = \frac{\frac{1}{2} P}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2} = \frac{\frac{1}{2} (30000)}{\frac{1}{4} \pi \cdot 10^2} = 192 \text{ .MPa}$$

Contoh Soal dan Pembahasan

Soal 4. Suatu plat dengan tebal 0,16 cm dan lebar 4,5 cm, disambung dengan las, dimana sudut pengelasannya adalah 45° . Jika plat tersebut menerima gaya tarik sebesar 50 kN, tentukan tegangan geser yang terjadi pada sambungan las tersebut.



Penyelesaian :

a. Tegangan normal :

$$\sigma = \frac{N}{A_1}$$

$$\sigma = \frac{P \cos \alpha}{\frac{b.t}{\cos \alpha}} = \frac{50000 \cos 45^\circ}{\frac{45 \times 1,6}{\cos 45^\circ}} = 347,23.MPa$$

b. Tegangan geser :

$$\tau = \frac{V}{A_1}$$

$$\tau = \frac{P \sin \alpha}{\frac{b.t}{\cos \alpha}} = \frac{50000 \sin 45^\circ}{\frac{45 \times 1,6}{\cos 45^\circ}} = 347,23.MPa$$