

Upload Tugas ke-3

TUGAS-3

MEKANIKA TERAPAN (MTS 271201)



Oleh :

Nama : Saeman

NIM : 192710038

Dosen Program : Dr. Firdaus, ST., M.T

PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS BINA DARMA

2020

Tugas-3

Jelaskan cara mendapatkan grafik hubungan tegangan-regangan untuk pengujian :

a. Beton

b. Baja

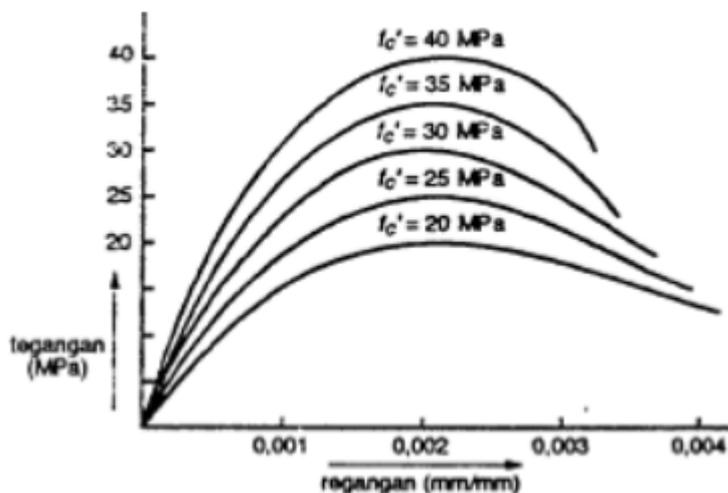
Jawaban boleh disertai dengan gambar

Jawab

a. Beton

Kurva/grafik hubungan tegangan-regangan pada pengujian beton dilakukan dengan uji Kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan beton dilakukan menggunakan sampel silinder standar yang dirawat di bawah kondisi standar laboratorium pada kecepatan pembebanan tertentu, pada umur 28 hari.

Pada pengujian kuat tekan beton yang menggunakan mesin tekan, benda uji diletakkan secara sentris pada bidang lingkarnya. Kemudian dilakukan pembebanan secara bertahap dan kecepatan peningkatan beban tertentu, hingga benda uji beton mengalami kehancuran. Berikut kurva hubungan tegangan dan regangan pada beton.



Berdasarkan kurva tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai tegangan f_c' mencapai nilai maksimum saat regangan mencapai $\pm 0,002$ dan akan terus menurun sampai benda uji hancur pada nilai 0,003 - 0,005, serta kemiringan awal kurva akan bervariasi bergantung pada nilai kuat betonnya.

Beton Terdiri dari pasir, kerikil, batu pecahan atau agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti untuk tujuan kemudahan pengerjaan (workability), durability, waktu pengerasan dsb.

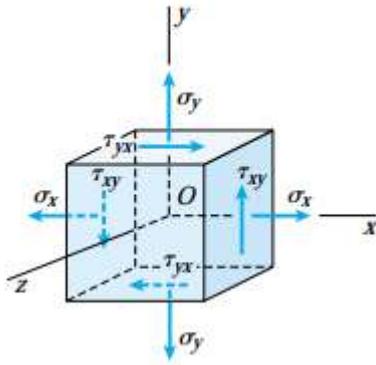
Beton memiliki kuat tekan yang tinggi dan kuat tarik yang sangat rendah. Beton bertulang : kombinasi antara beton dan baja, dimana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga sering digunakan pada kolom atau bagian lain dari suatu struktur.

Tegangan normal dan geser menggunakan lingkaran Mohr

- Tegangan Bidang
- Tegangan Utama dan Tegangan Geser Maksimum

Tegangan Bidang

- Jenis-jenis tegangan yang timbul pada batang akibat tarik, tekan, maupun torsi yang sudah dipelajari hingga saat ini adalah merupakan contoh-contoh dari tegangan bidang (plane stress)
- Tinjau suatu elemen kubus dalam gambar, dengan sumbu xyz sejajar dengan tepi-tepi elemen
- Bila bahan berada dalam keadaan tegangan bidang dalam bidang xy, maka hanya muka x dan y dari elemen yang mengalami tegangan, muka z tidak bertegangan dan sumbu z adalah normal permukaan tersebut. Tegangan bukanlah vektor karena tidak dapat dijumlahkan dengan aturan jajar genjang. Sebenarnya tegangan merupakan besaran yang lebih rumit daripada vektor dan dalam matematika disebut tensor. Besaran tensor lainnya adalah regangan dan momen inersia



tegangan bidang (plane stress)

Tegangan Normal

- Tegangan normal s , mempunyai subskrip yang menunjukkan muka di mana tegangan normal tersebut bekerja
- Tegangan yang bekerja di muka x dari elemen dinotasikan s_x
- Tegangan yang bekerja di muka y dari elemen dinotasikan s_y
- Tegangan normal yang sama bekerja di muka yang berlawanan

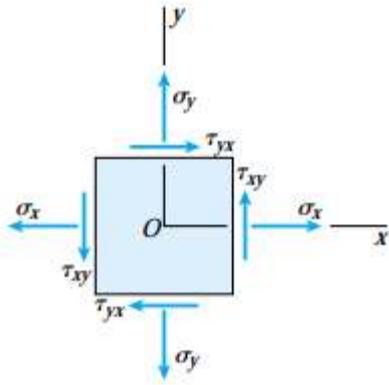
Tegangan Geser

- Tegangan geser t , memiliki dua subskrip, subskrip pertama menunjukkan muka di mana tegangan bekerja, subskrip kedua menunjukkan arah di muka tersebut
- Tegangan t_{xy} bekerja di muka x dalam arah sumbu y
- Tegangan t_{yx} bekerja di muka y dalam arah sumbu x

Perjanjian Tanda

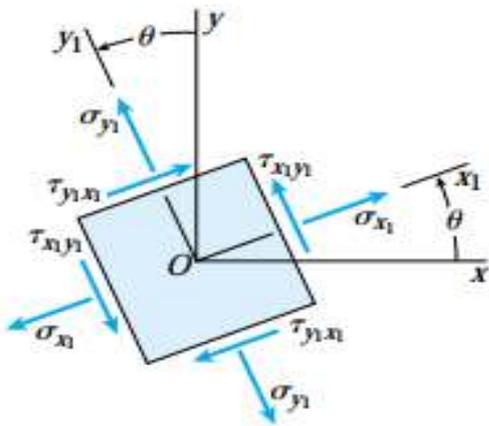
- Tegangan normal bernilai positif untuk tegangan tarik, dan bernilai negatif untuk tegangan tekan
- Tegangan geser bernilai positif apabila bekerja di muka positif dalam arah positif, atau bekerja di muka negatif dalam arah negatif. Sedangkan tegangan geser bernilai negatif apabila bekerja dalam muka dan arah yang tidak bertanda sama

Untuk memudahkan penggambaran elemen tegangan bidang, biasanya cukup digambarkan dalam bentuk dua dimensi



Tegangan di Potongan Miring

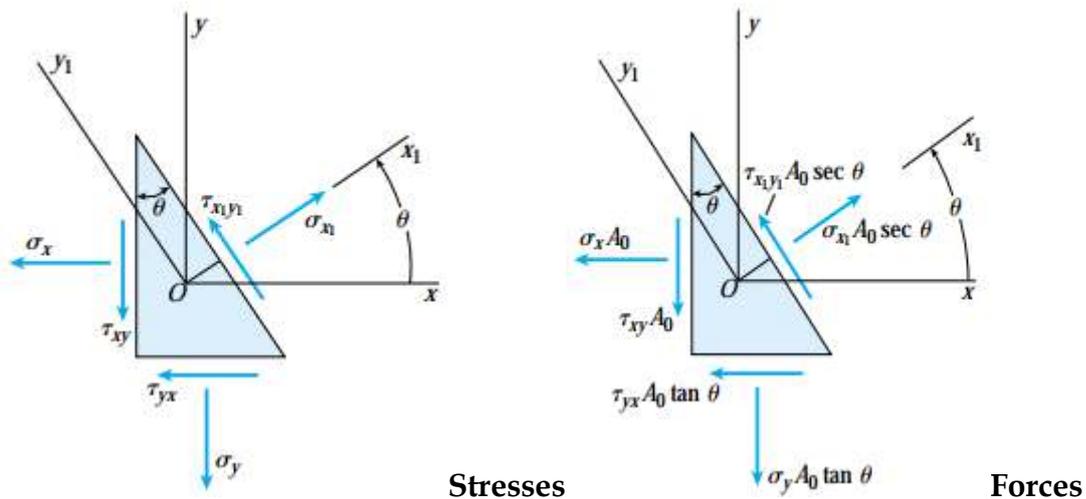
- Selanjutnya akan ditinjau tegangan pada elemen kubus tadi, apabila elemen ini diputar berlawanan jarum jam melalui sudut q terhadap sumbu xy
- Elemen yang diputar ini terkait dengan sumbu x_1, y_1 dan z_1
- Tegangan normal dan geser pada elemen baru ini diberi notasi $s_{x_1}, s_{y_1}, t_{x_1 y_1}$ dan $t_{y_1 x_1}$



Pada elemen ini berlaku pula hubungan

Tegangan di Potongan Miring

- Potongan elemen tegangan yang mempunyai muka miring yang sama dengan muka x_1 dari elemen miring, ditunjukkan pada gambar kiri
- Untuk menuliskan persamaan kesetimbangan potongan elemen tersebut, maka dibuat free-body diagram yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja di semua muka
- Luas muka kiri (muka x negatif) diberi notasi A_0 .



b. Baja

Kurva/grafik hubungan tegangan-regangan pada pengujian baja dilakukan dengan uji Tarik. Uji Tarik dilakukan dengan menempatkan specimen baja dengan diberi beban aksial yang dilakukan secara bertahap. Berdasarkan kondisi panjang awal batang (L_0) dan luas area awal batang (A_0) yang diberikan beban (F). Maka tegangan (σ) adalah gaya per satuan luas area, sedangkan regangan (ϵ) adalah perubahan panjang (δ) dibagi dengan panjang awal batang (L_0). Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

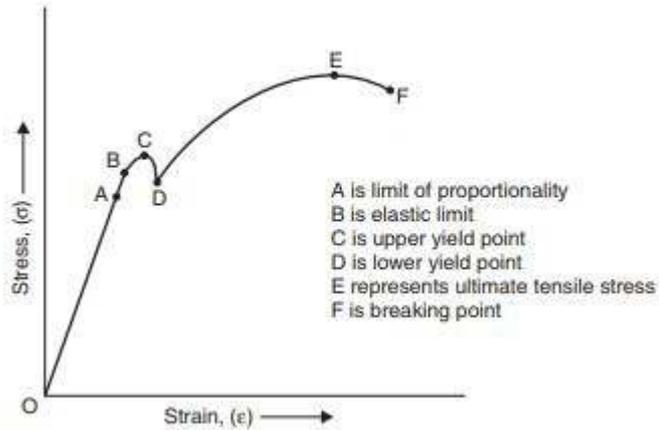
Tegangan

$$\sigma = F / A_0$$

Regangan

$$\epsilon = \delta / L_0$$

Bentuk Kurva tegangan-regangan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis specimen atau bahan. Berikut ini merupakan kurva tegangan regangan pada jenis specimen baja.



Konstanta proporsionalitas tersebut dikenal sebagai Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young dan dengan kemiringan yang sama pada diagram tegangan-regangan dari O ke A. Pada titik A hingga ke titik B, bahan masih pada kondisi elastis yaitu, bahan dapat kembali ke bentuk asalnya ketika gaya yang bekerja padanya dihilangkan. Jika spesimen diberikan gaya hingga melebihi titik B, maka akan terjadi perubahan bentuk secara permanen terjadi atau pada kondisi tersebut, spesimen memasuki daerah deformasi plastis. Pada daerah deformasi plastis, regangan tidak dapat sepenuhnya hilang meskipun dengan menghilangkan gaya yang bekerja. Jika gaya yang diberikan meningkat lebih jauh hingga mencapai titik C dimana pada kondisi tersebut regangan terjadi meskipun tegangan tidak meningkat. Titik ini disebut dengan (*Yield point*). Pada kenyataannya, terdapat dua titik yield point yaitu titik C dan D yang masing-masing disebut sebagai *Upper* dan *Lower yield point*.

Dengan regangan yang lebih lanjut, efek dari fenomena tersebut dikenal dengan *strain hardening* (Pengerasan regangan) atau *Work hardening* (pengerasan kerja). Spesimen uji pada kondisi tersebut mampu menerima lebih banyak tegangan. Jika gaya yang diberikan pada spesimen semakin meningkat maka akan mencapai titik E. Dimana titik E ini adalah titik tertinggi dalam kurva tegangan-regangan dan mewakili nilai tegangan maksimum yang diterima oleh spesimen atau dikenal dengan *Ultimate Tensile Strength* (UTS). Nilai dari *Ultimate Tensile Strength* (UTS) ini sama dengan gaya maksimum yang diberikan dibagi dengan luas penampang awal (A_0) dari spesimen uji.

Di sini, efek peningkatan beban pada area penampang spesimen harus mempertimbangkan. Dengan meningkatnya deformasi plastis, luas penampang spesimen akan berkurang. Namun untuk perhitungan tegangan dalam grafik tegangan-

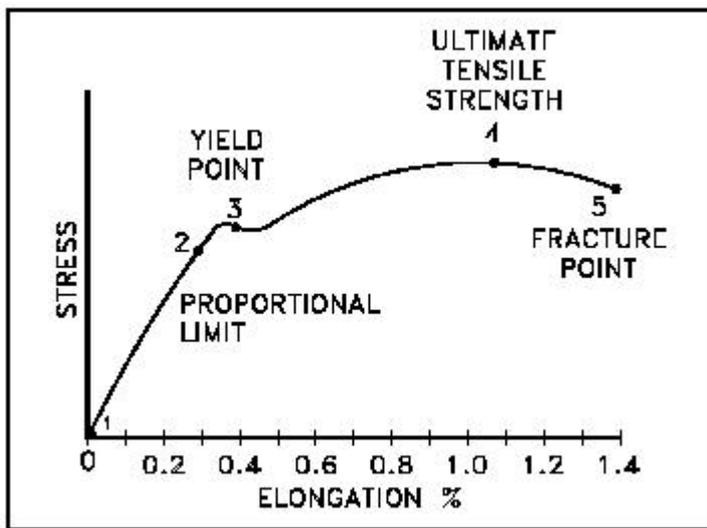
regangan, luas penampang awal perlu dipertimbangkan. Berdasarkan pengaruh luas penampang tersebut, akan terjadi kerusakan spesimen yang berpengaruh terhadap luasan penampang yang terjadi pada titik F dengan tingkat tegangan yang lebih rendah daripada titik E. Setelah titik E *Ultimate Tensile Strength* (UTS), terjadi pengurangan signifikan pada luas penampang spesimen uji dan akan terbentuk "Neck" di tengah spesimen. Tegangan putus sebenarnya jauh lebih tinggi daripada UTS, jika berkurangnya luas penampang spesimen uji diperhitungkan.

Ukuran kekuatan suatu material adalah *Ultimate Tensile Strength* (UTS) atau tegangan yang terjadi pada titik E. Namun, pada perancangan dan pemilihan material, titik luluh (*Yield point*) lebih perlu diperhatikan, karena harus memastikan bahwa material yang dipilih harus dapat menahan kekuatan tanpa terjadi deformasi plastis/luluh. Tegangan luluh pada titik D adalah dua pertiga dari UTS dan disebut sebagai kekuatan luluh material.

Baja adalah suatu material yang pada dasarnya adalah besi, namun sudah mengalami pencampuran karbon dan bahan-bahan lainnya. Pencampuran karbon pada besi menambah kekuatan dari besi itu sendiri, namun mengurangi daktilitas dari besi tersebut. Besi sebagai material untuk berbagai keperluan sudah digunakan sejak zaman dahulu. Namun, pada saat itu penggunaannya terbatas pada besi secara utuh, dalam artian besi tersebut belum mengalami pencampuran seperti yang telah dijelaskan diawal. Biasanya, besi tersebut mengalami proses penempaan agar dapat dibentuk sesuai dengan peruntukannya. Seiring dengan berkembangnya teknologi, besi mengalami pencampuran dengan karbon dan material lainnya, dengan tujuan agar besi tersebut memenuhi syarat-syarat untuk keperluan penggunaannya sebagai komponen struktrul, alhasil muncullah material yang diberi nama baja.

Karakteristik baja yang paling menonjol adalah kuat tariknya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa terdapat perilaku khusus mengenai material baja itu sendiri. Dari hasil uji tarik material baja, terdapat hubungan yang cukup menarik antara parameter tegangan dan regangan yang terjadi pada baja tersebut. Kurva tegangan-regangan yang dihasilkan dari hasil uji tarik baja menunjukkan betapa baja adalah material yang memiliki sifat elastis pada kondisi

tertentu. Garis linear pada kurva tegangan-regangan menunjukkan selang elastis dari baja tersebut, hal tersebut sesuai dengan hukum Hooke. Namun, ada kondisi dimana ketika regangan terus terjadi tanpa adanya penambahan tegangan, kondisi tersebut menandakan baja sudah berada pada kondisi plastis. Hingga pada suatu masa dimana, butuh penambahan tegangan agar baja kembali meregang hingga akhirnya baja mengalami keruntuhan. Kondisi-kondisi tersebut dapat diamati pada kurva tegangan-regangan di bawah ini.

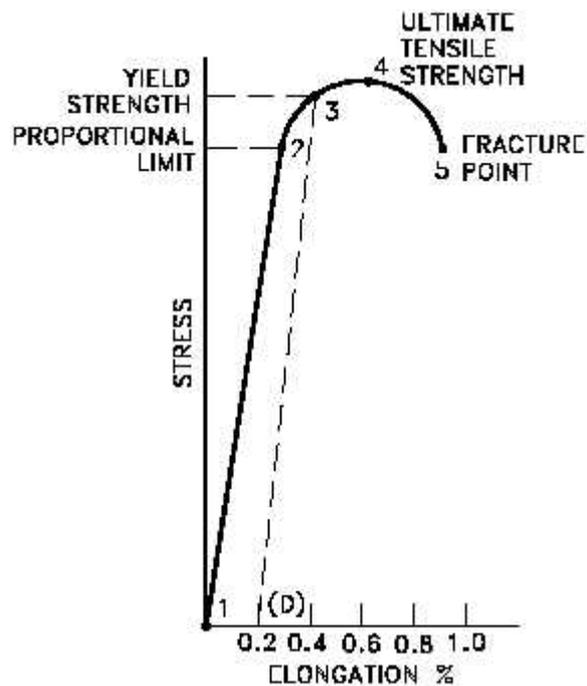


Kurva Tegangan-Regangan untuk Baja Mutu Sedang

Titik 2 menunjukkan batas proporsional (*proportional limit*) dan titik 3 menunjukkan batas leleh (*yield point*). Tidak ada batas pasti antara kedua titik tersebut, sehingga biasanya untuk penyederhanaan kedua titik tersebut dikondisikan pada satu titik saja dan diidentifikasi sebagai titik leleh saja. Kemiringan garis linear pada kurva tersebut, menunjukkan hasil yang mirip pada beberapa kategori mutu baja *mild*, yaitu pada kisaran 29000 ksi, nilai tersebut adalah *modulus of elasticity* atau *modulus young*, dengan notasi E. Titik 4 adalah titik puncak yang menunjukkan kuat tarik maksimum yang dapat dipikul oleh baja. Penambahan tegangan diatas nilai tegangan tarik maksimum akan mengakibatkan keruntuhan pada baja tersebut.

Pada kasus uji tarik baja dengan mutu tinggi, terdapat perbedaan dengan baja mutu sedang. Kurva tegangan-regangan yang dihasilkan menunjukkan bahwa nilai

kuat tarik maksimum lebih tinggi dari baja mutu sedang. Namun, karena tidak jelasnya batas-batas elastis dan plastis dari kurva tersebut menunjukkan bahwa baja mutu tinggi tidak lebih daktil dari baja mutu sedang.



Kurva Tegangan-Regangan untuk Baja Mutu Sedang

Telah dijelaskan diawal bahwa pada dasarnya baja adalah besi yang mengalami pencampuran dengan karbon dan zat lainnya. Sehingga karakteristik untuk setiap mutu baja tergantung dari komposisi zat yang dikandung oleh baja itu sendiri. Sebagai contoh, komposisi karbon pada baja berkontribusi pada kekuatan dari baja tersebut, namun mengurangi daktilitasnya. Selain karbon zat-zat yang dikombinasikan pada baja antara lain mangan, nikel, kromium, molybdenum, dan silikon. Berdasarkan komposisinya, baja dapat dibedakan sebagai berikut.

1. Plain carbon steels.

Komposisinya didominasi oleh besi dan karbon, dimana komposisi karbonnya kurang dari 1%.

2. Low-alloy steels.

Terdiri dari besi dan karbon, biasanya karbon memiliki komposisi kurangan dari 5%, dan zat lainnya. Penambahan zat selain karbon merupakan upaya untuk

meningkatkan kekuatan dari baja itu sendiri, namun memiliki konsekuensi yaitu berkurangnya daktilitas.

3. *High-alloy* atau *specialty steels*.

Kurang lebih mirip dengan *low-alloy steels*, namun zat-zat lainnya yang dicampurkan komposisinya lebih banyak. Kekuatannya lebih kuat dan memiliki kelebihan lain yaitu kuat terhadap karat.

Standarisasi mutu baja salah satunya dilakukan oleh induk organisasi standarisasi di Amerika Serikat, yaitu *American Society for Testing Materials* (ASTM). Standar pengujian yang dikembangkan didasarkan pada beberapa hal. Ada yang didasarkan pada komposisi, properti, dan performanya (ASTM, 2005a).

Tegangan atau stress Tegangan atau stress adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satu satuan luas penampang.

$$\text{tegangan} = \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \quad \text{atau} \quad \sigma = \frac{F}{A}$$

Regangan atau strain Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang batang dengan panjang mula-mula.

$$\text{regangan} = \frac{\text{pertambahan panjang}}{\text{panjang awal}} \quad \text{atau} \quad e = \frac{\Delta L}{L}$$

dengan

- e = regangan (tidak bersatuan).
- ΔL = pertambahan panjang (m), dan
- L = panjang mula-mula (m).

Modulus elastisitas Modulus elastisitas adalah besaran yang menggambarkan tingkat elastisitas bahan. Modulus elastisitas disebut juga modulus Young yang didefinisikan sebagai perbandingan tegangan (stress) dengan Regangan (strain).

$$E = \frac{\sigma}{e} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta L}{L}}$$

$$E = \frac{FL}{A\Delta L}$$

Menurut Hukum Hooke, gaya pemulih pada pegas yang berada di dalam batas elastisnya akan selalu memenuhi persamaan berikut.

$$F = -k\Delta L$$

dengan

F = gaya yang bekerja pada pegas (N),

k = tetapan pegas (N/m), dan

ΔL = pertambahan panjang pegas (m).

Modulus Elastisitas (Modulus Young)

Kekuatan bahan atau kekakuan bahan ditunjukkan oleh nilai Modulus Elastisitas bahan. Modulus elastisitas sering disebut sebagai Modulus Young yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi ke bentuk semula bila diberi beban

Tabel 3.1 Modulus elastisitas berbagai bahan

Zat	Modulus elastis E (N/m ²)
Besi	100×10^9
Baja	200×10^9
Tembaga	110×10^9
Perunggu	100×10^9
Aluminium	70×10^9
Beton	20×10^9
Batu bara	14×10^9
Marmer	50×10^9
Granit	45×10^9
Nilon	5×10^9
Karet	$0,5 \times 10^9$

Nama Mahasiswa : Agus Rudiyanto/ 192710046/ MTS4
 Mata Kuliah : **MEKANIKA TERAPAN (MTS271201)**
 Dosen : Dr. Firdaus, M.T.
 Tugas : EL. 03

Jelaskan cara mendapatkan grafik hubungan tegangan-regangan untuk pengujian :

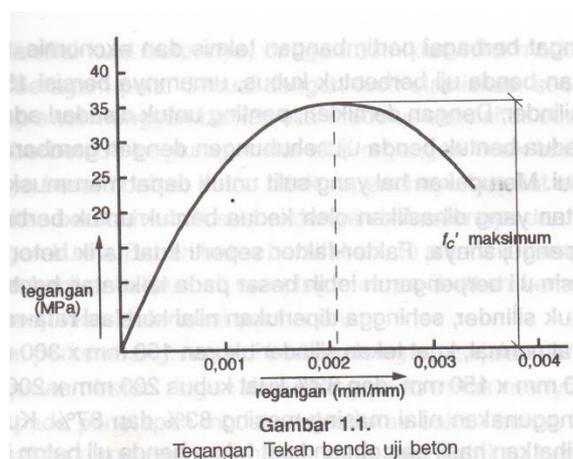
- a. Beton
- b. Baja

Jawaban boleh disertai dengan gambar Jawab :

Jawaban :

- a. Beton (Material Getas)

Benda uji dilakukan pengujian uji tarik dengan alat penguji UTM (*Universal Testing Machine*). Beban tarik diberikan secara bertahap dan meningkat sehingga diperoleh perpanjangan pada potongan benda uji.



Pada umumnya kurva tegangan-regangan beton mendekati linier mendekati setengah dari kuat tekan beton tetapi mendekati puncak dari kurva tegangan dan regangan adalah datar.

Kurva tegangan–regangan uji Tarik bahan beton tidak terjadi titik luluh dan specimen uji akan mengalami putus secara tiba-tiba tanpa ada perpanjangan atau ekstensi yang terjadi.

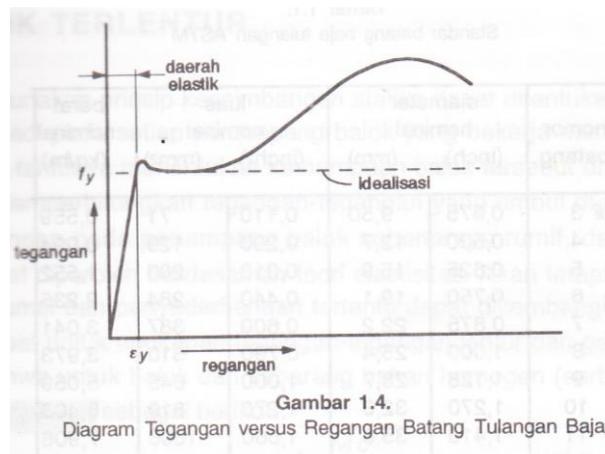
$$\text{Tegangan} \qquad f'c = \frac{F}{A}$$

$$\text{Regangan} \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L_0}$$

$$\text{Modulus Elastisitas} \qquad E = \frac{fc'}{\varepsilon}$$

b. Baja

Sebuah benda uji ditempatkan pada alat uji tegangan tarik. Peningkatan beban axial yang diberikan secara bertahap mengakibatkan perpanjangan total atas Panjang diukur pada setiap kenaikan beban dan dilanjutkan hingga terjadi tegangan maksimal pada benda uji. Setelah dilakukan pengujian dapat diketahui luas penampang asal dan Panjang specimen tegangan normal (f_y) dan regangan (\mathcal{E}) pun didapat :



NAMA : ANDI SUPRIYADI
NIM : 192710035
ANGKATAN : MTS-4

TUGAS 3 :

Jelaskan cara mendapatkan grafik hubungan tegangan-regangan untuk pengujian :

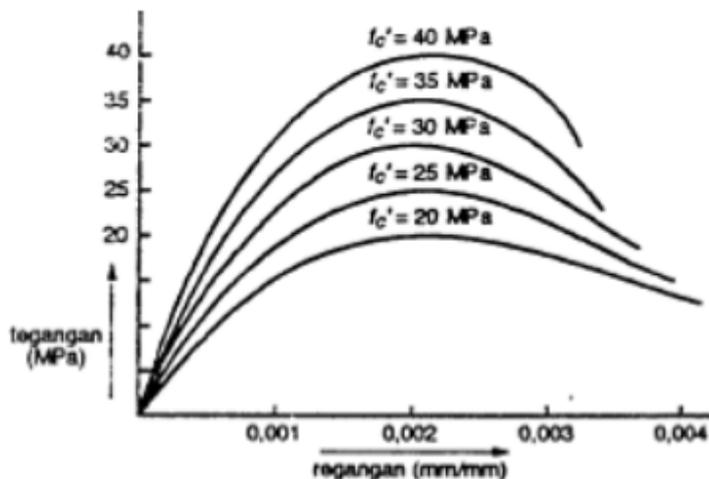
- Beton
- Baja

Jawab :

- Beton

Kurva/grafik hubungan tegangan-regangan pada pengujian beton dilakukan dengan uji Kekuatan tekan beton. Kekuatan tekan beton dilakukan menggunakan sampel silinder standar yang dirawat di bawah kondisi standar laboratorium pada kecepatan pembebanan tertentu, pada umur 28 hari.

Pada pengujian kuat tekan beton yang menggunakan mesin tekan, benda uji diletakkan secara sentris pada bidang lingkarnya. Kemudian dilakukan pembebanan secara bertahap dan kecepatan peningkatan beban tertentu, hingga benda uji beton mengalami kehancuran. Berikut kurva hubungan tegangan dan regangan pada beton.



Berdasarkan kurva tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai tegangan f_c' mencapai nilai maksimum saat regangan mencapai $\pm 0,002$ dan akan terus menurun sampai benda uji hancur pada nilai $0,003 - 0,005$, serta kemiringan awal kurva akan bervariasi bergantung pada nilai kuat betonnya.

b. Baja

Kurva/grafik hubungan tegangan-regangan pada pengujian baja dilakukan dengan uji Tarik. Uji Tarik dilakukan dengan menempatkan specimen baja dengan diberi beban aksial yang dilakukan secara bertahap. Berdasarkan kondisi panjang awal batang (L_0) dan luas area awal batang (A_0) yang diberikan beban (F). Maka tegangan (σ) adalah gaya per satuan luas area, sedangkan regangan (ϵ) adalah perubahan panjang (δ) dibagi dengan panjang awal batang (L_0). Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut

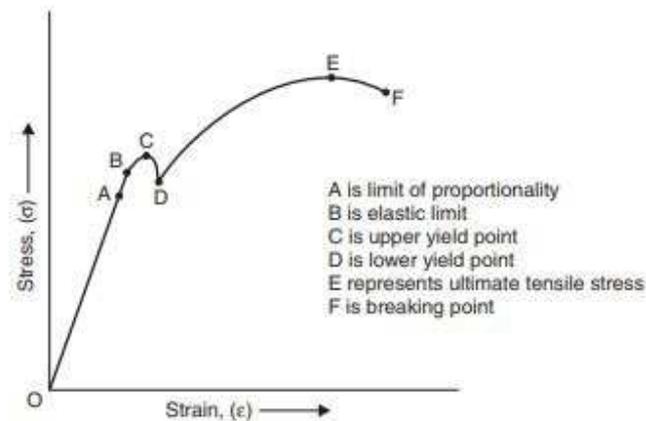
Tegangan

$$\sigma = F / A_0$$

Regangan

$$\epsilon = \delta / L_0$$

Bentuk Kurva tegangan-regangan dapat berbeda-beda tergantung pada jenis spesimen atau bahan. Berikut ini merupakan kurva tegangan regangan pada jenis spesimen baja.



Konstanta proporsionalitas tersebut dikenal sebagai Modulus Elastisitas (E) atau Modulus Young dan dengan kemiringan yang sama pada diagram tegangan-regangan dari O ke A.

Pada titik A hingga ke titik B, bahan masih pada kondisi elastis yaitu, bahan dapat kembali ke bentuk asalnya ketika gaya yang bekerja padanya dihilangkan.

Jika spesimen diberikan gaya hingga melebihi titik B, maka akan terjadi perubahan bentuk secara permanen terjadi atau pada kondisi tersebut, spesimen memasuki daerah deformasi plastis. Pada daerah deformasi plastis, regangan tidak dapat sepenuhnya hilang meskipun dengan menghilangkan gaya yang bekerja. Jika gaya yang diberikan meningkat lebih jauh hingga mencapai titik C dimana pada kondisi tersebut regangan terjadi meskipun tegangan tidak meningkat. Titik ini disebut dengan (Yield

point). Pada kenyataannya, terdapat dua titik yield point yaitu titik C dan D yang masing-masing disebut sebagai Upper dan Lower yield point.

Dengan regangan yang lebih lanjut, efek dari fenomena tersebut dikenal dengan strain hardening (Pengerasan regangan) atau Work hardening (pengerasan kerja). Spesimen uji pada kondisi tersebut mampu menerima lebih banyak tegangan. Jika gaya yang diberikan pada spesimen semakin meningkat maka akan mencapai titik E. Dimana titik E ini adalah titik tertinggi dalam kurva tegangan-regangan dan mewakili nilai tegangan maksimum yang diterima oleh spesimen atau dikenal dengan Ultimate Tensile Strength (UTS). Nilai dari Ultimate Tensile Strength (UTS) ini sama dengan gaya maksimum yang diberikan dibagi dengan luas penampang awal (A_0) dari spesimen uji.

Di sini, efek peningkatan beban pada area penampang spesimen harus mempertimbangkan. Dengan meningkatnya deformasi plastis, luas penampang spesimen akan berkurang. Namun untuk perhitungan tegangan dalam grafik tegangan-regangan, luas penampang awal perlu dipertimbangkan. Berdasarkan pengaruh luas penampang tersebut, akan terjadi kerusakan spesimen yang berpengaruh terhadap luasan penampang yang terjadi pada titik F dengan tingkat tegangan yang lebih rendah daripada titik E. Setelah titik E Ultimate Tensile Strength (UTS), terjadi pengurangan signifikan pada luas penampang spesimen uji dan akan terbentuk "Neck" di tengah spesimen. Tegangan putus sebenarnya jauh lebih tinggi daripada UTS, jika berkurangnya luas penampang spesimen uji diperhitungkan.

Ukuran kekuatan suatu material adalah Ultimate Tensile Strength (UTS) atau tegangan yang terjadi pada titik E. Namun, pada perancangan dan pemilihan material, titik luluh (Yield point) lebih perlu diperhatikan, karena harus memastikan bahwa material yang dipilih harus dapat menahan kekuatan tanpa terjadi deformasi plastis/luluh. Tegangan luluh pada titik D adalah dua pertiga dari UTS dan disebut sebagai kekuatan luluh material.