

BAB 1. PENGUJIAN MEKANIS

1.1. PENDAHULUAN

Tujuan Pengujian Mekanis

- Untuk mengevaluasi sifat mekanis dasar untuk dipakai dalam disain
- Untuk memprediksi kerja material dibawah kondisi pembebanan
- Untuk memperoleh data sifat mekanis dari material seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), elastisitas (*elasticity*), plastisitas (*plasticity*) & ketangguhan (*toughness & resilience*)

Sifat Mekanik

Sifat mekanik berhubungan dengan sifat elastis, plastis, Kekuatan dan Kekakuan, suatu material terhadap pembebanan yang diberikan. Dimana Elastisitas adalah kemampuan suatu material untuk berdeformasi tanpa terjadinya perubahan (deformasi) yang permanen setelah tegangan dilepaskan. Energi yang diserap material dalam daerah elastis disebut dengan *resilience*. Sedangkan Plastisitas adalah kemampuan material untuk berdeformasi permanen tanpa terjadi perpatahan. Ukuran plastisitas biasanya ditunjukkan dengan besarnya keuletan (*ductility*). Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan material disebut

juga dengan ketangguhan (toughness). Kekuatan adalah kemampuan dari struktur atau mesin untuk tahan terhadap pembebanan tanpa kerusakan (failure) yang disebabkan oleh tegangan atau deformasi berlebihan yang diukur melalui tegangan yang terjadi pada material dalam kondisi tertentu. Kekakuan adalah besarnya deformasi elastis yang terjadi dibawah pembebanan dan diukur melalui modulus elastis.

1.2. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

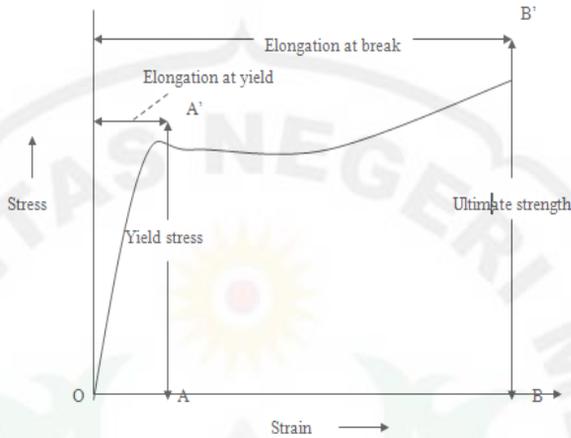
Kekuatan Tarik adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa terjadi kerusakan rusak. Kekuatan Tarik suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula-mula sebelum terdeformasi

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (1.1)$$

Keterangan :

- σ = Kekuatan tarik bahan (kgf/mm²)
- F_{maks} = Tegangan maksimum (kgf)
- A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²)

Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (stress) terhadap regangan (strain). Bentuk umum kurva tegangan-regangan ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1.1. Bentuk umum kurva tegangan-regangan bahan polimer

Dari pengujian kekuatan tarik maka didapatkan Modulus elastisitas, Elongation at Break. Modulus elastisitas adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik. Makin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan. Sifat mekanik bahan juga diamati dari sifat kemulurannya atau regangan (ϵ) yang didefinisikan sebagai pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran panjang spesimen akibat gaya yang diberikan.

$$\epsilon = \frac{I_f - I_0}{I_0} \times 100\% \quad (1.2)$$

Keterangan :

ϵ = Kemuluran atau regangan (%)

I_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)

I_f = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

Besaran regangan berguna untuk mengamati sifat plastis dari bahan polimer.

Elongation at Break merupakan pertambahan panjang dari spesimen uji oleh karena beban penarikan sampai sesaat sebelum spesimen uji tersebut mengalami perpatahan.

Pengujian tarik (tensile test) adalah pengujian mekanik secara statis dengan cara sampel ditarik dengan pembebanan pada kedua ujungnya dimana gaya tarik yang diberikan sebesar P (Newton). Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat mekanik tarik (kekuatan tarik) dari komposit yang diuji. Pertambahan panjangnya (Δl) yang terjadi akibat gaya tarikan yang diberikan pada sampel uji disebut deformasi. Dan regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang mula-mula yang dinyatakan dalam persamaan (2.1). Regangan merupakan ukuran untuk kekenyalan suatu bahan yang harganya biasanya dinyatakan dalam persen .

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\%$$

dengan:

ε = regangan (%)

Δl = pertambahan panjang (m)

l_0 = panjang mula-mula (m)

l = panjang akhir (m)

Perbandingan gaya pada sampel terhadap luas penampang lintang pada saat pemberian gaya

disebut tegangan (stress). Tegangan tarik maksimum adalah suatu kekuatan tarik (tensile strength) suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya tarik maksimum dengan luas penampang mula-mula, dengan persamaan sebagai berikut (Roger Brown, 2002) :

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_0} \quad (1.3)$$

dengan:

σ_m = Tegangan tarik maksimum (Nm^{-2})

P_m = Gaya tarik maksimum (N)

A_0 = Luas penampang awal (m^2)

Gaya maksimum adalah besarnya gaya yang masih dapat ditahan oleh sampel sebelum putus. Tegangan perputahan adalah perbandingan gaya perputahan mula-mula. Gaya perputahan adalah besarnya gaya saat sampel putus. Persamaan dapat dituliskan sebagai berikut :

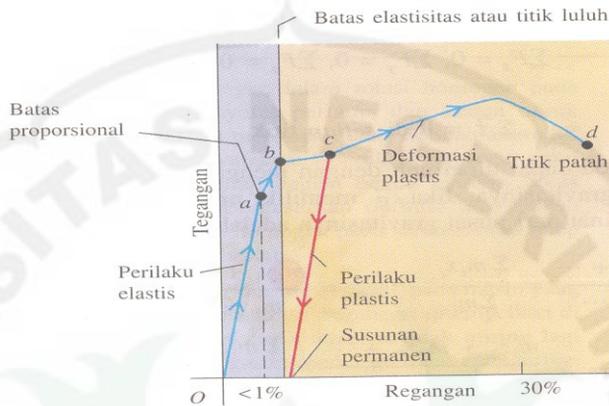
$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_0} \quad (1.4)$$

dengan:

σ_u = tegangan perputahan (Nm^{-2})

P_u = gaya perputahan (N)

A_0 = luas penampang awal (m^2)



Gambar. 1.2. Kurva Tegangan-Regangan Bahan Kenyal .

Grafik ini menunjukkan bahwa dari bagian awal kurva tegangan-regangan mulai dari titik o sampai a merupakan daerah elastis, dimana daerah ini berlaku hukum Hooke. Titik a merupakan batas plastis yang didefenisikan sebagai tegangan terbesar yang dapat ditahan oleh suatu bahan tanpa mengalami regangan permanen apabila beban ditiadakan. Dengan demikian, apabila beban ditiadakan di sebarang titik o dan a, kurva akan menelusuri jejaknya kembali dan bahan yang bersangkutan akan kembali ke panjang awalnya. Titik b merupakan tegangan tarik maksimum yang masih bisa ditahan oleh bahan. Titik c merupakan titik putus/patah. Penambahan beban sehingga melampaui titik a akan sangat menambah regangan sampai tercapai titik c dimana bahan menjadi putus. Dari titik a sampai c dikatakan bahan

mengalami deformasi plastis. Jika jarak titik o dan a besar, maka bahan itu dikatakan kenyal (ductile). Jika pemutusan terjadi segera setelah melewati batas elastis maka bahan itu dikatakan rapuh.

Pada daerah antara titik o dan a berlaku hukum Hooke dan besarnya modulus elastisitas pada daerah ini dapat ditulis dengan persamaan :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \times 100\% \quad (1.5)$$

dengan:

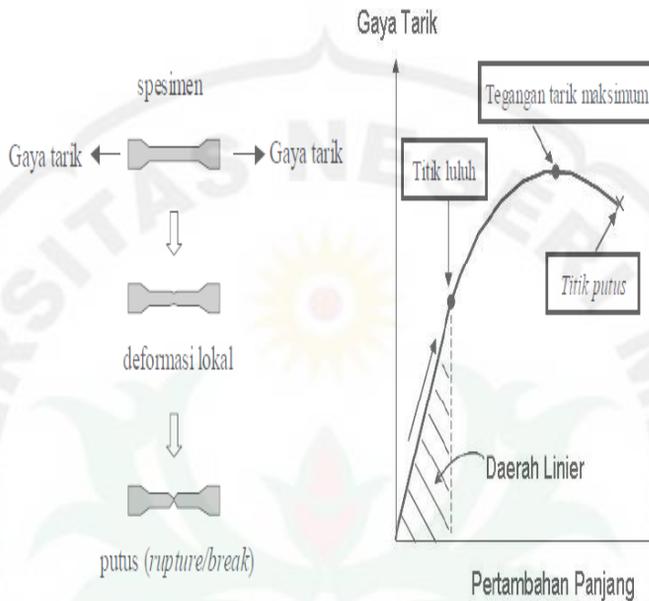
E = modulus elastisitas atau modulus Young (Nm⁻²)

σ = tegangan (Nm⁻²)

ε = regangan (%)

Modulus Young adalah ukuran suatu bahan yang diartikan ketahanan material tersebut terhadap deformasi elastik. Makin besar modulusnya maka semakin kecil regangan elastik yang dihasilkan akibat pemberian tegangan .

THE
Character Building
UNIVERSITY



Gambar 1.3. Uji tarik dan datanya

Jenis-Jenis Uji Mekanis (ditinjau dari karakter mesin)

Metoda Pembebanan:

- ➔ Jenis beban yang diberikan.
- ➔ kecepatan dimana beban diberikan

jumlah beban yang diberikan

Kondisi Pengujian - $F(t, T)$:

- ➔ Normal atmosfer atau temperatur ruang.
- ➔ Temperatur rendah (cryogenic test).
- ➔ Temperature tinggi (elevated temperature) - development of rocket, jet engine, gas turbines. (Creep Material)

Metoda Pembebanan

KONDISI PEMBEBANAN

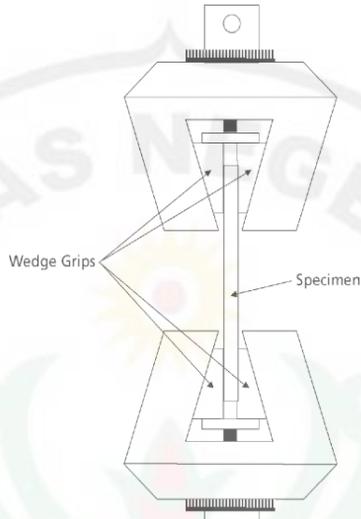
Kondisi khusus

1. Atmosfir uap (*moisture*).
2. Atmosfir korosif (*salt spray*)

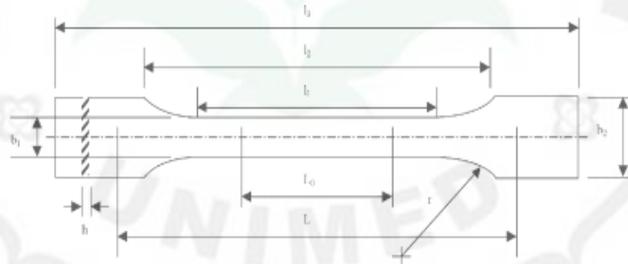
Dalam pengujian semua kondisi yang mempengaruhi pengujian harus tercatat dalam prosedur pengujian (*Testing Procedure*) dan juga kondisi tersebut harus terkontrol dan tetap (*Constant*).



Gambar 1.4. Mesin Uji Tarik dan Tekan



Gambar 1.5. skema pengujian tarik



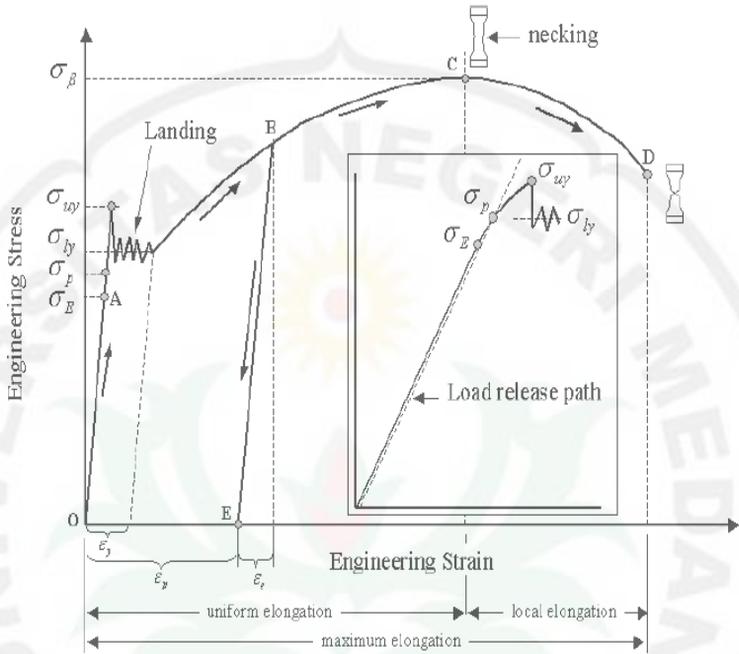
	Type 1A (mm)	Type 1B (mm)
l_3	≥ 150	≥ 150
l_2	104 to 113	106 to 120
l_1	80 ± 2	60 ± 0.5
b_2	20 ± 0.2	20 ± 0.2
b_1	10 ± 0.2	10 ± 0.2
h	4.0 ± 0.2	4.0 ± 0.2
L_g	50.0 ± 0.5	50.0 ± 0.5
L	115.0 ± 1	$l_2 + 5$
r	20 to 25	≥ 60

Gambar 1. 6. Ukuran Sampel Pengujian Tarik

Cara kerja mesin uji tarik:

- Benda uji tarik standar ditempatkan pada alat pencekam di kedua ujungnya
 - pembebanan tarik dilakukan searah sumbu benda uji tarik
 - laju pembebanan diatur melalui panel kontrol hidrolik
 - pembebanan dilakukan sampai benda uji putus
 - Data hasil pengujian akan terekam pada grafik hasil uji tarik, berupa besar pembebanan, pertambahan panjang (*elongation*), pengecilan penampang (*Reduction of area*) dan elastisitas bahan.
- Untuk keperluan kebanyakan analisa teknik, data yang didapatkan dari uji tarik dapat digeneralisasi seperti pada Gambar dibawah ini.

THE
Character Building
UNIVERSITY



Gambar 1.7. Pola Grafik yang dihasilkan Dari Mesin Uji Tarik .

Keterangan Sifat Mekanik dari Uji Tarik dari Gambar 1.7 .

■ Batas elastis σ_E (elastic limit)

Dalam Gambar 1.7 dinyatakan dengan titik A titik elastis. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan "nol" pada titik O .Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum Hooke tidak lagi berlaku dan terdapat perubahan permanen dari bahan. Terdapat konvensi batas regangan permamen (permanent strain) sehingga

masih disebut perubahan elastis yaitu kurang dari 0.03%, tetapi sebagian referensi menyebutkan 0.005% . Tidak ada standarisasi yang universal mengenai nilai ini.

- Batas proporsional σ_p (*proportional limit*)

Titik sampai di mana penerapan hukum Hook masih bisa ditolerir. Tidak ada

standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.

- Deformasi plastis (*plastic deformation*)

Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada

Gambar yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.

- Tegangan luluh atas σ_{uy} (*upper yield stress*)

Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing

peralihan deformasi elastis ke plastis.

- Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*lower yield stress*)

Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.

- Regangan luluh ϵ_y (*yield strain*)

Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

- Regangan elastis ϵ_e (*elastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.

- Regangan plastis ϵ_p (*plastic strain*)

Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.

- Regangan total (*total strain*)

Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\epsilon_T = \epsilon_e + \epsilon_p$.

Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada

adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

- Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*)

Pada Gambar ditunjukkan dengan titik C (σ_b), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

- Kekuatan patah (*breaking strength*)

Pada Gambar ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan

panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau linear zone. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut:

rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. Stress adalah beban dibagi luas penampang bahan dan strain adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

Hubungan antara stress dan strain dirumuskan:

$$E = \sigma / \varepsilon$$

- Tegangan s dinamakan batas rentang atau batas leleh.
- Kekuatan tarik maksimum (*ultimite tensile strength*) adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang benda uji.

Modulus elastisitas

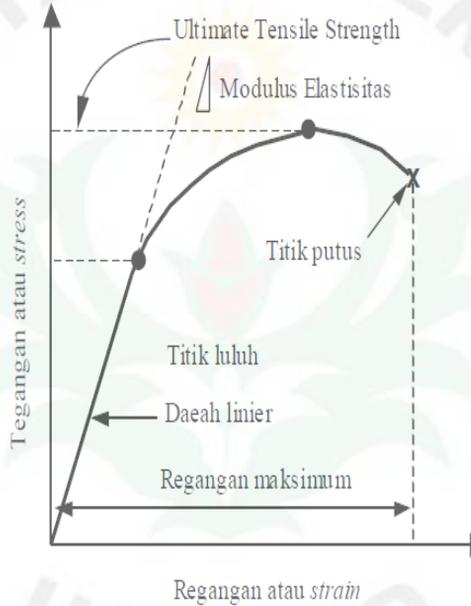
Elastisitas adalah Kemampuan bahan melawan perubahan bentuk/deformasi permanen akibat pembebanan.. Bila batas elastis ini dilewati maka bahan akan mengalami perubahan/deformasi permanen, walaupun beban dihilangkan, biasa disebut plastis.

Batas elastisitas adalah batas dimana batas tegangan, bahan tidak kembali lagi ke bentuk semula setelah tegangan dihilangkan, akan tetapi benda akan mengalami deformasi tetap yang disebut permanent.

Elastisitas : Tegangan Tarik dibagi Regangan

$$E = \sigma / \epsilon$$

E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) selalu tetap. E diberi nama "Modulus Elastisitas" atau "Young Modulus".



Gambar 1. 8. Hubungan Tegangan dan Regangan dari hasil uji tarik

THE
Character Building
UNIVERSITY