

# ANALISIS MEKANIS

*by* Badaruddin Anwar

---

**Submission date:** 15-Apr-2023 03:30PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2065170363

**File name:** BAB\_6.\_ANALISIS\_MEKANIK.docx (721.16K)

**Word count:** 3391

**Character count:** 20790

# **BAB 6**

## **ANALISIS MEKANIS**

*Oleh Badaruddin Anwar*

### **6.1. PENDAHULUAN**

Suatu bahan dalam penggunaannya sehari-hari, sangatlah sulit menghindari adanya beban yang diterima oleh bahan tersebut, baik beban statis maupun beban dinamis. Dalam pokok bahasan ini tentu sehubungan dengan beban dinamis yang terjadi atau diterima oleh suatu bahan, adalah beban mekanik.

Bahan yang menerima suatu beban mekanik maka lama kelamaan akan terjadi deformasi pada bahan tersebut akibat dari beban mekanik, untuk mengetahui kekuatan mekanik pada bahan yang menerima beban mekanik, maka perlu menganalisis kekuatan mekanik bahan dengan cara melakukan Pengujian mekanik untuk memperoleh data sifat mekanik dari bahan seperti kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), elastisitas (*elasticity*), plastisitas (*plasticity*) & ketangguhan (*toughness & resilience*)

### **6.2. 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 (*taughness*).

Kekuatan adalah kemampuan dari struktur atau mesin untuk mampu menahan terhadap pembebanan tanpa terjadi 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.

## **6.2. Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)**

Kekuatan Tarik adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tanpa terjadi kerusakan. Kekuatan Tarik suatu bahan ditentukan dengan besarnya gaya maksimum dibagi dengan luas penampang mula-mula sebelum terdeformasi terjadi.

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A_0} \quad (6.1)$$

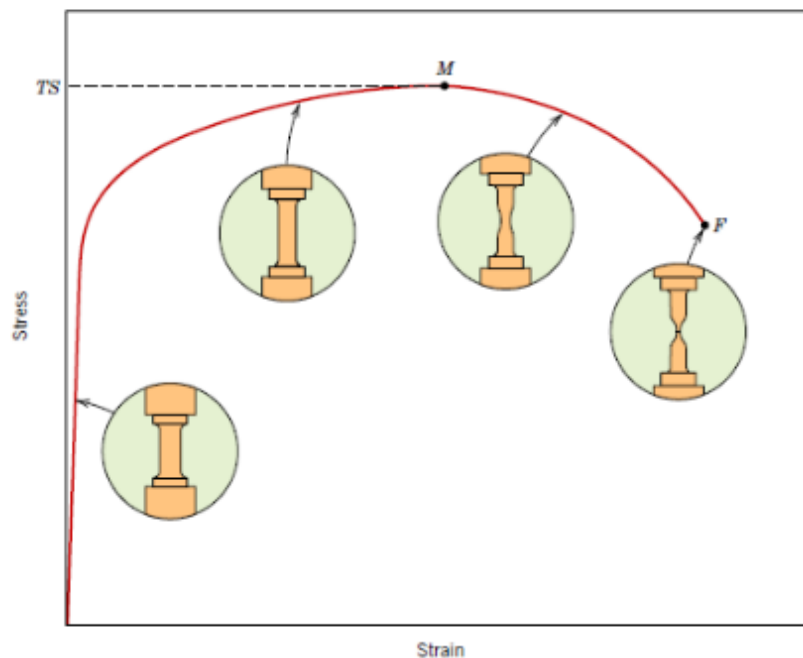
Keterangan :

$\sigma$  = Kekuatan tarik bahan (kgf/mm<sup>2</sup>)

$F_{max}$  = Tegangan maksimum (kgf)

$A_0$  = Luas penampang mula-mula (mm<sup>2</sup>)

Melalui pengujian kekuatan tarik diperoleh kurva tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*). Bentuk umum kurva tegangan-regangan ditunjukkan Gambar 1.1



Gambar 6.1. Bentuk umum kurva tegangan tarik-regangan tarik bahan (Callister, 2013)

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 yang didefinisikan sebagai pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran panjang spesimen akibat gaya yang diberikan.

$$\varepsilon = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (6.2)$$

Keterangan :

$\varepsilon$  = Kemuluran atau regangan (%)

$l_0$  = Panjang spesimen mula-mula (mm)

$l_f$  = Panjang spesimen setelah diberi beban (mm)

5

*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 bahan yang diuji. Pertambahan panjangnya ( $\Delta l$ ) 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.

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} \times 100\% = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (6.3)$$

dengan:

- $\varepsilon$  = regangan (%)
- $\Delta l$  = 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) :

$$\sigma_m = \frac{P_m}{A_0} \quad (6.4)$$

$\sigma_m$  = Tegangan tarik maksimum (N/m<sup>2</sup>)

$P_m$  = Gaya tarik maksimum (N)

$A_o$  = Luas penampang awal (m<sup>2</sup>)

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

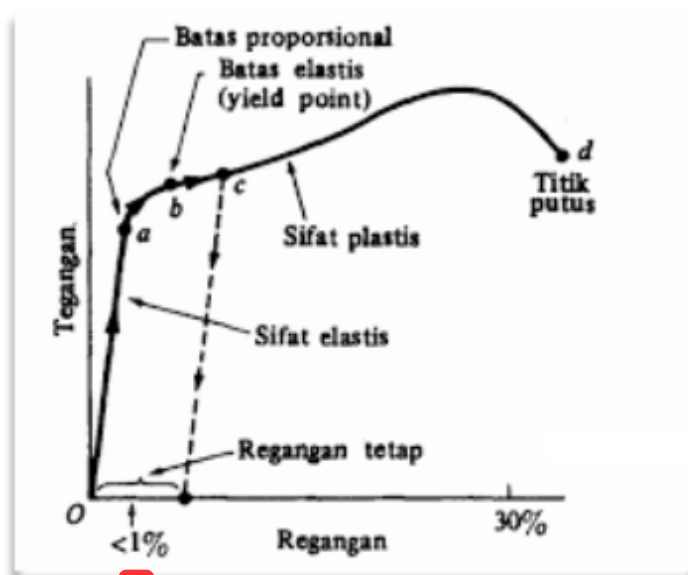
$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o} \quad (6.5)$$

Keterangan:

$\sigma_u$  = Tegangan perpatahan (N/m<sup>2</sup>)

$P_u$  = Gaya Perpatahan (N)

$A_o$  = Luas penampang awal (m<sup>2</sup>)



Gambar. 6.2. Kurva Tegangan-Regangan Bahan Elastis.

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 didefinisikan 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:



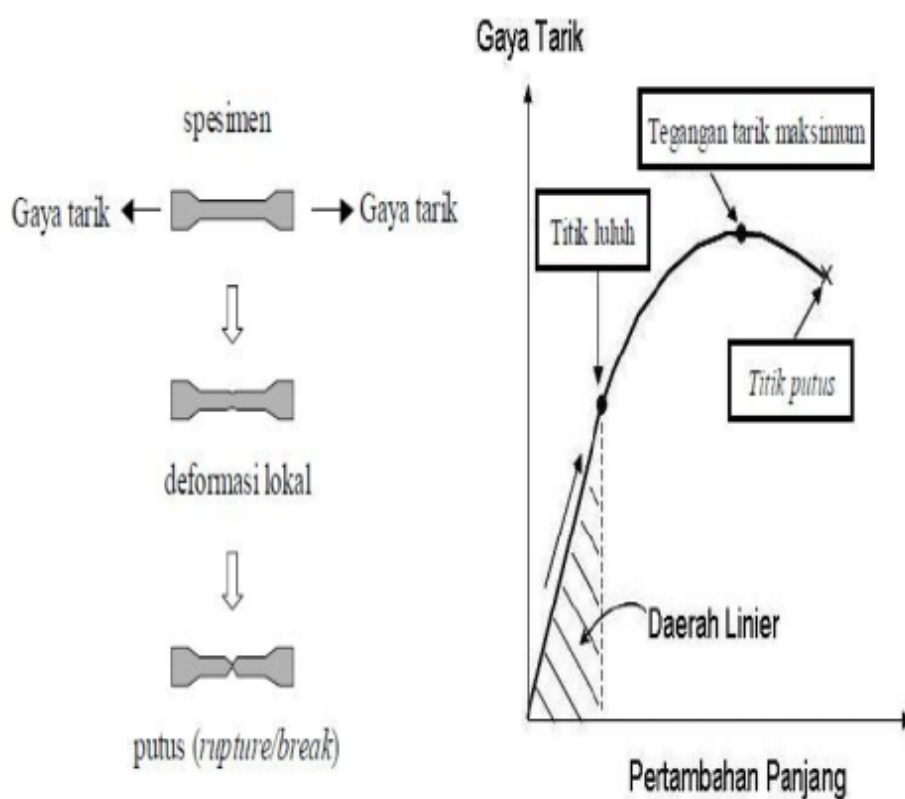
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (6.6)$$

$E$  = Modulus Elastisitas (Young) ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$\sigma$  = Tegangan ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$\epsilon$  = 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.



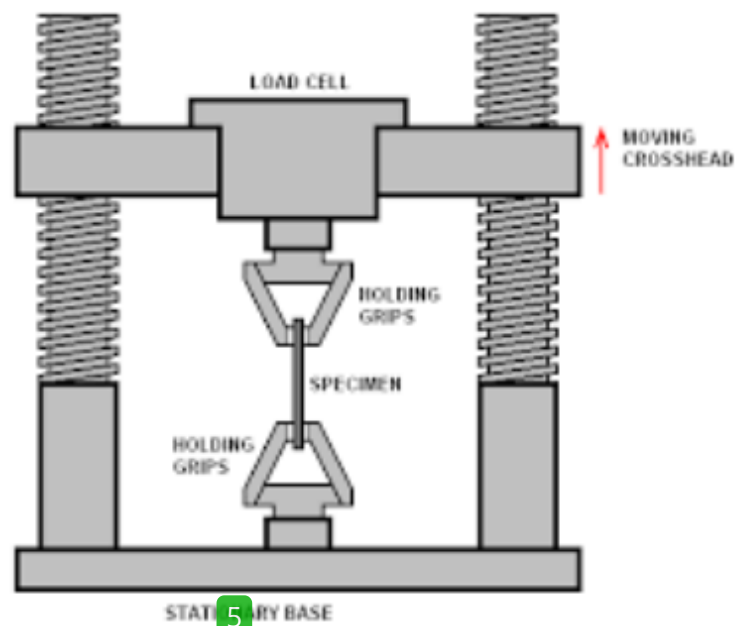
Gambar 6.3. Uji tarik dan datanya

5

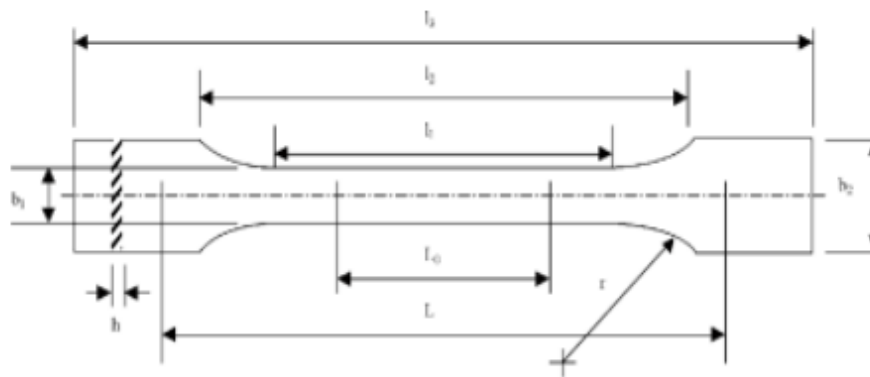
Dalam pengujian, semua kondisi yang mempengaruhi pengujian harus tercatat dalam prosedur pengujian (*Testing Procedure*) dan juga kondisi tersebut harus terkontrol dan tetap konstan.



Gambar 6.4. (Universal Testing Machine)



Gambar 6.5. skema pengujian tarik



	Type 1A (mm)	Type 1B (mm)
$l_3$	$\geq 150$	$\geq 150$
$l_2$	104 to 113	106 to 120
$l_1$	$80 \pm 2$	$60 \pm 0.5$
$b_2$	$20 \pm 0.2$	$20 \pm 0.2$
$b_1$	$10 \pm 0.2$	$10 \pm 0.2$
$h$	$4.0 \pm 0.2$	$4.0 \pm 0.2$
$L_0$	$50.0 \pm 0.5$	$50.0 \pm 0.5$
$L$	$115.0 \pm 1$	$l_2 + 5$
$r$	20 to 25	$\geq 60$

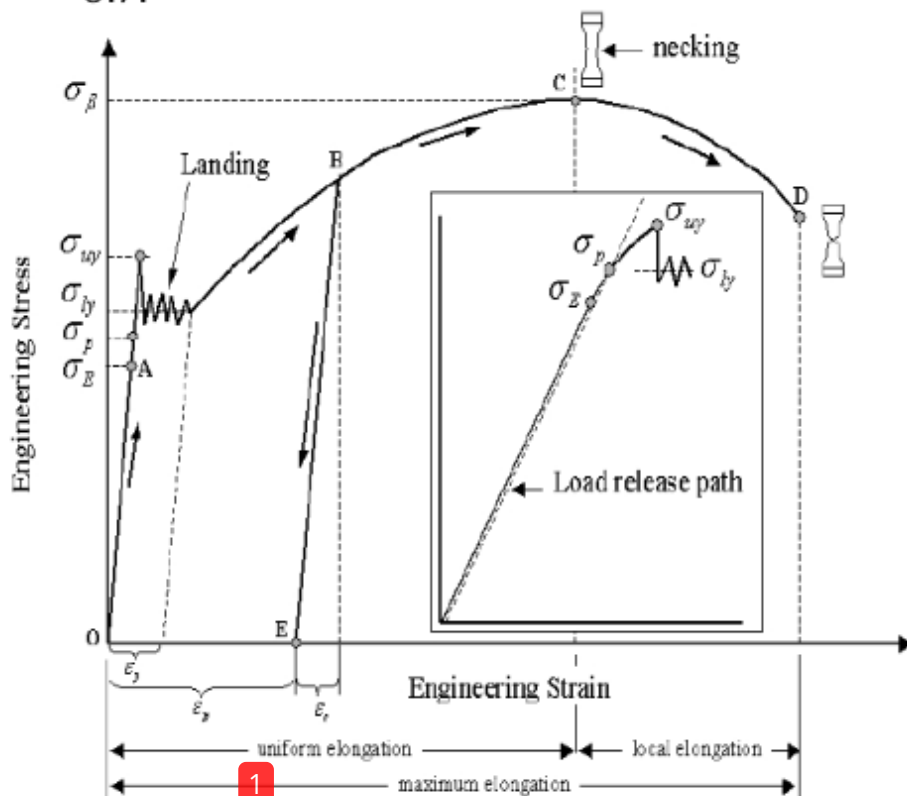
Gambar 6. 6. Ukuran Sampel Pengujian Tarik

#### Cara kerja mesin uji tarik:

- Benda uji tarik standar ditempatkan pada alat pengecam di kedua ujungnya
- pembebanan tarik dilakukan searah sumbu benda uji tarik
- laju pembenanan diatur melalui panel kontrol hidrolik
- penarikan dilakukan sampai benda uji putus
- Data hasil pengujian akan terekam pada grafik hasil uji tarik, berupa besar pembebanan, penambahan 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 6.7.



Gambar 6.7. Pola Grafik yang dihasilkan Dari Mesin Uji Tarik

Keterangan Sifat Mekanik dari Uji Tarik dari Gambar 6.7 .

- 2
- Batas elastis  $\sigma_E$  ( elastic limit)  
Dalam Gambar 1.7 dinyatakan dengan titik A titik elastitas. 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 permanen (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  $\sigma_p$  (*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 kembali ke keadaan semula. Pada Gambar yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.
- Tegangan luluh atas  $\sigma_{uy}$  (*upper yield stress*) Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah  $\sigma_{ly}$  (*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  $\epsilon_y$  (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- Regangan elastis  $\epsilon_e$  (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- Regangan plastis  $\epsilon_p$  (*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 ( $\sigma_\beta$ ), 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.

1

Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awaldari 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**

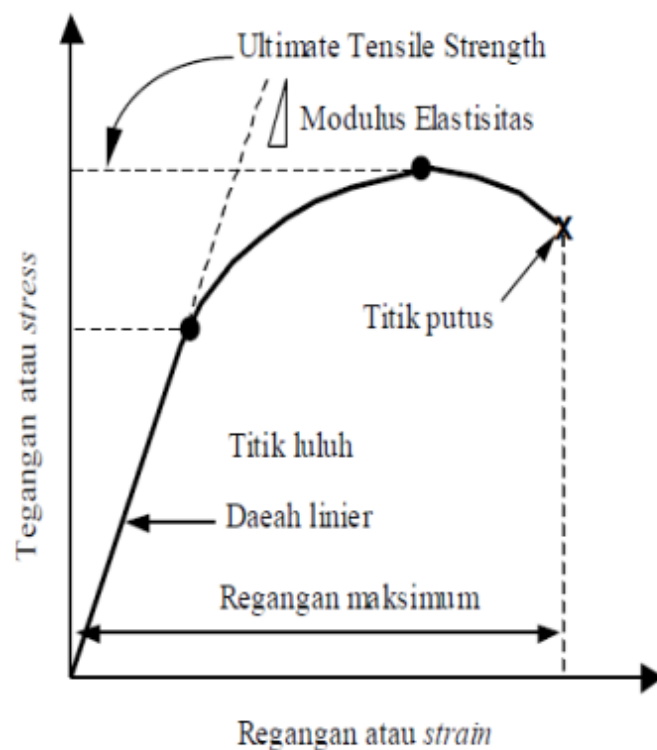
Modulus Elastisitas adalah Kemampuan bahan melawan perubahan bentuk/deformasi permanen akibat pembebanan. Bila batas elastis ini dilewati maka bahan akan mengalami perubahan/deformasi permanen, walaupun

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.

5 Elastisitas : Tegangan Tarik dibagi Regangan

$$E = \sigma / \epsilon$$

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



Gambar 6. 8. Hubungan Tegangan dan Regangan dari hasil



### 6.3. Kekuatan Tekan (*Compressive strength*)

Pengujian tekan merupakan pengujian yang digunakan untuk menguji material dengan memberikan beban tekan secara kontinu dan perlahan sampai bahan tersebut terjadi perubahan panjang menjadi pendek (deformasi) hingga material rusak. Uji tekan merupakan kebalikan arah dari pada pengujian tarik dan digunakan untuk mendapatkan beberapa sifat mekanis bahan yang penting dalam desain antara lain kekuatan tekan  $\sigma_c$  (*compressive strength*), kekuatan luluh  $\sigma_y$  (*yield strength*), ketangguhan (*toughness*) dan keuletan (*Ductility*).

Tegangan teknik  $\sigma_c$  didefinisikan melalui hubungan :

$$\sigma_c = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

$F$  adalah beban yang bekerja tegak lurus pada penampang spesimen, dalam satuan newton (N) atau pound gaya (lbf), dan  $A_0$  adalah luas penampang awal sebelum beban diberikan ( $m^2$  atau  $in.^2$ ). Satuan tegangan teknik (biasa hanya disebut tegangan) adalah megapascal, MPa (SI) ( $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ N/m}^2$ ), dan pound per inci kuadrat, psi ( $1 \text{ MPa} = 145 \text{ psi}$ ).

Regangan teknik atau biasa hanya disebut regangan didefinisikan melalui hubungan :

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (2)$$

$l_0$  adalah panjang awal sebelum beban

diberikan, dan  $l_i$  adalah perpanjangan seketika saat beban tekan diberikan.

**Ductility (Keuletan)** diukur dengan melihat besarnya deformasi plastis yang terjadi sampai spesimen uji rusak akibat tekan. Keuletan dapat digambarkan dalam bentuk persentase perpanjangan ( $\% EL$ ) maupun persentase reduksi penampang ( $\% AR$ ) yakni :

$$\%EL = \left( \frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100\% \quad (3)$$

$l_f$  adalah panjang spesimen saat terjadi tekan dan  $l_0$  adalah panjang spesimen awal.

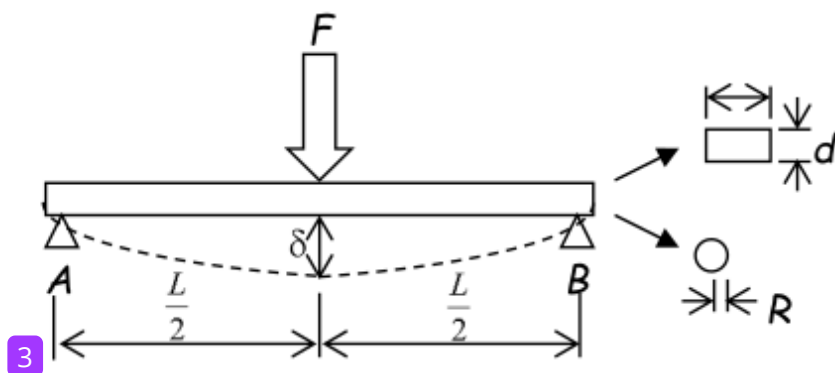
$$\%AR = \left( \frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100\% \quad (4)$$

$A_0$  adalah luas penampang spesimen awal dan  $A_f$  adalah luas penampang spesimen saat terjadi tekan.

#### 6.4. Kekuatan Lengkung (*Bending strength*)

3 Pada pengujian ini bahan uji bisa berbentuk batang persegi empat pejal maupun batang bulat pejal yang diberikan beban penekan tepat pada pertengahan batang dan pada kedua ujungnya diberi tumpuan, pengujian ini dikenal dengan istilah teknik pembebanan tiga titik (*three-point loading technique*), dan ada pula (*four point loading technique*). Pada titik pembebanan di tengah batang, permukaan luar spesimen bagian atas akan mengalami tegangan

tekan (ada perpendekan dimensi), sementara pada permukaan luar spesimen bagian bawah akan mengalami tegangan tarik (ada perpanjangan dimensi) dan pada pertengahan spesimen (bagian sumbu spesimen) tetap normal. Besarnya tegangan dihitung



berdasarkan ketebalan spesimen, momen lentur, dan momen inersia penampang bahan uji; parameter-parameter ini diperlihatkan pada Gambar 4.9 baik untuk penampang bahan persegi empat maupun penampang bulat. Tegangan tarik maksimum terjadi pada permukaan terluar spesimen bagian bawah sejajar dengan sumbu beban penekan.

### 3 Gambar 6.9 skema uji kekakuan

Besarnya tegangan lentur yang terjadi pada spesimen secara umum dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \frac{M c}{I} \quad (1)$$

Keterangan :  $M$  = momen lentur maksimum  
 $c$  = jarak ke sumbu spesimen  
 $I$  = momen inersia

penampang

- $\sigma$  = Tegangan lentur
- $b$  = lebar spesimen uji
- $d$  = tebal spesimen uji
- $R$  = jari-jari spesimen

Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk kedua jenis bentuk penampang dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 6. 1 Harga momen lentur, pusat sumbu, momen inersia dan tegangan lentur untuk penampang bulat dan persegi empat.

Penampang	$M$	$c$	$I$	$\sigma$
Persegi empat	$\frac{F.L}{4}$	$\frac{d}{2}$	$\frac{bd^3}{12}$	$\frac{3F.L}{2b.d^2}$
Bulat	$\frac{F.L}{4}$	R	$\frac{\pi R^4}{4}$	$\frac{F.L}{\pi R^3}$

Sumber : Callister, 1997

### 6.5. Kekuatan Impak (*Impact strength*)

Pengujian impak benda uji yang diberi takikan (*notch*). Besaran yang diukur dalam pengujian ini adalah harga impak (kerja persatuan luas). Pada umumnya bahan menunjukkan sifat getas pada temperatur rendah (9 nisalnya: cryogenic temperature range). Dengan pengujian impak dapat ditentukan temperatur transisi dari sifat ulet ke sifat getas. Besarnya energi impak dihitung

dengan mengukur selisih tinggi ayun bandul sebelum dan sesudah terjadi impact.

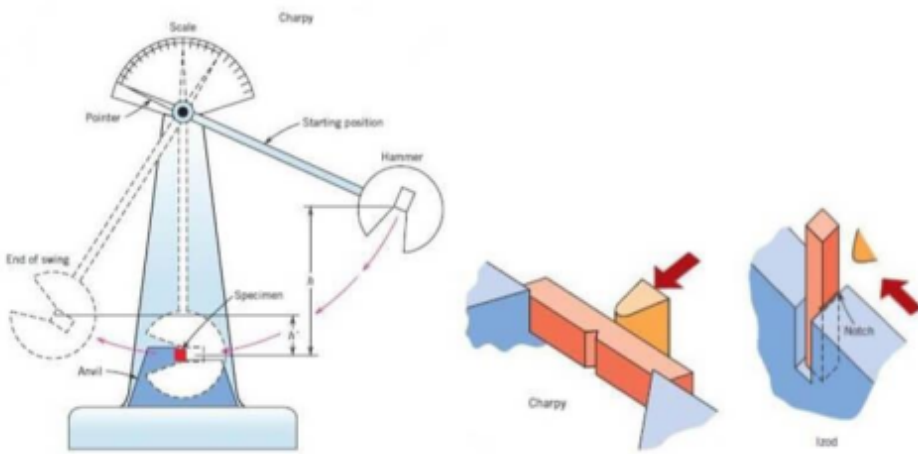
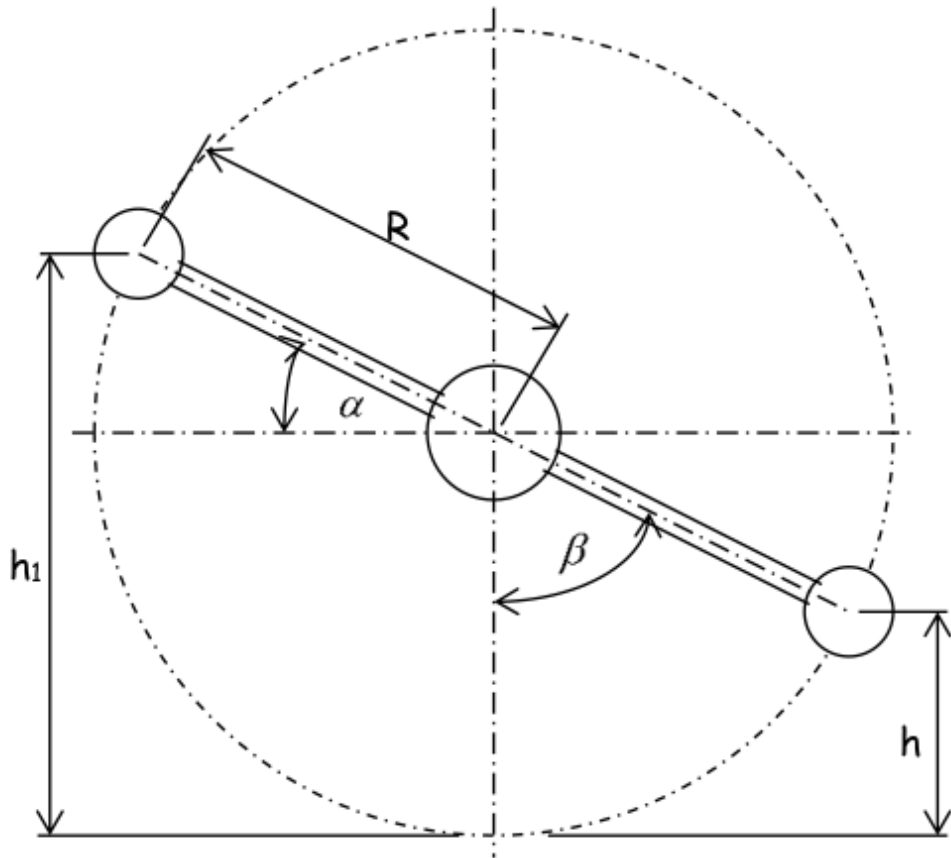
$$EI = m.g.(h_1 - h_2)$$

$$HI = \frac{EI}{A}$$

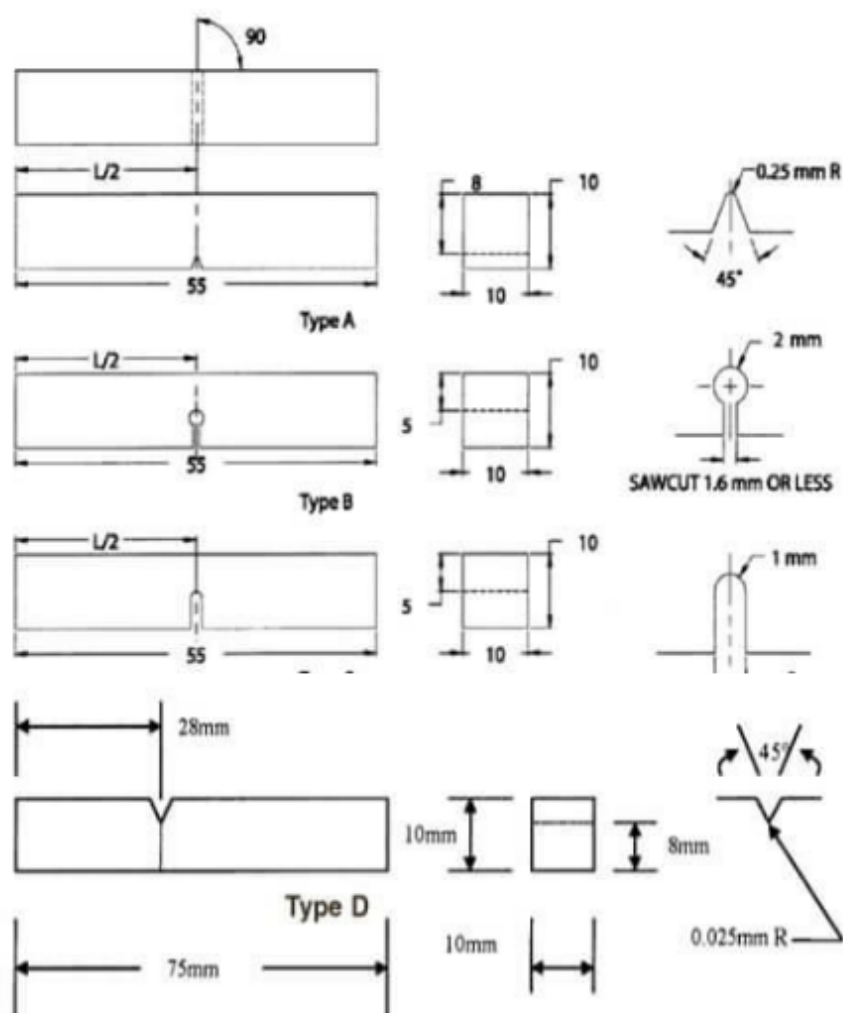
$$h_1 = R + R.\sin \alpha$$

$$h_2 = R - R.\cos \beta$$

Keterangan : EI = energi Impact (Joule)  
m = massa bandul (kg)  
g = gaya gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)  
h<sub>1</sub> = tinggi bandul awal (m)  
h<sub>2</sub> = tinggi bandul setelah impact (m)  
HI = harga Impact (J/mm<sup>2</sup>)  
A = luas penampang patahan (mm<sup>2</sup>) = h x l  
R = panjang lengan ayun (m)  
 $\alpha$  = sudut sebelum tumbukan (derajat)  
 $\beta$  = sudut sesudah tumbukan (derajat)



Gambar 6.10 proses uji impak

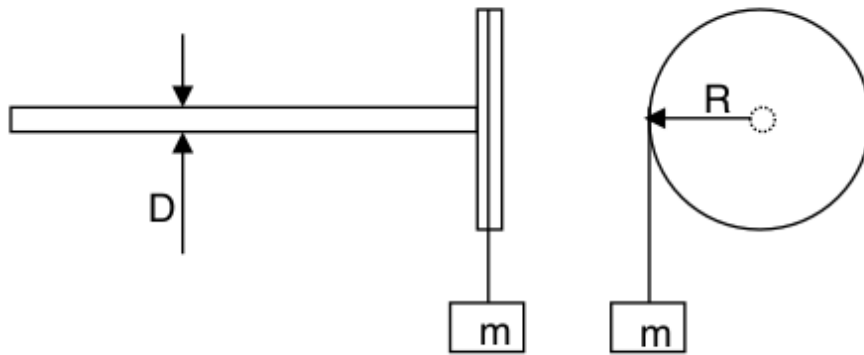


Gambar 6.11 Macam-macam Bentuk Takikan Pada Spesimen Uji Impact

### 6.6. Kekuatan Puntir (*Torsion strength*)

Kekuatan puntir adalah didapatkan dengan melakukan pengujian pada bahan yang mengalami beban puntir. Keuntungan pengujian puntir adalah fenomena pengecilan setempat dan fenomena barreling tidak terjadi, serta reduksi penampang yang terjadi tidak terlalu

besar. Selain untuk menentukan tegangan alir material, uji puntir dapat juga digunakan untuk mendapatkan kurva tegangan geser-regangan geser material.



Gambar 6.11 skema uji puntir  
Besarnya momen puntir  $M_T$  dihitung dengan persamaan :

$$M_T = m \cdot R$$

Dimana; m: massa; R: jari-jari lingkaran

Besarnya tegangan geser  $\tau$  dihitung dengan persamaan :

$$\tau = \frac{16M_T}{\pi D^3}$$

Dimana; D: diameter poros

Besarnya regangan geser  $\gamma$  dihitung dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{\theta \cdot D}{2L}$$

Dimana:  $\theta$ : Sudut puntir; L : panjang poros

Modulus Geser  $G$  dihitung dengan persamaan :



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

## 6.7. Kekerasan (*Hardness*)

Kekerasan bahan, yaitu pengukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis lokal (setempat) berupa bekas penekanan yang kecil atau goresan. Teknik pengujian kuantitatif digunakan *indenter*/penekan kecil yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji, di bawah pengaruh beban yang terkontrol dan lama penekanan tertentu. Kedalaman atau ukuran bekas penekanan kemudian diukur, yang kemudian dihubungkan sebagai angka kekerasan material; semakin lunak material, semakin besar dan semakin dalam bekas penekanan, dan semakin kecil angka kekerasannya.

4

### Uji Kekerasan Rockwell

Uji kekerasan rockwell merupakan metode yang paling sering digunakan dalam uji kekerasan bahan karena mudah dilakukan dan tidak memerlukan keahlian khusus. Beberapa jenis skala bisa digunakan untuk berbagai jenis kombinasi pembebanan dan indenter yang digunakan, untuk setiap jenis logam dan paduannya, dari yang keras 10 mpai yang lunak. Indentornya berbentuk bola baja yang dikeraskan dengan diameter 1/16, 1/8, 1/4 dan 1/2 in. (1.588, 3.175, 6.350 dan 12.70 mm) dan kerucut intan yang digunakan untuk logam keras.

Pengukuran kekerasan logam dengan

sistem ini dihitung dengan melihat perbedaan kedalaman penekanan yang dihasilkan dari pembebanan minor yang dilanjutkan dengan pemberian beban mayor yang lebih besar; penggunaan beban minor ini meningkatkan kekakuratan pengujian. Berdasarkan besarnya beban mayor dan beban minor, jenis pengujian dibagi atas dua yaitu **Rockwell** dan **Superficial Rockwell**. Untuk Rockwell beban minornya 10 kg, beban mayornya 60, 100 dan 150 kg. Setiap skala ditandai dengan huruf alphabet; beberapa diantaranya diberikan dalam tabel 6.2. sesuai dengan jenis indentor dan pembebanan. Superficial test menggunakan beban minor 3 kg, beban mayornya 15, 30 dan 45 kg. Skalanya ditandai dengan 15, 30 atau 45 (sesuai beban), diikuti dengan N, T, W, X atau Y, tergantung pada jenis indentor. Superficial test biasanya digunakan untuk spesimen yang tipis.

Dalam mengukur kekerasan bahan baik cara rockwell maupun superficial, harga kekerasan dan simbol skalanya harus diuliskan. Skalanya disimbolkan dengan HR diikuti dengan identifikasi skala yang sesuai. Misalnya 60 HRB menunjukkan angka kekerasan rockwell 80 pada skala B, dan 60 HR30W menandakan kekerasan superficial 60 pada skala 30W.

Pada setiap skala, range angka kekerasan bisa sampai 130; namun untuk angka kekerasan yang meningkat di atas 100 atau turun di bawah 20 pada setiap skala biasanya menjadi kurang akurat; dan karena skala-skala ini saling overlap, pada beberapa kondisi lebih baik untuk

menggunakan skala lain yang lebih keras atau lebih lunak.

Peralatan uji kekerasan rockwell dapat berjalan secara otomatis, angka kekerasan langsung terbaca, dan setiap pengukuran membutuhkan waktu hanya beberapa detik. Peralatan modern juga memungkinkan variasi waktu dalam pemberian beban. Variabel-variabel ini harus diperhatikan dalam mendapatkan data kekerasan material.

### **Uji Kekerasan Brinell**

Uji kekerasan Brinell, sebagaimana pada uji kekerasan Rockwell, juga menggunakan bola baja yang dikeraskan yang ditekan ke dalam permukaan material yang diuji. Diameter bola baja penekan yang dikeraskan (atau karbida tungsten) adalah 10.00 mm (0.394 in.). Standar beban bervariasi dari 500 sampai 3000 kg dengan kenaikan beban 500 kg. Selama pengujian, beban dijaga konstan untuk beberapa saat (antara 10 dan 30 detik). Material yang lebih keras membutuhkan penggunaan beban yang lebih besar. Angka kekerasan Brinell, HB, adalah fungsi dari besar beban dan diameter bekas penekanan yang dihasilkan (lihat tabel 6.2). Diameter bekas penekanan ini diukur dengan mikroskop tegangan rendah, dengan melihat skala yang terdapat pada lubang pengamatan di mikroskop. Hasil pengukuran diameter tersebut kemudian dikonversi ke harga HB yang sesuai dengan menggunakan grafik; hanya satu skala yang menggunakan teknik ini,

sementara yang lain dihitung dengan menggunakan persamaan pada tabel 6.2.

Tebal spesimen minimum dan posisi penekanan relatif terhadap tepi material dan jarak antara penekanan sama dengan uji kekerasan Rockwell. Selanjutnya, untuk mendapatkan hasil penekanan yang baik, permukaan material harus cukup halus dan rata.

Pada uji brinell kemungkinan terjadi *flatening*/gepeng pada indenter jika material uji cukup keras dan pada material uji yang lunak kemungkinan bisa terjadi *flow of material*, sehingga dalam pengujian harus hati-hati.

### **Uji Knoop dan Vickers Microhardness**

Dua teknik pengujian kekerasan yang lain adalah Knoop (dibaca *nuup*) dan Vickers (biasa juga disebut piramida intan). Pada setiap pengujian, indenter piramida intan yang sangat kecil ditekan pada permukaan spesimen. Beban yang digunakan harus lebih kecil dari Rockwell dan Brinell, bervariasi antara 1 sampai 4000 gram. Bekas penekanan kemudian dilihat di bawah mikroskop dan diukur. Hasil pengukuran kemudian dikonversi menjadi angka kekerasan (Tabel 6.2). Untuk pengujian ini, persiapan spesimen harus hati-hati (dengan digerinda dan dipolis) untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata sehingga hasil pengujian akurat. Kekerasan Knoop dan Vickers biasanya disimbolkan dengan HK dan H<sub>V</sub> dan skala kekerasan keduanya hampir sama. Knoop dan Vickers disebut sebagai metode pengujian

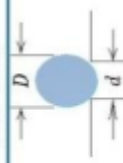




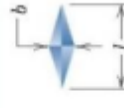
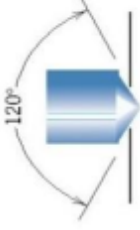

kekerasan mikro karena beban dan ukuran indenter yang kecil. Keduanya cocok untuk mengukur kekerasan spesimen yang kecil, pada titik tertentu. Selain itu Knoop juga digunakan untuk mengukur kekerasan material yang rapuh seperti keramik.

Selain ketiga metode pengujian kekerasan di atas, ada juga cara yang lain, namun tidak dibahas di sini antara lain: *ultrasonic microhardness, dynamic (scleroscope)*, durometer (untuk material plastik dan elastomer), dan pengujian kekerasan gores.

### **Konversi Kekerasan**

Angka kekerasan untuk setiap metode dapat dikonversi ke angka kekerasan yang lain. Konversi data kekerasan diperoleh dari eksperimen untuk beberapa tipe dan karakteristik material. Konversi data kekerasan untuk baja, beberapa diantaranya diperlihatkan pada (Tabel 6.2) untuk Knoop, Brinell dan dua skala Rockwell, skala Mohs. Tabel konversi yang lebih detail untuk logam dan paduan yang lain dapat dilihat pada ASTM Standard E 140 "*standard Hardness Conversion Tables for Metals*".

Tabel 6.2 Hardness Testing Techniques

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number <sup>a</sup>
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D[D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and superficial Rockwell	Diamond conc: $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres			60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

<sup>a</sup>For the hardness formulas given, P (the applied load) is in kg, and D, d, d<sub>1</sub>, and l are all in millimeters.

Source: Adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Callister, W.D., 1997, Material Science and Engineering, USA: John Wiley & Sons, Inc.
2. Callister, W.D., 2013, Material Science and Engineering, USA: John Wiley & Sons, Inc.
3. Harsono, W. dan T. Okumura, 2000, Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta : Pradnya Paramita.
4. Muhib Zainuri, 2008, Kekuatan Bahan, Yogyakarta: Andi
5. Samnur, dan Badaruddin. A, 2022, Pengujian Bahan Teknik, Yogyakarta: Deepublish
6. Simanjuntak, E., 1999(a), Pengujian Mekanik dan Pengujian Tanpa Merusak, Bandung : Polban.
7. ....1999(b), Pengujian Mekanik dan Analisa Struktur Mikro, Bandung : Polban.
8. Syamsul Hadi, 2016, Teknologi Bahan, Yogyakarta: Andi
9. Tata Surdia, dan Shinroku, 1985, Pengetahuan Bahan Teknik, Jakarta: P.T. Pradnya Paramita
10. Vlack, L.V., 1992, Ilmu dan Teknologi Bahan, Jakarta: Erlangga
11. Widodo, E. (2022). Buku Ajar Mekanika Komposit dan Bio-Komposit. *Umsida Press*, 1-111.

## BIODATA PENULIS



Ir. Badaruddin Anwar, S.Pd., M.Pd.  
Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

Penulis lahir di Cikowang tanggal 15 Agustus 1975. Penulis adalah Dosen tetap pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana pada Jurusan Pendidikan Teknik Mesin di Universitas Negeri Makassar tahun 2000 dan menyelesaikan S2 Kependidikan di Universitas yang sama pada tahun 2005, menyelesaikan pendidikan profesi Insinyur di Universitas Muslim Indonesia, Makassar pada tahun 2017.

Mata kuliah yang diajarkan antara lain: Pengujian dan Pemeriksaan Bahan, Pengetahuan Bahan Teknik, Praktik Mesin Perkakas, serta Pengujian Las.



# ANALISIS MEKANIS

## ORIGINALITY REPORT

**58%**  
SIMILARITY INDEX

**58%**  
INTERNET SOURCES

**5%**  
PUBLICATIONS

**22%**  
STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://text-id.123dok.com">text-id.123dok.com</a> Internet Source	23%
2	<a href="http://harisok.blogspot.com">harisok.blogspot.com</a> Internet Source	10%
3	<a href="http://ojs.unm.ac.id">ojs.unm.ac.id</a> Internet Source	6%
4	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Internet Source	6%
5	<a href="http://digilib.unimed.ac.id">digilib.unimed.ac.id</a> Internet Source	5%
6	<a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a> Internet Source	3%
7	<a href="http://repository.usu.ac.id">repository.usu.ac.id</a> Internet Source	2%
8	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://publikasi.polije.ac.id">publikasi.polije.ac.id</a> Internet Source	1%
10	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	1%

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 27 words

Exclude bibliography  On