

# KEKUATAN MATERIAL

Hal kedua Penyebab Kegagalan  
Elemen Mesin adalah KEKUATAN  
MATERIAL

# Kompetensi Dasar

- Mahasiswa memahami sifat-sifat material
- Mahasiswa memahami proses uji tarik
- Mahasiswa mampu melakukan perhitungan kekuatan bahan

# Sifat – Sifat Material

Secara garis besar material mempunyai sifat-sifat yang mencirikanannya. Pada bidang teknik mesin umumnya sifat tersebut dibagi menjadi tiga sifat. Sifat –sifat itu akan mendasari dalam pemilihan material, sifat tersebut adalah:

- Sifat mekanik
- Sifat fisik
- Sifat teknologi

# 1. Sifat Mekanik

- Sifat mekanik dapat diartikan sebagai respon atau perilaku material terhadap pembebanan yang diberikan, dapat berupa gaya, torsi atau gabungan keduanya.
- Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak (*destructive test*), dari pengujian tersebut akan dihasilkan kurva atau data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.
- Setiap material yang diuji dibuat dalam bentuk sampel kecil atau spesimen. Spesimen pengujian dapat mewakili seluruh material apabila berasal dari jenis, komposisi dan perlakuan yang sama.
- Sifat mekanik tersebut meliputi antara lain: **kekuatan tarik, ketangguhan, kelenturan, keuletan, kekerasan, ketahanan aus, kekuatan impak, kekuatan mulur, kekeuatan leleh dan sebagainya.**

## 2. Sifat Fisik

- Sifat fisik adalah kelakuan atau sifat-sifat material yang bukan disebabkan oleh pembebanan seperti pengaruh pemanasan, pendinginan dan pengaruh arus listrik yang lebih mengarah pada struktur material. Sifat fisik material antara lain : **temperatur cair, konduktivitas panas dan panas spesifik.**
- Struktur material sangat erat hubungannya dengan sifat mekanik. Sifat mekanik dapat diatur dengan serangkaian proses perlakuan fisik.
- Dengan adanya perlakuan fisik akan membawa penyempurnaan dan pengembangan material bahkan penemuan material baru.

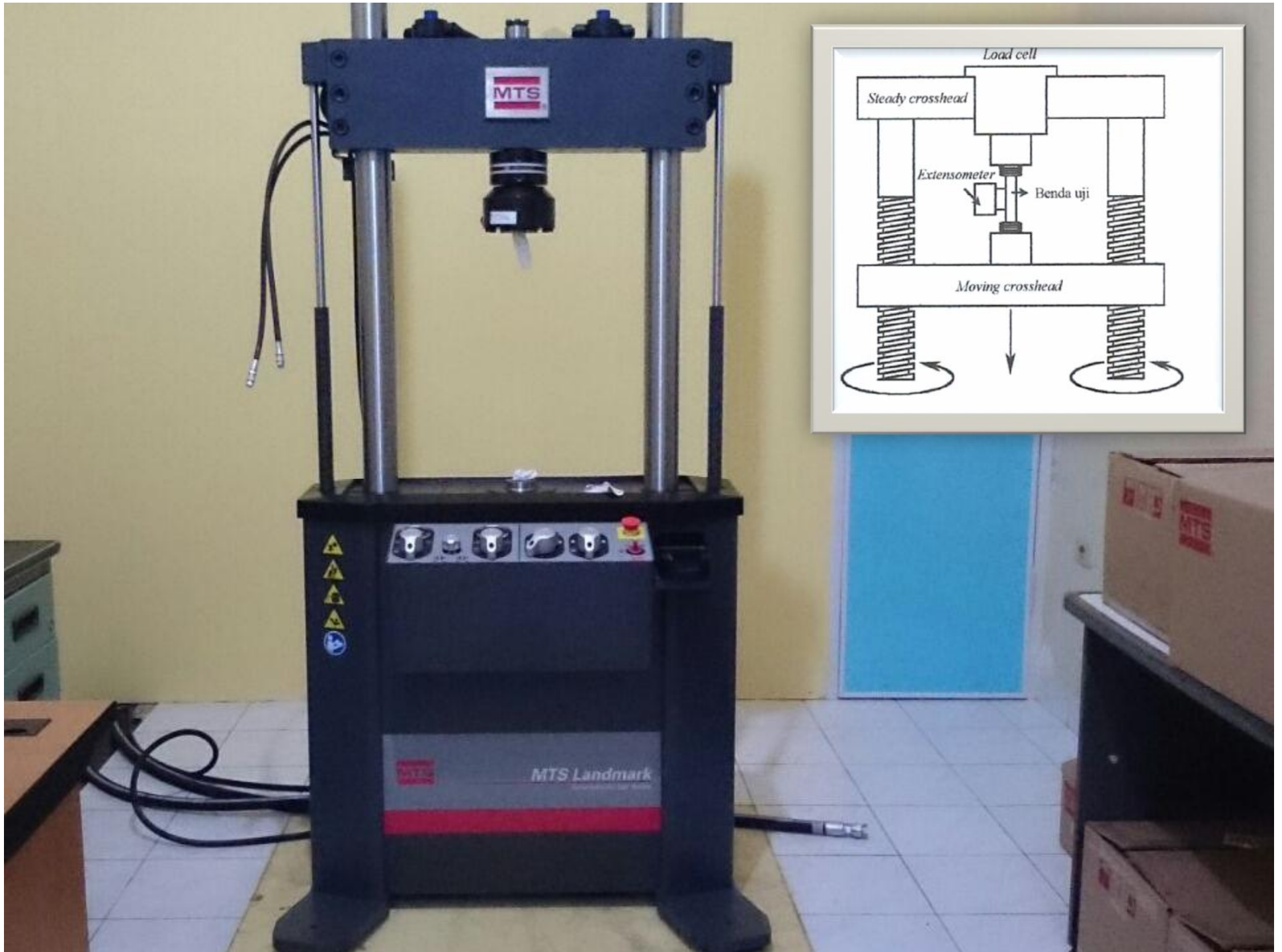
## 3. Sifat Teknologi

- Selanjutnya sifat yang sangat berperan dalam pemilihan material adalah sifat teknologi yaitu kemampuan material untuk dibentuk atau diproses.
- Produk dengan kekuatan tinggi dapat dibuat dengan proses pembentukan, misalnya dengan pengerolan atau penempaan. Produk dengan bentuk yang rumit dapat dibuat dengan proses pengecoran.
- Sifat-sifat teknologi diantaranya **sifat mampu las, sifat mampu cor, sifat mampu mesin dan sifat mampu bentuk.**

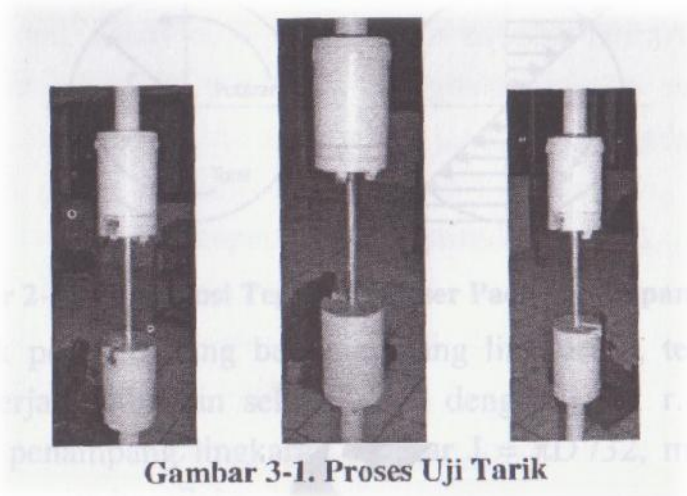
# Uji Tarik

Pada uji tarik benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dengan *extensometer*.

Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan, dan pengurangan luas. **Parameter pertama adalah parameter kekuatan, sedangkan yang kedua menyatakan keuletan bahan.**







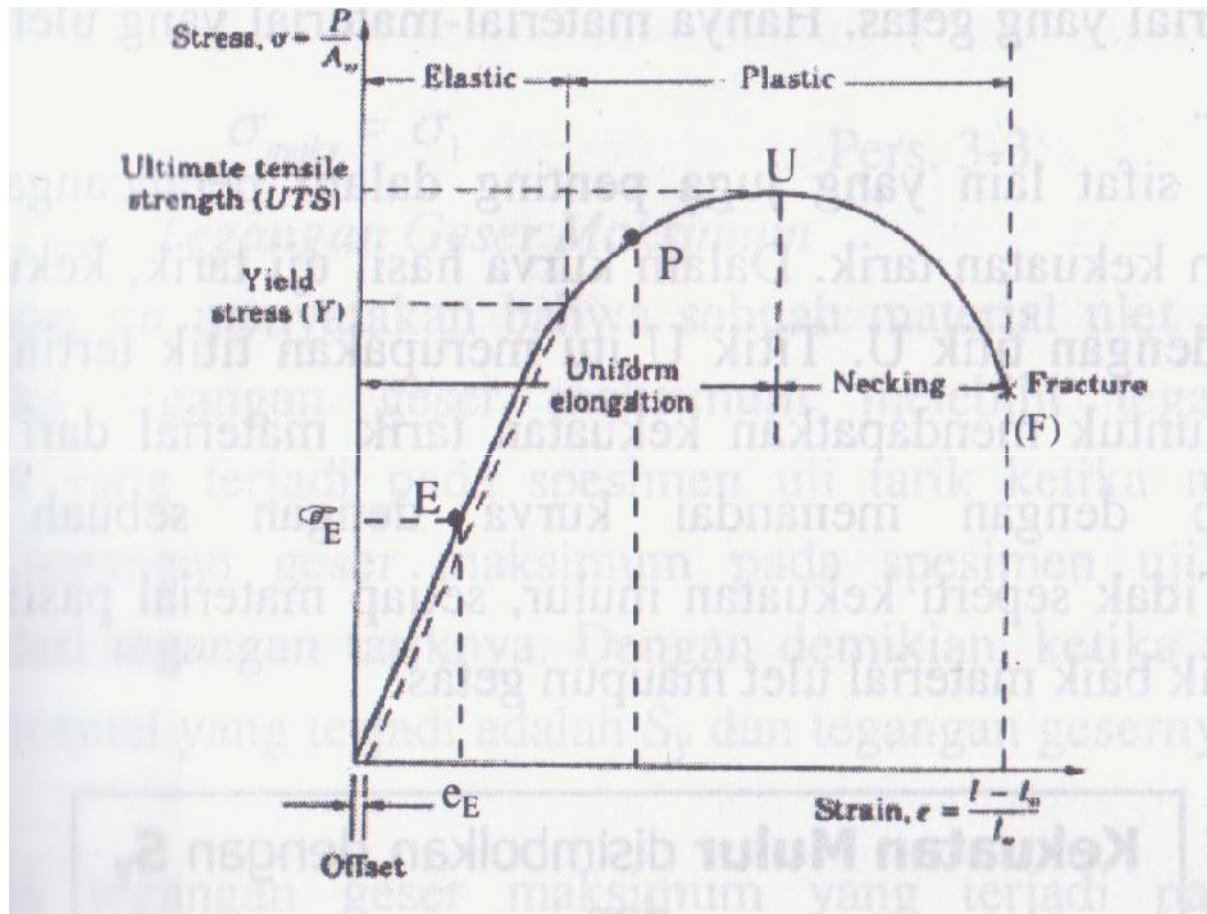
**Gambar 3-1. Proses Uji Tarik**



**Gambar 3-2. Benda Kerja Hasil Pengujian**

Mengapa spesimen  
bisa putus ?

# Diagram Hasil Uji Tarik



# Parameter Kekuatan Bahan

- Kekuatan Tarik ( $S_u$ )
- Kekuatan Mulur ( $S_y$ )

# Kekuatan Tarik ( $S_u$ )

Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strenght*), adalah besarnya beban maksimum dibagi dengan luas penampang lintang awal benda uji.

$$\sigma_u = P_{\text{maks}} / A_o$$

# Kekuatan Mulur ( $S_y$ )

- Kekuatan Mulur / Luluh menyatakan besarnya tegangan yang dibutuhkan tegangan yang dibutuhkan untuk berdeformasi plastis material.
- Kekuatan luluh sering dinyatakan sebagai kekuatan luluh offset, yaitu besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan (regangan offset). Di Amerika Serikat regangan offset ditentukan sebesar 0,2 atau 0,1 % (  $e = 0,002$  atau 0,001 mm/mm)

$$\sigma_y = P_{(\text{offset})} / A_o$$

# Teori Kegagalan

## Maximum Stress atau Rankine Theory

- Teori ini menyebutkan bahwa, Failure pada material akan terjadi, apabila maximum tensile stress pada material tersebut sama dengan maximum tensile stress pada kondisi yield (terjadi deformasi plastis) dalam uniaxial tensile test.
- Maximum Tensile stress adalah principal stress yang terbesar, dan positif, yaitu  $S_1$ .
- Kondisi yield pada uniaxial tensile test sbb :

$$S_1 = S_{Yield}; \quad S_2 = S_3 = 0$$

- Dengan demikian dapat disimpulkan : **Deformasi plastis terjadi apabila Maximum principal Stress melebihi dari  $S_{Yield}$**

# Teori Kegagalan

## Maximum Shear Stress atau **Tresca Theory**

- Teori ini menyebutkan bahwa, Failure pada material akan terjadi, apabila maximum shear stress pada material tersebut sama dengan maximum shear stress pada kondisi yield (terjadi deformasi plastis) dalam uniaxial tensile test.
- Didapat:

$$\tau_{\max} = (S_{\text{Yield}} - 0) / 2 = S_{\text{Yield}} / 2$$

- Dengan demikian dapat disimpulkan : **Deformasi plastis terjadi apabila Maximum Shear Stress melebihi dari  $S_{\text{Yield}} / 2$**

# Teori Kegagalan

## Octahedral Shear atau **Von Mises Theory**

- Teori ini menyebutkan bahwa, Failure pada material akan terjadi, apabila octahedral shear stress pada material tersebut sama dengan octahedral shear stress pada kondisi yield (terjadi deformasi plastis) dalam uniaxial tensile test.

- Didapat:

$$\begin{aligned}\tau_{\text{oct}} &= \frac{1}{3} [(S_{\text{Yield}} - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - S_{\text{Yield}})^2]^{1/2} \\ &= 2^{1/2} \times S_{\text{Yield}} / 3\end{aligned}$$

- Dengan demikian, dapat disimpulkan : **Deformasi plastis terjadi apabila Octahedral Shear Stress melebihi dari  $2^{1/2} \times S_{\text{Yield}} / 3$**



- Dari ketiga Failure Theory ini, yang diadopsi oleh ASME adalah Rankine Theory. Walaupun pada kenyataannya Von Mises Theory lebih akurat dalam memprediksikan terjadinya kegagalan dalam material, tetapi Rankine Theory dipilih karena Rankine Theory lebih simpel, dan lebih mudah diaplikasikan. Sedangkan untuk Tresca Theory diadopsi oleh ASME Subsection NB Section III.

# Parameter Keuletan Bahan

- Persentase pengurangan luas area (PRIA)
- Persentase Elongation (PE)

# Persentase pengurangan luas area (pria)

$$pria = \frac{A - a}{A} \times 100$$

A = luas area awal

a = luas area pada neck

# Persentase elongation (pe)

$$PE = \frac{L - l}{l} \times 100$$

L = panjang spesimen akhir

l = panjang spesimen awal

# contoh

Sebuah batangan baja lunak dengan diameter 12 mm, diuji tarik dengan panjang mula-mula 60 mm. Data hasil pengujian :

Panjang akhir : 80 mm

Diameter akhir : 7 mm

Beban luluh : 3,4 ton

Beban ultimate: 6,1 ton.

Hitung (a) tegangan luluh, (b) tegangan tarik maksimum, (c) PRIA dan (d) PE.

# Jawab:

Luas penampang batang mula-mula :  $A = \frac{f}{4} x (1,2)^2 = 1,13 \text{ cm}^2$

Luas penampang batang akhir :  $A = \frac{f}{4} x (0,7)^2 = 0,385 \text{ cm}^2$

a. Tegangan luluh (yield stress) :  $\tau_y = \frac{\text{beban luluh}}{\text{origin area}} = \frac{3,4}{1,13} = 3,01 \text{ T / cm}^2$

b. Tegangan tarik Maksimum (UTS):  $\tau_u = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{origin area}} = \frac{6,1}{1,13} = 5,4 \text{ T / cm}^2$

c. PRIA :  $PRIA = \frac{A-a}{A} x 100 = \frac{1,13-0,385}{1,13} x 100 = 66\%$

d. PE :  $PE = \frac{L-l}{l} x 100 = \frac{8-6}{6} x 100 = 33,33\%$

# Faktor Keamanan

- Secara umum :  $SF = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{beban working}}$
- Untuk material ulet :  $SF = \frac{\text{beban luluh}}{\text{beban working}}$
- Untuk material getas:  $SF = \frac{\text{beban maksimum}}{\text{beban working}}$

# Exercise CContoh

The following results were obtained in a tensile test on a mild steel specimen of original diameter 20 mm and gauge length 40 mm.

- Load at limit of proportionality : 80 kN
- Extension at 80 kN load : 0.048 mm
- Load at yield point : 85 kN
- Maximum load : 150 kN

When the two parts were fitted together after being broken, the length between gauge length was found to be 55.6 mm and the diameter at the neck was 15.8 mm.

Calculate: (a).  $E$ , (b).  $\sigma_y$ , (c).  $\sigma_u$ , (d). P<sub>RIA</sub> and PE



# End of this session

- Terima Kasih
- Selamat Belajar