

Perbedaannya pada spesimen diletakan. Pada uji impact yang diukur adalah energi impact dan disebut juga “ ketangguhan takik” ( notch toughness ).

Bahan yang diuji diberi takik, kemudian dipukul sampai patah dan diukur energi impactnya dengan melihat perbedaan ketinggian alat pukul sebelum dan sesudah diuji impact (  $h - h'$ , gb. 8.16 ).

Fungsi utama dari uji impact Charpy dan Izod untuk melihat apakah bahan mempunyai daerah transisi antara ulet dan getas dan kalau ada pada temperatur berapa terjadinya. Gambar 8.17. Adalah contoh bahan baja A283 yang mempunyai daerah transisi ulet ke getas.

FIGURE 8.16 (a) Specimen used for Charpy and Izod impact tests. (b) A schematic drawing of an impact testing apparatus. The hammer is released from fixed height  $h$  and strikes the specimen; the energy expended in fracture is reflected in the difference between  $h$  and the swing height  $h'$ . Specimen placements for both Charpy and Izod tests are also shown. (Figure (b) adapted from H. W. Hayden, W. G. Moffatt, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. III, *Mechanical Behavior*, p. 13. Copyright © 1965 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

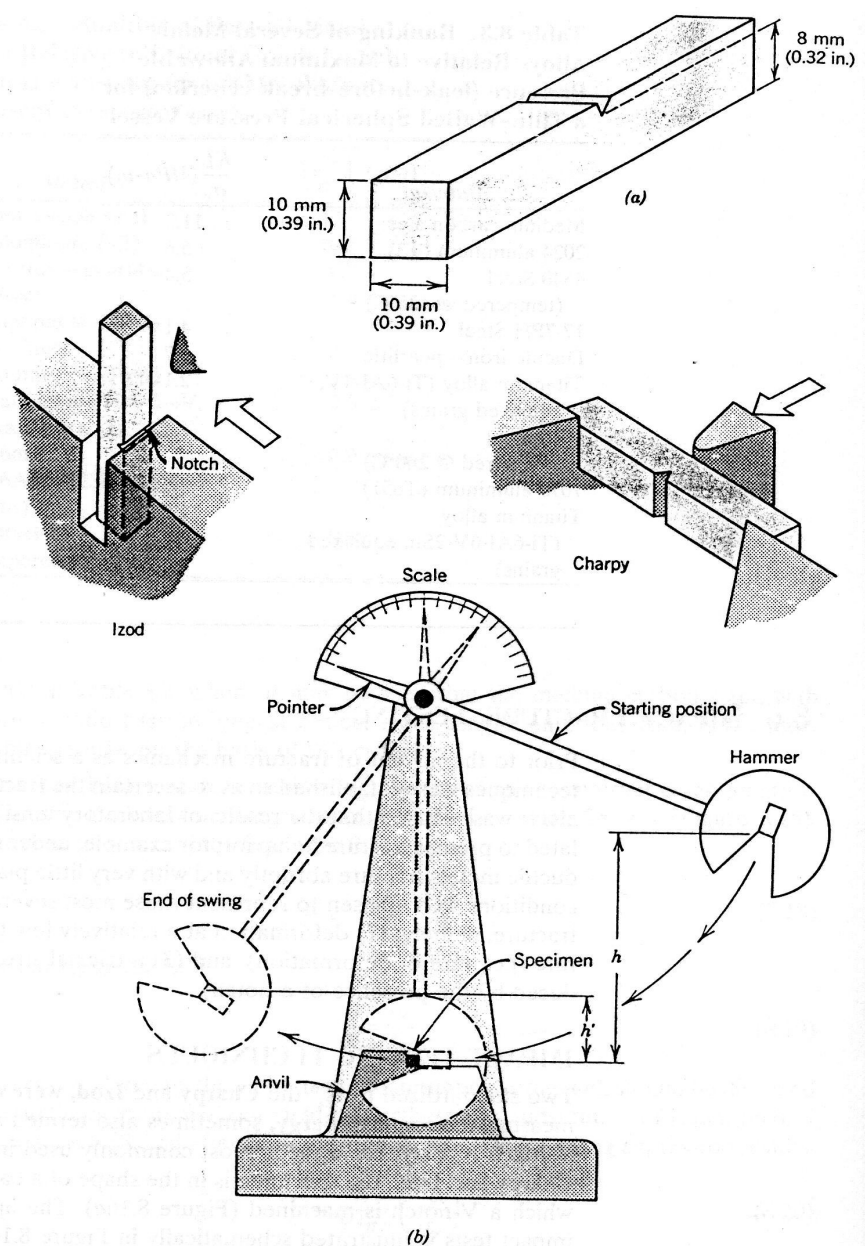
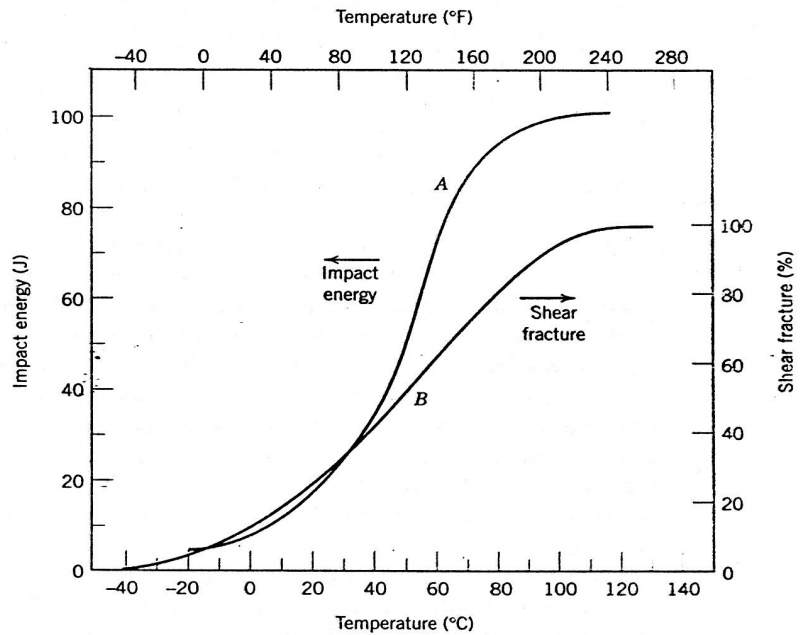


FIGURE 8.17  
 Temperature dependence of the Charpy V-notch impact energy (curve A) and percent shear fracture (curve B) for an A283 steel. (Reprinted from *Welding Journal*. Used by permission of the American Welding Society.)



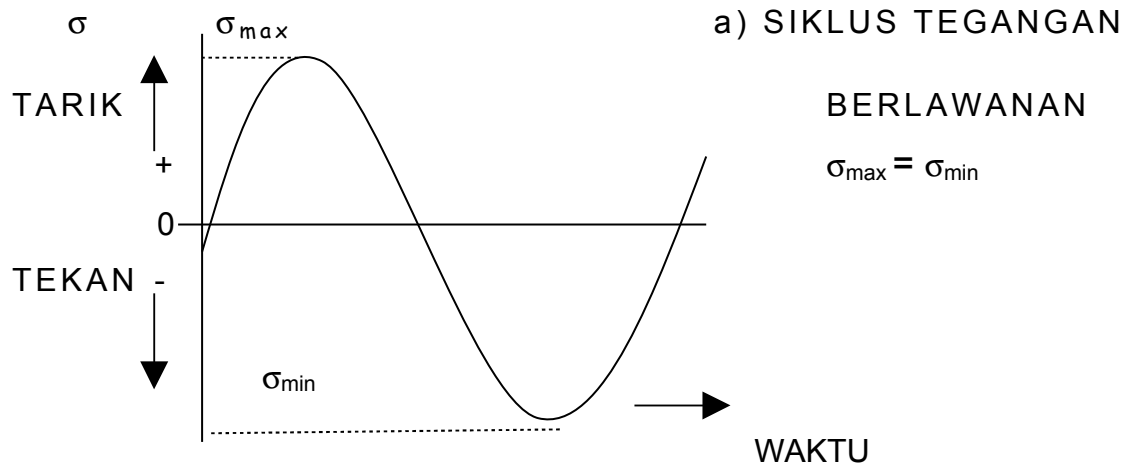
## FATIGUE

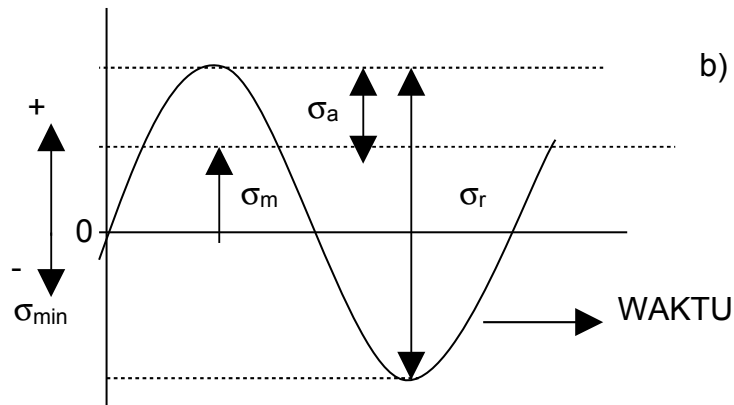
Adalah failure pada struktur yang diakibatkan tegangan dinamis dan berfluktuasi. (contohnya jembatan, pesawat terbang, komponen –komponen mesin).

Kegagalan bisa terjadi walaupun beban menerima tegangan lebih rendah dari tegangan luluh bahan dengan pembebanan statis.

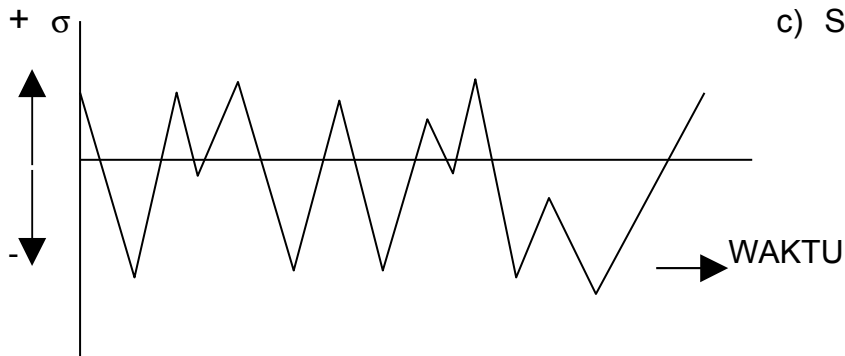
Bentuk kegagalan fatigue adalah seperti kegagalan pada bahan getas walaupun bahannya ulet sekalipun yaitu dimana permukaan patah tegak lurus terhadap tegangan yang bekerja.

## TEGANGAN SIKLIK





b) SIKLUS TEGANGAN BERULANG  
 $\sigma_{\max} > \sigma_{\min}$



c) SIKLUS TEGANGAN ACAK

❖ Tegangan rata-rata,  $\sigma_m$  :

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

❖ Besar tegangan/jangkauan tegangan,  $\sigma_r$  :

$$\sigma_r = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

tarik    = (+)  
tekan    = (-)

❖ Amplitudo tegangan,  $\sigma_a$  :

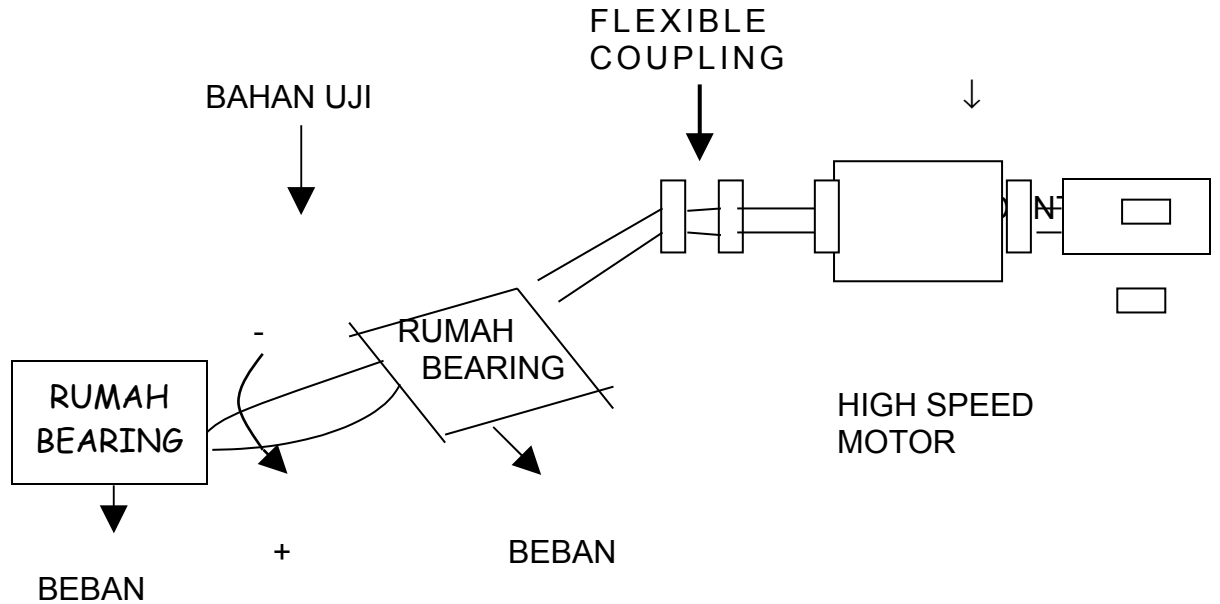
$$\sigma_a = \frac{\sigma_r}{2} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

❖ Rasio tegangan, R :

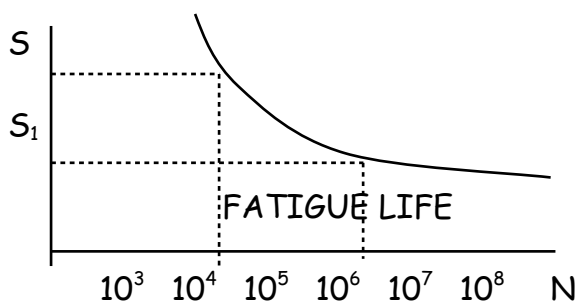
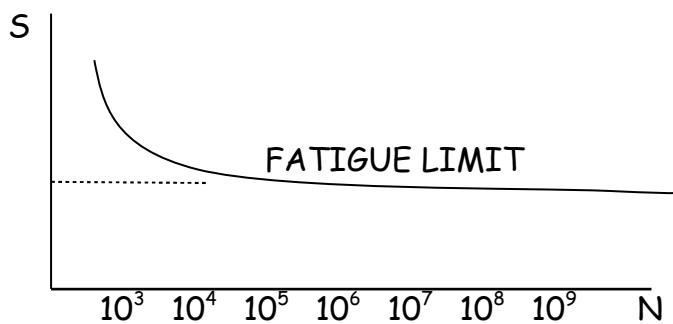
$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

## CURVA S – N

Pengujian fatigue menggunakan alat uji putar dan tekuk.



Hasil pengujian digambarkan dalam grafik amplitudo tegangan  $S$  ( $\sigma_a$ ) dan jumlah putaran  $N$ .



Bahan mempunyai 2 kurva s-n yaitu kurva yang mempunyai batas fatigue (fatigue limit) dan yang tidak mempunyai fatigue limit. Bahan jika diberikan tegangan dibawah tegangan “fatigue limit” maka tidak akan terjadi fatigue untuk putaran berapapun.

Pada kebanyakan baja, fatigue limit berkisar antara 35%-60% dari kekuatan tarik.

Contoh bahan yang tidak mempunyai fatigue limit diantaranya : aluminium, tembaga, magnesium.

- Kekuatan fatigue : adalah level tegangan dimana terjadi kegagalan pada putaran tertentu.
- Umur fatigue (fatigue life) : adalah banyaknya putaran hingga terjadinya kegagalan pada tegangan tertentu.
- Fatigue siklus rendah : jumlah putaran untuk terjadinya fatigue adalah rendah ( $< 10^4 - 10^5$ )
- Fatigue siklus tinggi : jumlah putaran terjadinya fatigue  $> 10^5$  siklus.

Proses fatigue dibagi 3 step :

- Mulai terjadinya retak
- Perambatan retak
- Kegagalan akhir, terjadi sangat cepat pada saat retak mencapai ukuran kritis.

$$N_f = N_i + N_p$$

$N_f$  = umur fatigue.

$N_i$  = siklus mulai terjadinya retak.

$N_p$  = siklus perambatan retak.

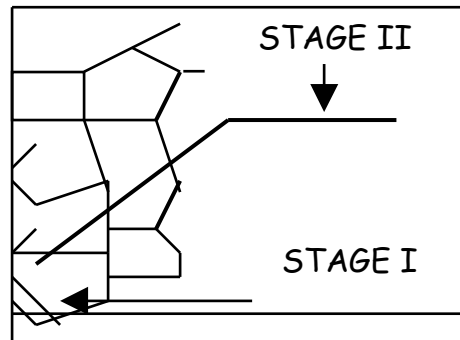
❖ Pada level tegangan rendah ( fatigue siklus tinggi )

$$N_i > N_p$$

❖ Pada level tegangan tinggi ( fatigue siklus rendah )

$$N_p > N_i$$

## LAJU PERAMBATAN RETAK



## PERAMBATAN RETAK FATIGUE

❖ Laju perambatan retak yang dibicarakan yaitu fatigue siklus tinggi.

Pada stage II :  $\frac{da}{dN} = A (\Delta K)^m$

A, m = konstanta.

m = 1 - 6.

$\Delta K = K_{max} - K_{min}$

$\frac{da}{dN}$  = laju perambatan retak.

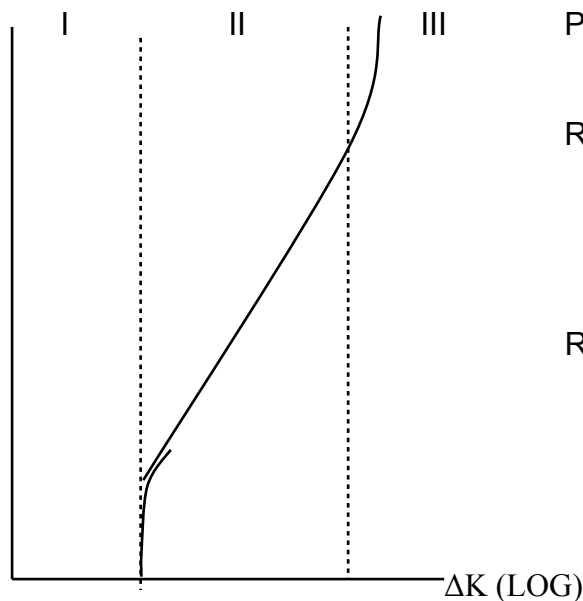
$\Delta K = Y \Delta \sigma \sqrt{\pi \cdot a}$

$\Delta K$  = faktor intensitas

$= Y (\sigma_{max} - \sigma_{min}) \sqrt{\pi \cdot a}$

tegangan.

REGION REGION REGION



REGION I : non propagating fatigue crack

REGION II : hubungan linier antara log Δk dan log  $\frac{da}{dn}$

REGION III : pertumbuhan retak tak stabil

Pada stage II :

$$dN = \frac{da}{A (\Delta K)^m}$$

Diintegral :

$$Nf = \int_{a_0}^{a_c} dN = \int_{a_0}^{a_c} \frac{da}{A (\Delta K)^m} = \int_{a_0}^{a_c} \frac{da}{A (Y \Delta \sigma \sqrt{\pi \cdot a})^m}$$

$$Nf = \frac{1}{A \pi^{m/2} (\Delta \sigma)^m} \int_{a_0}^{a_c} \frac{da}{Y^m a^{m/2}}$$

Faktor-faktor yang mempengaruhi umur fatigue

- Tegangan rata-rata
- Efek permukaan
- Faktor disain
- Perlakuan permukaan.
- Pengaruh lingkungan

*Fatigue thermal* : disebabkan karena tegangan termal fluktuasi pada temperatur tinggi.

$$\sigma = \alpha_1 E \Delta T$$

$\Delta T$  = perubahan temperatur

$\alpha_1$  = koefisien ekspansi termal

E = modulus elastisitas

*Fatigue korosi* : kegagalan yang terjadi karena gaya simultan tegangan siklik dan serangan kimia.

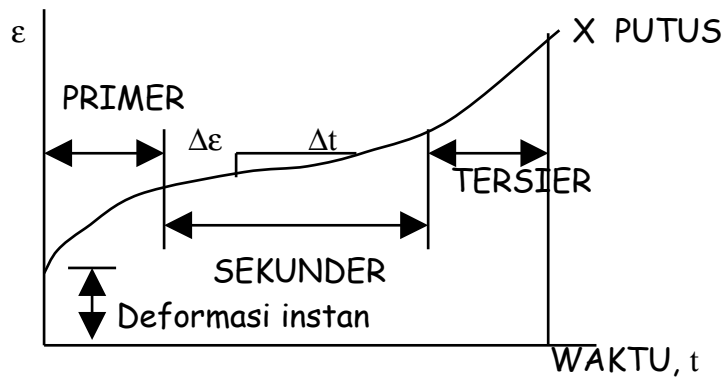
## CREEP

Adalah deformasi yang terjadi pada material yang bekerja pada temperatur tinggi dan mengalami tegangan mekanik statis.

Contoh : rotor turbin pada mesin jet atau generator uap yang mengalami tegangan sentrifugal dan aliran uap betekanan tinggi.

Deformasi terjadi sebagai fungsi waktu.

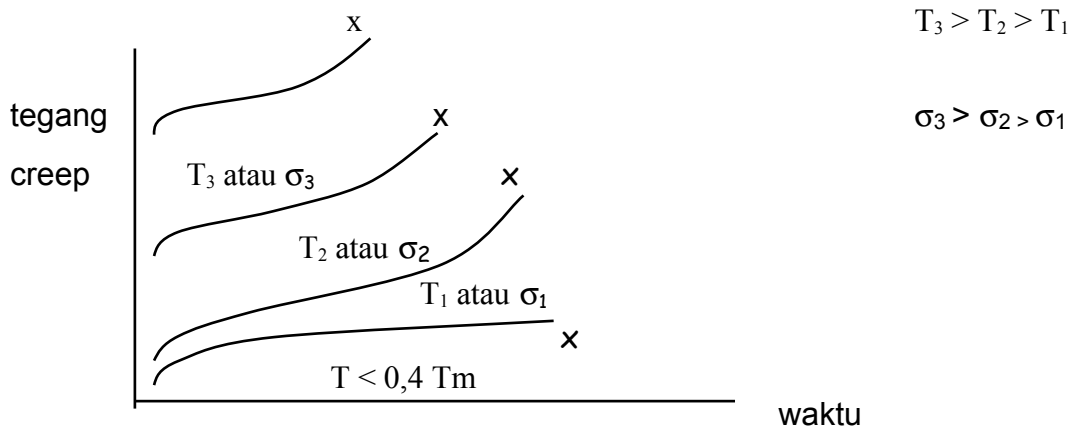
Pada logam terjadi pada temperatur diatas 0,4 Tm (Tm = temperatur leleh ).



1. Primer/creep transient : penurunan laju creep.
2. Sekunder/steady state creep : laju creep konstan.
3. Tersier creep : laju creep naik dengan cepat sampai putus.

$$\epsilon_s = \frac{\Delta \epsilon}{\Delta t} \quad \epsilon_s = \text{laju steady state creep.}$$

### EFEK TEMPERATUR DAN TEGANGAN



$$\epsilon_s = K_1 \sigma^n$$

$$\epsilon_s = K_2 \sigma^n \exp \left( \frac{-Q_c}{RT} \right)$$

$K_1, n = \text{konstanta}$

$K_2, R = \text{konstanta}$



$Q_c$  = energi aktivasi

## **LOGAM PADUAN UNTUK PENGGUNAAN TEMPERATUR TINGGI**

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi karakteristik creep dari logam yaitu : temperatur leleh, modulus elastisitas, ukuran butir. Makin tinggi temperatur leleh, makin besar modulus elastisitas dan makin besar ukuran butir, maka makin tahan material terhadap creep. Stainless steel, logam refraktori dan super-alloy lebih tahan terhadap creep sehingga banyak digunakan pada lingkungan kerja temperatur tinggi.