

PLASTISITAS

Pendahuluan.

Dalam analisis maupun perancangan struktur (design) dapat digunakan metoda ELASTIS atau Metoda PLASTIS (in elastis)

1. Analisis Elastis

Analisis struktur secara elastis memakai asumsi bahwa tegangan yang terjadi pada struktur masih terletak dalam batas elastis dan defleksinya kecil. Dengan analisis elastis sebagian besar dari struktur tersebut akan bertegangan rendah dan dapat menimbulkan pemborosan.

Analisis elastis dilakukan untuk menghitung gaya-gaya dalam pada struktur (seperti gaya aksial, gaya geser, momen serta puntir) akibat gaya luar yang bekerja. Gaya-gaya dalam yang terjadi masih dalam batas elastis. Beberapa contoh penyelesaian analisis elastis : metoda cross, kani, takabeya, matrix kekakuan, termasuk metode elemen hingga.

Analisis elastis dapat dilakukan dengan mudah pada semua jenis struktur, str. Rangka maupun str. Pelat cangkang, karena gaya-gaya dalam yang terjadi masih dalam batas-batas elastis, maka analisis elastis dapat dipakai pada struktur dari semua jenis bahan (bahan bersifat getas atau daktail).

Hasil perhitungan analisis elastis yang berupa gaya-gaya dalam yang terjadi umumnya digunakan untuk memeriksa keamanan struktur atau untuk design / perancangan.

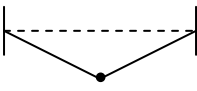
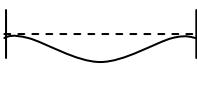


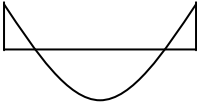
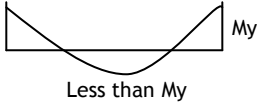
2. Analisis Plastis

Analisis struktur secara plastis memanfaatkan kemampuan struktur secara penuh hingga beban batas akhir (*ultimate load*) sehingga timbul bentuk plastis dengan kekuatan struktur sampai tegangan lelehnya.

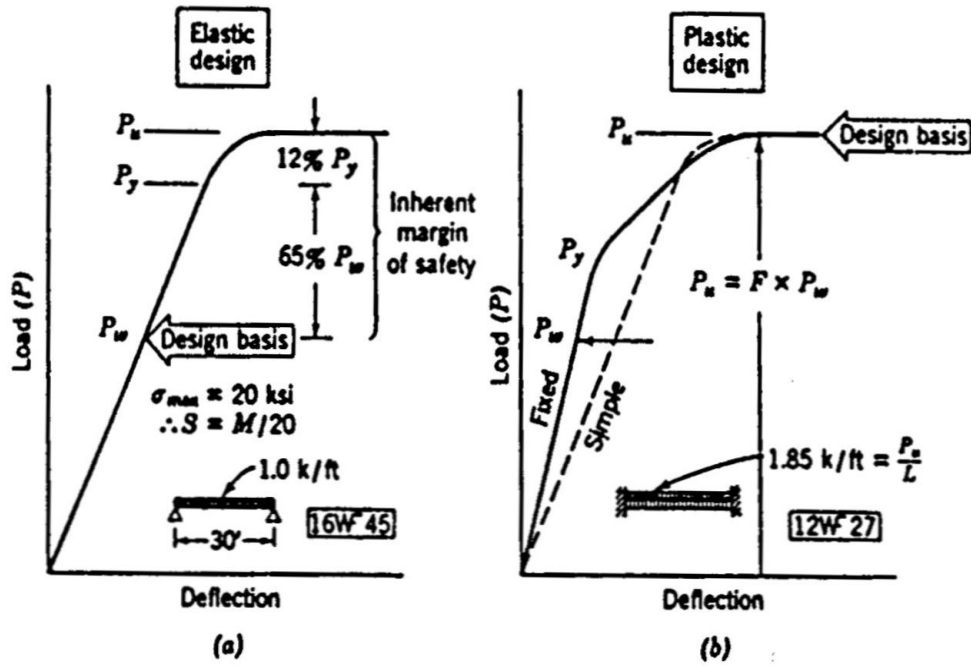
Analisis plastis pada umumnya digunakan untuk menentukan besarnya beban runtuh (*ultimate load*) pada suatu struktur serta perilaku keruntuhannya (*mechanism*). Gaya-gaya dalam yang terjadi telah melebihi batas elastis dan defleksi yang terjadi cukup besar. Dengan demikian analisis plastis hanya dapat diterapkan pada stuktur dari bahan yang bersifat daktail, seperti baja dan beton bertulang dengan pendaktailan yang baik.

Dalam analisis plastis digunakan persamaan matematik yang relatif sederhana dan lebih mudah dibanding persamaan pada analisis elastis, Analisis plastis cocok untuk perhitungan struktur statis tak tentu berderajat banyak, seperti portal (dapat bertingkat max 2), portal beratap lancip dan balok menerus. Tidak dianjurkan untuk struktur statis tertentu maupun struktur sederhana dengan *pin connected members*.

Contoh kondisi struktur pada analisis plastis dan analisis elastis.

Plastic		Elastic	
	mechanism	continuity	
	Equilibrium		
	plastic moment	yield	

Dibawah ini gambaran perbedaan perancangan plastis dengan perancangan elastis.

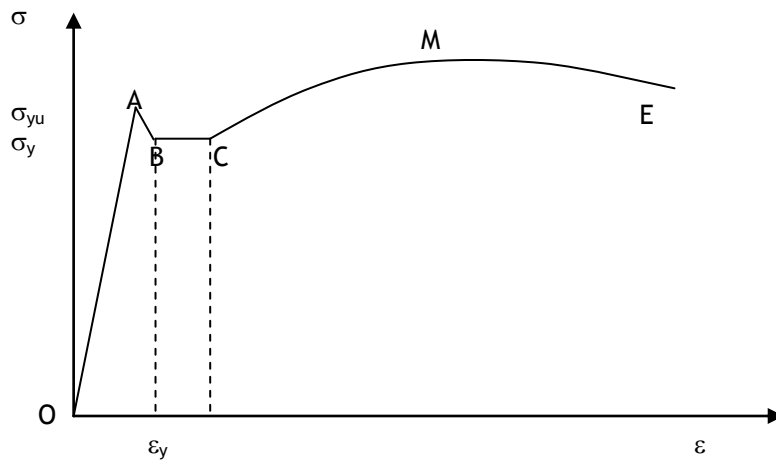


Gambar 1. Perbedaan perancangan plastis dengan perancangan elastis.

3. Hubungan Tegangan & Regangan

Baja umumnya merupakan material yang duktail. Kekenyalan (*ductility*) dari baja merupakan sifat khas yang tidak ada pada bahan yang lain. Konsep kekenyalan baja struktur merupakan dasar untuk teori plastis.

Bila baja lunak ditarik gaya aksial tertentu pada suhu ruang, dapat digambarkan hubungan antara tegangan dan regangannya :



Gambar 2. Hubungan Tegangan dan regangan

OA : Garis lurus (daerah linier elastis)

Kemiringan garis = besarnya modulus elastis E (Modulus young)

σ_y = titik leleh bawah (Lower yield point)

σ_{yu} = titik leleh atas (upper yield point)

Pada titik B kurva mulai mendatar, merupakan tegangan leleh, dimana $\epsilon_y = 0.0012$

Pada daerah :

BC : disebut daerah plastis (regangan bertambah, tetapi tegangan tetap)

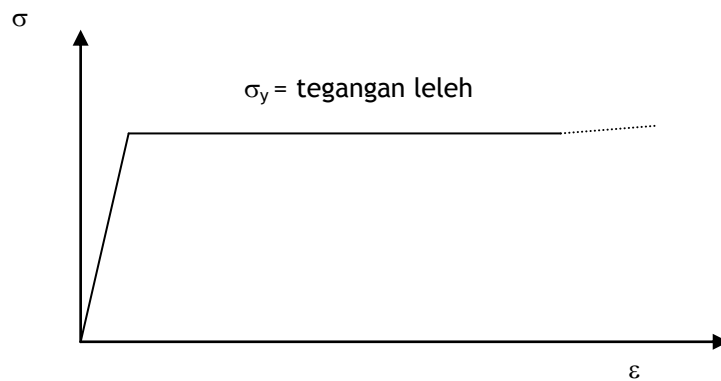
C : Titik dimana regangan $\epsilon = 0,014$ (10 x regangan leleh)

CE : disebut daerah regangan keras (Strain hardening), dimana penambahan regangan akan diikuti dengan sedikit penambahan tegangan, disini ϵ tidak linier

M : terjadi tegangan tarik ultimate (Ultimate tensile strength)

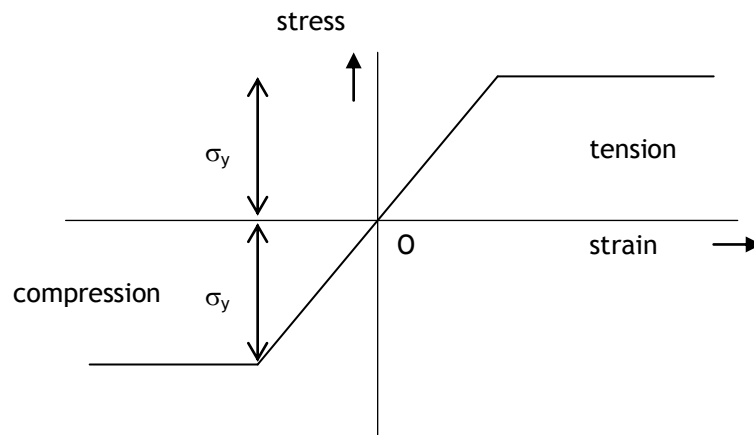
E : titik dimana kondisi material putus.

Dalam teori plastis, titik leleh teratas dan bagian regangan keras dihilangkan sehingga idealisasi kurva tegangan regangannya diperlihatkan dalam gambar berikut :



Gambar 4. idealisasi kurva tegangan regangan untuk plastis

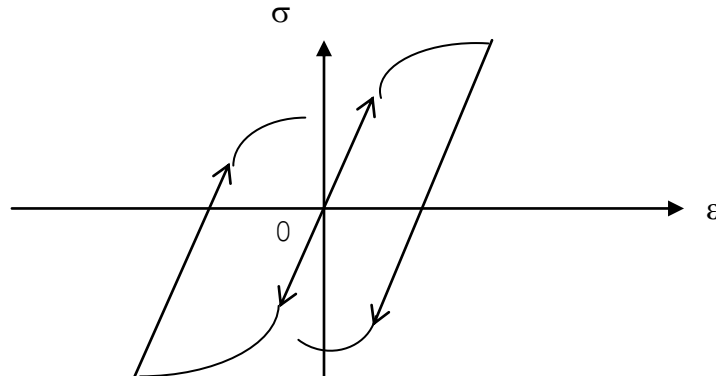
Kurva tegangan regangan untuk bahan plastis sempurna diperlihatkan pada gambar berikut, kemiringan dari diagram tegangan regangan menyatakan angka modulus elastis bahan (young) dalam tegangan tekan dan tarik bernilai sama, besarnya tegangan leleh saat tekan dan tarik juga sama, besarnya regangan tekan dan tarik juga sama.



Gambar 5. Idealisasi kurva tegangan regangan bahan plastis sempurna

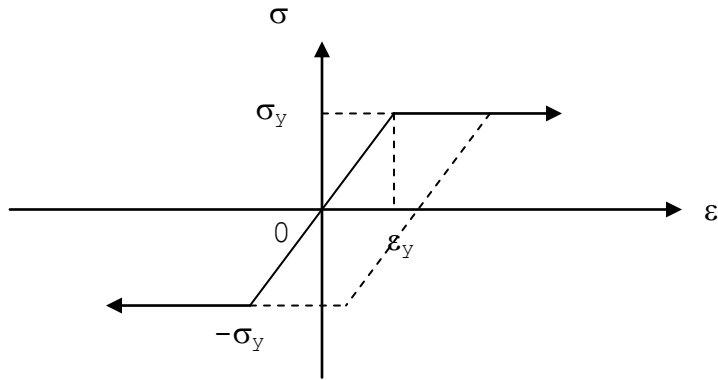
Material logam yang mengalami keadaan tekan & tarik secara berulang-ulang, maka diagram tegangan regangannya sebagai berikut : (disebut efek Bauschinger)

Dimana lintasan tekan dan tarik sama.



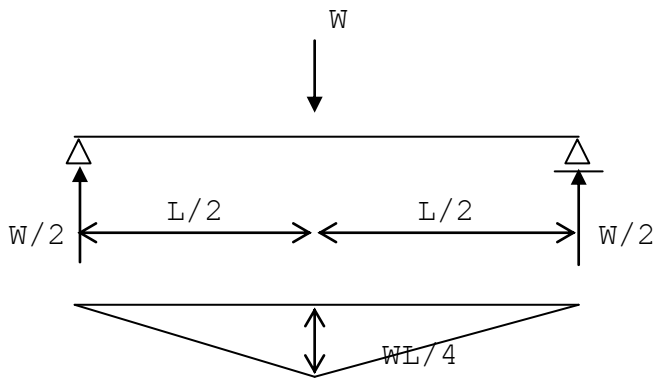
Efek Bauschinger

Untuk keperluan analisa plastis, hubungan tegangan dan regangan diidealisasi dengan mengabaikan pengaruh tegangan leleh atas, strain hardening, efek Bauschinger.



4. Distribusi Tegangan-Regangan

Sebagai contoh :



Pada diagram momen lentur, momen maksimum $WL/4$ dibawah titik beban.

$$\sigma = \frac{M}{S}$$

M = momen lentur
S = modulus penampang (I/Y),
Section modulus

$$\sigma = \frac{MY}{I}$$

Hubungan tegangan-regangan yang terjadi :

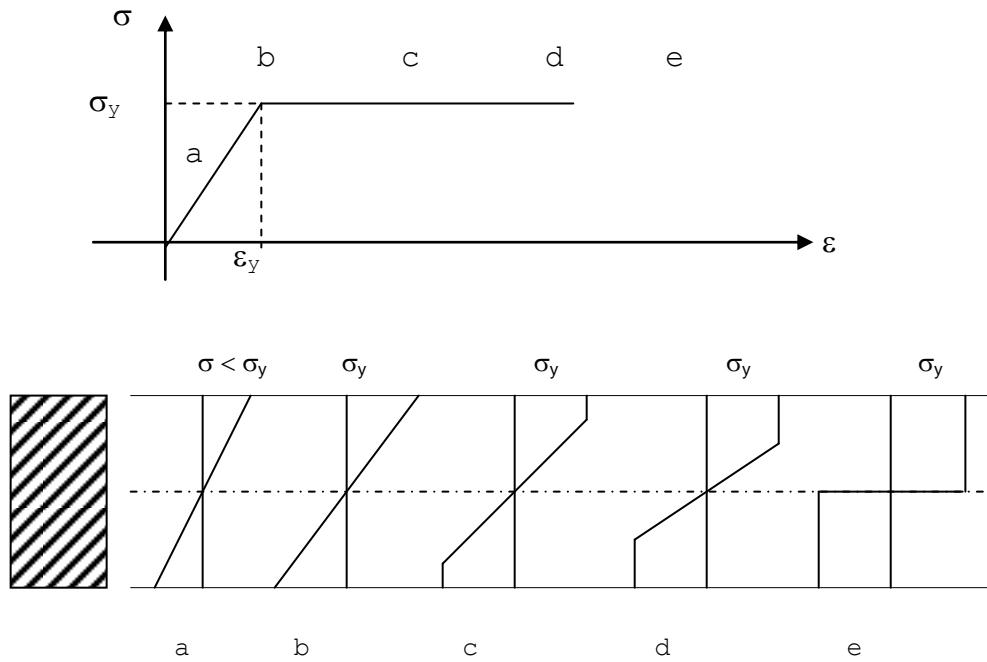


Diagram tegangan

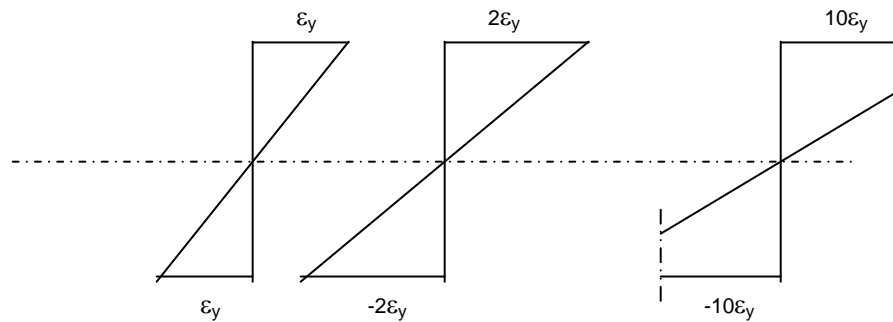


Diagram regangan

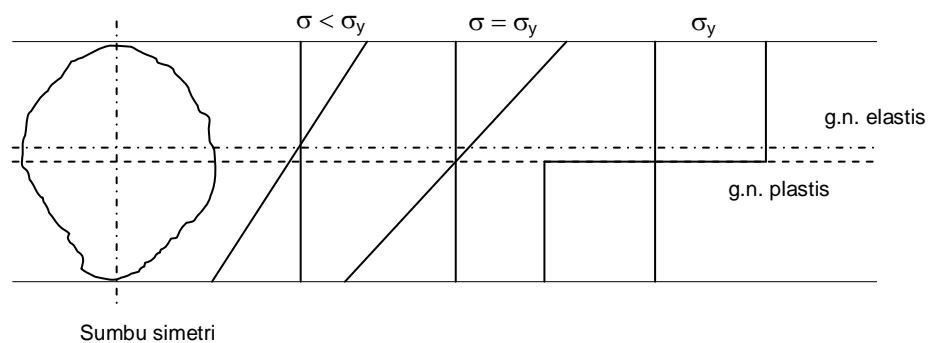
Jika tegangan maksimum belum mencapai tegangan leleh, distribusi tegangan-regangan dari semua penampangnya berupa garis lurus Gambar (a), artinya linier dan nol pada garis netral. Tegangan tarik maksimum pada serat bawah dan tegangan tekan maksimum pada serat atas.

Gambar b. menyatakan tegangan dan regangan pada serat teluar mencapai kondisi leleh, disini momennya sudah momen leleh (yield moment) M_y .

Gambar c) dan d) apabila beban diperbesar lagi maka tegangan leleh menjalar ke serat lebih dalam, disini tidak ada tegangan yang lebih besar dari tegangan leleh, tetapi momen dalam bertambah terus (karena gaya dalam bertambah terus)

Gambar e) menunjukkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh, momen dalam menjadi maximum dan merupakan momen plastis (M_p). Dalam keadaan ini pada titik tersebut telah terjadi sendi plastis (rotasi cukup besar). Zero strain axis = equal area axis.

Pada Penampang tidak simetris letak garis netral saat kondisi plastis tidak berimpit (tidak sama) dengan garis netral kondisi elastis.



Momen pertama yang menjadikan bentuk keadaan leleh adalah momen leleh.

$$M = M_y = \sigma_y \frac{I}{Y_l} = \sigma_y S$$

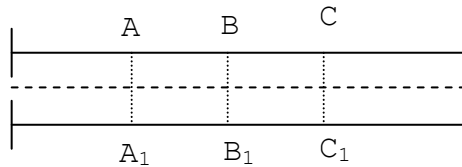
I = momen inersia penampang sekitar sumbu netral

Y_l = jarak terjauh dari sumbu netral

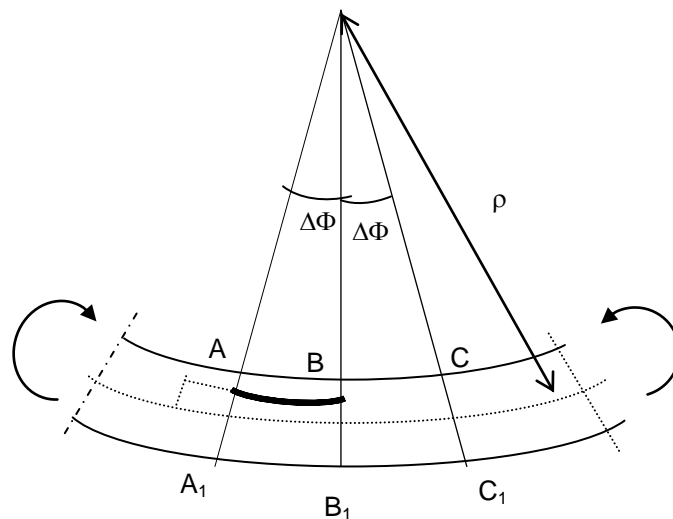
S = modulus elastis penampang

5. Hubungan Momen - Kelengkungan

Pada saat terjadi sendi plastis struktur berotasi tak terbatas : sisi atas A-B-C tertekan, sisi bawah A₁-B₁-C₁ tertarik.



Kondisi sebelum mengalami beban



Saat gaya luar bekerja balok akan melentur

Anggapan : Material yang homogen, mengalami lentur murni, bidang rata tetap rata dan selalu tegak lurus serat memanjang.

$$ab = (\rho - y)\Delta\phi$$

$$a_1 b_1 = \rho \Delta\phi$$

$$\text{regangan : } \varepsilon = \frac{ab - a_1 b_1}{a_1 b_1} = \frac{(\rho - y)\Delta\phi - \rho\Delta\phi}{\rho\Delta\phi} = -\frac{y}{\rho}$$

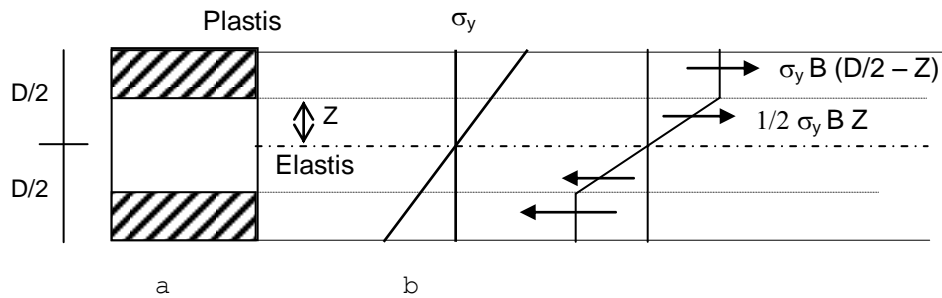
dimana :

$1/\rho$ = kelengkungan

(-) = bagian diatas garis netral adalah tekan

(+) = dibawah garis netral adalah tarik

Tinjau gambar, dimana sebagian balok sudah terjadi tegangan leleh, tetapi masih ada bagian yang elastis.



Maka momen dalam penampangnya :

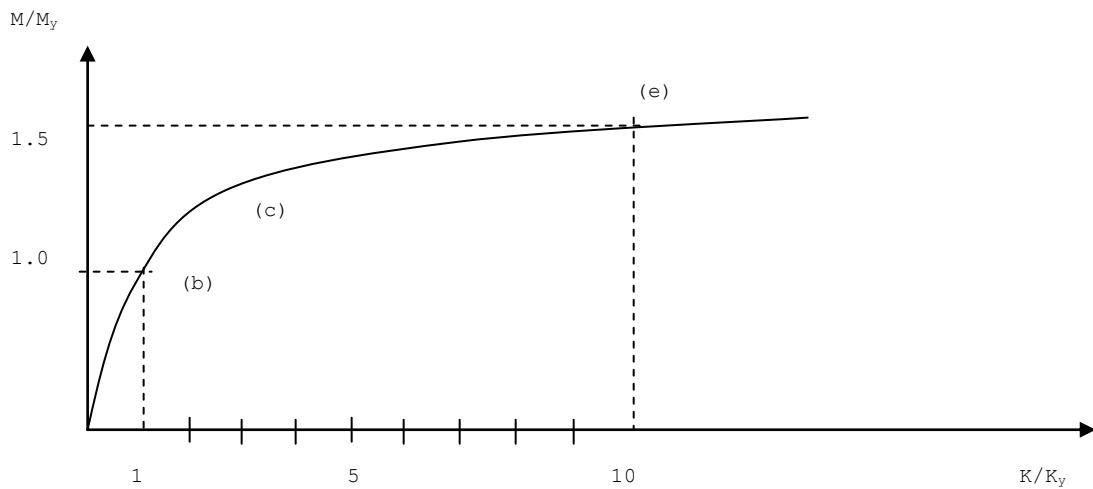
$$M = \sigma_y B \left(\frac{D^2}{4} - \frac{Z^2}{3} \right)$$

jika $Z = D/2$

$$M_y = \frac{1}{6} B D^2 \sigma_y \quad , \text{ disebut sebagai momen leleh}$$

$$M_y = S \sigma_y \quad , \text{ dimana : } S = \frac{1}{6} B D^2$$

Selanjutnya dibuat kurva Hubungan Momen dan Kelengkungan.



$K = E_y / z$, $z \cong 0$ maka : $K \infty$, seluruh serat penampang mencapai kondisi plastis.

$$M_p = 1.5 M_y = \frac{1}{4} B D^2 \sigma_y \quad (\text{untuk penampang segiempat})$$

Perbandingan M_p dg M_y ... peningkatan kekuatan penampang

$$f = \frac{M_p}{M_y} = \frac{Z}{S} = 1.5, \quad f = \text{faktor bentuk}$$

Pengertian : Dengan peninjauan plastis kapasitas penampang menjadi 50 % lebih besar dari pada peninjauan elastis.