

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tegangan

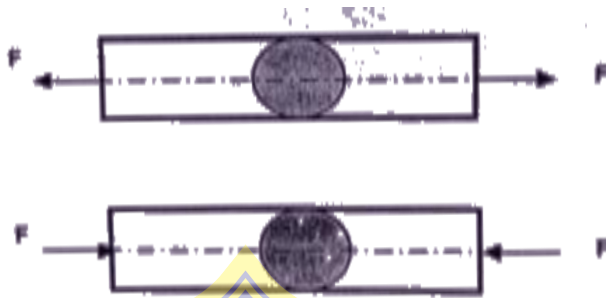
Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya normal tiap satuan luas, dan tegangan ini dianggap terbagi merata pada luas penampang melintang bagian benda. Tegangan timbul akibat adanya beban atau gaya yang bekerja pada sebuah benda atau material. Dalam benda atau material itu sendiri ada tegangan ijin yang besarnya ditentukan oleh tegangan yield point material dan faktor keamanan (s_f) yang diambil. Dari kedua tegangan inilah akan diperoleh dimensi yang terkecil namun aman terhadap gaya atau beban yang bekerja pada benda tersebut.

Tegangan-tegangan yang akan timbul dalam perhitungan / perencanaan Elemen Mesin terdiri dari :

1. Tegangan tarik dan tekan (*Tensile dan Compression Stress*).
2. Tegangan geser (Shears Stress) di sini termasuk tegangan punter (*Torsional Stress*).
3. Tegangan bending / lengkung (*Bending Stress*).
4. Tegangan kombinasi (*Combination Stress*).

2.1.1 Tegangan Tarik dan Tekan

Sesuai dengan nama yang diberikan, tegangan tarik bila gaya menarik benda, sedangkan tegangan tekan bila gaya menekan benda sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1. Besarnya tegangan tarik (σ) dan tegangan tekan (σ_c) yang terjadi dapat dinyatakan dengan persamaan (2-1) dan (2-2).



Gambar 2.1 Tegangan Tarik dan Tegangan Tekan

$$\sigma_t = \frac{F}{A}, \sigma_t = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (F = \text{gaya tarik}) \quad (2-1)$$

$$\sigma_t = \frac{F}{A}, \sigma_t = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (F = \text{gaya tekan}) \quad (2-2)$$

Dimana : F = besarnya gaya yang bekerja, sering memakai satuan : N, lbf, kgf

A = luas penampang, satuan yang sering dipakai : cm², in², mm²

d=diameter batang, sering memakai satuan : cm, in, mm

Tegangan akan mempunyai satuan yang berbeda-beda, mengikuti satuan F dan satuan A. Bila F bersatuan N dan A bersatuan m², maka tegangan mempunyai satuan N/m² yang disebut Pascal (Pa). Bila F bersatuan lbf dan A bersatuan in², maka tegangan mempunyai satuan lbf/in² yang sering disingkat "psi" (*pount per square in*). Bila F bersatuan kgf dan A bersatuan cm², maka tegangan mempunyai satuan kgf/cm² yang sering disebut Bar.

Pertanyaannya :

- a. Sebutkan satuan tegangan yang lain, selain tersebut di atas.

- b. Besaran apa yang satuannya sama dengan tegangan?
 c. Apa bedanya kg dan kgf?

Selanjutnya untuk memperoleh dimensi / ukuran dari material yang mendapat tegangan tersebut, maka dibuat persamaan “syarat-syarat” yang menyatakan bahwa : **tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijin**, secara matematis untuk tegangan tarik dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\sigma_t = \frac{4.F}{\pi.d^2} \leq |\sigma_l| \quad \text{atau} \quad \frac{4.F}{\pi.d^2} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4.F.sf}{\pi.\sigma_{yp}}} \quad (2-3)$$

Bagaimana persamaan matematisnya untuk tegangan kompresi?

Kemudian buatlah persamaan untuk menghitung diameternya?

2.1.2 Tegangan Geser

Tegangan geser juga didefinisikan sebagai gaya per satuan luas, namun gaya yang bekerja adalah gaya geser, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.



- a. Tegangan geser satu sisi b. Tegangan geser dua sisi

Gambar 2.2 Gaya geser satu sisi (single shear) dan dua sisi (double shear)

Bila luas penampang batang ($l.t$), maka besarnya tegangan geser dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau_s = \frac{F}{l \cdot t} \quad (\text{untuk single shear}) \quad (2-4a)$$

$$\tau_s = \frac{F}{2 \cdot l \cdot t} \quad (\text{untuk double shear}) \quad (2-4b)$$

Di mana $l.t$ = luasan (l = lebar dan t = tebal)

Dari tabel material, sifat mekanis yang diketahui adalah Yield Point Stress (σ_{yp}) dan Ultimate Strength (σ_u) yang didapatkan dari hasil uji tarik. Bagaimana kemampuan terhadap tegangan gesernya? Secara umum (*general*) tidak bias dipastikan, namun secara khusus hubungan tersebut sudah dapat dipastikan, sebagai contoh dapat dilihat berikut ini :

Jika σ_{yp} yang diketahui, maka :

Wrought steel : $\sigma_{syp} = 0,58 \sigma_{yp}$

Al dan Al Alloys : $\sigma_{syp} = 0,55 \sigma_{yp}$

Jika σ_u yang diketahui, maka :

Wrought steel : $\sigma_{su} = 0,82 \sigma_u$

Al dan Al Alloys : $\sigma_{su} = 0,65 \sigma_u$

Cast Iron : $\sigma_{su} = 1,30 \sigma_u$

Copper and Al-alloy : $\sigma_{su} = 0,90 \sigma_u$

Malleable Steel : $\sigma_{su} = 0,90 \sigma_u$

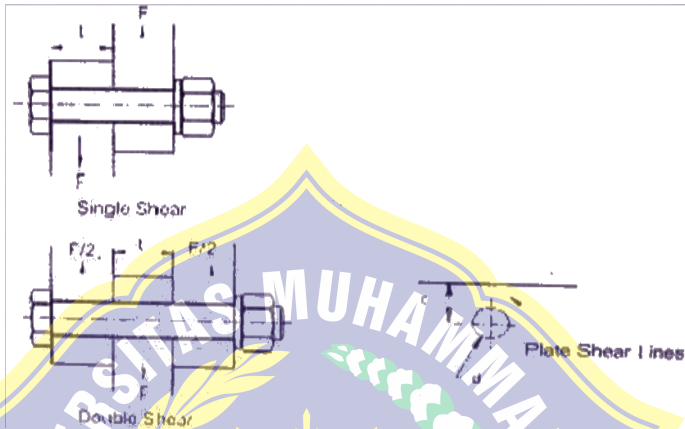
Dalam aplikasinya, hubungan antara tegangan-tegangan tersebut secara umum sering memakai hubungan sebagai berikut :

$$\sigma_{syp} = k_s \cdot \sigma_{yp} \quad \text{dimana : } k_s = (0,6 - 0,8)$$

$$\sigma_{cyp} = k_c \cdot \sigma_{yp} \quad \text{dimana : } k_c = (1,0 - 1,2)$$

$$\sigma_{byp} = k_b \cdot \sigma_{yp} \quad \text{dimana : } k_b = (0,8 - 1,0)$$

Berikut ini akan ditampilkan beberapa konstuksi yang di dalamnya terjadi tegangan geser.



Gambar 2.3 Baut mendapat tegangan geser (single shear) dan (double shear)

Untuk sementara anggap baut mempunyai diameter d , maka buatlah persamaan untuk menghitung berapa besar diameter tersebut.



(a)

(b)

Gambar 2.4 Baut mendapat tegangan geser

Bila besarnya gaya F , maka buatlah persamaan berapa besarnya tegangan yang terjadi pada baut tersebut (untuk Gambar a dan Gambar b). Kemudian bila besarnya gaya $F = 8.000$ lbf. Dan baut terbuat dari baja ST-37, maka hitunglah besarnya diameter baut tersebut, anggap beban statis.

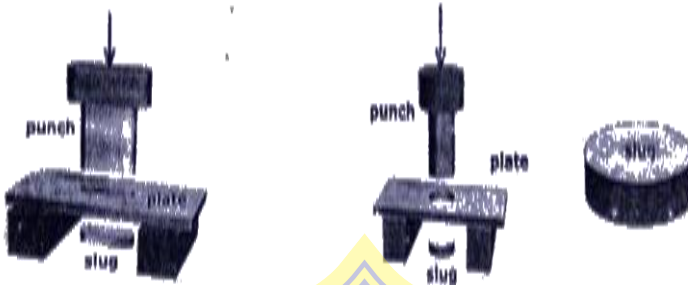


Gambar 2.5 Keling mendapat tegangan geser

Bila P adalah gaya, maka buktikan bahwa tegangan geser yang terjadi pada keling tersebut adalah $\tau = \frac{P}{R}$, dimana R adalah jari-jari keling. Pada keling tersebut dikenal istilah tegangan bearing (adalah besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas dalam bentuk proyeksi-luasan, jadi luasannya adalah $b \times d$).

Bila besarnya gaya $P = 1000$ N kondisi dinamis, dan keeling terbuat dari bahan baja AISI 1020 N maka berapa besarnya diameter keling tersebut. Hitung juga besarnya tegangan bearing bila tebal pelat 4 cm.

Berikut ini akan ditunjukkan tegangan geser yang terjadi pada proses pemotongan plate dengan punch, proses pemotongan ini adalah termasuk tegangan geser.



Gambar 2.6 Tegangan geser terjadi pada plate akibat gaya dari punch

2.1.3 Tegangan Bending

Di bawah ini adalah contoh dari sebuah batang yang mendapat tegangan bending (σ_b) yang diakibatkan karena adanya gaya (F) yang bekerja pada sebuah batang dengan luas penampang (A). Besarnya tegangan bending ke arah A sama dengan ke arah B, dan besarnya bending ke arah C sama dengan ke arah D.

- a. Bila bendingnya ke arah A (ke bawah)

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (2-5a)$$

Dimana : M_b = Momen Bending (, lbf . in

W_b = Momen tahanan bending, ($\frac{I}{Y}$), in³

I = Momen Inersia, in⁴

(Besarnya tergantung bentuk permukaan, dapat dilihat pada tabel momen inersia)

Y = Jarak yang diukur dari permukaan ke sumbu netral, in

Sehingga besarnya momen tahanan bending dapat dinyatakan :

$$W_b = \frac{I}{Y} = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{1}{2}h} = \frac{1}{6}bh^2$$



Gambar 2.7 Tegangan Bending

Jadi, besarnya tegangan bending dapat dinyatakan :

$$\sigma_b = \frac{6M_b}{bh^2} \quad (2-5b)$$

- b. Bila bendingnya ke arah B
 Dengan cara seperti di atas, besarnya tegangan bending dapat dinyatakan :

$$\sigma_b = \frac{6M_b}{bh^2} \quad (\text{besarnya sama dengan ke arah A})$$

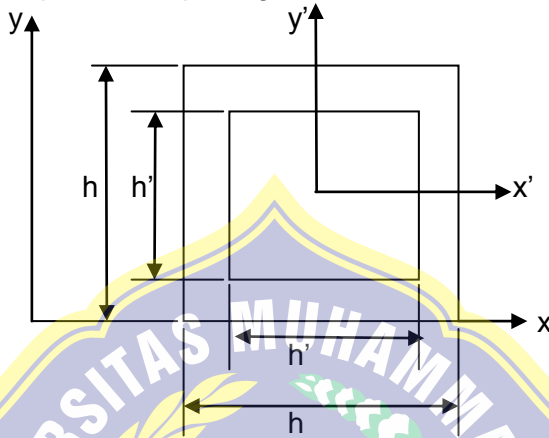
- c. Bila bendingnya ke arah C atau D

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad \text{Dimana : } W_b = \frac{I}{Y} = \frac{\frac{1}{12}bh^3}{\frac{1}{2}h} = \frac{1}{6}bh^2$$

$$\text{Jadi, } \sigma_b = \frac{6M_b}{bh^2} \quad (2-5c)$$

- d. Inersia untuk material hollow square

Untuk luas penampang yang merupakan besi hollow persegi dapat di lihat pada gambar di bawah ini.



gambar 2.8 Penampang hollow

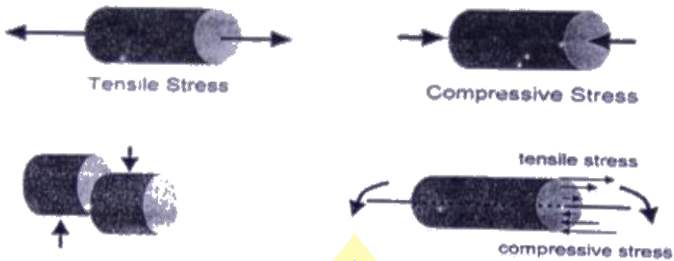
Dengan adanya dimensi dari penampang rangka hollow square maka dapat dicari momen inersia luas penampang. Untuk luas penampang persegi rumus inersia luas penampangnya adalah:

$$I_{X'} = \frac{1}{12}bh^3 \quad (2-5d)$$

Maka dari persamaan diatas, dapat dicari momen inersia luas penampang hollow square adalah :

$$I = I_{X'} = \frac{1}{12}bh^3 - \frac{1}{12}b'h'^3 \quad (2-5e)$$

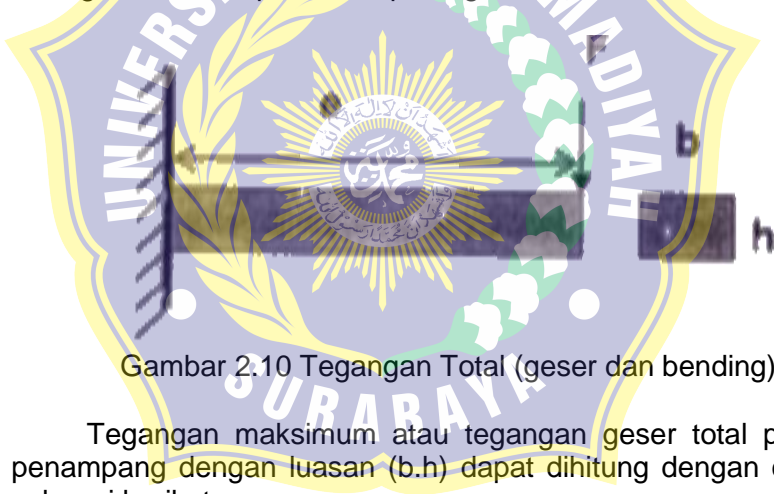
Tegangan tarik, kompresi dan geser secara jelas dinyatakan dengan gaya per satuan luas, namun untuk tegangan bending dinyatakan dengan momen bending dibagi momen tahanan bending seperti yang telah dinyatakan dalam persamaan 2-5. Ternyata tegangan bending merupakan gabungan dari tegangan tarik dan kompresi, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.9 Tegangan tarik kompresi, geser dan bending

2.1.4 Tegangan Geser Total

Tegangan geser total merupakan penjumlahan (secara vektor) antara tegangan geser dengan tegangan yang lain. Sebagai contoh dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.10 Tegangan Total (geser dan bending)

Tegangan maksimum atau tegangan geser total pada penampang dengan luasan ($b \cdot h$) dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- a. Akibat Bending

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \quad (2-7a)$$

Dimana : M_b = Momen Bending ($M_b = F \cdot e$)

W_B = Momen tahanan bending, $(\frac{I}{Y})$, in^3

b. Akibat geser $\tau = \frac{F}{A}$ $A = b \cdot h$ (2-7b)

c. Tegangan geser total:

$$\tau_s = \sqrt{\left(\frac{M_b}{W_B}\right)^2 + \left(\frac{F}{A}\right)^2} \rightarrow (\text{Penjumlahan skalar}) \quad (2-7c)$$



Gambar 2.11 Bentuk permukaan akibat tegangan punter

Akibat adanya torsi, maka timbul : shear-strain, shear stress dan angle of twist pada poros atau batang.

Shear Strain (radians), $\epsilon_s = r \cdot \theta / L$

Shear Stress (MPa), $\sigma_s = T \cdot r / J$

Angle of Twist (radians), $(J \cdot G)$

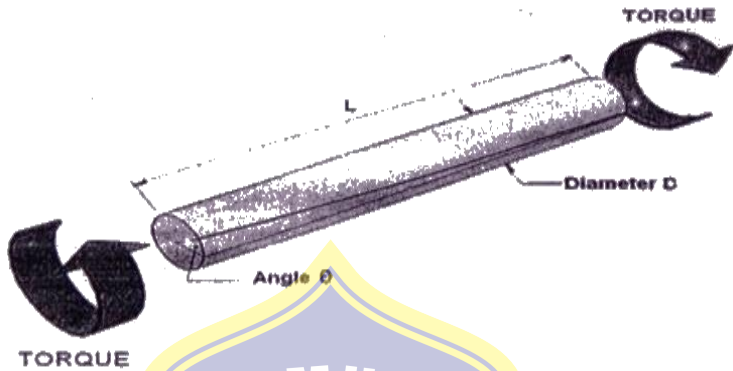
Dimana : L = Gauge length (mm)

r = Radius (mm)

G = Shear Modulus (MPa)

T = Torque (Nm)

J = Polar Moment of Inertia (mm⁴), untuk silinder, $J = 32$



Gambar 2.12 Angle of Twist akibat tegangan puntir

Besarnya tegangan puntir yang terjadi dapat dianalisa sebagai berikut. Perhatikan gambar di bawah ini, akibat adanya gaya F yang bekerja pada pinggir lingkaran yang berjari-jari (r), maka pada batang tersebut terjadi tegangan puntir.



Gambar 2.13 Contoh Tegangan Puntir

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} \quad (2-7d)$$

Dimana : = Momen Torsi, lbf . in
 = (dimana = jari-jari, in)
 = Momen tahanan polar, in³

$$W_t = \frac{J}{Y} = \frac{J}{0,5D}$$

Dimana : = Momen Inersia Polar, in⁴
 (besarnya tergantung dari bentuk penampang benda)

$$J = \frac{\pi \cdot D^4}{32} \text{ (untuk penampang lingkaran penuh)}$$

$$J = \frac{\pi(D_0^4 - D_1^4)}{32} \text{ (untuk penampang lingkaran berlubang)}$$

Jadi besarnya, tegangan puntir untuk penampang lingkaran penuh dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_t = \frac{F \cdot r}{\pi \cdot D^2} = \frac{16 \cdot F \cdot r}{\pi \cdot D^3} \quad (2-7e)$$

2.1.5 Tegangan Ijin dan Syarat Aman

Tegangan yang terjadi telah dibahas di depan, beikut ini akan dibahas tegangan ijin dari bahan / material yang besarnya ditentukan oleh tegangan yield point dan faktor keamanan.

a. Tegangan ijin tarik

$$|\sigma_t| = \frac{\sigma_{yp}}{sf} \quad (2-8a)$$

b. Tegangan ijin kompresi

$$|\sigma_c| = \frac{\sigma_{cyp}}{sf} = \frac{k_s \cdot \sigma_{yp}}{sf} \quad (2-8b)$$

c. Tegangan ijin geser

$$|\tau_s| = \frac{\sigma_{syp}}{sf} = \frac{k_s \cdot \sigma_{yp}}{sf} \quad (2-8c)$$

d. Tegangan ijin bending

$$|\sigma_b| = \frac{\sigma_{byp}}{sf} = \frac{k_b \cdot \sigma_{yp}}{sf} \quad (2-8d)$$

Supaya perencanaan aman, maka besarnya tegangan yang terjadi harus lebih kecil atau sama dengan tegangan ijinnya. Sebagai contoh untuk tegangan tarik, tegangan kompresi, tegangan geser dan tegangan bending yang bekerja pada penampang lingkaran, dapat dinyatakan dengan persamaan-persamaan berikut ini :

a. Untuk tegangan tarik

$$\sigma_t \leq |\sigma_t| \quad (2-9a)$$

$$\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf}$$

b. Untuk tegangan kompresi

$$\sigma_c \leq |\sigma_c| \quad (2-9b)$$

$$\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{cyp}}{sf}$$

c. Untuk tegangan geser

$$\tau_s \leq |\tau_s| \quad (2-9c)$$

$$\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{syp}}{sf}$$

d. Untuk tegangan bending

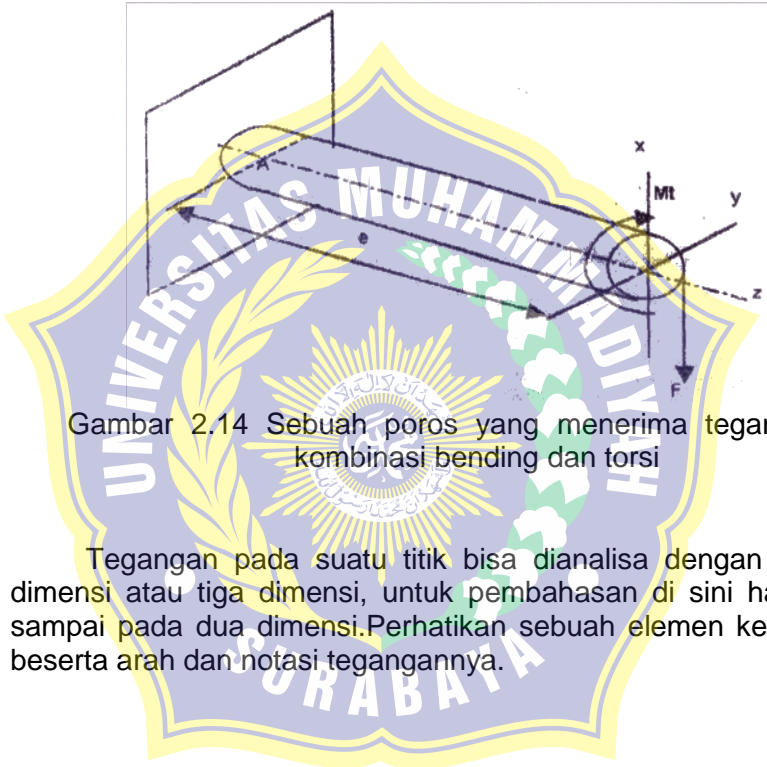
$$\sigma_b \leq |\sigma_b| \quad (2-9d) \quad \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq$$

$$\frac{\sigma_{byp}}{sf}$$

- e. Berdasarkan persamaan 2.9 tersebut, buat persamaan untuk mendapatkan besarnya diameter. Ternyata besarnya diameter tergantung pada apa saja?

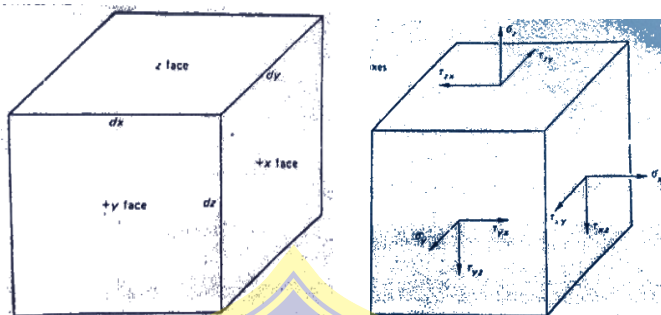
2.1.6 Tegangan Kombinasi

Tegangan kombinasi merupakan gabungan dari beberapa tegangan yang bekerja pada suatu benda, misalnya gabungan antara bending dan momen torsi.

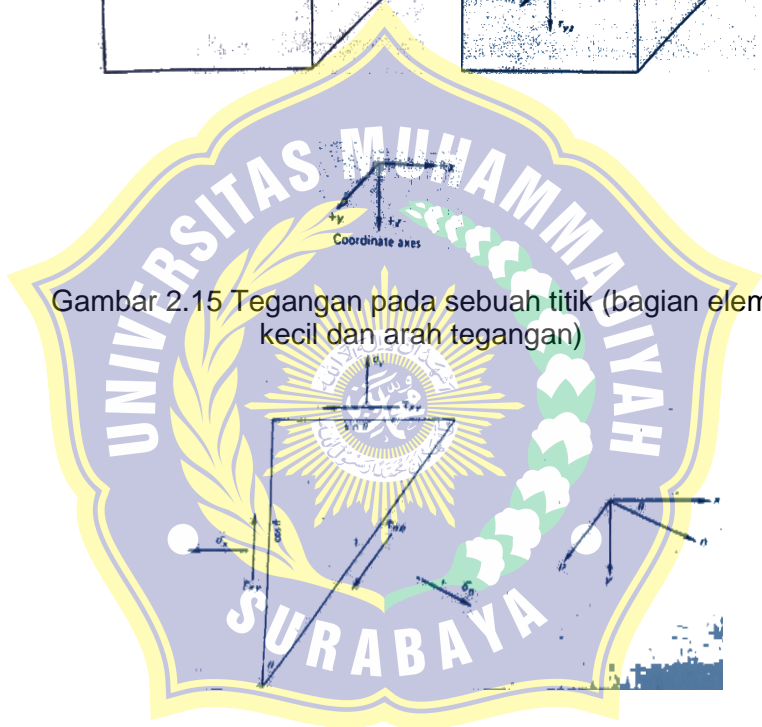


Gambar 2.14 Sebuah poros yang menerima tegangan kombinasi bending dan torsi

Tegangan pada suatu titik bisa dianalisa dengan dua dimensi atau tiga dimensi, untuk pembahasan di sini hanya sampai pada dua dimensi. Perhatikan sebuah elemen kecil (Δ) beserta arah dan notasi tegangannya.



Gambar 2.15 Tegangan pada sebuah titik (bagian elemen kecil dan arah tegangan)



Gambar 2.16 Medan Stress (Stress Field) pada suatu titik

Daya keseimbangan gaya, maka besarnya normal stress dan shear stress dapat dinyatakan dengan persamaan :
(Deutsment, 1995 : 303)

$$\sigma_n = \sigma_x \cos^2 \theta + 2 \cdot \tau_{xy} \sin \theta \cdot \cos \theta + \sigma_y \sin^2 \theta$$

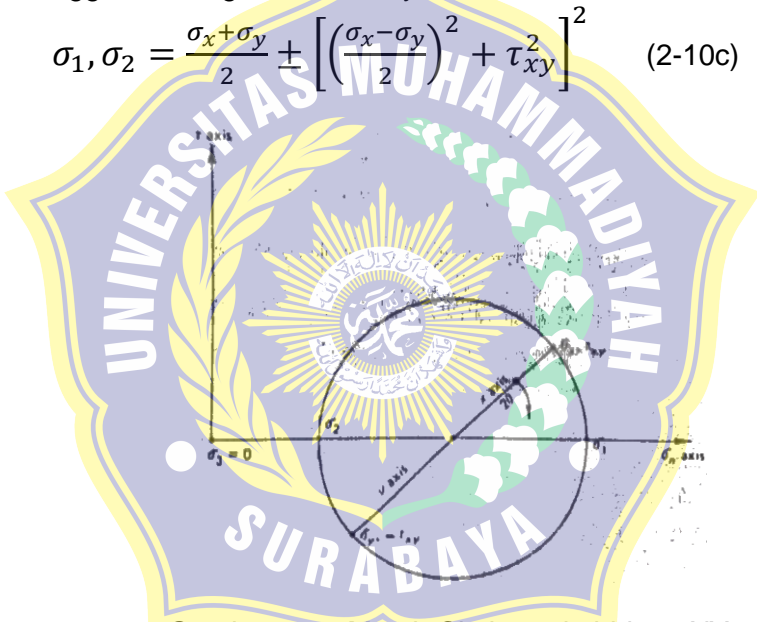
(2-10a)

$$\tau_{np} = (\sigma_y - \sigma_x) \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta + \tau_{xy} (\cos^2 \theta - \sin^2 \theta)$$

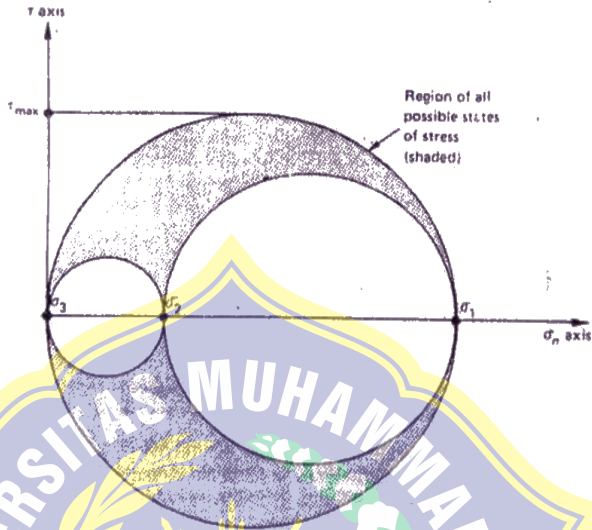
(2-10b)

Besarnya tegangan utama (principle stress) dapat dihitung dengan persamaan (2-10c) atau dengan cara menggambar lingkaran Mohrnya.

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2 \right]^{1/2} \quad (2-10c)$$



Gambar 2.17 Morch Circle pada bidang XY



Gambar 2.18 Maksimum Shear Stress

Tegangan utama dan (*maximum and minimum principal normal stress*) dapat juga dinyatakan dengan persamaan yang lain, yaitu :

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (2-11a)$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (2-11b)$$

Besarnya tegangan maksimum geser (*maximum shear stress*) pada suatu titik dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_s \max = \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (2-12)$$

Selisih antara σ_1 dan σ_2 diperoleh dari persamaan

$$\sigma_1 - \sigma_2 = \pm \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2} \quad (2-13)$$

Dengan membandingkan persamaan (2-12) dan (2-13), diperoleh besarnya tegangan geser maksimum dalam bentuk yang lebih sederhana.

$$\tau_{s \max} = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2) \quad (2-14)$$

Untuk tegangan geser-murni (pure-shear) pada bidang $x - y$, sehingga $\sigma_x = \sigma_1 = 0$, maka :

$$\sigma_1 = \tau_{\max}$$

Kembali ke Gambar 2.14, pada gambar tersebut poros menerima tegangan bending maksimum di titik A, juga menerima tegangan geser yang berasal dari tegangan momen torsi yang besarnya sama di sepanjang poros. Dengan asumsi arah tegangan hanya satu dimensi yaitu ke arah sumbu X, maka sama dengan nol, sehingga persamaan (2-10c) menjadi :

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2-15)$$

Tegangan geser maksimumnya dapat dinyatakan dengan persamaan (2-13) atau (2-16) [Deutsment, 1995: 338]

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad (2-16)$$

Dimana: $\sigma_x = \sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{F \cdot e}{\frac{1}{32}\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot F \cdot e}{\pi \cdot d^3}$ (akibat bending)

$\tau_{xy} = \frac{M_1}{W_1} = \frac{F \cdot 0,5d}{\frac{1}{16}\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot F \cdot e}{\pi \cdot d^3}$ (akibat torsi)

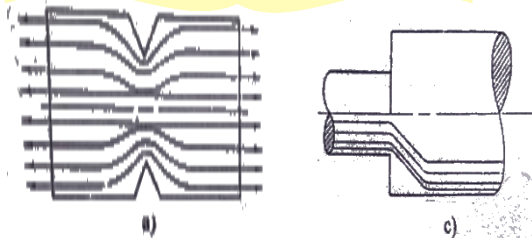
$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{16.F.e}{\pi.d^3}\right)^2 + \left(\frac{16.F.e}{\pi.d^3}\right)^2} \quad (2-17)$$

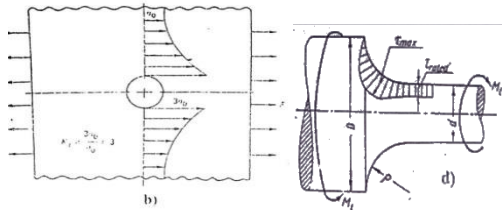
2.1.7 Konsentrasi Tegangan

Konsentrasi tegangan adalah tegangan lokal yang terjadi pada suatu tempat (dalam suatu benda) yang lebih besar daripada tegangan nominalnya karena adanya perubahan dimensi, seperti : pengecilan penampang, lubang, irisan atau sobekan dan sebagainya, di tempat-tempat ini akan terjadi kerusakan terlebih dahulu dibandingkan dengan tempat-tempat lain. Dalam perencanaan suatu mesin, konsentrasi tegangan ini perlu diperhatikan dan diperhitungkan agar perencanaan dapat lebih aman. Hal-hal yang dapat menyebabkan timbulnya konsentrasi tegangan antara lain :

- a. Adanya perubahan ukuran dalam perencanaan.
- b. Adanya lubang-lubang dalam perencanaan.
- c. Adanya tekuan atau irisan dalam perencanaan.
- d. Adanya kelainan-kelainan dalam material, seperti : non metal yang menyusup, crak (retak), kavitas, keropos, dan lain-lain.
- e. Adanya faktor pengerjaan akhir pada permukaan (surface finish) yang kurang memperhatikan adanya faktor-faktor yang menimbulkan konsentrasi tegangan.

Berikut ini adalah beberapa contoh konsentrasi tegangan yang disertai garis-garis aliran tegangannya (**stress flow lines**)





Gambar 2.19 Beberapa contoh konsentrasi tegangan
 a. Irisan c. Pengecilan penampang
 b. Lubang d. Poros mengalami perubahan diameter

Dari gambar tersebut di atas nampak bahwa pada tempat-tempat tertentu mempunyai garis-garis aliran tegangan yang lebih padat. Inilah yang mengakibatkan pada tempat-tempat tersebut akan mengalami kerusakan terlebih dahulu karena pada tempat-tempat tersebut menerima tegangan yang lebih besar.

Perbandingan antara tegangan maksimum yang timbul di tempat terjadinya konsentrasi tegangan dengan tegangan nominalnya disebut faktor konsentrasi tegangan (*stress concentration factor*). Nilai faktor konsentrasi tegangan ini banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor yang besarnya dapat dilihat pada lampiran dalam bentuk grafik.

- a. Untuk tegangan tarik

$$Kt = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_o} \quad (2-18a)$$

- b. Untuk tegangan geser

$$Kt = \frac{\tau_{max}}{\tau_o} \quad (2-18b)$$

Faktor konsentrasi tegangan (dan) pada persamaan di atas adalah secara teoritis, yang maksudnya adalah bila materialnya dianggap homogeny dan bebas dari kerusakan permukaan (*uniformly homogeneous and free of surface marks*). Tetapi kenyataannya, material tidak seperti itu, oleh

karena itu ada konsentrasi tegangan lagi yang disebut ketidakhomogennya material (***fatigue stress concentration factor***) atau ***effective stress concentration factor*** (dan).

- a. Untuk tegangan tarik

$$Kf = \frac{\sigma_u}{\sigma_{uc}} \quad (2-19a)$$

Dimana : σ_{uc} = ***ultimate strength*** karena adanya konsentrasi tegangan

- b. Untuk tegangan geser

$$Kt = \frac{\tau_u}{\tau_{uc}} \quad (2-19b)$$

Dimana : τ_{uc} = ***shear ultimate strength*** karena adanya konsentrasi tegangan

2.2 SAMBUNGAN LAS

Sambungan las (***welding joint***) banyak digunakan pada penyambungan peralatan-peralatan di mesin. Beberapa keuntungan sambungan las bila dibandingkan dengan sambungan keling :

- Lebih cepat pengerjaannya.
- Dapat memungkinkan pelaksanaan sambungan, tanpa tumpukan alat.
- Untuk sambungan seperti : tangki, pipa-pipa dan sebagainya, lebih baik karena kedap air.
- Peralatan las dapat berpindah-pindah.
- Dapat mencapai tempat-tempat yang sulit dijangkau.

2.2.1 Tipe Sambungan Las

Secara garis besar, sambungan las dibedakan menjadi lima, yaitu :

- Butt Joint*** (sambungan tumpuk).
- Corner Joint*** (sambungan bentuk sudut).

- c) *Edge Joint* (sambungan bentuk sudut).
- d) *Lap Joint* (sambungan tumpang).
- e) *Tee Joint* (sambungan bentuk T).

Kelima tipe sambungan las tersebut adalah tipe dasar, yang pada akhir-akhir ini sudah berkembang dengan berbagai variasi tipe sambungan. Untuk melihat lebih lengkap kelima sambungan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 2.

2.2.2 Tipe Beban dan Penempatan Beban

Ditinjau dari penempatan beban yang akan diberikan pada sambungan las, dapat dibedakan :

- a) Beban yang ditempatkan sedemikian rupa, sehingga beban dianggap terbagi merata pada seluruh panjang las dan atau merata pada seluruh panjang efektif las. Pada tipe ini, garis kerja gaya (beban) melewati titik berat (G) susunan las.
- b) Beban yang ditempatkan secara eksentrik (Exentric Loading) sehingga beban tidak merata pada seluruh panjang las, di satu tempat terjadi beban maximum dan di tempat lain terjadi beban minimum. Pada tipe ini, garis kerja gaya (beban) tidak melewati titik-berat (G) susunan las.

2.2.3 Tegangan Luluh (Yield) Kawat Las

Dalam penggunaan kawat las (electrode) terdapat elektrode yang sudah dilengkapi dengan tabel yang menyatakan bahwa sambungan las akan mempunyai tegangan ultimate (σ_u) atau tegangan yield (σ_{yp}) tertentu, yang secara umum dinyatakan seperti di bawah ini :

E60xx group mempunyai $\sigma_u = 60.000$ psi, $\sigma_{yp} = 50.000$ psi

E70xx group mempunyai $\sigma_u = 70.000$ psi, $\sigma_{yp} = 60.000$ psi

E100xx group mempunyai $\sigma_u = 100.000$ psi, dan sebagainya

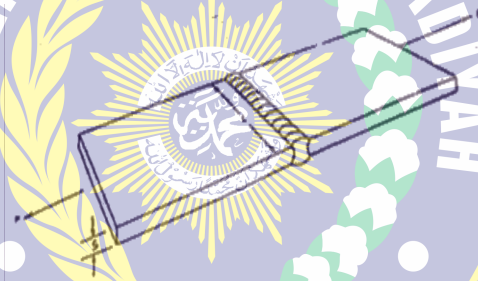
Sebagai contoh : E6011 mempunyai $\sigma_u = 43,6$ kg/mm²,
 $\sigma_{yp} = 35,2$ kg/mm²

2.2.4 Perhitungan Sambungan Las

Berikut ini akan diberikan beberapa contoh perhitungan sambungan las, seperti : butt joint, lap joint, dan beberapa konstruksi untuk beban statis dengan arah beban simetris.

a. Butt Joint

Sambungan las Butt Joint dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.20 Sambungan **Butt Joint**

Tegangan yang terjadi akibat beban P seperti pada gambar di atas adalah tegangan tarik atau tegangan tekan, sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

1. Persamaan tegangan tarik

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{L \cdot s} \leq \frac{S_{yp}}{sf} \quad (2-20)$$

2. Persamaan tegangan tekan

$$\sigma_c = \frac{P}{A} = \frac{P}{L \cdot s} \leq \frac{S_{ypc}}{sf} \quad (2-21)$$

b. Lap Joint

Di bawah ini adalah salah satu contoh dari lap joint dengan dua deret las, kanan dan kiri.



Gambar 2.21 Sambungan Lap Joint

Akibat gaya P tersebut mengakibatkan tegangan geser pada alas. Sehingga dapat ditulis persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \tau_s &= \frac{P}{A} \text{ dimana : } A = 2 \cdot tw \cdot L \\ &= 2 (h \cdot \cos 45) L \\ &= 2 \cdot 0,707 \cdot h \cdot L \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, : } \frac{P}{2 \cdot x \cdot 0,707 \cdot h \cdot L} \leq \frac{S_{ypc}}{sf} \quad (4-3)$$

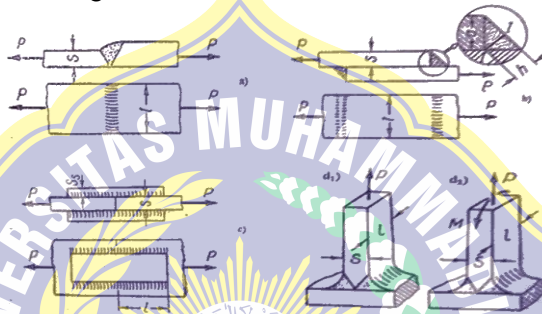
Dimana : L = panjang efektif las

h = tinggi las atau kaki las

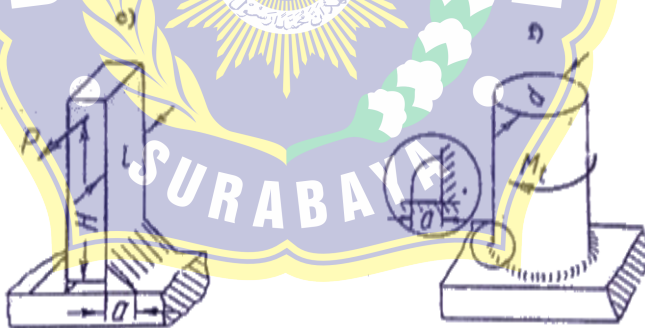
t_w = (throat dimension), tinggi las efektif atau kaki las efektif

2.2.5 Sambungan Las untuk Beban Statis dengan Arah Beban Simitris

Pada sub bab ini akan dicari persamaan untuk perhitungan beberapa contoh sambungan las sebagaimana ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.



Gambar 2.22a Beberapa konstruksi sambungan las dengan beban sentris



Gambar 2.22b Beberapa konstruksi sambungan las dengan beban momen (kaki las atau tinggi las diberi simbol "a" tidak seperti Gambar 2.21 yang diberi simbol "h")

1. Konstruksi Sambungan (a)

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{L \cdot s} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf} \quad (2-22)$$

2. Konstruksi Sambungan (b)

$$\tau_s = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot a \cdot \cos 45^\circ \cdot L} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf} \quad (2-23)$$

3. Konstruksi Sambungan (c)

$$\tau_s = \frac{P}{A} = \frac{P}{4 \cdot a \cdot \cos 45^\circ \cdot L} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf} \quad (2-24)$$

4. Konstruksi Sambungan

5. (d_1 dan d_2)

$$\sigma_t = \frac{P}{A} = \frac{P}{L \cdot s} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf} \quad (2-25a)$$

Untuk konstruksi sambungan, dengan adanya gaya tarik (P) dan momen bending M_b , maka besarnya tegangan totalnya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\tau_{tot} = \frac{P}{L \cdot s} + \frac{M_b}{W_b} = \frac{P}{L \cdot s} + \frac{6 \cdot M_b}{L^2 \cdot s} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf} \quad (2-25b)$$

6. Konstruksi Sambungan (e)

$$\tau_1 = \frac{P}{A} = \frac{P}{2 \cdot h \cdot L} \quad (\text{akibat tegangan geser langsung}) \quad (2-26a)$$

$$\tau_1 = \frac{P \cdot H}{W} = \frac{P \cdot H}{2 \cdot \frac{h \cdot L^2}{6}} \quad (\text{akibat tegangan bending}) \quad (2-$$

26b)

$$\tau_{total} = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \leq |\tau_s| \quad (2-26c)$$

7. Konstruksi Sambungan (f)

Akibat momen torsi, akan timbul tegangan geser yang besarnya dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_s = \frac{P}{A} = \frac{\frac{Mt}{0.5 \cdot d^2}}{\pi \cdot d \cdot h} = \frac{2 \cdot Mt}{\pi \cdot d^2 \cdot h} \leq |\tau_s| \quad (2-27)$$

2.2.6 Beban Statis dengan Arah Eksentris

Salah satu contoh konstruksi beban statis dengan arah eksentris adalah pada gambar di bawah ini. Panjang las dinyatakan dengan L_1 dan L_2 sedangkan titik berat susunan las-lasan dinyatakan dengan G dan G' . Tegangan yang timbul akibat P terhadap titik berat susunan las (titik G).

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{P}{A} + \frac{M_t}{W}, \text{ dimana } W = \frac{J}{r} \\ &= \frac{P}{A} + \frac{M_t r}{J} \end{aligned} \quad (2-28)$$

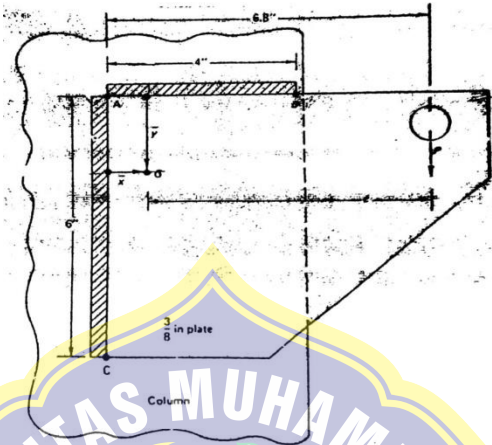
Dimana : P = Beban yang bekerja (Applied Load)

A = Luasan efektif las (total throat area)

M_t = Momen torsi akibat beban P (torsi terhadap titik berat susunan keling)

r = Jarak komponen beban terhadap titik berat susunan las

J = Momen tahanan polar (polar moment of inersial)



Gambar 2.23 Konstruksi sambungan las mendapat beban eksentrik

Untuk penyederhanaan perhitungan, anggap kaki las efektif (t_w) = 1 satuan, sehingga tegangan yang terjadi dapat dinyatakan dengan persamaan sederhana sebagai berikut :

$$\tau' = \frac{P}{L} + \frac{M_t r}{J'} \quad (2-29)$$

Dimana : L = panjang total las-lasan

J' = Momen tahanan polar (bila nilai $t_w = 1$ satuan)

Setelah τ' didapat, maka besarnya kaki las (a) dapat dinyatakan :

$$a = \frac{\tau'}{0,707|\tau'_{max}|} \quad (2-30)$$

2.2.7 Menentukan Titik Berat dan Momen Tahanan Polar Susunan Las-lasan

Bila titik berat susunan las-lasan belum diketahui, maka untuk mendapatkannya dapat memakai persamaan :

$$x = \frac{\sum L_i s_i}{\sum L_i} \quad y = \frac{\sum L_i y_i}{\sum L_i} \quad (2-31)$$

Untuk menentukan momen tahanan polar seperti pada Gambar 4.5 dapat diselesaikan dengan cara :

Untuk Las L_1 : $l'_{x(1)} = L_1 \cdot y_1^2$

$$l'_{y(1)} = \frac{1}{12L_1^3} + L_1 \bar{x}_1^2$$

$$l'_{0(1)} = l'_{x(1)} + l'_{y(1)} + \frac{1}{12} L_1^3 + L_1 \bar{x}_1^2 \quad (2-32)$$

Untuk Las L_2 : $l'_{y(2)} = L_2 \cdot \bar{x}_2^2$

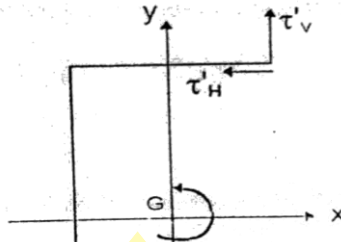
$$l'_{x(2)} = \frac{1}{12L_2^3} + L_2 \bar{y}_2^2$$

$$l'_{0(2)} = l'_{y(2)} + l'_{x(2)} = L_2 \bar{x}_2^2 + \frac{1}{12} L_2^3 + L_2 \bar{y}_2^2 \quad (2-33)$$

Momen tahanan polar total : $J' = l'_{0(1)} + l'_{0(2)} \quad (2-34)$

2.2.8 Menentukan Beban Maksimum

Dari Gambar 4-4 di atas terlihat bahwa beban maksimum terletak di titik A atau C. Selanjutnya dibandingkan antara A dan C, mana yang terbesar. Untuk itu diuraikan dulu atas vertikal dan horizontal.



Gambar 2.24 Menentukan Beban Maksimum

Di titik A :

$$\tau'_v = \frac{P_v}{L} \pm \frac{P \cdot e \cdot r_H}{J'}$$

$$\tau'_H = \frac{P_H}{L} \pm \frac{P \cdot e \cdot r_v}{J'}; (P_H = 0)$$

$$\tau' = \sqrt{(\tau'_v)^2 \pm (\tau'_H)^2} \quad (2-35)$$

Di titik C :

$$\tau'_v = \frac{P_v}{L} \pm \frac{P \cdot e \cdot r_H}{J'}$$

$$\tau'_H = \frac{P_H}{L} \pm \frac{P \cdot e \cdot r_v}{J'}$$

$$\tau' = \sqrt{(\tau'_v)^2 \pm (\tau'_H)^2} \quad (2-36)$$

Berikut ini akan disajikan rumus-rumus tegangan untuk sambungan las dengan berbagai macam bentuk sambungan, baik sentris maupun eksentris.

Tabel 2.1 Rumus-rumus Tegangan untuk Las



No.	Jenis sambungan	Rumus perhitungan tegangan	No.	Jenis sambungan	Rumus perhitungan tegangan
1		$\sigma_t = \frac{P}{hl}$	11		$\tau = \frac{0,707 P}{hl}$
2		$\sigma_t = \frac{P}{(h_1 + h_2)l}$	12		$\sigma_t = \frac{1,414 P}{h(l_1 + l_2)}$ $l_1 = \frac{1,414 P e_1}{\sigma_{ab}}$ $l_2 = \frac{1,414 P e_2}{\sigma_{ab}}$
3		$\sigma_b = \frac{6M}{lh^2}$	13		$\sigma_b = \frac{6M}{lh^2}$
4		$\sigma_b = \frac{3TM}{l \cdot h(37l^2 - 6Th + 4h^2)}$	14		$\sigma_b = \frac{3TM}{lh(37l^2 - 6Th + 4h^2)}$
5		$\sigma_t = \frac{P}{hl}$	15		$\sigma_t = \frac{6PL}{h^2} \cdot \tau = \frac{P}{bh}$ $\sigma = \frac{P}{h} \sqrt{36 \left(\frac{L}{h}\right)^2 + 1,3}$ untuk $L/h > 2 \sigma = \sigma_s$
6		$\sigma_t = \frac{P}{(h_1 + h_2)l}$	16		$\sigma_b = \frac{3TPl}{lh(37l^2 - 6Th + 4h^2)}$ $\tau = \frac{P}{2bh}$
7		$\sigma_t = \frac{0,707 P}{hl}$	17		$\sigma_b = \frac{6M}{hl^2}$
8		$\sigma_t = \frac{0,707 P}{hl}$	18		$\sigma_b = \frac{3M}{hl^2}$
9		$\sigma_t = \frac{1,414 P}{(h_1 + h_2)l}$ Tegangan di A dan B sama	19		$\tau = \frac{0,354 P}{hl}$
10		Daerah A $\sigma_t = \frac{1,414 P}{h_1 l (h_1 + h_2)}$ Daerah B $\sigma_t = \frac{1,414 P h_2}{h_1 l (h_1 + h_2)}$	20		$\sigma_t = \frac{0,707 P}{hl}$

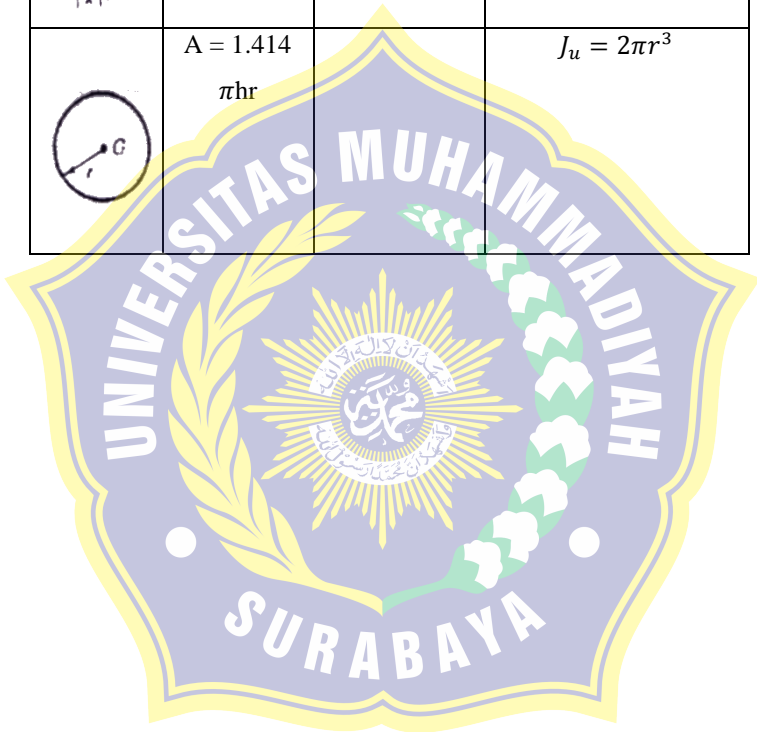
No.	Jenis sambungan	Rumus perhitungan tegangan	No.	Jenis sambungan	Rumus perhitungan tegangan
21		$\sigma_b = \frac{1,414M}{h b}$	28		$\tau' = \frac{M(3l + 1,8h)}{2h^2 l^2}$
22		$\tau = \frac{0,707 P}{h l} \quad \sigma_b = \frac{1,414 P L}{h b}$ $\sigma = \frac{P}{2M} \sqrt{\left(\frac{2L}{b} + 1\right)^2 + 1,8 \left(\frac{2L}{b} - 1\right)^2}$	29		$\sigma_1 = \frac{6 P L_1}{h^2 l}$ $\tau = \frac{P}{h l} \frac{P L_2 \left(6 + \frac{l}{L_2}\right)}{h^2}$ $\sigma = \frac{P}{h l} \sqrt{\left(\frac{6L_1}{h} + 1,8\right)^2 + \left(\frac{6L_2}{l}\right)^2}$
30		$\sigma_b = \frac{4,24 M}{h l^2}$	30		$\sigma_1 = \frac{6 P L_1}{h^2 l}$ $\tau = \frac{P}{h l} \frac{P L_2 \left(6 + \frac{l}{L_2}\right)}{h^2}$ $\sigma = \frac{P}{h l} \sqrt{\left(\frac{6L_1}{h} + 1,8\right)^2 + \left(\frac{6L_2}{l}\right)^2}$
31		$\tau = \frac{0,707 P}{h l} \quad \sigma_b = \frac{4,24 P L}{h P}$ $\sigma = \frac{0,707 P}{2M} \sqrt{\left(\frac{2L}{b} + 1\right)^2 + 1,8 \left(\frac{2L}{b} - 1\right)^2}$ Untuk L > 2m 1. Untuk L < 2m 2. Untuk L > 2m 3. Untuk L < 2m	31		$\sigma_b = \frac{5,66 M}{h D^3 \pi}$
32		$\sigma = \frac{3 P L}{h l^2}$ untuk L < 2 $\tau = \frac{P}{2 h l}$	32		$\tau = \frac{2,83 M}{h D^2 \pi}$
33		$\sigma = \frac{P}{2 M} \sqrt{\left(\frac{2L}{b} + 1\right)^2 + 1,8 \left(\frac{2L}{b} - 1\right)^2}$ untuk > 2 $\sigma = \sigma_b$	33		$\tau = \frac{4,24 M}{h (b^2 + 3 l b)}$
34		$\sigma_b = \frac{M(3l + 1,8h)}{h^2 l^2}$	34		Darah las sudut $\sigma = \frac{1,414 P}{2M + h l}$ Daerah las tumpul $\sigma = \frac{P}{2M + h l}$

Tabel 2.2a Sifat-sifat Puntir dan Bending pada Alas Sudut

A. Tegangan Puntir


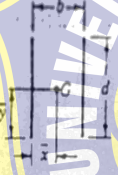

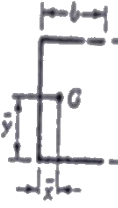
Lasan	Luasan Lasan	Koordinat G	Momen Inersia Polar
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^2 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{8b^2 + 6b^2d^2}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$

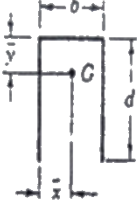
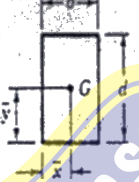
	$A = 1.414h$ $(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$A = 1.414$ πhr		$J_u = 2\pi r^3$



Tabel 2.2b Sifat-sifat Puntir dan Bending pada Alas Sudut(lanjutan)

B. Tegangan Puntir

Lasan	Luasan Lasan	Koordinat G	Momen Inersia Polar
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{6d^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b+d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$

	$A = 0.707h(b+2d)$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{b^2}{2b + d}$	$J_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414(b+d)$	$\bar{x} = \frac{b}{2}$ $\bar{y} = \frac{d}{2}$	$J_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$

2.3 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Faktor keamanan atau safety factor disingkat “sf” adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar Elemen Mesin terjamin aman dengan dimensi yang minimum atau kecil. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi safety factor, adalah :

- a. Variasi sifat-sifat mekanis material
- b. Jenis beban
- c. Pengaruh pengerjaan dan pembentukan
- d. Pengaruh perlakuan panas yang diberikan pada material
- e. Pengaruh pelumasan dan umur pakai dari elemen mesin
- f. Pengaruh waktu dan lingkungan di mana peralatan tersebut dioperasikan
- g. Untuk penggunaan yang special
- h. Keamanan manusia/operator di dekat peralatan tersebut.

Joseph P. Vidosic (dalam buku “Machine Design Projects”) memberikan safety factor berdasarkan tegangan luluh, sebagai berikut :

1. $sf = 1,25 - 1,5$: Untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2. $sf = 1,5 - 2,0$: Untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3. $sf = 2,0 - 2,5$: Untuk bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
4. $sf = 2,5 - 3,0$: Untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi
5. $sf = 3,0 - 4,5$: Untuk bahan yang sudah diketahui. Beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti.
6. Beban berulang : Nomor 1 s/d 5
7. Beban kejut : Nomor 3 – 5
8. Bahan getas : Nomor 2 – 5 dikalikan dengan 2
Dobrovolsky (dalam buku “Machine Element”), dengan menganggap faktor-faktor lain berjalan secara normal, memberikan safety factor (sf) berdasarkan jenis beban sebagai berikut.
 1. Beban Statis : $sf = 1,25 \div 2$
 2. Beban Dinamis : $sf = 2,1 \div 3$
 3. Beban Kejut : $sf = 3,1 \div 5$

2.4 Perencanaan

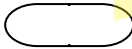


Perencanaan atau desain adalah suatu kreasi untuk mendapatkan hasil akhir yang sesuai dengan yang direncanakan dan dapat memenuhi kebutuhan yang diinginkan dengan mengambil suatu tindakan nyata yang didasarkan pada kaidah-kaidah ilmiah. Dalam bidang teknik, khususnya teknik mesin kaidah ilmiah tersebut menyangkut seluruh disiplin teknik mesin, seperti : Matematika, Fisika, Kimia, Mekanika Teknik, Ilmu Bahan, Perpindahan Panas, Termodinamika, Mekanika Fluida dan sebagainya.







Perencanaan yang akan disajikan dalam buku ini termasuk perencanaan yang sederhana misalnya untuk membuat mesin Teknologi Tepat Guna (STTG) yang biasanya dipakai oleh mahasiswa untuk tugas akhir yang topiknya elemen mesin. Sebagai contoh : “Rancang Bangun Mesin Perajang Daun Tembakau”, maka alur perencanaannya dapat disusun sebagai berikut :

1. Persiapan, meliputi : survey dan study literature.
2. Gambar sket perencanaan mesin.
3. Data-data perhitungan, hasil dari survey dan study literature
4. Perhitungan elemen mesin.
5. Pengadaan peralatan, peralatan yang dibuat dan yang dibeli.
6. Perakitan
7. Uji coba. Apakah hasilnya baik, bila tidak kembali ke gambar sket, bila ya diteruskan ke pengujian laboratorium / pengujian kapasitas.
8. Pengujian kapasitas / laboratorium
9. Hasil dan pembahasan
10. Kesimpulan

Biasanya alur perencanaan tersebut biasanya disusun dalam bentuk diagram alir, oleh karena itu perlu pedoman untuk membuat diagram alir yang benar.

Table 2.3 Simbol Diagram Alir

SIMBOL	NAMA	FUNGSI
	TERMINATOR	Permulaan/akhir program
	GARIS ALIR (FLOW LINE)	Arah aliran program
	PREPARATION	Proses inialisasi / pemberian harga awal

	PROCESS	Proses perhitungan / proses pengolahan data
	INPUT/OUTPUT DATA	Proses input/output data, parameter, informasi
	PREDEFINED PROCESS (SUB PROGRAM)	Permulaan sub program / proses menjalankan sub program
	DECISION	Perbandingan pernyataan, penyeleksian data yang memberikan pilihan untuk langkah selanjutnya
	ON PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian flowchart yang berada pada satu halaman
	OFF PAGE CONNECTOR	Penghubung bagian-bagian flowchart yang berada pada halaman berbeda

2.5 Pallet Kayu



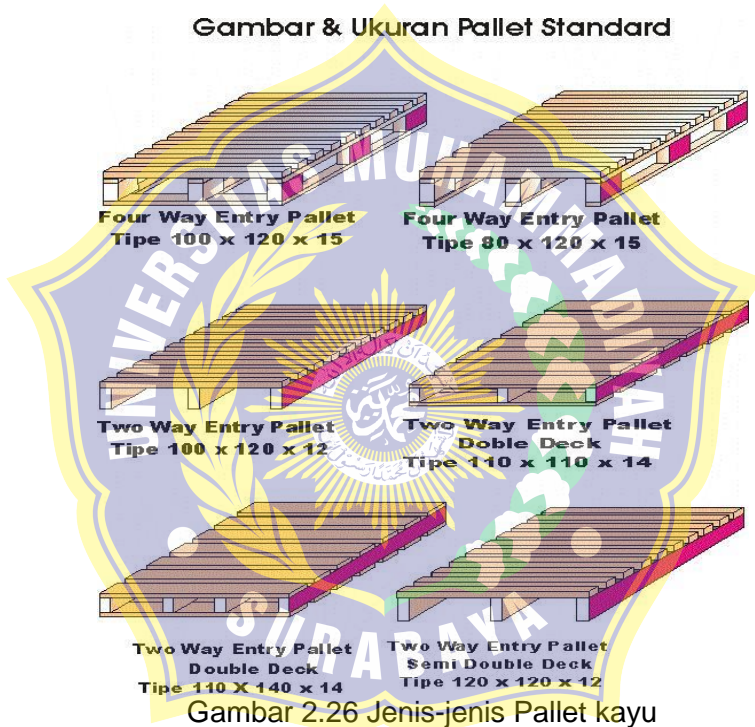
Gambar 2.25 Pallet kayu

PENGERTIAN PALET adalah Sebuah palet, kadang-kadang disebut fall, adalah struktur transportasi datar yang mendukung barang dalam function stabil sementara diangkat oleh forklift, pallet jack port, perangkat jacking depan loader atau lainnya. Palet adalah fondasi struktural beban model yang memungkinkan penanganan john efisiensi penyimpanan. Pallet kayu adalah salah satu benda yang sering digunakan dalam kegiatan warehousing atau penggudangan. Fungsinya untuk meletakkan barang dalam jumlah banyak, memudahkan dalam bongkar muat serta proses penghitungan. Pallet kayu terbuat dari berbagai macam jenis kayu seperti kayu keras, kayu sengon, multiplex, triplex dan lain lain. Selain material kayu, pallet juga biasa dibuat dari material plastik dan besi. Ada banyak sekali model dan spesifikasi pallet kayu, untuk mendapatkan berbagai

jenis pallet kayu yang sesuai dengan yang Anda inginkan, kamu bisa langsung mendapatkannya melalui supplier, distributor, dealer, agen, importir dan semua penjual yang ada di Indotrading dengan harga termurah dengan kualitas terbaik .

2.5.1 Ukuran Pallet Dan Standart ISO

Gambar & Ukuran Pallet Standard



Penggunaan palet biasa kita lihat di dunia industri, termasuk di industri kimia. Ada beberapa ukuran standar palet yang biasa digunakan di dunia industri kimia. Di Amerika Serikat, ukuran palet yang paling populer adalah 48" x 40", yang merupakan standar palet Grocery Manufacturers' Association (GMA).

Berikut ini adalah beberapa ukuran standar palet yang berlaku 'internasional'. Standar palet tersebut meliputi ISO Standard Pallet, North American Standard Pallet dan Australian Standard Pallet. Mari kita bahas satu persatu.

ISO Standard Pallet

- ISO 48" x 40": digunakan di Amerika Utara
- ISO 1200mm x 1000mm: digunakan di Eropa dan Asia
- ISO 1140mm x 1140mm: biasa digunakan di Australia
- ISO 42" x 42": digunakan di seluruh dunia
- ISO 1100mm x 1100mm: biasa digunakan di Asia Tengah
- ISO 1200mm x 800mm: palet yang didesain khusus untuk digunakan di Eropa, mengikuti ukuran pintu standar.

North American Standard Pallet

- Grocery Manufacturers' Association (GMA) 48" x 40"
- 42" x 42": terutama digunakan untuk alat-alat komunikasi dan cat.
- 48" x 48": biasa digunakan untuk drum
- 40" x 48": biasanya digunakan untuk kebutuhan militer dan pengapalan semen.
- 44" x 44": utamanya digunakan untuk menangani bahan kimia dalam kemasan drum.
- 36" x 36": biasa digunakan di industri minuman
- 48" x 36": biasa digunakan oleh produsen sirap (roof)

