

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja Ringan

Baja ringan adalah baja berkualitas tinggi yang bersifat ringan dan tipis, namun kekuatannya tidak kalah dari baja konvensional. Meskipun tipis, baja ringan memiliki derajat kekuatan tarik 550 Mpa, sementara baja biasa sekitar 300 Mpa. Kekuatan tarik dan tegangan ini untuk mengompensasi bentuknya yang tipis. Ada beberapa macam baja ringan yang terbagi berdasarkan nilai tegangan tariknya (tensile strength). Kemampuan tegangan tarik ini umumnya didasari pada fungsi akhir dari baja ringan tersebut. Contohnya untuk berbagai produk struktur seperti rangka atap baja ringan haruslah menggunakan baja ringan dengan tegangan tarik tinggi (G550). Namun untuk berbagai produk home appliances misalnya, diperlukan baja ringan dengan tegangan tarik lebih rendah (G300, G250, dll) dan yang lebih lentur dan lunak sehingga lebih mudah dibentuk. Karna tingkat kualitas dan kuat tariknya tinggi, tak heran baja ringan lebih tipis dan ringan dibandingkan baja konvensional. Baja G550 bisa diartikan sebagai baja yang mempunyai kuat tarik 550MPa (Mega Pascal). Uji kualitas ini hanya dapat dibuktikan di laboratorium.

Untuk ketebalan baja ringan umumnya berkisar antara 0,2-2,0 mm. Variasi ketebalan ini ditentukan oleh fungsi besar beban yang ditopang, dan ukuran bentangan baja itu sendiri. Dengan adanya variasi ketebalan yang ditentukan oleh faktor-faktor diatas, baja ringan memiliki tingkat efektivitas yang lebih baik. Baja ringan memang lebih tipis dibanding baja konvensional yang memiliki ketebalan 3mm atau lebih. Dengan ketipisannya, kita mungkin meragukan kekuatan material ini. Namun kita tidak perlu khawatir, kekuatannya sangat bisa diandalkan karna baja ringan terbuat dari baja bermutu tinggi. Masalah yang timbul karena ketipisan baja ringan adalah, kurang kakunya struktur rangka baja itu sendiri dan disinilah

pengaku (bracing) dibutuhkan. Karna berbahan baja, maka baja ringan juga bisa berkarat, agar awet, tahan lama dan tidak mudah berkarat, baja ringan biasanya sudah dilapis antirakar.

2.1.1. Bahan Dan Keunggulan Baja Ringan

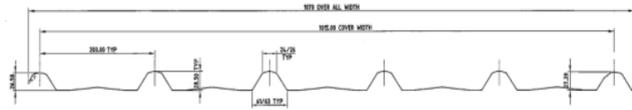
Baja ringan untuk konstruksi atap adalah rangka atap dengan bahan t ringan Zinc-Aluminium (Zin Calume) dengan komposisi sbb: 50 % Aluminium, 43,5%Zinc, 1,5 % Silicon. Anti karat yang terkandung di truss adalah unsur yang menyatukan dengan bahan dasar sebagai lapisan daya tahan 4 kali lipat dan lapisan pelindung seng biasa/Galvanis. Truss terbuat dan Zinc-Aluminium Hi Tensile (kekuatan tank, lipat, punter G550 atau truss sanggup menopang 550 kg / 1 cm²).

Keunggulan Baja Ringan adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan Metal Zincalume dan BlueScope Steel yang merupakan pemegang lisensi baja ringan original
2. 5 kali lebih kuat dan baja galvanis
3. 40 % lebih kuat dan Mild Steel
4. Anti Karat / korosi
5. Fabrikasi dilakukan di proyek untuk menghindari salah konstruksi/ tidak perlu merubah mengurangi ring balok bangunan yang ada.
6. Truss memiliki standar bentuk dan ukuran yang tetap karena semua komponen di produksi dengan menggunakan mesin teknologi tinggi.

2.1.2. Jenis-jenis Baja Ringan

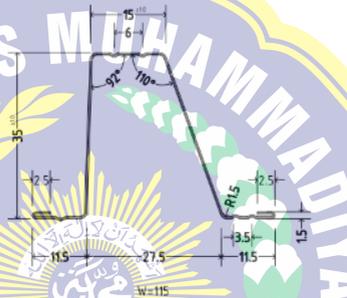
a. Atap dengan profile gelombang.



Gambar 2.1. *Atap gelombang*

Sumber : Dokumentasi PT Bluescope Iysaght

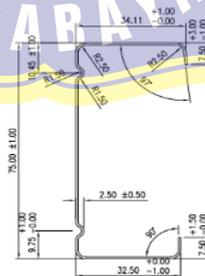
b. Profil U / Reng baja ringan.



Gambar 2.2. *Reng baja ringan*

Sumber : Dokumentasi PT Bluescope Iysaght

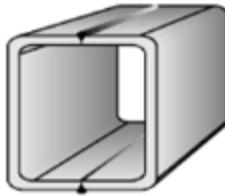
c. Profil C / kanal C baja ringan.



Gambar 2.3. *profil C*

Sumber : Dokumentasi PT Bluescope Iysaght

d. SHS (Square Hollow Section) – cold formed



Gambar 2.4. hollo galvalume

Sumber : Dokumentasi PT Bluescope Iysaght

2.2. Pengertian Tegangan

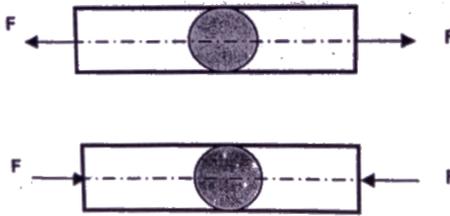
Tegangan dapat didefinisikan sebagai gaya normal tiap satuan luas, dan tegangan ini dianggap terbagi merata pada luas penampang melintang bagian benda. Tegangan timbul akibat adanya beban atau gaya yang bekerja pada sebuah benda atau material. Dalam benda atau material itu sendiri ada tegangan ijin yang besarnya ditentukan oleh tegangan yield point material dan faktor keamanan (sf) yang diambil. Dari kedua tegangan inilah akan diperoleh dimensi yang terkecil namun aman terhadap gaya atau beban yang bekerja pada benda tersebut. (suhariyanto, 2018, hal 11)

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 puntir (*Torsional Stress*).
3. Tegangan bending / lengkung (*Bending Stress*).
4. Tegangan kombinasi (*Combination Stress*).

2.2.1. 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 2.5. Besarnya tegangan tarik (σ_t) dan tegangan tekan (σ_c) yang terjadi dapat dinyatakan dengan persamaan (2-1) dan (2-2).



Gambar 2.5. Tegangan Tarik dan Tegangan Tekan

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

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

Dimana

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

A = luas penampang, satuan yang sering dipakai : cm^2 ,
 in^2 , mm^2

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 m^2 , maka tegangan mempunyai satuan N/m^2 yang disebut Pascal (Pa). Bila F bersatuan lbf dan A bersatuan in^2 , maka tegangan mempunyai satuan lbf/in^2 yang sering disingkat “psi” (*pount per square in*). Bila F bersatuan kgf dan A bersatuan cm^2 , maka tegangan mempunyai satuan kgf/cm^2 yang sering disebut Bar.

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 :
(suhariyanto,2018,hal 12)

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

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

2.2.2. 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. (suhariyanto,2018,hal 13)



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

Gambar 2.6. 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 :

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

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

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

Dari tabel material, sifat mekanis yang diketahui adalah Yield Point Stress (σ_{yp}) dan Ulimate Strenght (σ_u) yang didapatkan dari hasil uji tarik. Bagaimana kemampuan terhadap tegangan gesernya? Secara umum

(*general*) tidak bisa 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 :

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

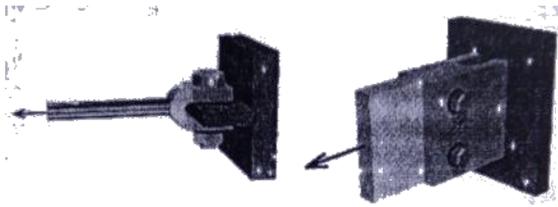
$\sigma_{cyp} = k_c \cdot \sigma_{yp}$ dimana : $k_c = (1,0 - 1,2)$

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

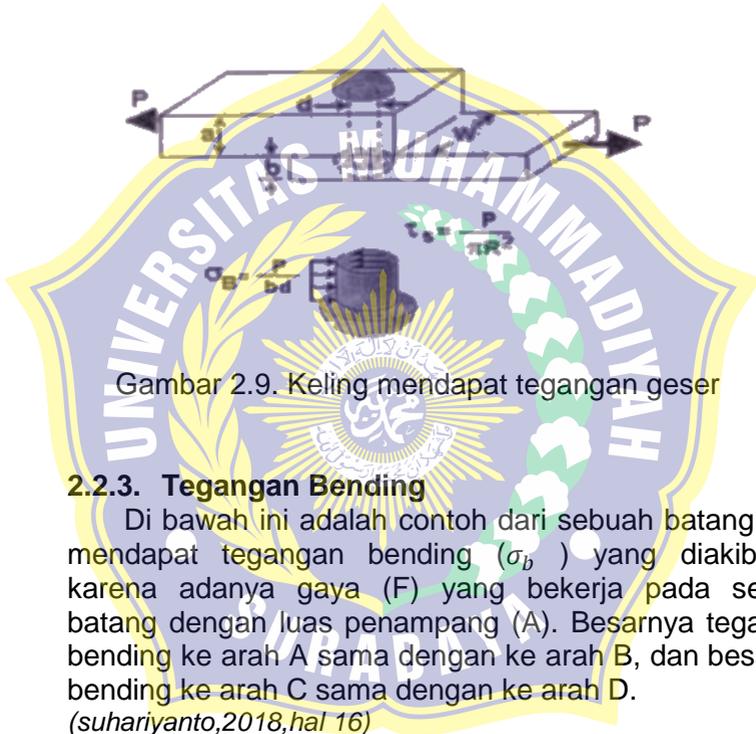
Berikut ini akan ditampilkan beberapa konstruksi yang di dalamnya terjadi tegangan geser.



Gambar 2.7. Baut mendapat tegangan geser (single shear) dan (double shear)



Gambar 2.8. Baut mendapat tegangan geser



Gambar 2.9. Keling mendapat tegangan geser

2.2.3. 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.

(suhariyanto,2018,hal 16)

a. Bila bendingnya ke arah A (ke bawah)

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

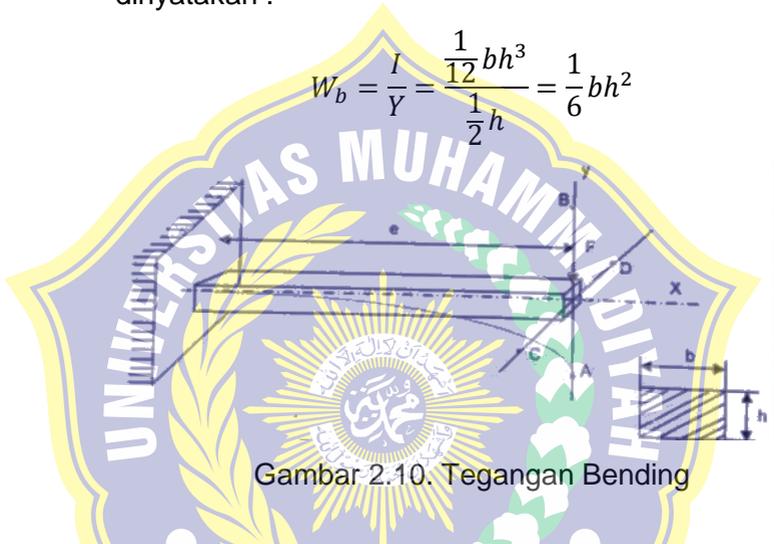
Dimana : M_b = Momen Bending ($M_b = F \cdot e$), lbf . in

W_b = Momen tahanan bending, $\left(\frac{l}{y}\right)$, in³

- I = Momen Inersia, in^4
(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 2.10. Tegangan Bending

Jadi, besarnya tegangan bending dapat dinyatakan :

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

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

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

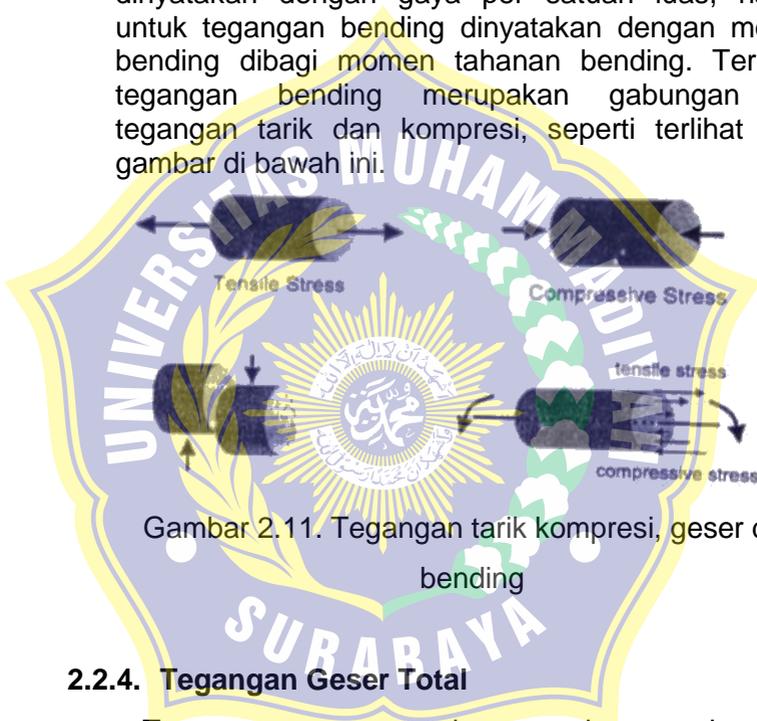
- c. Bila bendingnya ke arah C atau D

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

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

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

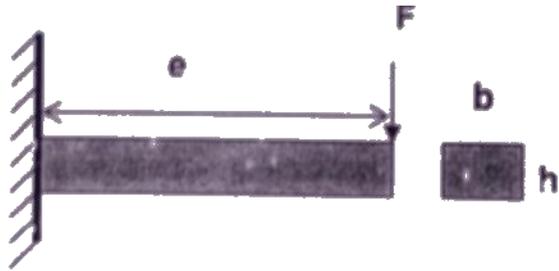
Tegangan tarik, kompresi dan geser secara jelas dinyatakan dengan gaya per satuan luas, namun untuk tegangan bending dinyatakan dengan momen bending dibagi momen tahanan bending. Ternyata tegangan bending merupakan gabungan dari tegangan tarik dan kompresi, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.11. Tegangan tarik kompresi, geser dan bending

2.2.4. 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. (suhariyanto,2018,hal 18)



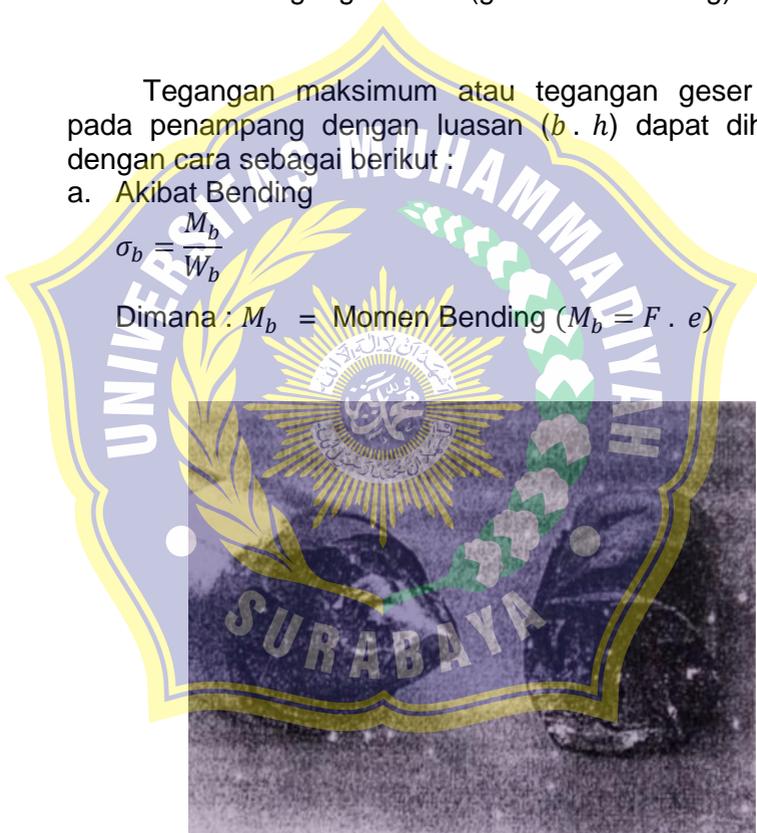
Gambar 2.12. Tegangan Total (geser dan bending)

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

a. Akibat Bending

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b}$$

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



Gambar 2.13. Bentuk permukaan akibat tegangan puntir.

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

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

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

Angle of Twist (radians), $\theta = T \cdot L / (J \cdot G)$

Dimana : L = Gauge length (mm)

r = Radius (mm)

G = Shear Modulus (MPa)

T = Torque (Nm)

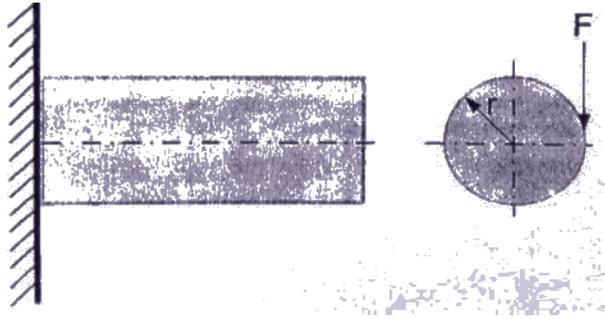
J = Polar Moment of Inertia (mm^4), untuk

silinder, $J = \pi \cdot d^4 / 32$



Gambar 2.14. *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 2.15. Contoh Tegangan Puntir

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} \dots\dots\dots(2-6a)$$

Dimana : M_t = Momen Torsi, lbf . in
 $= F . r$ (dimana r = jari-jari, in)
 W_t = Momen tahanan polar, in³

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

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

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

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

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

$$\tau_t = \frac{F . r}{\pi . D^2} = \frac{16 . F . r}{\pi . D^3} \dots\dots\dots(2-6b)$$

2.2.5. Tegangan Ijin dan Syarat Aman

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

a. Tegangan ijin tarik

$$|\sigma_t| = \frac{\sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-7a)$$

b. Tegangan ijin kompresi

$$|\sigma_c| = \frac{\sigma_{cyp}}{sf} = \frac{k_s \cdot \sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-7b)$$

c. Tegangan ijin geser

$$|\tau_s| = \frac{\sigma_{syp}}{sf} = \frac{k_s \cdot \sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-7c)$$

d. Tegangan ijin bending

$$|\sigma_b| = \frac{\sigma_{byyp}}{sf} = \frac{k_b \cdot \sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-7d)$$

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

$$\sigma_t \leq |\sigma_t| \dots\dots\dots(2-8a)$$

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

b. Untuk tegangan kompresi

$$\sigma_c \leq |\sigma_c| \dots\dots\dots(2-8b)$$

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

c. Untuk tegangan geser

$$\tau_s \leq |\tau_s| \dots \dots \dots (2-8c)$$

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

d. Untuk tegangan bending

$$\sigma_b \leq |\sigma_b| \dots \dots \dots (2-9d)$$

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

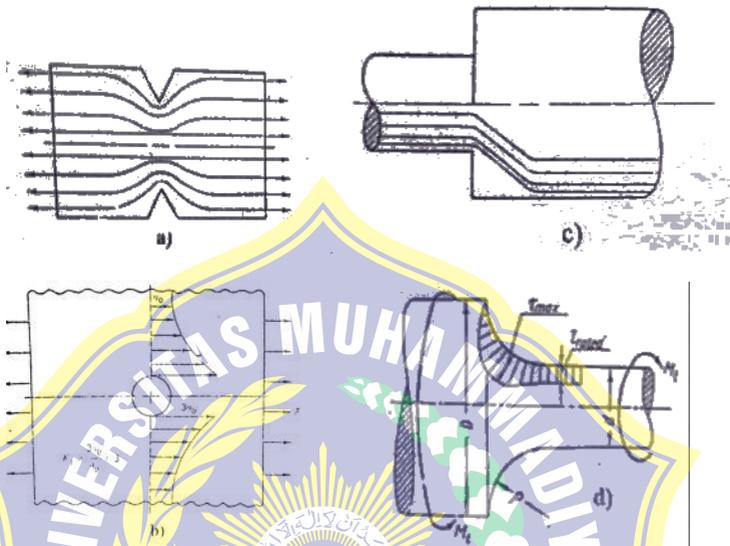
2.2.6. Konsentrasi Tegangan

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 :

(suhariyanto,2018 hal 27)

- 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 2.16. Contoh Konsentrasi Tegangan

- a. Irisan
- b. Lubang
- c. Pengecilan penampang
- 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

$$Kt = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_o} \dots\dots\dots(2-10a)$$

b. Untuk tegangan geser

$$Kt = \frac{\tau_{max}}{\tau_o} \dots\dots\dots(2-10b)$$

Faktor konsentrasi tegangan (Kt dan Kt_s) 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 ketidak homogeny material (*fatigue stress concentration factor*) atau *effective stress concentration factor* (Kf dan Kf_s). (suhariyanto,2018 hal 29)

c. Untuk tegangan tarik

$$Kf = \frac{\sigma_u}{\sigma_{uc}} \dots\dots\dots(2-11a)$$

Dimana :

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

d. Untuk tegangan geser

$$Kt = \frac{\tau_u}{\tau_{uc}} \dots\dots\dots(2-11b)$$

Dimana :

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

2.3. Faktor keamanan (*safety factor*)

Faktor keamanan disingkat dengan 'sf' adalah factor yang digunakan untuk mengevaluasi agar elemen mesin terjamin **aman** dengan dimensi yang minimum atau kecil. beberapa factor yang dapat mempengaruhi *safety factor*, adalah : (*suhariyanto,2018 hal 4*)

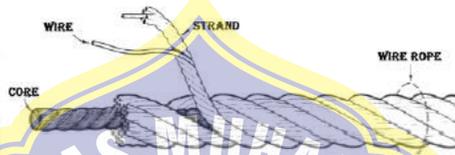
- a. Variasi sifat-sifat mekanis material.
- b. Jenis beban.
- c. Pengaruh pengerjaan dan pembentukan.
- d. Pengaruh perlakuan panas yang diberikan pada material.
- e. Pengaruh pelumasan dan umur pakai dari elemen mesin.
- f. Pengaruh waktu dan lingkungan dimana peralatan tersebut dioperasikan.
- g.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

Joseph P Vidosic (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 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 beban dan tegangan rata rata.
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 sampai 5
7. Beban kejut : Nomor 3 sampai 5
8. Bahan getas : Nomor 2 sampai 5 dikalikan 2

2.4. Wire Rope

Wire Rope adalah tali baja yang terbuat dari beberapa *wire* yang dipilin membentuk *strand*, lalu beberapa *strand* tersebut dipilin mengelilingi *core* untuk membentuk *wire rope*. Tali baja terbuat dari kawat baja dengan kekuatan $\sigma_b = 130 - 200 \text{ kg/mm}^2$. Didalam proses pembuatannya kawat baja diberi perlakuan panas tertentu dan digabung dengan penarikan dingin, sehingga menghasilkan sifat mekanis kawat baja yang tinggi. (N.Rudenko 1964 hal-30)



Gambar 2.17. Kontruksi Tali Baja.

Sumber: <https://id.scribd.com/document/361489636/1-Tali-Kawat-baja-panit>.

Format konstruksi *wire rope* : Banyaknya *Strand* x Banyaknya *Wire*.

Contoh: *Wire Rope* 6 x 37 terdiri dari 6 *strand* yang mengelilingi 1 *core* dimana masing masing *strand* terdiri dari 37 *wire*.



Gambar 2.18. Kontruksi Tali Baja.

Sumber: <https://id.scribd.com/document/361489636/1-Tali-Kawat-baja-panit>.

Semakin banyak jumlah *wire* didalam *strand* membuat ukuran individual *wire* lebih kecil sehingga *wire rope* lebih flexible, sebaliknya semakin sedikit jumlah *wire* di dalam *strand* membuat ukuran *wire* menjadi lebih besar sehingga *wire rope* menjadi lebih kaku. *Wire Rope* yang flexible

mempunyai daya tahan terhadap tekukan yang baik sehingga cocok digunakan pada crane. Wire rope dengan ukuran individual wire yang besar mempunyai ketahanan terhadap gesekan yang baik

2.4.1 Inti (Core)

Core *wire rope* umumnya terdiri dari 3 bahan:

Fiber Core (FC) – tali plastic.

Hemp Core (HC) – tali manila.

Wire Core (IWRC) – kawat baja.

Keuntungan Fiber (FC) atau hemp core (HC) adalah *wire rope* lebih flexible dan lebih tahan karat. Keuntungan *wire core* (IWRC) adalah breaking load yang lebih tinggi.

2.4.2 Keunggulan Tali Baja

Tali baja memiliki beberapa keunggulan antara lain sebagai berikut :

- a. lebih ringan.
- b. daya tahan terhadap beban berat & beban kejut .
- c. tidak mudah rusak karena benturan.
- d. pada kecepatan tinggi dapat bekerja secara halus.
- e. kemampuan operasionalnya tinggi.

2.4.3 Safety Factor Tali Kawat Baja

Tali kawat baja memiliki safety factor menurut standar adalah 5 untuk didarat dan 6 untuk dilaut.

(*bayu biru Transafe, 2017*) & www.thecrosbygroup.com

$$SWL = \frac{(\sigma_b)}{(K)} \cdot \text{Termination efficiency} \dots\dots\dots(2-12a)$$

Bila beban putus tidak diketahui ,SWL dihitung menggunakan formulasi praktis (rule of thumb) :

$$SWL = 8 \cdot D^2 \dots\dots\dots(2-12b)$$

Dimana : SWL = Beban kerja aman.
D = Diameter tali dalam satuan inch,
Hasilnya dalam satuan Ton.

Termination efficiency = *Flemish eye* 90%

σ_b = Beban putus tali

K = Faktor keamanan

2.4.4. Istilah Dan Definisi Isi Pada Tabel Sertifikat Tali Baja

1. Diameter tali baja

Garis tengah penampang melintang tali kawat baja, diukur pada lingkaran kawat terluar.

2. Konstruksi

Susunan kawat Tali baja terdiri dari strand yang mengelilingi 1 core dimana masing masing strand terdiri dari beberapa kawat sesuai jenis nya .

3. Direction of lay (arah pilin)

Arah elemen kawat baja sesuai dengan design/konstruksi.

4. Length of lay (panjang pilin)

Panjang pilin dalam pilinan kawat baja adalah jumlah putaran dari elemen kawat yang melilit pada lapisan terluar pembuatan pilinan kawat baja.

5. Core (inti tali baja)

bahan isian berupa tali plastik, tali manila, tali kawat baja.

6. Tensile strenght (kuat tarik kawat baja)

Pengelompokkan beban patah tali kawat baja berdasarkan pada kuat tarik nominal dari semua elemen- elemen kawat penyusunnya.

7. Type of coating (jenis lapisan)

Jenis lapisan dari tali kawat baja dikelompokkan kedalam tali kawat baja tanpa lapisan seng & tali kawat baja berlapis seng .

8. Type of lubrication (jenis pelumasan)

Ada beberapa Jenis pelumasan yang berfungsi sebagai pencegah karat, mengurangi gesekan antara strand dan wire sehingga mempepanjang usia tali.

9. Minimum breaking load (min. beban patah tali)

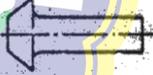
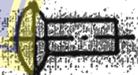
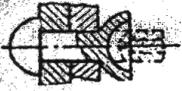
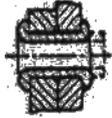
Beban maksimum yang dicapai saat batang uji tali kawat baja patah. (BSN, SNI 0076:2008 hal 1-4)

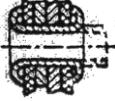
2.5 Paku keling

Dalam Elemen Mesin, selain dipersyaratkan aman dengan dimensi yang sesuai, juga harus dipertimbangkan tentang : pembuatan, pemasangan, dan perbaikan dan perawatannya. Oleh karena itu, sebuah mesin harus tersusun dari beberapa komponen mekanik yang digabungkan secara kompak melalui sistem sambungan, misalnya paku keling atau sering disebut keling saja.

Secara garis besar, sistem sambungan dibagi menjadi dua macam, yaitu : sambungan tetap (*permanent joints*), misalnya : las, keeling solder, dan lain-lain, dan sambungan yang dapat dipisahkan (*detachable joints*), misalnya mur-baut, pasak / pen, dan lain-lain. (suhariyanto,2018 hal 25)

Tabel 2.1 Jenis dan Bentuk Paku Keling.

Jenis Paku Keling	Diameter (mm)	Bentuk
Paku keling setengah bulatan	1 +37	
Paku keling panci	2,6 +6	
Paku keling tapak	2,3 +6	
Paku keling cembung	2 +7	
Paku keling eksplosif	>8	
Paku keling pipa flen	4 +20	

Paku keling beaded tubular	3 +20	
----------------------------	-------	---

2.5.1. Analisa Perhitungan Sambungan Keling

Bila akan menganalisis kekuatan sambungan keling, maka harus diperhatikan bahwa kemungkinan kerusakan dapat terjadi pada kelingnya sendiri dan dapat pula terjadi pada pelat yang disambung.

2.5.1.1 Bila yang rusak kelingnya

Beban yang diterima oleh keling umumnya ada 2 arah, yaitu : beban yang searah dengan sumbu keling (tarik, tekan dan geser pada kepala) dan beban yang melintang sumbu keling (geser). (Suhariyanto,2018 hal 42)

1. Beban searah dengan sumbu keling

Beban Q pada merupakan beban luar searah sumbu, sehingga kerusakan yang diakibatkan adalah diameter kelingnya (akibat beban tarik) dan kepala kelingnya (akibat beban geser).

1.a Akibat beban tarik pada diameter keling

Tegangan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\sigma_1 = \frac{Q}{A} \quad \text{di mana : } A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Sehingga : $\sigma_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}$(2-13)

Untuk menghitung besarnya diameter (d) yang terkecil, namun aman, maka tegangan yang terjadi tersebut harus lebih kecil dengan tegangan ijin dari bahan yang dipakai. Sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq |\sigma_1| \quad \text{atau} \quad \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-14)$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot |\sigma_1|}} \quad \text{atau} \quad d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Q \cdot sf}{\pi \cdot \sigma_{yp}}} \dots\dots\dots(2-15)$$

1.b Tegangan geser pada kepala keling

Tegangan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\sigma_1 = \frac{Q}{A} \quad \text{di mana : } \pi \cdot d \cdot ho \dots\dots\dots(2-16)$$

$$\text{Sehingga : } \tau_s = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot ho} \dots\dots\dots(2-17)$$

Untuk menghitung besarnya diameter (ho) yang terkecil, namun aman, maka tegangan yang terjadi tersebut harus lebih kecil dengan tegangan ijin dari bahan yang dipakai. Sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau_s = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot ho} \leq |\tau_s| \quad \text{atau} \quad \tau_s = \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot ho} \leq \frac{\sigma_{yp}}{sf} \dots\dots\dots(2-18)$$

$$ho \geq \frac{Q}{\pi \cdot d \cdot |\tau_s|} \quad \text{atau} \quad ho \geq \frac{sf \cdot Q}{\pi \cdot d \cdot \sigma_{yp}} \dots\dots\dots(2-19)$$

2. Beban tegak lurus terhadap sumbu keling (memotong melintang)

Beban Q merupakan beban luar yang tegak lurus sumbu, sehingga kerusakan yang diakibatkan adalah diameter kelingnya (akibat beban geser).

Tegangan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_s = \frac{P}{A} \quad \text{di mana : } A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\text{Sehingga : } \tau_s = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \dots\dots\dots(2-20)$$

Untuk menghitung besarnya diameter (d) yang terkecil, namun aman, maka tegangan yang terjadi tersebut harus lebih kecil dengan tegangan ijin geser dari bahan yang dipakai. Sehingga dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\tau_s = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq |\tau_s| \quad \text{atau} \quad \tau_s = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf} \dots\dots\dots(2-21)$$

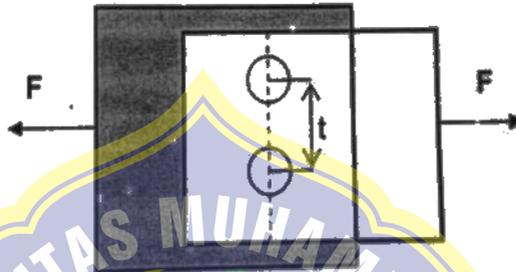
$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot |\tau_s|}} \quad \text{atau} \quad d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot P \cdot sf}{\pi \cdot \sigma_{yps}}}$$

Bila pada sambungan menggunakan beberapa keling, misalnya jumlahnya Z, maka gaya yang bekerja terhadap satu keling adalah F/Z.

2.5.1.2 Bila yang rusak pelatnya

Pada sub bab ini akan dianalisa mengenai : jarak antara keling, lebar pelat, tempat lubang keling dan jarak tepi dari ujung pelat. (Suhariyanto,2018 hal 44)

1. Pelat di antara 2 keling akibat tegangan tarik



Gambar 2.19. Jarak minimum antara dua keling (t)

Tegangan tarik yang terjadi :

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \quad \text{di mana : } A = (t - d) \cdot s$$

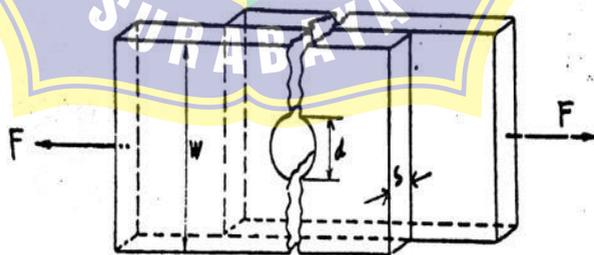
Sehingga besarnya t dapat dihitung dengan persamaan :

$$\frac{F}{(t-d) \cdot s} \leq |\sigma_t| \dots \dots \dots (2-22)$$

Di mana : s = tebal pelat

t = jarak antara 2 keling minimum agar pelat tidak rusak

2. Bila yang rusak seluruh lebar pelat (w) akibat tarik



Gambar 2.20. Kerusakan Pada Lebar Pelat

Tegangan tarik pada masing-masing atau salah satu pelat dengan tebal s dan lebar w dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

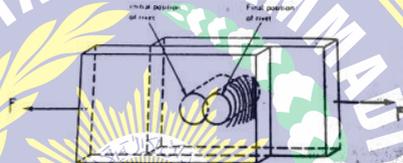
$$\sigma_t = \frac{F}{(w-d).s} \leq |\sigma_t| \dots\dots\dots(2-23)$$

Bila terdapat keling sederet sebanyak Z , maka tegangan tarik yang terjadi adalah :

$$\sigma_t = \frac{F}{(w-Z \cdot d).s} \leq |\sigma_t| \dots\dots\dots(2-24)$$

3. Bila yang rusak pada daerah lubang keling

Lubang keling bisa rusak karena mendapat tegangan kompresi dari kelingnya, sehingga besarnya tegangan kompresi yang terjadi dan syarat aman dapat dinyatakan dengan rumus :



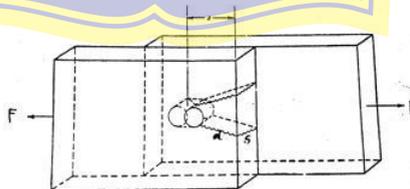
Gambar 2.21. Kerusakan Pada Daerah Lubang Keling

$$\sigma_t = \frac{F}{s.d} \leq |\sigma_t| \dots\dots\dots(2-25)$$

Di mana : s = tebal plat dan d = diameter keling / lubang

4. Bila yang rusak jarak keling dengan tepi (edge)

Kerusakan bagian tepi ini diakibatkan oleh tegangan geser, di mana luasan yang mengalami tegangan geser adalah, $A = 2 \cdot s \cdot a$ (dimana : a = jarak dari tepi, lihat gambar 2.27).



Gambar 2.22. Kerusakan Pada “Jarak Keling Dengan Tepinya”

Tegangan geser yang timbul dan syarat aman dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\tau_s = \frac{F}{A} = \frac{F}{2.s.a} \leq |\tau_s| \dots\dots\dots(2-26)$$

2.6 Sambungan Pen

Pen (pen joint) adalah salah satu jenis sambungan yang sering digunakan pada elemen mesin untuk mentransmisikan daya. Pada sambungan ini biasanya terdiri dari poros pejal,poros berlubang dan pen.Secara garis besar bentuk pen ada 2 macam , yaitu tirus satu sisi dan tirus dua sisi .

Ditinjau dari metode pemasangan dan beban yang diterima ,sambungan pen dibedakan menjadi dua yaitu pemasangan tanpa penekanan permulaan dan pemasangan dengan penekanan permulaan .(suhariyanto,2018 hal 78)

2.6.1. Sambungan pen tanpa penekanan permulaan

Beban maksimum yang bekerja dianggap sebagai beban yang akan terjadi pada perencanaan,berikut ini adalah contoh gambar sambungan pen pipih dengan ukuran dasarnya.



Gambar 2.23 ukuran ukuran dasar pen pipih

2.6.2. Sambungan pen dengan penekanan permulaan

Penekanan permukaan diberikan untuk memberi tegangan permulaan,dengan adanya tegangan permulaan ini akan dapat memperbaiki kinerja sambungan.besarnya beban permulaan ini sekitar 0,25% atau 25% dari gaya luar yang bekerja (P),

sehingga beban maksimum yang akan timbul dengan adanya gaya luar tersebut atau disebut juga beban perencanaan (P_d) adalah

$$P_d = 1,25 P \dots\dots\dots(2-27)$$

2.6.3. Sambungan pen silindris

Contoh penggunaan pen silindris dapat dilihat pada gambar dibawah ini . pada gambar (a) pen mendapatkan tegangan geser akibat adanya gaya P, sedangkan gambar (b) pen mendapatkan gaya geser akibat momen torsi.



a.Tegangan geser karena gaya **b.**tegangan geser karena torsi
Gambar 2.24. Pen Silinder Pada Mekanisme Komponen Mekanik.

a. Peninjauan geser karena beban P:

Akibat beban P, maka pen (pada gambar a) mendapat tegangan geser.

$$\tau_s = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2-28)$$

Bila jumlah pen sebanyak z, maka $A = z \cdot \frac{\pi}{4} d^2$

$$\tau_s = \frac{4P}{z\pi d^2} \leq \frac{\sigma_{syp}}{sf} \dots\dots\dots(2-29)$$

Dari persamaan ini diameter pen (d) dapat dihitung.