

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

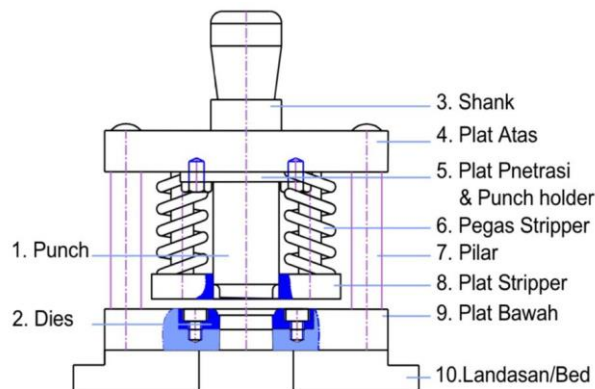
2.1 *Press Tool*

Press tool adalah salah satu alat gabungan *Jig* dan *Fixture* yang dapat digunakan untuk membentuk dan memotong logam dengan cara penekanan. Bagian atas dari alat ini didukung oleh pelat atas sebagai alat pemegang dan pengarah dari *punch* yang berfungsi sebagai *Jig*, sedangkan bagian bawah terdiri dari pelat bawah dan *Dies* sebagai pendukung dan pengarah benda kerja yang berfungsi sebagai *fixture*. Proses kerja alat ini berdasarkan gaya tekan yang diteruskan oleh *punch* untuk memotong atau membentuk benda kerja sesuai dengan geometris dan ukuran yang diinginkan. Peralatan ini digunakan untuk membuat produk secara massal dengan produk *output* yang sama dalam waktu yang relatif singkat.

2.1.1 Klasifikasi *Press Tool*

Ditinjau dari prinsip kerjanya, alat ini dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. *Simple Tool*



Gambar 2.1 *Simple Tool*

Simple Tool adalah perkakas tekan sederhana yang dirancang hanya melakukan satu jenis pekerjaan pada satu stasiun kerja. Dalam

operasinya hanya satu jenis pemotongan atau pembentukan yang dilakukan, misalnya *blanking* atau *bending* saja.

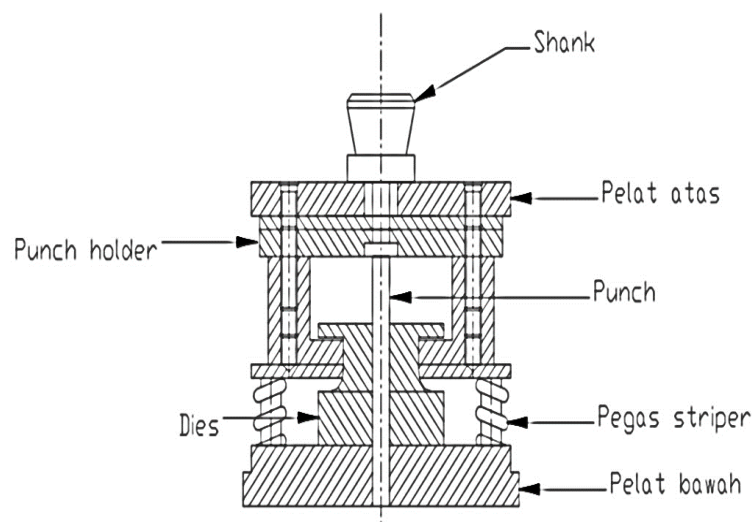
Keuntungan *Simple Tool*, yaitu:

- a) Dapat melakukan proses pengerjaan tertentu dalam waktu yang singkat.
- b) Konstruksinya relatif sederhana sehingga mudah proses pembuatannya.
- c) Menghasilkan kualitas produk lebih terjamin
- d) Mudah pada proses *assembly*
- e) Harga alat relatif murah

Kerugian *Simple Tool*, yaitu:

- a) Hanya mampu melakukan proses-proses pengerjaan untuk produk yang sederhana sehingga untuk jenis pengerjaan yang rumit tidak dapat dilakukan oleh jenis *press tool* ini.
- b) Proses pengerjaan yang dapat dilakukan hanya satu jenis saja.

2. *Compound Tool*



Gambar 2.2 *Compound Tool*

Compound Tool atau perkakas tekan gabungan adalah perkakas yang dirancang untuk melakukan dua atau lebih jenis pekerjaan dalam

satu stasiun kerja, atau mengerjakan satu jenis pekerjaan pada setiap station.

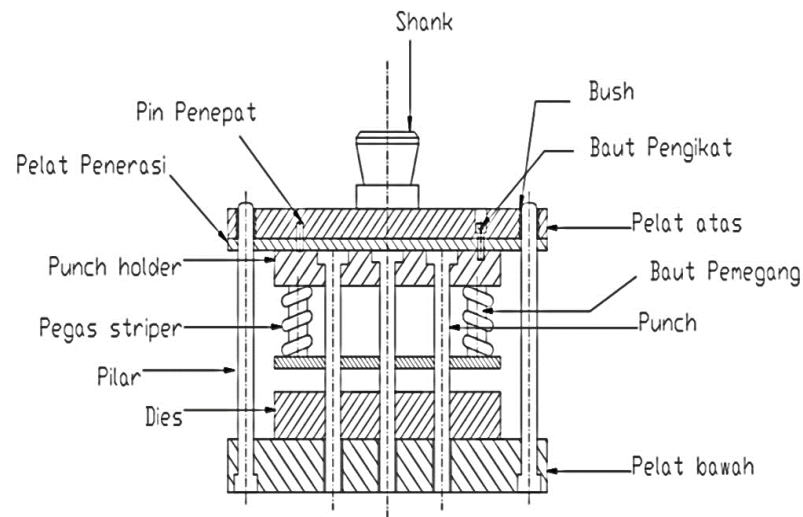
Pemakaian jenis alat ini juga mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungan *compound tool*, yaitu:

- Dapat melakukan beberapa proses pengerjaan dalam waktu yang bersamaan pada *station* yang sama.
- Dapat melakukan pekerjaan yang lebih rumit.
- Hasil produksi yang dicapai mempunyai ukuran yang teliti.

Keuntungan *compound tool*, yaitu:

- Konstruksi *dies* menjadi lebih rumit.
- Terlalu sulit untuk mengerjakan material yang tebal.
- Dengan beberapa proses pengerjaan dalam satu *station* menyebabkan perkakas cepat rusak.

3. *Progressive Tool*



Gambar 2.3 *Progressive Tool*.

Progressive Tool atau perkakas tekan adalah perkakas yang dirancang untuk melakukan sejumlah operasi pemotongan atau pembentukan dalam beberapa stasiun kerja. Pada setiap langkah penekanan menghasilkan beberapa jenis pengerjaan dan setiap stasiun

kerja dapat berupa proses 7 pemotongan atau pembentukan yang berbeda, misalnya langkah pertama terjadi proses *pierching*, kedua *notching* dan seterusnya.

Keuntungan *progressive tool*, yaitu:

- a) Dapat memproduksi bentuk produk yang lebih rumit
- b) Waktu pengerjaan bentuk produk yang rumit lebih cepat
- c) Proses produksi lebih efektif
- d) Dapat melakukan pemotongan bentuk yang rumit pada langkah yang berbeda

Kerugian *progressive tool*, yaitu:

- a) Ukuran alat lebih besar bila dibandingkan *simple tool* dan *compound tool*.
- b) Biaya perawatan besar
- c) Harga relatif lebih mahal karena bentuknya rumit
- d) Lebih sulit proses *assembly*.

Dari ketiga jenis *press tool* di atas, konstruksinya mempunyai jumlah komponen yang berbeda tetapi bentuk, nama dan fungsinya hampir sama tergantung pada geometris produk yang akan dibuat. Bentuk geometris dan ukuran benda kerja merupakan faktor utama dalam proses desain suatu *press tool*. Semakin kompleks bentuk produk maka semakin banyak 8 komponen dan *station* kerja dari *press tool* sehingga biasanya lebih baik menggunakan *Progressive Tool*.

2.1.2 Komponen *Press Tool*

Sesuai dengan fungsinya yaitu memotong atau membentuk material dari pelat maka harus kuat dan keras. Spesifikasi komponen *press tool* didesain berdasarkan ukuran, bentuk dan material benda kerja dimana hal ini akan berpengaruh terhadap besar gaya yang dibutuhkan guna pemotongan ataupun pembentukan benda kerja tersebut. Adapun nama dan fungsi komponen *Press Tool* dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Tangkai Pemegang (*Shank*)

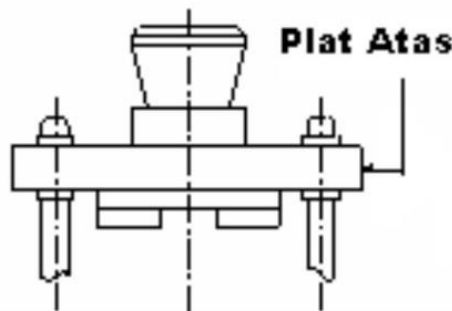
Tangkai pemegang merupakan komponen *Press Tool* yang berfungsi sebagai penghubung alat mesin penekan dengan pelat atas. *Shank* biasanya terletak pada titik berat yang dihitung berdasarkan penyebaran gaya-gaya potong dan gaya-gaya pembentuk dengan tujuan untuk menghindari tekanan yang tidak merata pada pelat atas.



Gambar 2.4 *Shank*.

2. Pelat Atas (*Top Plate*)

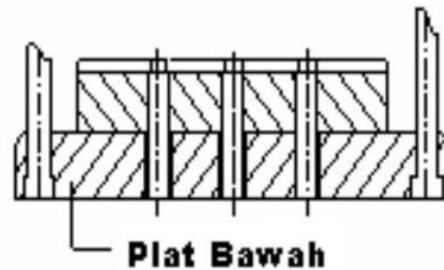
Pelat atas merupakan tempat dudukan dari *shank* dan *guide bush* (sarung pengarah).



Gambar 2.5 Pelat Atas.

3. Pelat Bawah (*Bottom Plate*)

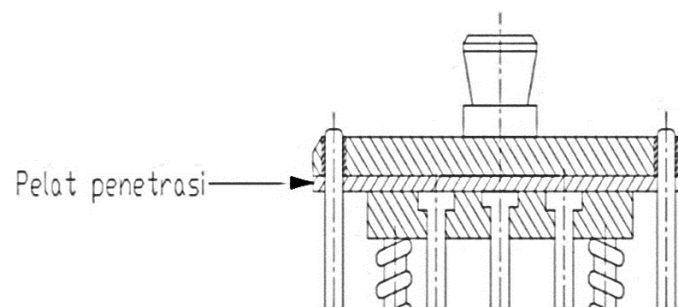
Pelat bawah merupakan dudukan dari *dies* dan tiang pengarah sehingga mampu menahan gaya *bending* akibat dari reaksi yang di timbulkan oleh *punch*.



Gambar 2.6 Pelat Bawah.

4. Pelat Penetrasi

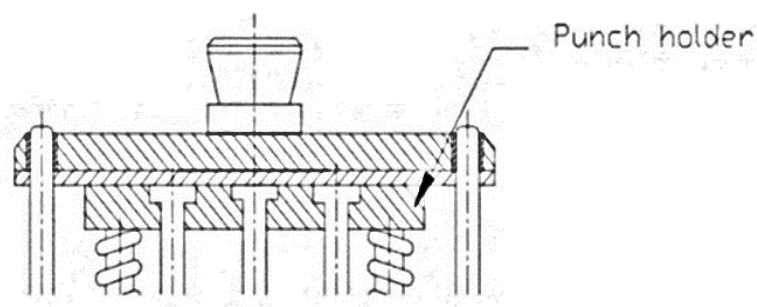
Pelat penetrasi berfungsi untuk menahan tekanan balik saat operasi berlangsung serta untuk menghindari cacat pada pelat atas, oleh karena itu pelat ini harus lebih lunak dari pelat atas.



Gambar 2.7 Pelat Penetrasi.

5. Pelat Pemegang *Punch* (*Punch Holder Plate*)

Pelat pemegang *punch* berfungsi untuk memegang *punch* agar posisi *punch* kokoh dan mantap pada tempatnya.



Gambar 2.8 *Punch Holder*.

6. *Punch*



Gambar 2.9 *Punch*.

Punch berfungsi untuk memotong dan membentuk material menjadi produk jadi. Bentuk *Punch* tergantung dari bentuk produk yang dibuat. Bentuk *punch* dan *dies* haruslah sama. *Punch* haruslah dibuat dari bahan yang mampu menahan gaya yang besar sehingga tidak mudah patah dan rusak. Pada perencanaan alat bantu produksi ini untuk *punch* dipilih bahan Amutits, Assab, HSS dan lainnya yang dikeraskan pada suhu 780 – 820 0 C lalu di *Tempering* pada suhu 2000 C agar diperoleh sifat yang keras tetapi masih memiliki kekenyalan.

7. **Tiang Pengarah (*Guide Pillar*)**

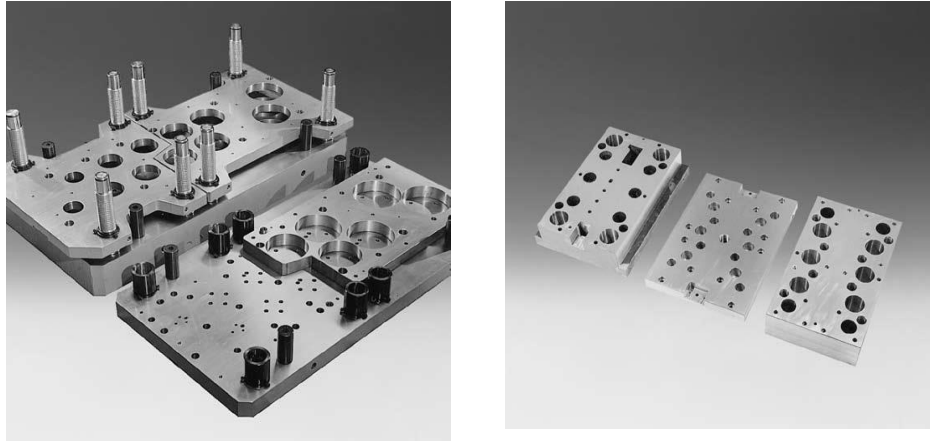
Tiang pengarah berfungsi mengarahkan unit atas, sehingga *punch* berada tepat pada *dies* ketika dilakukan penekanan.



Gambar 2.10 *Guide Pillar*.

8. Dies

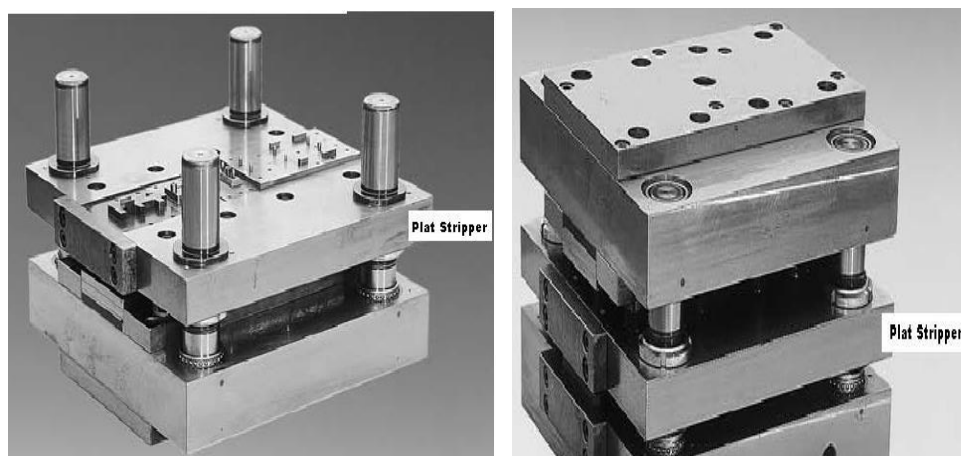
Terikat pada pelat bawah dan berfungsi sebagai pemotong dan sekaligus sebagai pembentuk.



Gambar 2.11 Dies.

9. Pelat Stripper

Pelat *stripper* adalah bagian yang bergerak bebas naik turun beserta pegas yang terpasang pada baut pemegangnya. Pelat ini berfungsi sebagai pelat penjepit material pada saat proses berlangsung, sehingga dapat menghindari terjadinya cacat pembentukan permukaan benda kerja seperti kerut dan lipatan, juga sebagai pengarah *punch*.



Gambar 2.12 Pelat Stripper.

10. Pegas Stripper

Pegas *stripper* berfungsi untuk menjaga kedudukan *striper*, mengembalikan posisi *punch* ke posisi awal, dan memberikan gaya tekan pada *strip* agar dapat mantap (tidak bergeser) pada saat dikenai gaya potong dan gaya pembentukan.



Gambar 2.13 Pegas Stripper

11. Baut Pengikat

Baut pengikat berfungsi untuk mengikat *dies* ke pelat bawah dan pelat pemegang *punch* ke pelat atas. Diameter dan panjang baut pengikat disesuaikan dengan ukuran dua komponen yang diikatnya.



Gambar 2.14 Baut Pengikat.

12. Pin Penepat/Pengarah



Gambar 2.15 Pin Penepat.

Pin penepat berfungsi untuk menepatkan *dies* pada pelat bawah dan pelat pemegang *punch* (*Punch holder*) ke pelat atas, sehingga posisi *dies* ke pelat bawah dan posisi pelat pemegang *punch* ke pelat atas dapat terarah dan kokoh.

13. Sarung Pengarah (*Bush*)

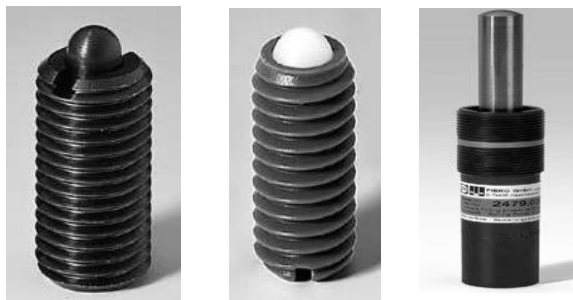
Sarung pengarah berfungsi untuk memperlancar gerak pelat atas terhadap dan mencegah cacat pada pelat atas. Pada perencanaan alat bantu ini biasanya menggunakan bahan kuningan.



Gambar 2.16 Sarung Pengarah.

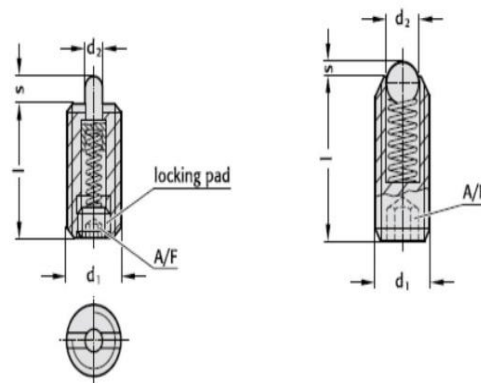
14. Pin/Pegas Pelontar

Dalam beberapa proses seperti *deep drawing*, *bending*, *embosning* dan lainnya, sebagian material masuk ke dalam *dies*. Untuk mengeluarkan atau menggerakkan benda kerja ke proses berikutnya maka diperlukan pin/pegas pelontar untuk mendorong benda keluar dari *dies*. Alat ini sering juga digunakan sebagai *stopper* untuk menjagajarak pergerakan material ke dalam *Press Tool*.



Gambar 2.17 Pegas/Pin Pelontar.

Bagian dalam dari alat ini terdapat ruangan tempat pemasangan pegas.



Gambar 2.18 Konstruksi Pegas/Pin Pelontar.

2.2 Perhitungan Dasar Komponen *Press Tool*

Langkah awal yang dilakukan untuk merencanakan komponen *press tool* biasanya dimulai dari adanya kebutuhan konsumen *intern* atau *ekstern*. Kebutuhan konsumen ini diterjemahkan oleh *designer* dan dituangkan dalam bentuk sketsa atau gambar/foto yang bertujuan untuk memperjelas bentuk geometris dan material

produk yang akan dibuat. Mengingat fungsi *Press Tool* sebagai alat potong atau pembentukan yang umumnya dari pelat maka perlu perhitungan gaya dan ukuran yang sesuai guna menjaga supaya alat ini aman dan tahan lama, menghasilkan kualitas produk yang seragam dan efisien.

1. Perhitungan Bentangan Pelat

Proses pembentukan pelat seperti *bending*, *deep drawing* dan lainnya, kebutuhan pelat biasanya lebih panjang dari ukuran produk jadi. Untuk mendapat ukuran kebutuhan sesungguhnya dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Panjang pelat total (L_t)

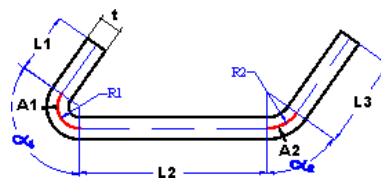
$$L_t = L_1 + A_1 + L_2 + A_2 + L_3 \dots \dots \dots (2.1, \text{Lit. 1 hal. 33})$$

$$\text{Panjang Busur } A = (R + x) \frac{2\pi \cdot a}{360}$$

$$\text{Dengan: } R < 2t \quad x = 0,33.t$$

$$R = (2 - 4).t \quad x = 0,4.t$$

$$R > 4.t \quad x = 0,5.t$$



Gambar 2.19 Perhitungan Bentangan Pelat.

2. Gaya Piercing, Blanking dan Notching

Untuk menentukan besarnya gaya potong pelat maka dapat dijelaskan dengan memperhatikan arah gaya terhadap permukaan geser benda. Arah gaya sejajar dengan bidang geser dan tegak lurus dengan permukaan benda kerja maka tegangan yang terjadi adalah tegangan geser yang besarnya dapat diturunkan dari rumus mekanika sebagai berikut:

$$\tau_g = F/A \quad F_p = A \times \tau_g \quad A = \text{Keliling potong} \times \text{tebal}$$

$$\tau_g = \text{Tegangan geser bahan}$$

$$\tau_g = \mu / (\mu + 1) \sigma_m$$

Dengan angka Poisson untuk logam $\mu = 3 - 4$

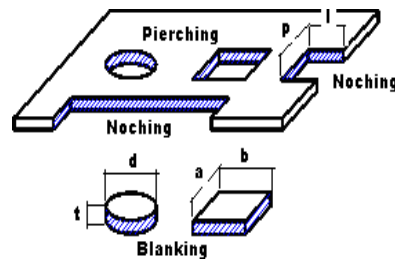
Tegangan geser bahan $\tau_g = (0,75 - 0,8) \sigma_m$,

Keliling bekas potong (U)

$U = \pi \times d$ untuk lingkaran

$U = 2(a + b)$ untuk segi empat

$U = 2.1 = p$ untuk nothing seperti pada gambar



Gambar 2.20 Perhitungan Gaya *Pierching*, *Notching* dan *Blanking*

Jadi, besarnya gaya potong untuk *Pierching*, *Blanking* dan *Notching* adalah sama yaitu: **$F_p = 0,8.L.t.\sigma_m$ (N)** (2.2, Lit. 1 hal. 35)

Dengan: L = panjang sisi potong (mm)

t = tebal material proses (mm)

σ_m = tegangan maksimum bahan (N/mm^2)

3. Gaya *Bending*

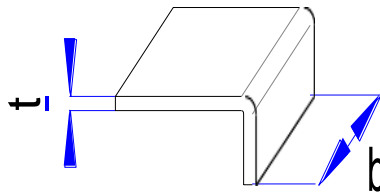
Gaya *Bending*: **$F_b = 0,5.L.t.\sigma_m$ (N)** (2.3, Lit. 1 hal. 35)

Dengan:

L = panjang sisi *bending* (mm)

t = tebal material (mm)

σ_m = tegangan maksimum bahan (N/mm^2)



Gambar 2.21 Perhitungan Gaya *Bending*

4. Gaya *Forming (Deep Drawing)*

Gaya pembentukan dan penekanan untuk kedalaman tertentu dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$F_d = \pi \times d \times t \times \sigma_m (D - K/d) \text{ (N)} \dots\dots\dots (2.4, \text{Lit. 1 hal. 35})$$

Atau

$$F_d = \pi \cdot d_i \cdot t \cdot \sigma_m \cdot \alpha \text{ (N)}$$

Dengan:

F = Gaya pembentukan (N/mm²)

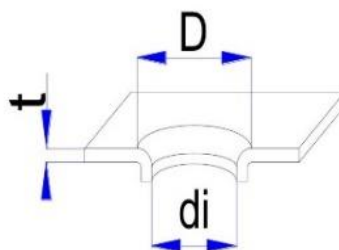
d = Diameter pembentukan benda kerja (mm)

σ_m = Tegangan tarik (N/mm²)

D = Diameter bentangan benda kerja sebelum dibentuk (mm)

t = Tebal pelat (mm)

K = Konstanta (0,6 - 0,7)



Gambar 2.22 Perhitungan Gaya *Forming*

5. Gaya *Forming (Curling)*

Proses pelipatan/penggulungan ujung pelat dibutuhkan gaya yang besarnya dapat dihitung dengan rumus:

$$F_c = b \cdot t \cdot \sigma_m / 3,6 \cdot R_m \text{ (N)} \dots\dots\dots (2.5, \text{Lit. 1 hal. 36})$$

Dengan:

- b = lebar tekukan (mm)
 t = tebal pelat (mm)
 Rm = radius penggulangan (mm)
 σ_m = tegangan maksimum bahan (N/mm²)

6. Gaya Pegas *Stripper*

Pelat *stripper* berfungsi untuk menjaga gerakan *punch* supaya tetap pada sumbunya dan sekaligus menekan/memegang material pelat pada saat proses penekanan atau pemotongan terjadi. Untuk mengatur besarnya gaya penjepitan maka di atasnya dipasang pegas. Besar gaya pegas yang dibutuhkan tergantung pada ketebalan material yang mana harganya dapat ditentukan dengan rumus:

Untuk *cutting* **Fps = (5 - 20) % x Ftotal** (2.6, Lit. 1 hal. 36)

Untuk *forming* **Fps = 0,40 x Ftotal** bila tebal pelat $t \leq 0,5$ mm

Fps = 0,30 x Ftotal $t = 0,5 - 1,0$ mm

Fps = 0,25 x Ftotal $t \geq 1,0$ mm

Dengan: Fps = Gaya pegas *stripper* (N)

Ft = Gaya total pemotongan (N)

7. Perhitungan Gaya Pegas Pelontar

Fungsi pin/pegas pelontar adalah untuk mendorong material yang masuk ke dalam *dies*. Untuk mendorong/melepas material tersebut diperlukan gaya dorong pin/pegas yang harganya harus lebih besar dari berat material tersebut. Untuk mencari besarnya gaya pegas pelontar dapat dicari dengan menghitung berat benda sebagai berikut:

Volume benda/material: $V = \pi.D^2.t / 4$ untuk silinder (m³)

$V = p \times l \times t$ untuk balok, tergantung bentuknya

Massa Benda : $m = \text{massa jenis} \times \text{volume}$ (Kg)

Berat benda : $W = m \times g$ (N)

Jadi besarnya gaya pegas pelontar = $F_{pp} > m \times g$ (N) (2.7, Lit. 1 hal. 36)

Dengan:

V = Volume benda yang diangkat pegas pelontar (m^3)

ρ = Massa jenis bahan (kg/m^3)

F_{pp} = Gaya pegas (N)

m = Massa benda yang akan diangkat (kg)

g = Gravitasi bumi ($9,81 m/s^2$)

8. Perhitungan Panjang *Punch* Maksimum

Dalam perencanaan ukuran *Punch*, penampangnya tergantung pada bentuk benda kerja sedangkan panjangnya disesuaikan dengan langkah gerak, tinggi pegas dan ketebalan *stripper* maupun tebal benda kerja. Untuk menjaga supaya *punch* tidak bengkok akibat *buckling* maka panjang *punch* yang direncanakan harus lebih kecil atau sama dengandari panjang batang *buckling* menurut rumus Tetmajer yaitu sebagai berikut:

$$L_{Maks} = \sqrt{\pi^2 \cdot E \cdot I / F_b} \text{ (2.8, Lit. 1 hal. 36)}$$

Dengan:

L_{Maks} = Panjang *Punch* Maksimum (mm)

E = Modulus Elastisitas (N/mm^2)

I = Momen Inersia bahan (mm^4)

F_b = Gaya *Punch* maksimum (N)

Bila rumus di atas dikuadratkan dan F_b diletakkan di depan maka didapat gaya buckling sesuai dengan rumus Euler yaitu:

$$F_b = \Pi^2 \cdot E \cdot I / L_{Maks}^2 \text{ (2.9, Lit. 1 hal. 37)}$$

Dengan:

F_b = Gaya Buckling (N)

E = Modulus Elastisitas (N/mm^2)

I = Momen Inersia Minimum (mm^4)

L_{Maks} = Panjang *Punch* (mm)

Gaya *buckling* dapat juga dicari berdasarkan kerampingannya, yaitu:

$\lambda > \lambda_0$ digunakan untuk rumus Euler

$\lambda > \lambda_0$ digunakan untuk rumus Tetmejer

$$\lambda = S/i \quad i = \sqrt{I/A} \dots\dots\dots (2.10, \text{Lit. 1 hal. 37})$$

Dengan:

$S = L_{\text{Maks}}$ = Panjang Batang (mm)

A = Luas Penampang (mm^2)

i = Jari-jari Girasi (mm)

λ = Kerampingan

I = Momen Inersia (mm^4)

9. Perhitungan Tebal Pelat Atas dan Bawah

Pada saat proses produksi berlangsung maka terjadi gaya dorong yang memungkinkan pelat atas akan mengalami *bending*, untuk itu maka perhitungan tebal pelat didasarkan pada tegangan *bending* yaitu:

Tegangan *bending*

$$\sigma_b = Mb/W_b \leq \sigma_{bi} \quad W_b = b \cdot h^2/6 \dots\dots\dots (2.11, \text{Lit. 1 hal. 37})$$

Kedua persamaan di atas distribusikan maka diperoleh tebal pelat atas (h)

$$h = \frac{\sqrt{6} \times Mb_{\text{max}}}{b \times \sigma_{bi}} \quad \sigma_{bi} = \sigma_m / v \dots\dots\dots (2.12, \text{Lit. 1 hal. 37})$$

Dengan:

h = Tebal pelat atas/bawah (mm)

Mb_{Maks} = Momen bengkok maksimum (N.mm)

b = Lebar pelat atas yang direncana (mm)

σ_{bi} = Tegangan *bending* izin bahan (N/mm^2)

v = Faktor keamanan beban searah (4 – 6)

10. Menentukan Tebal Dies

Tebal *Dies* dapat dihitung dari rumus Empires yaitu:

$$H = \sqrt[3]{F_{tot}/g} \dots\dots\dots (2.13, \text{Lit. 1 hal. 37})$$

Dengan:

- H = Tebal *Dies* (mm)
 g = Gravitasi bumi (9,81 m/det²)
 F_{tot} = Gaya total (Kgf)

11. Perhitungan Diameter Pilar

Pemasangan pilar umumnya fit di Pelat bawah, tapi kadang kala ada yang fit di tengah atau di pelat atas. Pada prinsipnya, sewaktu pelat atas bergerak turun maka terjadi gesekan antara busung dengan pilar yang menimbulkan gaya radial (Fr) pada pilar tersebut. Gaya radial ini akan menimbulkan tegangan geser, *bending* dan defleksi radial (δr) membuatnya bengkok. Untuk mencegah hal tersebut maka perhitungan ukuran diameter didasarkan pada jenis tegangan yang terjadi yaitu:

- a. Menentukan diameter berdasarkan Tegangan Geser

$$\tau_g = F_r / A < \tau_{gi} \quad F_r = \mu \times F_{tot} \quad A = \pi / 4 \times D^2 \dots\dots\dots (2.14, \text{Lit. 1 hal. 38})$$

Ketiga persamaan di substitusi maka didapat diameter pilar (D):

$$\text{Diameter Pilar} \quad D = \sqrt[4]{4 \times \mu \times F_{tot} / \pi \times n \times \tau_{gi}} \quad \text{Harganya relatif kecil}$$

- b. Menentukan diameter berdasarkan Tegangan *Bending*

$$\sigma_b = Mb/Wb < \sigma_{bi} \quad Mb = F_r \times l \quad Wb = \pi \times D^3 / 32 \dots (2.15, \text{Lit. 1 hal. 38})$$

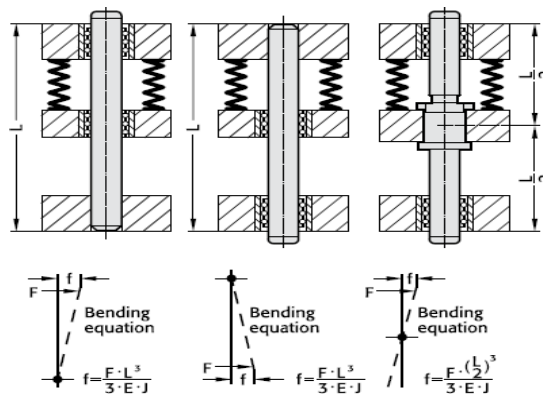
Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan tersebut maka didapat:

$$\text{Diameter Pilar} \quad D = \sqrt[3]{\mu \times F_{tot} \times l / 32 \times n \times \sigma_{bi}}$$

Dari kedua perhitungan diameter di atas diambil yang terbesar.

Dengan:

- D = diameter pilar menurut (mm)
 F_{tot} = Gaya total yang bekerja (N)
 n = Jumlah pilar yang digunakan
 l = Jarak senter antara pelat atas dan bawah (mm)
 σ_{bi} / τ_{gi} = Tegangan *bending* dan geser izin pelat (N/mm²)



Gambar 2.23 Defleksi Radial Pada Pilar.

12. Clearance Punch dan Dies

Setiap operasi pemotongan yang dilakukan *Punch* dan *Dies* selalu ada nilai kelonggaran antara keduanya yang besarnya dapat ditentukan dengan rumus berikut:

Untuk tebal pelat (s) < 3 mm

$$U_s = C.S. \sqrt{\tau_g} \text{ dan } U_s = D_d - D_p / 2 \dots\dots\dots (2.16, \text{ Lit. 1 hal. 38})$$

Dengan:

- U_s = Kelonggaran tiap sisi (mm)
- D_p = Diameter *Punch* (mm)
- D_d = Diameter lubang *Dies* (mm)
- C = Faktor kerja (0,005 - 0,025)
- S = Tebal pelat (mm)
- τ_g = Tegangan geser bahan (N/mm^2)

Dari hasil perhitungan gaya yang bekerja maka dapat ditentukan ukuran komponen *press tool*. Berdasarkan ukuran dan fungsi komponen tersebut maka dilanjutkan proses penggambaran dengan penyesuaian standar dan toleransi yang berlaku.