

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 plat atas sebagai alat pemegang dan pengarah dari *punch* yang berfungsi sebagai *Jig*, sedangkan bagian bawah terdiri dari plat 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 :

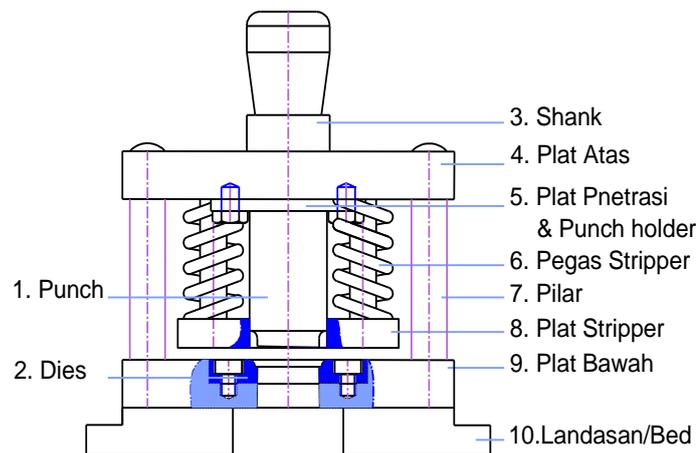
1. Simple Tool adalah perkakas tekan sederhana yang dirancang hanya melakukan satu jenis pekerjaan pada satu stasiun kerja. Dalam operasinya hanya satu jenis pemotongan atau pembentukan yang dilakukan, misalnya *blanking* atau bending saja

Keuntungan *simple tool*:

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

Kerugian *simple tool*:

- 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.



Gambar 2.1 *Simple Tool*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 69)

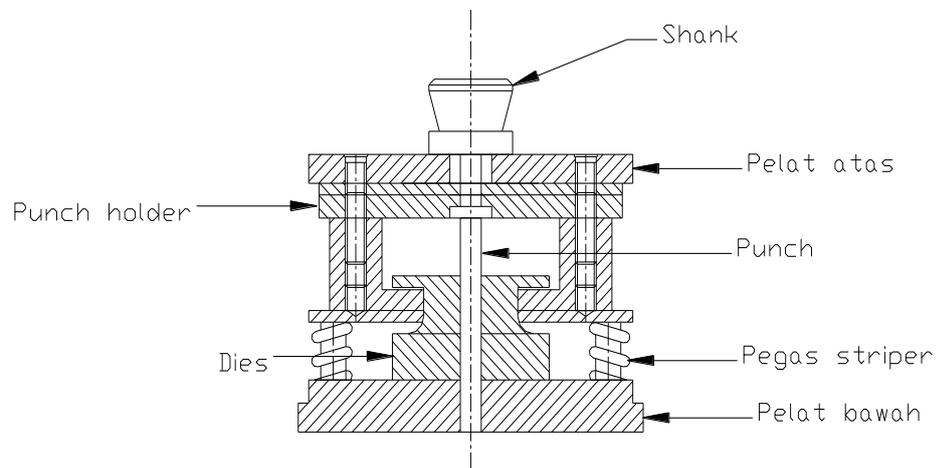
2. Compound Tool atau perkakas tekan gabungan adalah perkakas yang dirancang untuk melakukan dua atau lebih jenis pekerjaan dalam satu stasiun kerja, atau mengerjakan satu jenis pekerjaan pada setiap station. Pemakaian jenis alat ini juga mempunyai keuntungan dan kerugian.

Keuntungan *compound tool*

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

Kerugian *compound tool*:

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



Gambar 2.2 *Compound Tool*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*.

Palembang, Hal : 70)

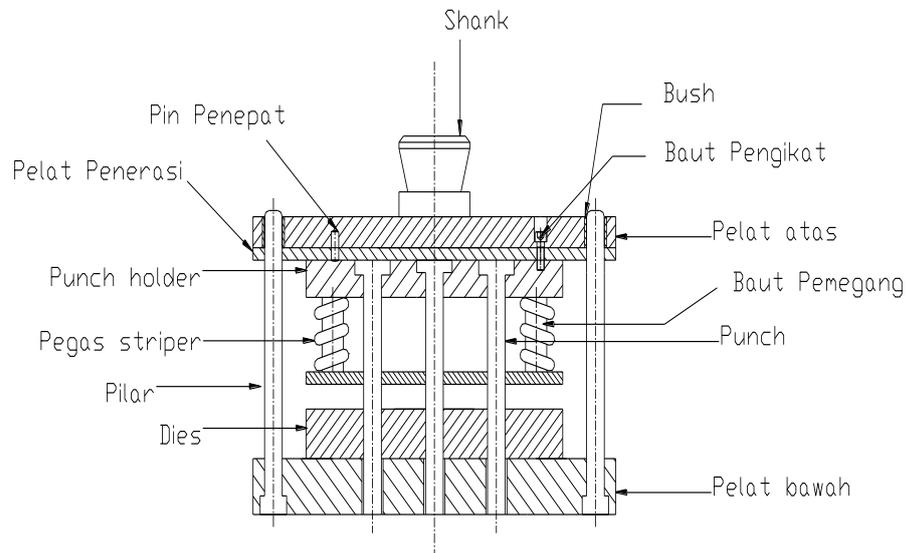
3. *Progressive Tool* atau perkakas tekan adalah perkakas yang dirancang untuk melakukan sejumlah operasi pemotongan atau pembentukan dalam beberapa stasiun kerja. Pada setiap langkah penekanan menghasilkan beberapa jenis pengerjaan dan setiap stasiun kerja dapat berupa proses pemotongan atau pembentukan yang berbeda, misalnya langkah pertama terjadi proses *pierching*, kedua *notching* dan seterusnya.

Keuntungan *progressive tool* :

- 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*:

- Ukuran alat lebih besar bila dibandingkan *simple tool* dan *compound tool*.
- Biaya perawatan besar.
- Harga relatif lebih mahal karena bentuknya rumit.
- Lebih sulit proses assemblingnya.



Gambar 2.3 *Progressive Tool*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penempat dan Press Tool*.

Palembang, Hal : 71)

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 komponen dan station kerja dari *press tool* sehingga biasanya lebih baik menggunakan *Progressive Tool*.

2.1.1 Komponen *Press Tool*

Sesuai dengan fungsinya yaitu memotong atau membentuk material dari plat 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.

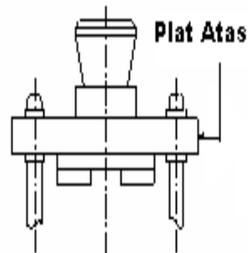


Gambar 2.4 *Shank*

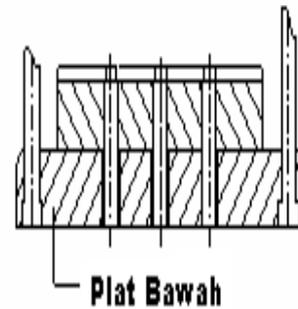
(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 79)

2. Pelat Atas (*Top Plate*)

Merupakan tempat dudukan dari *shank* dan *guide bush* (sarung pengarah).



Gambar 2.5 Pelat Atas



Gambar 2.6 Pelat Bawah

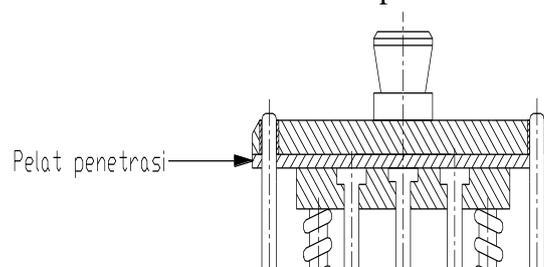
(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 79)

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*.

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.

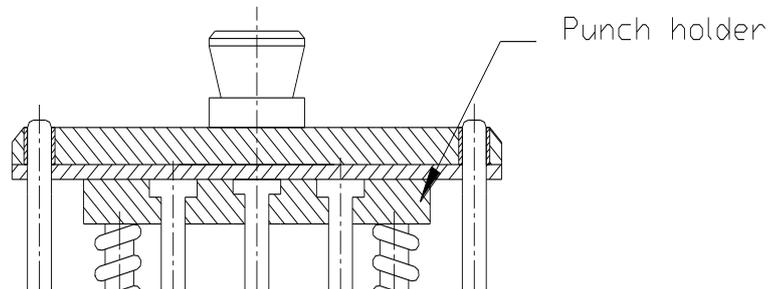


Gambar 2.7 Pelat Penetrasi

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 80)

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*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 80)

6. *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 $780 - 820^{\circ} \text{C}$ lalu di *Tempering* pada suhu 200°C agar diperoleh sifat yang keras tetapi masih memiliki kekenyalan.



Gambar 2.9 *Punch*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 81)

7. Tiang Pengarah (*Guide Pillar*)

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

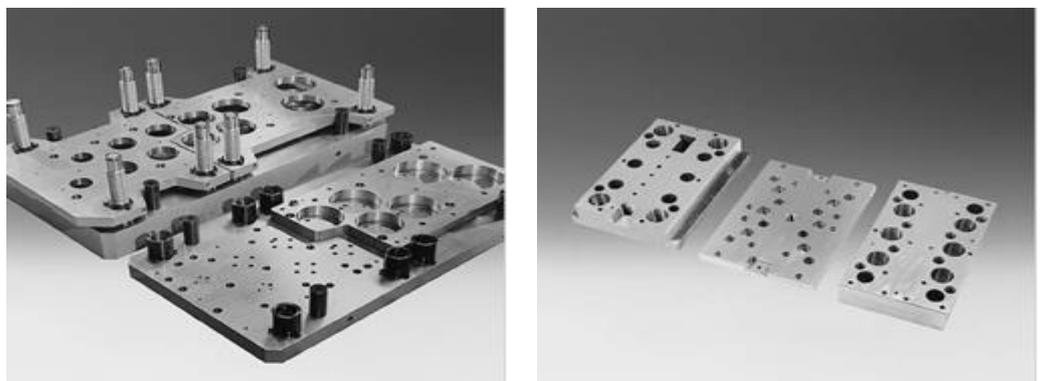


Gambar 2.10 *Pillar*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*.
Palembang, Hal : 82)

8. *Dies*

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

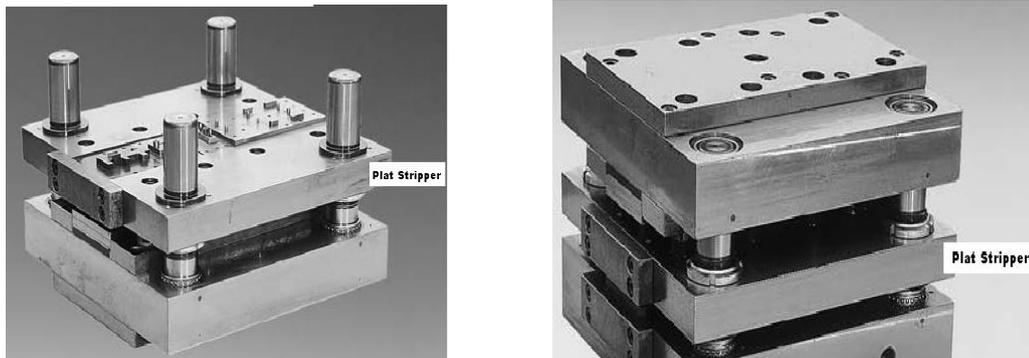


Gambar 2.11 *Dies*

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*.
Palembang, Hal : 82)

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

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*.
Palembang, Hal : 83)

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

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*.
Palembang, Hal : 83)

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

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 84)

12. Sarung Pengarah (Bush)

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



Gambar 2.15 Sarung Pengarah

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang, Hal : 86)

2.2 Perhitungan Dasar Komponen *Press Tool*

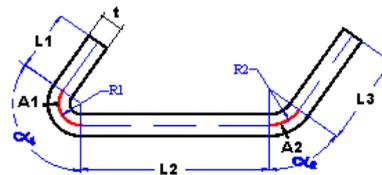
Langkah awal yang dilakukan untuk merencanakan komponen press tool biasanya dimulai dari adanya kebutuhan konsumen intern atau ekstern. Kebutuhan konsumen ini diterjemahkan oleh desainer dan dituangkan dalam bentuk sketsa atau gambar/foto yang bertujuan untuk memperjelas bentuk geometris dan material produk yang akan dibuat. Mengingat fungsi *Press Tool* sebagai alat potong atau pembentukan yang umumnya dari plat 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 Plat.

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

Panjang Plat total (L_t)

$$L_t = L_1 + A_1 + L_2 + A_2 + L_3$$



$$\text{Panjang Busur } A = (R + x) \frac{2 \cdot \Pi \cdot \alpha}{360} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 88})$$

dimana, $R < 2t$ $x = 0,33.t$

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

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

2. Gaya *Pierching, Blanking dan Notcching*

Untuk menentukan besarnya gaya potong plat 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 :

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

τ_g = tegangan geser bahan

$$\tau_g = \frac{\mu}{(\mu+1)} \sigma_m \quad \text{dimana : angka Poison untuk logam } \mu = 3 - 4$$

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

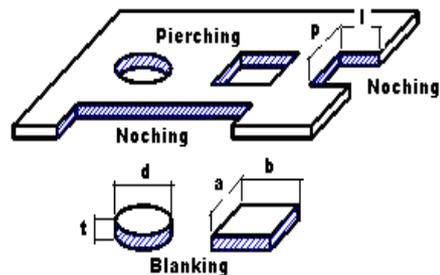
Keliling bekas potong (U)

$$U = \pi \times d \quad \text{untuk lingkaran}$$

$$U = 2(a + b) \quad \text{untuk segi empat}$$

$$U = 2.l + p \quad \text{untuk nothing seperti}$$

pada gambar samping



Jadi besarnya Gaya Potong untuk Pierching, Blanking dan Notching adalah

$$\text{sama yaitu : } F_p = 0,8 \cdot U \cdot t \cdot \sigma_m \quad (\text{N}) \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 88})$$

dimana : U : panjang sisi potong (mm)

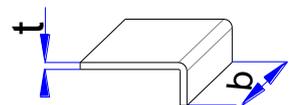
t : tebal material proses (mm)

σ_m : Tegangan maksimum bahan (N/mm^2)

3. Gaya Bending

$$\text{Gaya Bending } F_b = 0,5 \cdot b \cdot t \cdot \sigma_m \quad (\text{N})$$

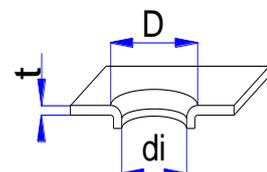
(Ginting M, 2010 Hal : 89)



4. Gaya Forming (Deep Drawing)

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

$$F_d = \pi \times d \times t \times R_m \left(\frac{D}{d} - K \right) \quad (\text{N})$$



Atau $F_d = \pi \cdot d_i \cdot t \cdot \sigma_m \cdot \alpha$ (N) (Ginting M, 2010 Hal : 89)

Dimana :

F = Gaya pembentukan (N/mm²)

d = Diameter pembentukan benda kerja (mm)

Rm = Tegangan Tarik (N/mm²)

D = Diameter bentangan benda kerja sebelum dibentuk (mm)

t = Tebal Pelat (mm)

K = Konstanta (0,6 ÷ 0,7)

5. Gaya Pegas Stripper

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

untuk cutting $F_{ps} = (5 \div 20)\% \times F_{total}$ (Ginting M, 2010 Hal : 90)

untuk forming $F_{ps} = 0,40 \times F_{total}$ bila tebal plat $t \leq 0,5$ mm

$F_{ps} = 0,30 \times F_{total}$ $t = 0,5 - 1,0$ mm

$F_{ps} = 0,25 \times F_{total}$ $t \geq 1,0$ mm

dimana: F_{ps} = Gaya pegas *stripper* (N)

F_t = 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 : $V = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot t}{4}$ untuk selinders (m^3)

$V = p \times l \times t$ 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) (Ginting M, 2010 Hal : 90)

dimana:

V = Volume benda yang di angkat 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 dengan dari panjang batang *buckling* menurut rumus Tetmajer yaitu sebagai berikut :

$$L_{Maks} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{Fb}} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 91})$$

dimana: L_{maks} = Panjang *Punch* maksimum (mm)

E = Modulus Elastisitas (N/mm^2)

I = Momen Inersia bahan (mm^4)

Fb = Gaya *punch* maksimum (N)

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

$$F_b = \frac{\Pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{maks}^2}$$

Dimana :

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 :

$\lambda \geq \lambda_0$ Digunakan untuk rumus Euler

$\lambda < \lambda_0$ Digunakan untuk rumus Tetmejer

$$\lambda = S/i \quad i = \sqrt{I/A}$$

dimana :	$S = L_{maks}$	=	Panjang Batang (mm)
	A	=	Luas penampang (mm ²)
	i	=	jari- jari girasi (mm)
	λ	=	kerampingan
	I	=	Momen Inersia (mm ⁴)

9. Perhitungan Tebal Plat Atas dan Bawah

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

$$\text{Tegangan bending} \quad \sigma_b = \frac{Mb}{Wb} \leq \sigma_{bi} \quad Wb = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Ke dua persamaan diatas disubstitusikan maka diperoleh tebal plat atas (h)

$$h = \sqrt{\frac{6 \times M_b \text{ maks}}{b \times \sigma_{bi}}} \quad \sigma_{bi} = \frac{\sigma_m}{v} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 92})$$

- dimana :
- h = Tebal pelat atas/bawah (mm)
 - M_B maks = Momen bengkok maksimum (Nmm)
 - b = Lebar pelat atas yang direncanakan (mm)
 - σ_{bi} = Tegangan bending izin bahan (N/mm²)
 - v = Faktor keamanan beban searah (4 – 6)

10. Menentukan Tebal Die

Tebal *Die* dapat dihitung dari rumus empires yaitu :

$$H = \sqrt[3]{\frac{F_{tot}}{g}} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 93})$$

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

11. Perhitungan Diameter *pillar*

Pemasangan pilar umumnya fit di Plat bawah, tapi kadang kala ada yang fit di tengah atau di plat atas. Pada prinsipnya, sewaktu plat atas bergerak turun maka terjadi gesekan antara busung dengan pilar yang menimbulkan gaya radial (F_r) 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

$$\tau_g = \frac{F_r}{A} \leq \tau_{gi} \quad F_r = \mu \times F_{tot} \quad A = \pi / 4 \times D^2$$

Ke tiga persamaan di substitusi maka didapat diameter pilar (D) :
Diameter Pilar

$$D = \sqrt{\frac{4 \times \mu \times F_{tot}}{\pi \times n \times \tau_{gi}}} \quad \text{harganya relatif kecil} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 93})$$

b. Menentukan diameter berdasarkan Tegangan Bending

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W_b} \leq \sigma_{bi} \quad Mb = F_r \times l \quad W_b = \frac{\pi}{32} D^3$$

Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan tersebut maka didapat :

$$\text{Diameter pilar} \quad D = 3 \sqrt{\frac{\mu \times F_{tot} \times l}{32 \times n \times \sigma_{bi}}}$$

Dari kedua perhitungan diameter di atas diambil yang terbesar.

dimana :

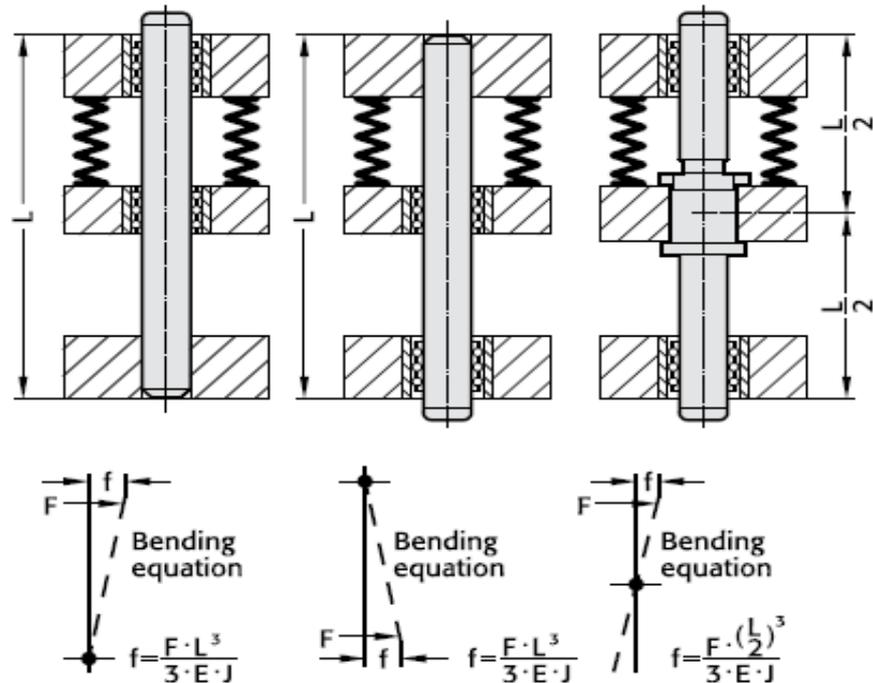
D : diameter pilar menurut (mm)

F_{tot} : Gaya total yang bekerja (N)

n : Jumlah pillar yang digunakan

l : jarak senter antara palat atas dan bawah (mm)

σ_{bi} / τ_{gi} : Tegangan bending dan geser izin plat (N/mm²)



Gambar 2.16 Defleksi Radial pada Pilar

(Sumber : Ginting M, 2010, *Perencanaan Alat Penepat dan Press Tool*. Palembang. Hal : 94)

12. Clearance Punch dan Die

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

Untuk tebal pelat ($s \leq 3$ mm)

$$U_s = C \cdot S \cdot \sqrt{\tau_g} \quad \text{dan} \quad U_s = \frac{D_d - D_p}{2} \quad (\text{Ginting M, 2010 Hal : 94})$$

dimana :

U_s = Kelonggaran tiap sisi (mm)

D_p = Diameter *Punch* (mm)

D_d = Diameter lubang *Die* (mm)

C = Faktor kerja (0,005 ÷ 0,025)

S = Tebal pelat (mm)

τ_g = Tegangan geser bahan (N/mm^2)

13. Daya dan Tekanan Mesin Press

Besarnya daya yang diperlukan oleh mesin press dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$P = \frac{W/t}{750} \quad (\text{PK})$$

$$P = \frac{W/t}{750} \times 0.736 \quad (\text{Kw})$$

Dimana :

P = Daya mesin press (Kw)

W = Usaha potong = $0.6 \times F \times s$ (Nm)

F = Gaya total (N)

s = Tebal pelat (mm)

t = Waktu potong (detik)

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

2.3 Perhitungan Waktu Produksi

Dalam proses pengerjaan komponen dari press tool ini dibutuhkan waktu pengerjaan teoritis. Adapun rumus yang digunakan pada perhitungan waktu pengerjaan ini adalah sebagai berikut :

1. Rumus pada mesin milling

Rumus yang digunakan pada proses mesin milling adalah sebagai berikut :

$$Tm = \frac{L}{s} \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:71})$$

$$s = n \times Sr \times z$$

$$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d} \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:71})$$

$$L = l + d + 4 \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:75})$$

$$L = l + \frac{d}{2} + 2$$

Dimana:

T_m	= Waktu pengerjaan	(menit)
L	= Panjang langkah kerja	(mm)
l	= Panjang benda kerja	(mm)
s	= Rata-rata pemakanan	(mm/menit)
n	= Putaran mesin	(rpm)
S_r	= Pergeseran <i>cutter</i> per-putaran	(mm/put)
Z	= jumlah gigi	
V_c	= Kecepatan potong	(m/menit)
d	= Diameter <i>cutter</i>	(mm)
a	= Kedalaman pemakanan	(mm)
b	= Lebar pemakanan	(mm)

2. Rumus pada mesin bor

Rumus yang digunakan pada pengerjaan mesin bor adalah :

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:83})$$

$$L = l + 0,3 \times d \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:83})$$

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:83})$$

Dimana :

T_m	= Waktu pengerjaan pengeboran	(menit)
L	= Panjang total pengeboran	(mm)
l	= Panjang pengeboran	(mm)
n	= Kecepatan putaran mata bor	(rpm)
S_r	= pemakanan setiapputaran	(mm/put)
V_c	= Kecepatan potong	(m/menit)

d = Diameter cutter bor (mm)

3. Rumus mesin las robot

Untuk pemotongan plat dengan menggunakan las robot, waktunya dapat dihitung dengan rumus :

$$V = \frac{S}{t}$$

Dimana :

V = kecepatan (mm/menit)

S = Jarak potong (mm)

T = waktu (mm/menit)

4. Rumus mesin sekrap

Rumus yang digunakan pada proses mesin sekrap adalah sebagai berikut :

$$V = \frac{np \times lt (1 \times R)}{2 \times 1000}$$

$$Tc = w / vt$$

$$Lt = lv + lw + ln$$

$$Vt = f \times np$$

Dimana :

V = kecepatan potong rata – rata (mm/min)

Tc = waktu pemotongan (min)

Lt = total panjang pemotongan (mm)

Lw = panjang pemotongan (mm)

Lv = langkah pengawal (mm)

Ln = langkah pengakhir (mm)

Vt	= kecepatan makan	(mm/min)
np	= jumlah langkah	(langkah/min)
w	= lebar benda kerja	(mm)
R	= perbandingan kecepatan	
f	= gerak makan	(mm/langkah)

5. Rumus perhitungan biaya

a. Biaya Material

Berikut adalah rumus yang digunakan dalam perhitungan biaya material ini yaitu :

Berat Material :

$$W = V \times \rho \quad \dots\dots\dots(\text{Lit.4 hal:1})$$

Volume Balok :

$$V = l \times b \times h \quad \dots\dots\dots(\text{Lit.4 hal:1})$$

Volume Silinder :

$$V = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times h \quad \dots\dots\dots(\text{Lit.4 hal:1})$$

Untuk menghitung harga komponennya :

Th = harga material per kg x W

Dimana:

W	=	Berat material	(Kg)
P	=	Massa jenis material	(Kg/m ³)
V	=	volume benda	(mm ³)
d	=	diameter	(mm)
h	=	tinggi	(mm)
l	=	panjang	(mm)
b	=	lebar	(mm)
h	=	tinggi	(mm)

$$Th = \text{Harga komponen} \quad (\text{Rp})$$

b. Biaya Listrik

Untuk menentukan biaya listrik dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$B = T_m \times B_l \times P \quad (\text{Putri Fenoria, 2013 hal:84})$$

Dimana :

$$B = \text{Biaya Listrik} \quad (\text{Rp})$$

$$T_m = \text{Waktu permesinan} \quad (\text{jam})$$

$$B_l = \text{Biaya pemakaian listrik} = \text{Rp.1800,-/Kwh}$$

$$P = \text{Daya mesin} \quad (\text{kW})$$

c. Biaya Sewa Mesin

Untuk biaya sewa mesin penulis mengambil harga sesuai dengan harga di lapangan. Dimana harga sewa telah tiap mesinnya ditetapkan oleh pemilik, yaitu Rp. 150.000,- per jam.

d. Biaya Operator

Dalam menentukan upah operator harus sesuai dengan standar upah yang telah ditetapkan pemerintah daerah Sumatera Selatan tahun 2017.

e. Biaya produksi

Untuk biaya produksi *press tool* ini sendiri merupakan akumulasi dari biaya material, biaya listrik, biaya sewa mesin, serta biaya operator.

f. Keuntungan

Dalam hal mengambil keuntungan, penulis mengambil keuntungan sebesar 20% dari biaya produksinya.

g. Harga jual

Harga jual dari *press tool* ini adalah akumulasi dari biaya produksi dan keuntungan. Sehingga dapat diketahui harga mesinnya.