

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Press tool*

Press tool adalah salah satu alat gabungan *Jig* dan *Fixture* yang dapat digunakan untuk membentuk dan memotong logam dengan cara penekanan (Budiarto, 2005). 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.

2.2 Klasifikasi *Press Tool*

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

2.2.1 *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

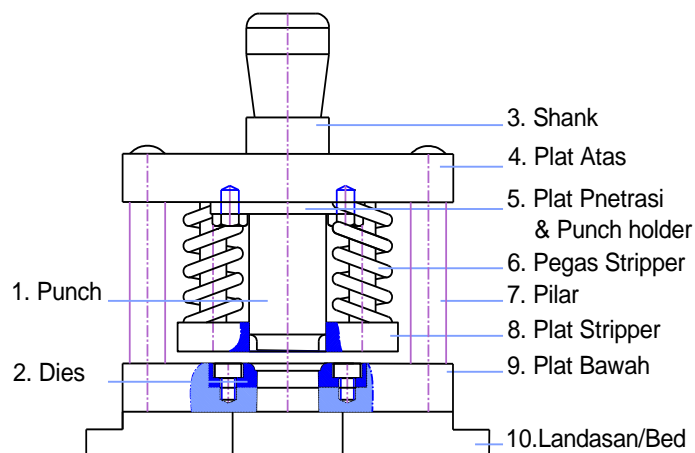
Keuntungan *simple tool*:

- 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*

2.2.2 *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.

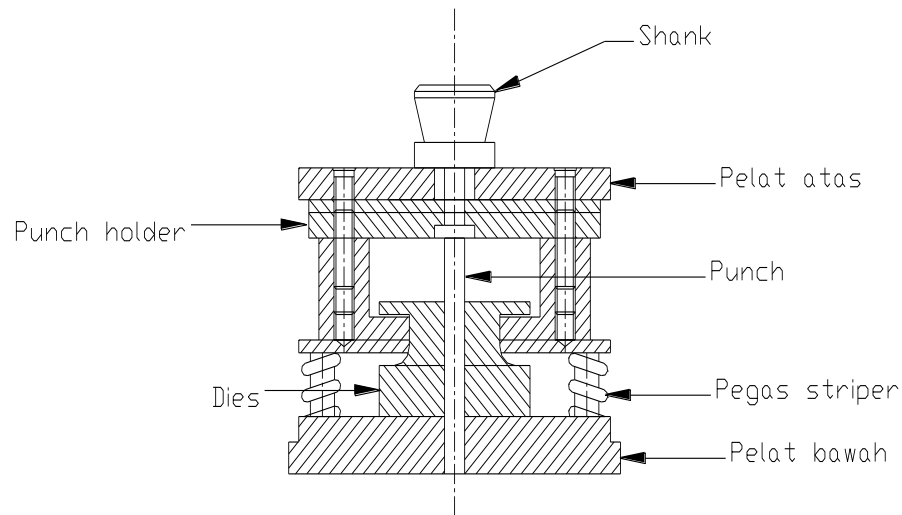
Keuntungan *compound tool*

- a. Dapat melakukan beberapa proses pengerjaan dalam waktu yang bersamaan pada *station* yang sama.
- b. Dapat melakukan pekerjaan yang lebih rumit
- c. 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
- d. perkakas cepat rusak.



Gambar 2.2 *Compound tool*

2.2.3 *Progressive Tool*

Progressive tool 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 *piercing*, kedua *notching* dan seterusnya.

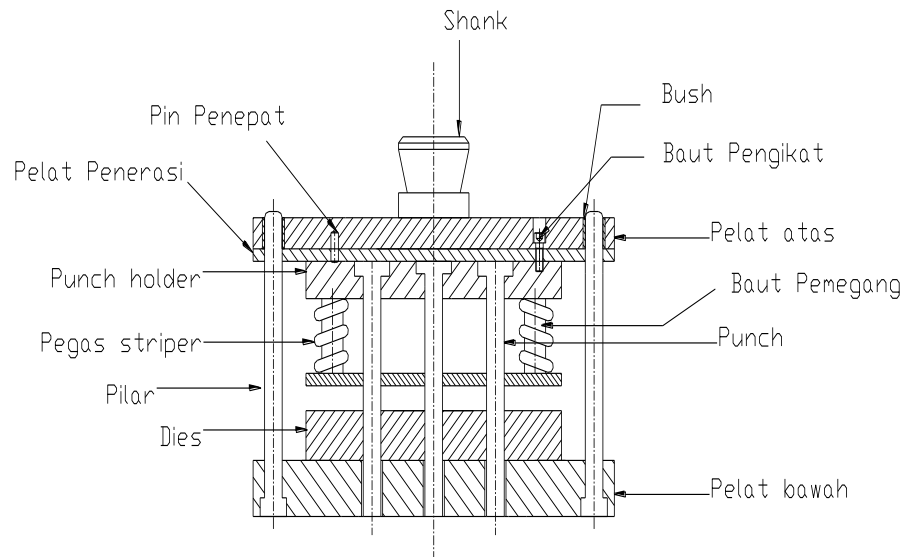
Keuntungan *progressive tool* :

- 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*:

- 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 assemblingnya.



Gambar 2.3 *Progressive tool*

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*.

2.3 Komponen *Press Tool*

2.3.1 Tangkai Pemegang (*Shank*)

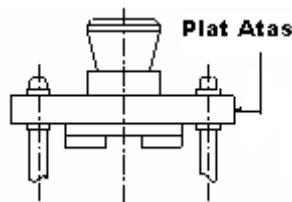
Tangkai pemegang merupakan komponen *Press Tool* yang berfungsi sebagai penghubung alat mesin penekan dengan pelat atas (Budiarto, 2001). *Shank* biasanya terletak pada titik berat yang dihitung berdasarkan penyebaran gaya-gaya potong dan gaya-gaya pembentuk dengan tujuan untuk menghindari tekanan yang tidak merata pada plat atas.



Gambar 2.4 Shank

2.3.2 Pelat Atas (*Top Plate*)

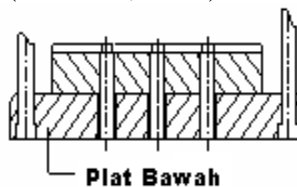
Merupakan tempat dudukan dari komponen-komponen bagian atas, seperti *shank*, *guide bush* (sarung pengarah) dan plat penetrasi (Budiarto, 2001).



Gambar 2.5 Plat atas

2.3.3 Pelat Bawah (*Bottom Plate*)

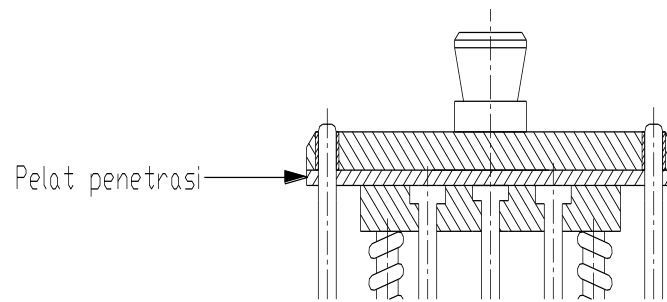
Pelat bawah merupakan dudukan dari *dies* dan tiang pengarah sehingga mampu menahan gaya bending akibat dari reaksi yang di timbulkan oleh *punch* (Budiarto, 2001).



Gambar 2.6 Plat bawah

2.3.4 Plat Penetrasi

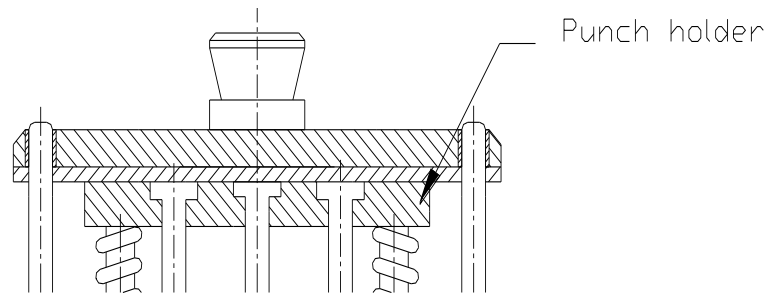
Pelat penetrasi berfungsi untuk menahan tekanan balik saat operasi berlangsung serta untuk menghindari cacat pada plat atas, oleh karena itu pelat ini harus lebih lunak dari pelat atas.



Gambar 2.7 Plat Penetrasi

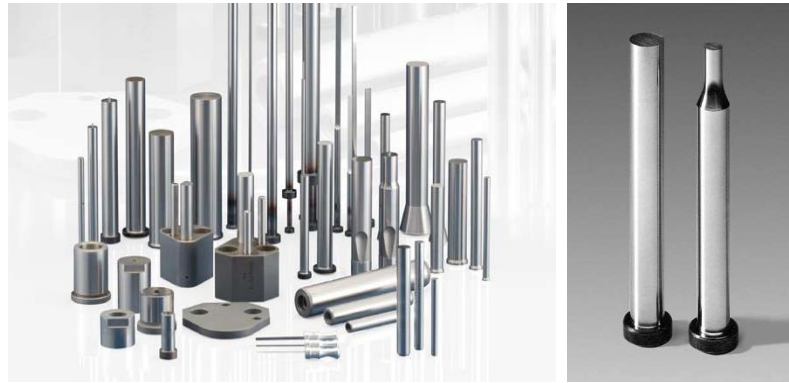
2.3.5 Pelat Pemegang *Punch* (*Punch Holder Plate*)

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

Gambar 2.8 *Punch holder*

2.3.6 *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*

2.3.7 Tiang Pengarah (*Guide Pillar*)

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



Gambar 2.10 *Pillar*

2.3.8 *Dies*

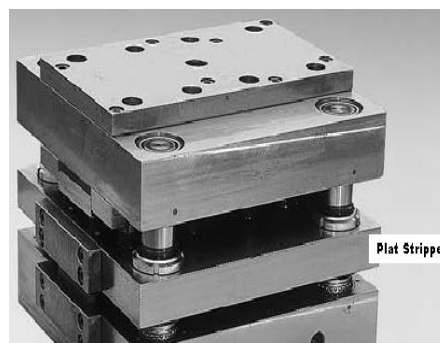
Terikat pada pelat bawah dan berfungsi sebagai pemotong dan sekaligus sebagai pembentuk.



Gambar 2.11 *Dies*

2.3.9 Pelat *Stripper*

Pelat *stripper* adalah bagian yang bergerak bebas naik turun beserta pegas yang terpasang pada baut pemegangnya (Budiarto, 2001). 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 *Plat Stripper*

2.3.10 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*

2.3.11 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

Ukuran Baut	Jarak minimum	Jarak maksimum	Tebal Dies
M5	15	50	10 ÷ 18
M6	25	70	15 ÷ 25
M8	40	90	22 ÷ 32
M10	60	115	27 ÷ 38
M12	80	150	> 38

Tabel 2.1 Standar Baut Pengikat..... (Lit. 8, Hal 80)

2.3.12 Pin Penepat/Pengarah

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.



Gambar 2.15 Pin Penepat

Tebal Dies	Minimum Baut	Minimum Pena
19	M8	Φ6
24	M8	Φ8
29	M10	Φ10
34	M10	Φ10
41	M12	Φ12
48	M16	Φ16

Tabel 2.2 Standar Pin Penepat.....(Lit. 8, Hal 81)

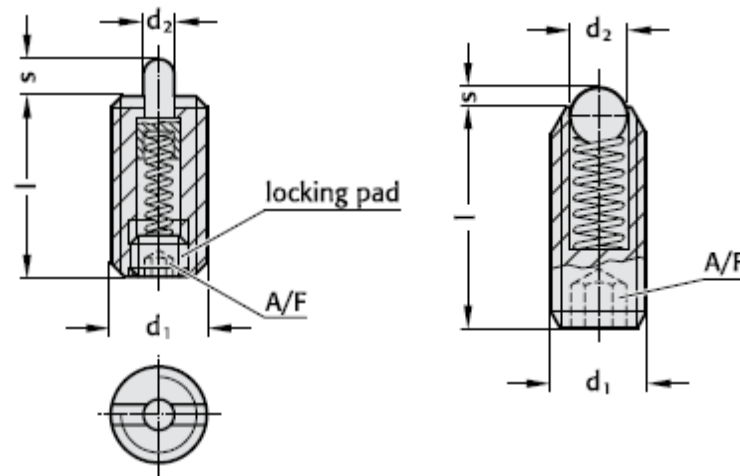
2.3.13 Sarung Pengarah (*Bush*)

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 2.16 *Bushing*

2.3.14 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 menjaga jarak pergerakan material ke dalam *press tool*. Bagian dalam dari alat ini terdapat ruangan tempat pemasangan pegas.



Gambar 2.17 Pegas/pin pelontar

2.4 Dasar Pemilihan Bahan

2.4.1 Faktor-faktor Dalam Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan merupakan salah satu faktor yang terpenting dalam membuat rancang bangun suatu mesin. Suatu rancang bangun akan berhasil dengan baik, jika dalam pemilihan bahan memperhatikan spesifikasi alat atau komponen yang direncanakan. Tujuan dari pemilihan bahan adalah untuk mendapatkan suatu konstruksi yang kuat, tahan lama, mudah dikerjakan dan mudah didapat dipasaran.

2.4.2 Hal-hal yang Perlu Dipertimbangkan Dalam Pemilihan Bahan

a. Sifat mekanis bahan.

Sifat mekanis adalah daya tahan dan kekuatan bahan terhadap gaya yang diterima (Khurmi, 2005). Dalam satu rancang bangun perlu diketahui sifat mekanis bahan, agar dalam menentukan bahan yang akan digunakan lebih efektif dan efisien. Dengan mengetahui sifat mekanis bahan, maka dapat diketahui bahwa bahan tersebut mampu menerima beban yang sesuai dengan fungsi dari masing-masing komponen pada konstruksi yang akan di buat. Sifat mekanis bahan yang meliputi kekuatan tarik modulus elastisitas, tegangan geser dan tegangan puntir.

b. Sifat fisis bahan

Sifat fisis bahan adalah daa bahan dan kekuatan bahan yang dipengaruhi dari unsur-unsur pembentuk bahan tersebut. Sifat fisis bahan perlu diketahui dalam perencanaan agar dapat menentukan bahan yang cocok untuk digunakan. Sifat fisis bahan dapat meliputi warna, kekerasan, bentuk, ukuran, konduktivitas termal, titik leleh bahan dan ketahanan bahan terhadap korosi (Khurmi, 2005).

c. Sifat teknis bahan

Kemampuan dari bahan tersebut untuk dapat dikerjakan dengan berbagai jenis proses permesinan, proses penempaan, proses pengelasan dan sebagainya. Hal ini dapat mempengaruhi tingkat kepresisian dari komponen- komponen yang akan dibuat sehingga menjadi sebuah meisl, dengna memperhatikan hal tersebut diatas maka dapat diketahui kemampuan bahan tersebut untuk dapat dikerjakan dengan mesin atau dengan proses lainnya.

d. Mudah didapat dipasaran.

Bahan yang digunakan diusahakan mudah didapat dipasaran, sehingga memudahkan dalam memilih, mengganti atau memperbaiki komponen yang rusak. Selain itu, dapat diusahakan adanya alternatif bahan pengganti bila bahan diperlukan tidak ada. Hal yang patut diperhatikan adalah harga bahan yang digunakan. Diusahakan murah namun memiliki kekuatan sesuai dengan perencanaan, sehingga dapat menekan biaya produksi.

2.4.3 Daftar Material yang Dapat Digunakan.

Untuk merencanakan sebuah *press tool* biasanya *Punch dan Dies* merupakan hal yang terpenting dalam melaksanakan kerja pemotongan dan pembentukan. Material dari *punch* dan *dies* biasanya dikhususkan mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. *Punch* dan *dies* sering menggunakan produk Bochler seperti Jenis Assab dan Amutit ataupun dari Fibro maupun lainnya yaitu sebagai berikut (katalog material Fibro, PT. Aquarius Bintang Agung, Jakarta) :

1. *WS = Alloy Tool Steel, Material No 1.2210, 1.2516, 1.2842 or similar.
Application Field: Piercing/blanking dies for mild steel, low carbon steels, non-ferrous metals, plastics, paper.*
2. *HWS = High Carbon – High Chrome Tool Steel (12% Cr), Material No 1.2436, 1.2379 or similar.
Application Field: Piercing/blanking dies of all types, trim dies, for all carbon steels, alloy steels, non-ferrous metals, plastics,paper.*
3. *HSS = High Speed Steel, Material No 1.3343 or similar. Application Field: Piercing/blanking dies of all types – for tough materials e.g. spring steel, lamination steels, and abrasive papers as well as plastics.*
4. *ASP 2023 = High Speed Steel on Powder-Metallurgic Basis Application Field : Same as HSS.*
5. *HST = High Speed Steel, Nitrided
Application Field: Piercing/blanking dies of all types – for very hard and abrasive materials.*
6. *FT = Ferro-Tic (Ferro Titanit)
Characteristics: Between those of HSS and hard metals (tungsten carbides); Application Field: Fine blanking and progression / lamination dies for large quantities of parts from abrasive, hard materials,also silicon steels and stainless steels.*
7. *HCHC Material No 1.2379 and 1.2436 etc. Applications: All tooling components subject to high demands on wear resistance and performance, especially punches in progression/combination tools, as well as cold extrusion punches etc.*
8. *NWA = Hot-Work Tool Steel – Suitable for Nitriding, Material No 1.2344 or similar.
Characteristics: Chrome-Molybdenum-Vanadium hot working die steel; core strength:*
9. *L 1400 N/mm²; Application Field: Ejector pins for pressure diecasting, injection- and compression moulding processes, and generally for work at elevated temperatures.*

2.5 Rumus yang Terkait pada Perencanaan *Press Tool*.

2.5.1 Perhitungan bentangan plat.

Untuk mendapat ukuran bentangan plat yang sebenarnya dapat digunakan rumus sebagai berikut.

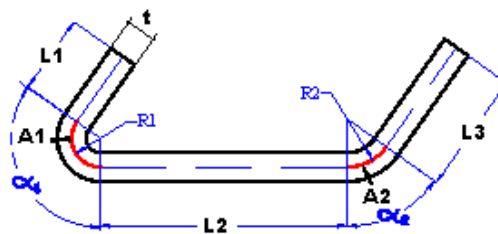
$$L_t = L_1 + A_1 + L_2 + A_2 + L_3$$

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

$$\text{dimana, } R < 2t \quad x = 0,33 \cdot t$$

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

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



Gambar 2.18 Bentangan plat

2.5.2 Gaya *Pierching, Blanking dan Notching*

Gaya *pierching, blanking dan notching*, merupakan gaya potong plat. Tegangan yang terjadi adalah tegangan geser karena arah dari gaya yang sejajar bidang geser dan tegak lurus dengan permukaan benda. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung gaya ini adalah sebagai berikut.

$$\tau_g = \frac{F}{A} \quad F_p = A \times \tau_g$$

$$\tau_g = \frac{\mu}{\mu + 1} \cdot \tau_m \quad \tau_g = \text{tegangan geser bahan}$$

$$A = \text{Keliling potong} \times \text{tebal}$$

dimana angka Poison untuk logam $\mu = 3 - 4$

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

Keliling bekas potong (U)

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

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

$$U = 2 \cdot l + p \quad \text{untuk notching seperti pada gambar.}$$

Jadi besarnya Gaya Potong untuk *Pierching*, *Blanking* dan *Notching* adalah sama yaitu :

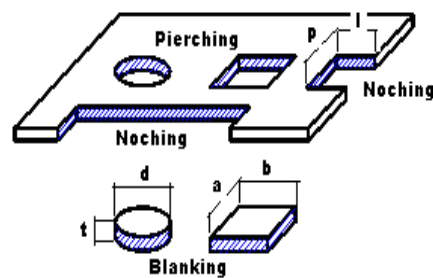
$$F_p = 0,8 \cdot U \cdot t \cdot \sigma_m \quad (\text{N}) \dots\dots\dots (\text{Lit. 8, Hal 84})$$

dimana :

U : panjang sisi potong (mm)

t : tebal material proses (mm)

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

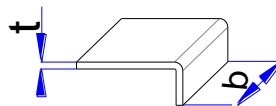


Gambar 2.19 Gaya *notching*, *blanking* dan *pierching*

2.5.3 Gaya Bending

Adapun rumus untuk menentukan gaya bending adalah sebagai berikut.

$$F_b = 0,5 \cdot b \cdot t \cdot \sigma_m \quad (\text{N}) \dots\dots\dots (\text{Lit. 8, Hal 84})$$



Gambar 2.20 Gaya *bending*

2.5.4 Gaya Forming (Deep Drawing)

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

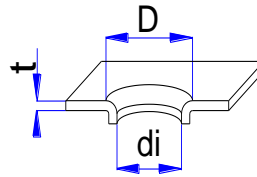
$$F_d = \pi \times d \times t \times R_{cm} \left(\frac{D}{d} - K \right) \quad (\text{N}) \dots\dots\dots (\text{Lit. 8, Hal 84})$$

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

Dimana :

F = Gaya pembentukan (N/mm^2)

- d = Diameter pembentukan benda kerja (mm)
 R_m = Tegangan Tarik (N/mm^2)
 D = Diameter bentangan benda kerja sebelum dibentuk (mm)
 t = Tebal Plat (mm)
 K = Konstanta ($0,6 \div 0,7$)



Gambar 2.21 Gaya *Forming*

2.5.5 Gaya *Forming* (*Curling*)

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

$$F_c = \frac{b \cdot t \cdot \sigma_m}{3,6 \cdot R_m} \quad (N) \dots\dots\dots (Lit. 8, Hal 85)$$

Dimana:

- b : lebar tekukan (mm)
 R_m : Radius penggulangan (mm)
 t : tebal plat (mm)
 σ_m : Tegangan maks. bahan (N/mm^2)

2.5.6 Gaya Pegas (*Stripper*)

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung gaya pegas adalah sebagai berikut.

$$F_{ps} = (5 \div 20)\% \times F_{total} \dots\dots\dots (Lit. 8, hal 85)$$

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

$$F_{ps} = 0,30 \cdot x F_{total} \quad t = 0,5 - 1,0 \quad \text{mm}$$

$$F_{ps} = 0,25 \cdot x F_{total} \quad t \geq 1,0 \quad \text{mm}$$

dimana:

$$F_{ps} = \text{Gaya pegas } \textit{stripper} \text{ (N)}$$

$$F_t = \text{Gaya Total (N)}$$

2.5.7 Perhitungan Gaya Pegas Pelontar

Untuk mencari besarnya gaya pegas pelontar dapat dicari dengan menghitung berat benda sebagai berikut.

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

$$V = p \times l \times t \text{ untuk balok}$$

$$\text{Massa benda} \quad m = \text{massa jenis} \times \text{volume} \quad (\text{Kg})$$

$$\text{Berat benda} \quad W = m \times g \quad (\text{N})$$

$$\text{Jadi besarnya gaya pegas pelontar} \quad F_{pp} > m \times g \quad (\text{N})$$

dimana:

$$V = \text{Volume benda} \quad (\text{m}^3)$$

$$\rho = \text{massa jenis bahan} \quad (\text{kg/m}^3)$$

$$F_{pp} = \text{Gaya pegas (N)}$$

$$m = \text{Massa benda yang akan diangkat} \quad (\text{kg})$$

$$g = \text{Gravitasi bumi} \quad (9,81 \text{ m/s}^2)$$

2.5.8 Perhitungan Panjang *Punch* Maksimum

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung panjang *punch* maksimum adalah sebagai berikut.

$$L_{Maks} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{F_b}} \dots\dots\dots (\text{Lit. 8, Hal 86})$$

dimana:

$$L_{maks} = \text{Panjang } \textit{Punch} \text{ maksimum (mm)}$$

$$E = \text{Modulus Elastisitas (N/mm}^2)$$

$$I = \text{Momen Inersia bahan (mm}^4)$$

$$F_b = \text{Gaya } \textit{punch} \text{ maksimum (N)}$$

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

$$F_b = \frac{\Pi^2 \cdot E \cdot I}{L_{maks}^2} \dots\dots\dots (\text{Lit. 8, Hal 86})$$

dimana :

$$F_b = \text{Gaya Buckling} \quad (\text{N})$$

- E = Modulus Elastisitas (N/mm²)
- I = Momen Inersia minimum (mm⁴)
- Lmaks = 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

$$\lambda = S/i \quad i = \sqrt{I/A} \dots\dots\dots(\text{Lit. 8, Hal 87})$$

dimana :

- S = L_{maks} = Panjang Batang (mm)
- A = Luas penampang (mm²)
- i = Jari- jari girasi (mm)
- λ = Kerampingan
- I = Momen Inersia (mm⁴)

Bahan	E(N/mm ²)	λ_0	Rumus <i>Tetmejer</i>
ST 37	210.000	105	$\delta B = 310 - 1,14 \lambda$
ST 50/ST 60	210.000	89	$\delta B = 335 - 0,6 \lambda$
Besi tuang	100.000	80	$\delta B = 776 - 12\lambda + 0,053\lambda$

Tabel 2.3 Harga elastisitas pada rumus *Tetmejer*

2.5.9 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 :

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

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

$$h = \sqrt{\frac{6XMb \max}{bx\sigma_{bi}}} \quad \sigma_{bi} = \frac{\sigma_m}{v} \dots\dots\dots(\text{Lit. 8, hal 87})$$

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/mm ²)
v	= Faktor keamanan beban searah	(4 – 6)

2.5.10 Menentukan Tebal Die

$$H = \sqrt[3]{\frac{F_{tot}}{g}} \dots(\text{Lit. 8, hal 88})$$

dimana :

H	= Tebal Die	(mm)
g	= Gravitasi bumi	(9,81 m/det ²)
F_{tot}	= Gaya total	(Kgf)

2.5.11 Perhitungan Diameter Pillar

a. Menentukan diameter berdasarkan Tegangan Geser

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

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

$$\text{Diameter Pilar } D = \sqrt{\frac{4 \times \mu \times F_{tot}}{\pi \times n \times \tau_{gi}}} \quad \text{harganya relatif kecil}$$

b. Menentukan diameter berdasarkan Tegangan Bending

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} \leq \sigma_{bi} \quad Mb = Fr \times l \quad Wb = \frac{\pi}{32} \cdot D^3$$

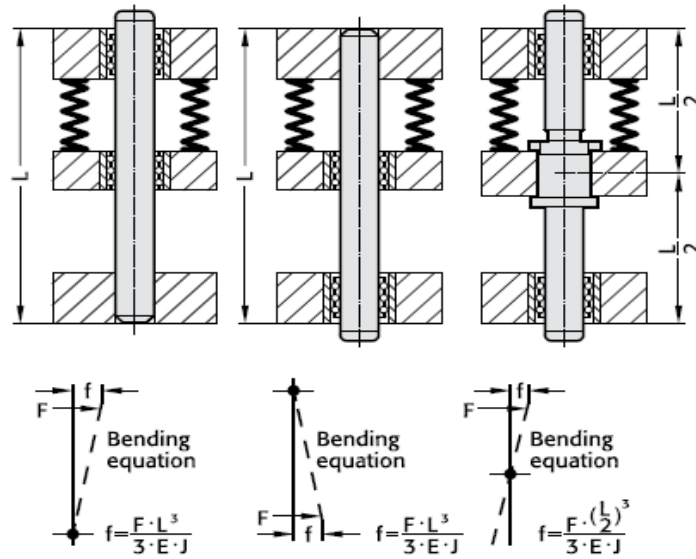
Dengan mensubstitusikan ketiga persamaan tersebut maka didapat :

$$\text{Diameter pilar } D = \sqrt[3]{\frac{\mu \times F_{tot} \times l}{32 \times n \times \sigma_{bi}}} \dots\dots\dots(\text{Lit. 8, hal 88})$$

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/mm ²)



Gambar 2.22 Defleksi radial pada *pillar*

2.5.12 Clearance Punch dan Die

Untuk tebal pelat (s) ≤ 3 mm

$$U_s = C.S. \sqrt{\tau_g} \text{ dan } U_s = \frac{Dd - Dp}{2} \dots\dots\dots(\text{Lit. 8, Hal 89})$$

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/mm²)

2.6 Dasar Perhitungan Waktu Permesinan

1. Waktu permesinan pada Mesin Milling

Panjang langkah :

$$L = l + \frac{d}{2} + 2 \text{ (mm)}$$

Kecepatan putaran mesin :

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots(\text{Lit 6, Hal 108})$$

Kecepatan pemakanan

$$S = n \cdot S_r \cdot z \quad (\text{ mm/menit }) \dots\dots\dots (\text{ Lit 6, Hal 108 })$$

Waktu permesinan :

$$T_m = \frac{L}{S} \quad (\text{ menit }) \dots\dots\dots (\text{ Lit 6, Hal 108 })$$

Dimana :

$$V_c = \text{Kecepatan potong bahan} \quad (\text{ mm/menit })$$

$$S = \text{kecepatan pemakanan} \quad (\text{ mm/menit })$$

$$Z = \text{Banyak gigi cutter}$$

$$n = \text{Kecepatan putaran mesin} \quad (\text{ rpm })$$

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

$$L = \text{panjang pemakanan} \quad (\text{ mm })$$

$$D = \text{Diameter cutter} \quad (\text{ mm })$$

2. Waktu Permesinan pada Mesin Bubut

Kecepatan putaran mesin :

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (\text{ rpm }) \dots\dots\dots (\text{ Lit 6, Hal 102 })$$

Waktu permesinan :

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \quad (\text{ menit }) \dots\dots\dots (\text{ Lit 6, Hal 103 })$$

Dimana :

$$V_c = \text{Kecepatan potong bahan} \quad (\text{ mm/menit })$$

$$S_r = \text{kecepatan pemakanan} \quad (\text{ mm/menit })$$

$$n = \text{Kecepatan putaran mesin} \quad (\text{ rpm })$$

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

$$L = \text{panjang pemakanan} \quad (\text{ mm })$$

$$D = \text{Diameter cutter} \quad (\text{ mm })$$

3. Waktu Permesinan pada Mesin Bor

Kedalaman pengeboran :

$$L = l + 0,3d \quad (\text{ mm })$$

Kecepatan putaran mesin :

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \quad (\text{rpm}) \dots\dots\dots (\text{Lit 6, Hal 102})$$

Waktu permesinan :

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n} \quad (\text{menit}) \dots\dots\dots (\text{Lit 6, Hal 106})$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong bahan (mm/menit)

S_r = kecepatan pemakanan (mm/menit)

n = Kecepatan putaran mesin (rpm)

T_m = Waktu permesinan (menit)

L = kedalaman pengeboran (mm)

D = Diameter *cutter* (mm)

4. Waktu Permesinan pada Mesin Gerinda

1. untuk mesin *surface grinding* (gerinda permukaan)

$$T_m = \frac{b \cdot L \cdot x}{V_c \cdot 1000 \cdot S_r} \quad (\text{menit}) \dots\dots\dots (\text{Lit 6, Hal 117})$$

2. untuk mesin *cylindrical grinding* (gerinda silindris)

$$T_m = \frac{L \cdot x}{S_r \cdot n} \quad (\text{menit}) \dots\dots\dots (\text{Lit 6, Hal 117})$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong bahan (mm/menit)

S_r = kecepatan pemakanan (mm/menit)

n = Kecepatan putaran mesin (rpm)

T_m = Waktu permesinan (menit)

L = Panjang pemakanan (mm)

x = Jumlah pemakanan (mm)

b = Lebar pemakanan (mm)

2.7 Proses *Heat Treatment*

Menurut Khurmi (1982 : 42), *Heat treatment* adalah suatu operasi atau kombinasi dari operasi, yang melibatkan pemanasan dan pendinginan dari logam atau paduan dalam keadaan padat untuk tujuan memperoleh kondisi tertentu yang diinginkan atau perubahan sifat tanpa perubahan komposisi kimia. Adapun tujuan dari *heat treatment* adalah sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan kekerasan logam.
2. Untuk menahan tegangan setelah dilakukankerja panas atau dingin.
3. Untuk meningkatkan *machinability*.
4. Untuk melembutkan logam.
5. Untuk mengubah struktur material, memperbaiki sifat kelistrikan dan magnetik.
6. Untuk mengubah struktur mikro.
7. Untuk meningkatkan kualitas logam untuk memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap panas, korosi dan waktu

Adapun proses yang terjadi dalam *heat treatment* mencakup prose *normalizing*, *annealing*, *hardening*, dan *tempering*

1. *Normalizing*

Bertujuan untuk mendapatkan struktur butiran yang halus dan seragam, juga untuk menghilangkan tegangan dalam. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan logam sampai sedikit diatas suhu kritis atas A_3 ($10^\circ - 40^\circ$ C diatas suhu kritis atas), kemudian setelah suhu merata didinginkan diudara maksudnya untuk mencegah supaya tidak terjadi segregasi *proeutectoid* yang berlebihan.

2. *Annealing*

Tujuan :

- a. Mengurangi sifat getas dengan menghaluskan butiran kristal.
- b. Melunakkan (mengubah bentuk lapisan *sementit* didalam *pearlit* pada batasan-batasan butiran dari baja karbon tinggi menjadi bentuk bola.

- c. Memperbaiki *machinability*
- d. Seringkali dimaksudkan untuk menghilangkan tegangan sisa dan memperbaiki keuletan, misalnya hasil tempa atau material yang mengalami pemanasan yang berlebihan.

annealing dibagi kedalam empat proses yaitu *Full annealing*, *recrystallisation annealing*, *stress relieve annealing* dan *spheroidization*.

3. Hardening

Pengerasan biasanya dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi atau kekuatan dan *fatigue limit* yang lebih baik. Pengerasan dilakukan dengan cepat (*quench*) pendinginan yang cepat dimaksudkan untuk mengubah austenit terbentuk menjadi struktur martensit yang keras.

4. Tempering

Tempering adalah memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan untuk menghilangkan tegangan dalam dan mengurangi kekerasan. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan kembali logam pada suhu 150°-650° C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir yang diinginkan.

2.8 Dasar Perhitungan Biaya Produksi

Mulyadi (2007 : 14) Biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi barang jadi yang siap dijual. Adapun rumus yang digunakan dalam menghitung biaya produksi *compound tool* ini adalah sebagai berikut:

$$W = V \cdot \rho \dots\dots\dots(\text{Lit. 12, Hal. 85})$$

$$TH = HS \dots\dots\dots(\text{Lit. 12, Hal. 85})$$

Dimana :

$$W = \text{Berat bahan} \quad (\text{Kg})$$

$$V = \text{Volume bahan} \quad (\text{mm}^3)$$

$$\rho = \text{Massa jenis} \quad (\text{Kg/mm}^3)$$

$$HS = \text{Harga satuan}$$

$$TH = \text{Total harga per satuan material} \quad (\text{Rp})$$

2.9 Engsel Sendok (*Concealed Hinge*)

2.9.1 Pengertian Engsel Sendok (*Concealed Hinge*)

Engsel sendok (*concealed hinge*) berfungsi untuk mengangkat daun pintu pada kusen dan meringankan ayunan buka tutup daun pintu. Engsel sendok (*concealed hinge*) juga bisa berperan dalam fungsi tambahan lainnya seperti aspek estetika. Hal ini tergantung dari tipe engsel yang digunakan.

Engsel yang beredar di pasaran terdiri dari berbagai bentuk dan ukuran. Pemilihan engsel yang akan dibeli biasanya tergantung dari daun pintu yang dipergunakan, apakah daun pintu panel, pintu tripleks, pintu aluminium atau pintu kaca. Semakin berat pintu seperti pintu panel, maka dibutuhkan engsel yang kuat dari jenis kuningan, ST atau *stainless steel* dengan ukuran minimal 5" serta disarankan dipasang 3 buah engsel untuk setiap daun pintu.

2.9.2 Klasifikasi Engsel Sendok (*Concealed Hinge*)

a. Engsel Bengkok

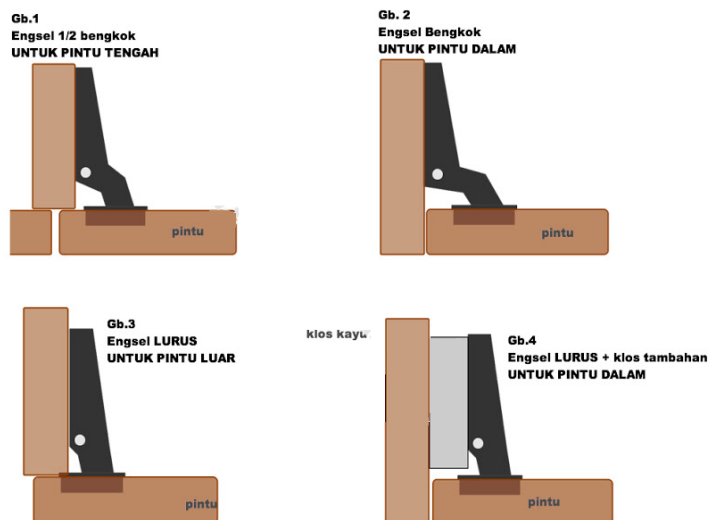
Digunakan untuk pintu dalam, artinya permukaan pintu ketika tertutup akan sama rata dengan sisi tebal dinding samping kabinet sehingga sisi tebal dinding kabinet akan terlihat. Untuk posisi ini anda perlu menggunakan tipe engsel sendok dengan bukaan sudut 110° - 125°. Bagian penting pada waktu penyetulan pintu dalam adalah lokasi kaki/sepatu engsel. Walaupun demikian ini tidak akan menjadi masalah besar karena engsel bisa diatur apabila posisi tidak tepat.

b. Engsel Lurus

Engsel ini Sesuai digunakan pada pintu Luar. Pada hasil akhir pemasangan daun pintu. Proses pemasangan hampir sama, jarak lubang dan titik sekrup pada pintu tidak berubah. Yang berbeda adalah ukuran pintu.

c. Engsel 1/2 Bengkok

Dipakai untuk pintu yang hanya menutupi setengah ketebalan dinding kabinet. Yang dimaksud di sini adalah adanya pertemuan 2 pintu pada satu dinding kabinet. Berarti akan ada celah di antara pintu, di depan sisi tebal dinding kabinet. Lokasi pintu prinsipnya berada di luar namun hanya setengah dari ketebalan dinding kabinet. Pada dasarnya anda bisa menggunakan engsel sendok lurus untuk semua jenis pintu. Konstruksi bisa diakali dengan menambahkan hanya bagian pintu yang nampak dari luar. Sisi tebal dinding samping tertutup oleh klos kayu atau bahan lain untuk membuat posisi pintu lebih dalam. Namun cara ini tidak direkomendasikan karena dari segi estetika kurang menguntungkan.



Gambar 2.23 Jenis-jenis engsel sendok