*Abstraksi*

*Untuk menghasilkan barang atau produk, banyak cara yang dapat dipilih. Salah satu diantaranya adalah menggunakan mesin press yang dilengkapi dengan press tool. Tetapi hingga saat ini masih sering dijumpai pembuatan press tool tanpa perencanaan yang baik. Hal ini akan menyebabkan press tool yang dibuat menjadi overdesign atau sebaliknya.*

*Untuk menghindari hal tersebut, Press tool yang akan dibuat harus direncanakan secara keseluruhan dengan baik dan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tersebut adalah: kondisi pemakaiannya dan batasan-batasan yang ada; pengaturan strip layout; pemilihan material tool; dimensi/bentuk yang diperlukan untuk tool serta beberapa device yang lainnya, sehingga dihasilkan press tool yang sesuai dengan yang diinginkan.*

# BAB II
# DASAR TEORI

## 2.1 Mesin Press

Adalah sulit untuk melakukan klasifikasi dari mesin press, karena tidak ada suatu ketentuan berdasarkan apa pengklasifikasian itu dapat kita lakukan.

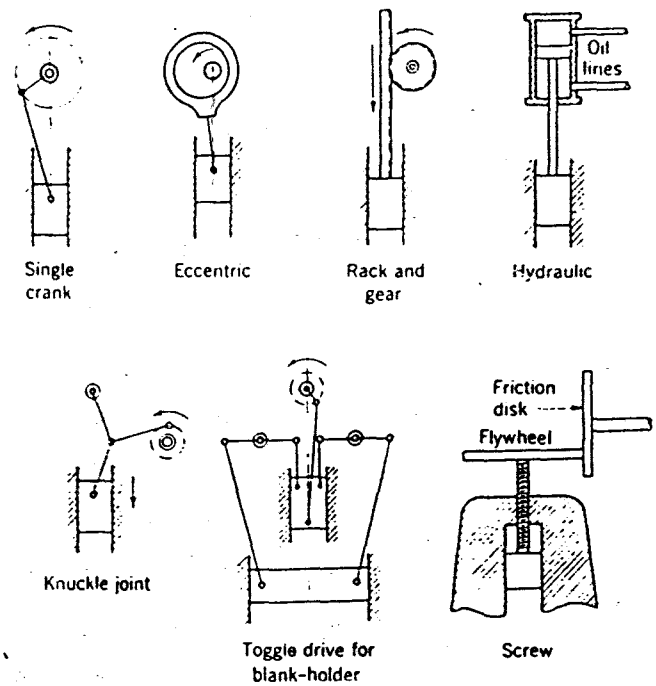
Berdasarkan Power Transmitting Mechanism kita mengenal jenis-jenis mesin press sebagai berikut : [1]

- Cam.
- Excentric.
- Crank.
- Knucle Joint.
- Rack and Pinion.
- Friction screw.
- Hydraulic.
- Pneumatic.

Klasifikasi berdasarkan mekanisme penggeraknya ditunjukkan seperti pada Gb.2-1. Pada Single Crank, memberikan gerakan harmonik bolak balik. Proses pengerjaan benda kerja biasanya terjadi dekat pada tengah-tengah langkah dimana kecepatan ram maksimum. Mesin press yang menggunakan Rack and Gear digunakan untuk mendapatkan langkah (stroke) yang cukup panjang, gerakan slidingnya lebih lambat bila dibandingkan dengan yang menggunakan mekanisme Crank. Mekanisme yang menggunakan Hydraulik digunakan untuk mendapatkan gaya tekan yang lebih besar namun dengan kecepatan yang lebih lambat, seperti pada proses forming dan drawing.

INSTITUT TEKNOLOGI
PERPUSTAKAAN - NOPEMBER

Pada mesin press yang menggunakan mekanisme screw, gerakannya seperti pada sebuah hammer yang dijatuhkan, tetapi lebih lambat dan tanpa impact. Mekanisme yang paling umum digunakan adalah mekanisme Knuckle joint, hal ini disebabkan kapasitasnya yang cukup tinggi dengan kecepatan yang juga relatif tinggi.




Gb. 2-1 Mekanisme penggerak mesin press. [1]

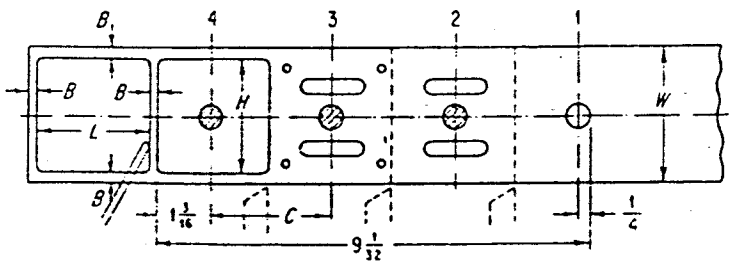
## 2.2 Strip Layout

Sebelum memulai mendisain suatu Press Tools, maka sebagai langkah awal yang harus kita lakukan adalah menentukan bagaimana strip layout dari stock strip benda kerja yang akan dikerjakan. Ada beberapa faktor yang perlu

dipertimbangkan dalam penentuan strip layout untuk mendapatkan hasil yang optimum.

Salah satu contoh dari suatu strip layout diperlihatkan seperti pada Gb.2-2.

Utilitas atau tingkat keekonomisan dari penggunaan material, orientasi dari struktur serat (arah graine) material dan kemudahan proses merupakan faktor yang dipertimbangkan. Jarak antara blank yang berurutan juga harus dipertimbangkan, sehingga didapatkan hasil yang baik. [2]




Gb. 2-2 Strip layout pada progressive press tool. [2]

## 2.2.1 Utilitas

Dalam penentuan Strip Layout hendaknya diatur sedemikian rupa agar didapatkan Utilitas material yang tinggi dengan laju produksi yang juga tinggi. Utilitas didefinisikan sebagai perbandingan antara luasan blank (benda kerja) $A_b$, dengan luasan material stock strip $A_m$, yang diperlukan. Dalam rumus matematik dapat kita tuliskan sebagai berikut: [2]

$$U_m = \frac{A_b}{A_m} \times 100\% \qquad (2\text{-}1)$$

dimana : $U_m$ = Utilitas material, %.

$A_m$ = luasan blank (benda kerja), $mm^2$.

$A_b$ = luasan material stock strip. $mm^2$.

## 2.3 Press Tools

### 2.3.1 Klasifikasi Press Tool

Pada dasarnya press tool dapat dikelompokkan kedalam empat katagori utama, yaitu : [3]

1. Simple Dies.
2. Compound Dies.
3. Combination Dies.
4. Progresive Dies.

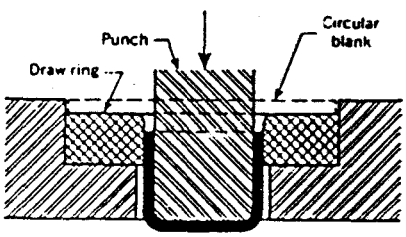
#### 2.3.1.1 Simple Dies

Press tool jenis ini hanya dapat melakukan satu operasi pada satu stasiun kerja saja. Jadi hanya membutuhkan satu kali langkah ram mesin press untuk menghasilkan suatu produk jadi atau produk setengah jadi.

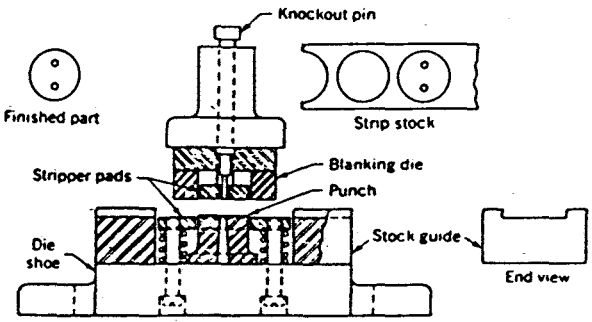
#### 2.3.1.2 Compound Dies

Compound Dies merupakan Press Tool yang mengkombinasikan dua atau lebih operasi pada satu stasiun kerja, seperti pada Gb.2-4. Stock strip yang melalui stock guide

setelah satu kali langkah ram mesin press akan sekaligus melakukan operasi piercing dan blanking. Pada jenis ini biasa dikenal istilah conventional die dan inverted die. Conventional die adalah bentuk die yang umum kita lihat, dimana punch berada diatas dan merupakan bagian yang bergerak. Sedangkan inverted die adalah bentuk die dimana die berada diatas dan merupakan bagian yang bergerak.



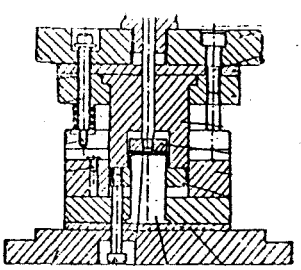

Gb. 2-3 Simple die. [3]




Gb. 2-4 Compound die. [3]

### 2.3.1.3 Combination Dies

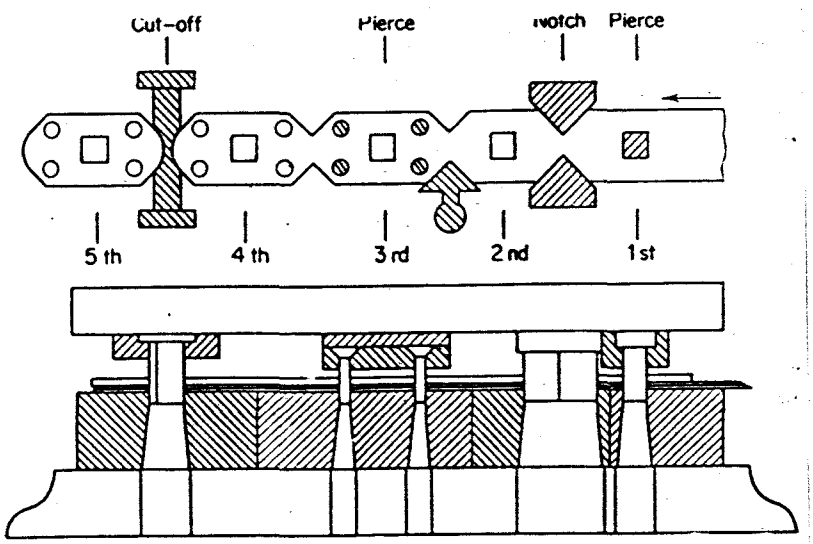
Press Tool jenis ini sama halnya dengan compound dies, hanya saja operasi yang dilakukannya tidak sejenis. Gb.2-5 memperlihatkan combination dies yang mengkombinasikan antara proses drawing dan trimming.



Gb. 2-5 Combination die. [3]

### 2.3.1.4 Progresive Dies

Pada Progresive Dies dapat dilakukan lebih dari satu operasi pada lebih dari satu stasiun kerja yang berbeda. Proses pengerjaan benda kerja dilakukan secara berurutan melalui stasiun-stasiun kerja yang berbeda. Pada progresive dies bila proses pengerjaan awalnya sudah dilalui, maka pada tiap langkah pengerjaan selanjutnya akan menghasilkan produk akhir/setengah jadi. Gb.2-6 memperlihatkan salah satu bentuk dari Progresive Dies.

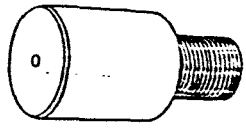



Gb. 2-6 Progressive die. [3]

### 2.3.2 Shank

Shank adalah merupakan bagian dari Press Tool yang menghubungkan punch dengan ram dari mesin press. Dengan shank ini mesin press dapat mentransfer gerakan dan

gayanya pada punch, sehingga terjadi mekanisme punch menekan strip. Pemasangan shank pada top plate dapat dilakukan dengan model screw. Ujung shank yang masuk pada top plate dibuat berulir sedangkan pada top platenya dibuat lubang ulir.



Gb. 2-7 Shank. [2]

Dimensi dari shank ini harus disesuaikan dengan lubang pada ram mesin press dan punch dari press tool. Penempatan shank pada posisi yang benar harus berdasarkan perhitungan supaya gaya yang diperlukan pada waktu melakukan operasi press dapat terdistribusi merata pada semua statiun kerja yang ada. Atau dengan kata lain, shank harus ditempatkan pada posisi dimana pusat semua gaya potong yang diperlukan berada. Perhitungan ini dapat kita lakukan setelah terlebih dahulu kita menentukan strip layout. Prosedur untuk penentuan letak shank atau titik pusat gaya pemotongan adalah sebagai berikut : [2]

a. Semua garis potong dari benda kerja digambarkan, sesuai dengan strip layoutnya.
b. Pada gambar garis-garis potong tersebut dibuat sumbu saling tegak lurus (X-Y). Jika gambar garis-garis

potong tersebut simetris pada satu garis sumbu, maka salah satu sumbu koordinat diletakkan berhimpit dengan garis sumbu simetri tadi.

c. Tentukan panjang ($l_i, l_{i+1}, \ldots, l_{i+n}$) untuk setiap elemen dari garis garis potong tersebut.

d. Tentukan pusat gaya berat setiap elemen.

e. Tentukan jarak $X_i$ sampai ke $X_{i+n}$ dari pusat gaya berat setiap elemen $l_i$ sampai elemen ke $l_{i+n}$ terhadap sumbu Y.

f. Tentukan jarak $Y_i$ sampai ke $Y_{i+n}$ dari pusat gaya berat setiap elemen $l_i$ sampai elemen $l_{i+n}$ terhadap sumbu X.

g. Hitung jarak pusat gaya potong $\hat{X}$ terhadap sumbu Y dan $\hat{Y}$ terhadap sumbu X.

$$\hat{X} = \frac{l_i . X_i + l_{i+1} . X_{i+1} + \ldots + l_{i+n} . X_{i+n}}{l_i + l_{i+1} + \ldots + l_{i+n}} \qquad (2\text{-}2a)$$

$$Y = \frac{l_i . X_i + l_{i+1} . X_{i+1} + \ldots + l_{i+n} . X_{i+n}}{l_i + l_{i+1} + \ldots + l_{i+n}} \qquad (2\text{-}2b)$$

### 2.3.3 Top Plate

Top plate adalah bagian dimana shank terpasang, tempat pemasangan bushing juga sebagai penutup bagian atas dari punch holder. Selain itu top plate berfungsi sebagai pendukung punch/die, mereduksi tekanan pada ram mesin

press dan sebagai tempat untuk mengikat punch/die pada ram mesin press.

Sebagai pendukung punch/die, top plate harus mempunyai kekuatan yang memadai untuk menahan deformasi yang terjadi. Material yang digunakan untuk bahan top plate biasa dibuat dari mild steel atau cast iron dan disatukan dengan punch/die dengan menggunakan screw dan dowel pin. [4]

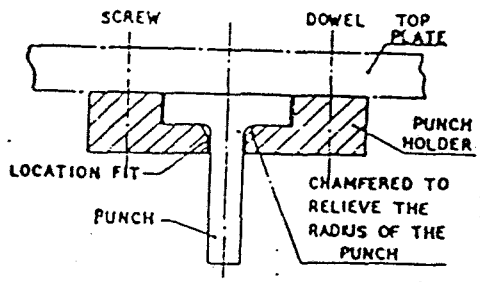
### 2.3.4 Back Plate

Back plate terletak antara punch holder dan top plate untuk menjaga agar kepala punch tidak ambles (digging) kedalam top plate. Dalam keadaan dimana gaya pemotongan didistribusikan pada luas penampang melintang dari kepala punch (luas permukaan yang kontak dengan top plate) kurang dari 10 kg/mm$^2$, maka back plate tidak diperlukan. Back plate merupakan plate yang dihardening dengan ketebalan 4 - 6 mm. [5]

### 2.3.5 Punch Holder

Punch holder berfungsi sebagai tempat mengikat atau menempatkan punch dan pilot. Punch dapat berupa blanking punch dan scraping punch serta jenis yang lainnya sesuai dengan proses pengerjaan yang dikehendaki. Material dari punch holder juga harus cukup kuat,biasa terbuat dari mild steel, Gb.2-8 menunjukkan suatu bentuk disain punch

holder. [5]




Gb. 2-8 Disain punch holder. [5]

## 2.3.6 Punch

Punch adalah bagian dari Press Tool yang langsung berhubungan dengan material benda kerja dalam proses membuat suatu produk dengan menggunakan Press Tool. Dalam merencanakan suatu punch, harus didasarkan pada . beban maksimum yang dapat diterima oleh punch. Besarnya beban yang diterima tergantung pada jenis operasi yang dilakukan. Selain itu juga konstruksinya memungkinkan untuk dapat mudah dilepaskan dari punch holder untuk dipertajam ujung potongnya atau dilakukan penggantian dengan punch yang baru.

### 2.3.6.1 Klasifikasi Punch

Pada dasarnya punch dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok, yaitu : Cutting Punch, Non Cutting Punch dan Hybrid Punch. Cutting Punch adalah merupakan punch yang digunakan pada operasi pemotongan, seperti piercing,

blanking, notching dan trimming. Sedangkan non cutting punch adalah merupakan punch yang digunakan seperti pada proses bending, curling, flangging dan deep drawing. Untuk proses-proses louvering dan lanzing digunakan punch jenis hybrid punch.

Pengklasifikasian punch dapat juga dilakukan berdasarkan metoda atau cara mengikat (pengassemblingannya). Punch yang diikat dengan dowel pin dan screw secara langsung pada top plate tanpa adanya punch holder, kita sebut Segregated Punch. Jika pemasangan punch menggunakan holder, maka kita sebut Integrated Punch. [5]

### 2.3.6.2 Disain Punch

Langkah pertama dan mendasar pada perencanaan punch adalah tentang strength dari punch tersebut. Perhitungan terhadap tegangan yang diterima adalah berupa tegangan kompresi sebagai akibat beban yang dibutuhkan untuk melakukan operasi press. Tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijin material. [1]

$$\sigma_{com} = \frac{k_m \cdot L \cdot t \cdot \sigma_{us}}{A} \leq |\sigma|_{ijin} \qquad (2\text{-}3)$$

dimana :

$\sigma_{com}$ = tegangan kompresi ($kg/mm^2$).

$\sigma_{ijin}$ = tegangan ijin dari material punch, $kg/mm^2$.

$\sigma_{us}$ = ultimate shear strength stock strip, $kg/mm^2$.

$k_m$ = persentasi penetrasi dari material benda kerja.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

L = keliling pemotongan oleh punch, mm.

t = tebal stock strip,mm.

A = luas penampang punch, $mm^2$.

Jika dimisalkan $L_p$ sebagai panjang dari punch dengan luasan momen inersia $I_m$. Dari formula Euler untuk coloumn dengan kondisi ujung yang satu bebas dan yang lain terjepit, akan kita dapatkan hubungan sebagai berikut:[1]

$$P_r = \frac{\pi^2 . E . I_m}{4 L_p^2} = k_s P_r = k_s \; l \; t \; \sigma_s \qquad (2\text{-}4)$$

dimana :

$P_r$ = beban kritis punch (kg).

E = modulus Young's material punch ($kg/mm^2$).

$k_s$ = 2 ÷ 3, untuk baja yang dikeraskan.

$L_p$ = panjang punch (mm).

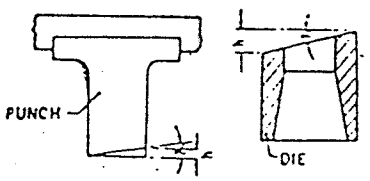
Sehingga akan kita dapatkan panjang punch :

$$L_p = \sqrt{\frac{\pi^2 . E . I_m}{4 . k_s . l . t . \sigma_s}} = \pi/2 \sqrt{\frac{E . I}{k_s . l . t . \sigma_s}} \qquad (2\text{-}5)$$

### 2.3.6.3 SHEAR

Dalam kasus dimana gaya yang dibutuhkan melebihi kapasitas mesin press, maka kita dapat melakukan penurunan beban dengan membuat kemiringan (inklinasi) pada bidang

penampang punch atau die. Inklinasi ini kita sebut shear. Besarnya inklinasi ini ditunjukkan oleh besarnya sudut $\alpha$, yakni kemiringan terhadap bidang horizontal, atau ditunjukkan dengan ketinggian h, seperti terlihat pada gambar 2-9.




Gb. 2-9 Shear angle. [6]

Besarnya harga $\alpha$ atau h adalah tergantung dari ketebalan material benda kerja. Dengan adanya shear pada punch, maka gaya yang dibutuhkan akan lebih kecil, sebab pemotongan tidak terjadi pada seluruh keliling dari penampang punch secara bersamaan. [6]

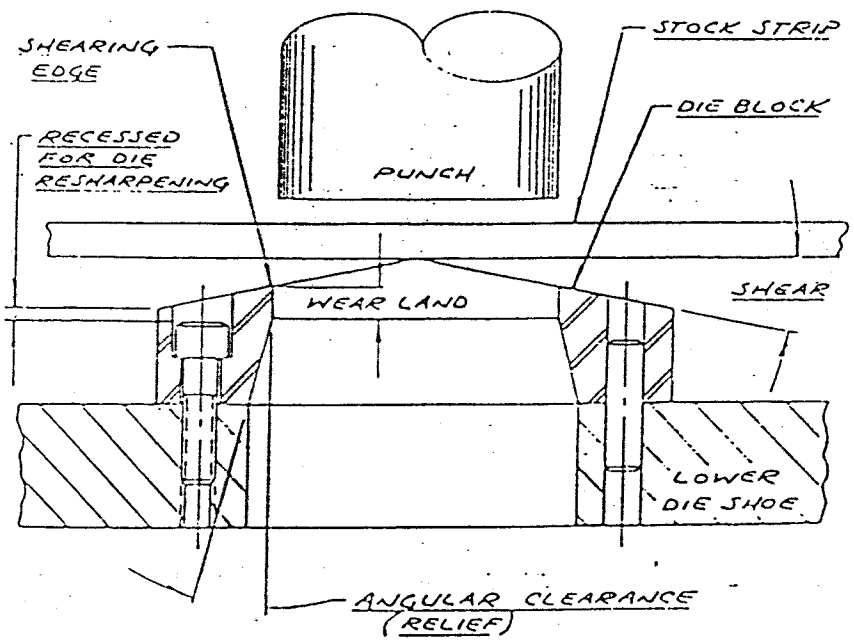
Jadi kita akan dapat menghidari terjadinya beban yang berlebihan. Tetapi dengan adanya shear, pada punch akan timbul gaya lateral yang kita sebut end thrust. Untuk menghindari hal ini dapat kita lakukan dengan memberikan inklinasi pada kedua sisi dari punch atau dari arah diameter luar ke sumbu punch.

### 2.3.7 Die Block

Die block adalah bagian famele dari suatu die,

biasanya terbuat dari baja perkakas yang dikeraskan dengan desain terbuka untuk menerima gerakan punch serta memungkinkan hasil blanking keluar lewat bawah die.

Untuk menghindari die block tergeser dari pendukungnya (lower die shoe), maka die block harus diikat dengan baut dan dowel pada jarak yang saling berjauhan.[3]




Gb. 2-10 Disain die block. [5]

### 2.3.7.1 Shear,Relief Angle Dan Wear Land

Shear pada die sama halnya seperti shear pada punch, yaitu dapat mengurangi gaya pemotongan. Pada berbagai operasi blanking, die dan punch adalah sama-sama tanpa shear dengan maksud untuk mendapatkan hasil blanking yang tanpa distorsi, tetapi hal ini akan membutuhkan gaya

pemotongan yang lebih besar.

Relief angle atau angular clearance pada daerah die block dimaksudkan untuk memudahkan hasil blanking jatuh dengan bebas melalui bagian bawah die. Dengan besar relief angle $0.5^{\circ} \div 1^{\circ}$ akan memberikan ruang yang cukup untuk jatuhnya hasil blanking dan juga kekuatan die block akan tetap terjaga.

**TABEL 2-1 ANGULAR CLEARANCE DAN WEAR LAND. [5]**

| Tebal plat mm | Angular clearance, $\beta$ derajat $^{\circ}$ menit $'$ | Wear land, H mm |
|---|---|---|
| ~ 0,5 | 10′ - 15′ | 3 - 5 |
| 0,5 ~ 1,0 | 15′ - 20′ | 4 - 6 |
| 1,0 ~ 2,0 | 20′ - 30′ | 5 - 8 |
| 2,0 ~ 4,0 | 30′ - 45′ | 6 - 9 |
| 2,0 ~ 4,0 | 45′ - 1$^{\circ}$ | 7 - 10 |

Wear land dimaksudkan untuk memberikan bagian lebih dari ujung pemotong die block pada waktu digerinda. Ketajaman dari ujung die block akan berkurang setelah dipakai berulang-ulang. Untuk itu perlu dipertajam lagi dengan jalan menggerindanya. Bagian yang digerinda adalah bagian permukaan dari die block. Adanya bagian land ini akan memberikan beberapa keuntungan, yaitu :

- Setelah penggerindaan dilakukan, diameter atau keliling dari lubang die, tidak berubah.
- Hasil blanking akan lebih halus, sebab pada waktu melewati bagian land ini, ujung hasil pemotongan akan tergesek oleh dinding land. [5]

### 2.3.7.2 Disain Die

Kekuatan atau kekokohan die block adalah merupakan suatu hal yang penting dan didasarkan pada dimensi dari die block tersebut. Perhitungan untuk menentukan kekuatan die block didasarkan pada ketebalan die block tersebut. Ada dua cara yang dapat kita lakukan untuk menentukan dimensi dari die block tersebut. Yang pertama adalah dengan formula berdasarkan bending stress maksimum dan yang kedua adalah berdasarkan hasil-hasil percobaan. [1]

- **Bending Stress**

  Perhitungan ketebalan die dibedakan antara circular die dan rectangular die.

  > Circular Die

  Kita assumsikan diameter luar die adalah $D_o = 2R_o$ dan diameter dalamnya $D_i$. Bending stress maksimum dapat dicari dengan perhitungan dibawah ini.

$$\sigma_{bend} = \frac{1.5\ P_p}{H^2}\left[1 - \frac{2\ Ro}{3\ Ri}\right] \leq |\ \sigma\ |_{ijin} \qquad (2\text{-}6)$$

$$H = \sqrt{\frac{1.5\ P_p}{|\ \sigma\ |_{ijin}}\left[1 - \frac{2\ Ro}{3\ Ri}\right]} \qquad (2\text{-}7)$$

  > Die Rectangular

$$H = \sqrt{\frac{1.5\ P_p}{|\ \sigma\ |_{ijin}}\left[\frac{(b/a)^2}{1 + (b/a)^2}\right]} \qquad (2\text{-}8)$$

dimana: H = ketebalan die, mm.

a,b = panjang dan lebar die, mm.

$P_P$ = gaya yang diberikan oleh punch, kg.

$\sigma_{ijin}$ = tegangan ijin material die, $kg/mm^2$.

- **Hasil Percobaan**

Perhitungan berdasarkan data-data hasil percobaan dapat kita lakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut: [2]

a. Pilih ketebalan die dari Tabel 2-2 berdasarkan tebal material benda kerja.

b. Setelah itu lakukan koreksi sebagai berikut :

- Tebal die tidak boleh kurang dari 0.3 - 0.4 inchi.
- Data pada tabel 2-2 dipakai untuk die-die berukuran kecil dengan keliling pemotongan kurang dari dua inchi. Untuk die-die berukuran besar, maka ketebalan die pada tabel 2-2 harus dikalikan dengan faktor yang tercantum pada tabel 2-3.
- Data pada tabel 2-2 dan tabel 2-3 untuk die dengan material tool-steel yang mengalami proses permesinan dan perlakuan panas.
- Die harus didukung oleh bottom plate yang benar-benar datar. Data pada tabel diatas tidak dapat digunakan bila lubang die terlalu besar atau tidak ditumpu oleh bottom plate.
- Ketebalan die juga harus ditambahkan dengan bagian untuk grinding alowance 0,1-0,2in.

c. Jarak kritis A (Gb.2-11a) antara ujung potong dan sisi die untuk die berukuran kecil, A = 1.5 sampai 2.0 kali ketebalan die. Untuk die berukuran besar A sama dengan 2 sampai 3 kali tebal die.

**TABEL 2-2 DIE THICKNESS PER TON OF PRESSURE.[2]**

| Stock thickness,in | Die thickness,in * | Stock thickness,in | Die thickness,in * |
|---|---|---|---|
| 0,1 | 0,03 | 0,6 | 0,15 |
| 0,2 | 0,06 | 0,7 | 0,165 |
| 0,3 | 0,085 | 0,8 | 0,18 |
| 0,4 | 0,11 | 0,9 | 0,19 |
| 0,5 | 0,13 | 1,0 | 0,20 |

*For each ton per sq in. of shear streght.

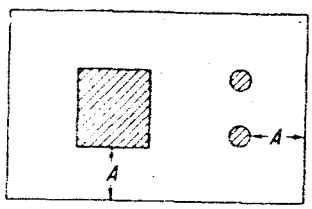
**TABEL 2-3 FACTOR FOR CUTTING EDGES EXCEEDING 2IN.[2]**

| Cutting perimeter,in. | expansion factor |
|---|---|
| 2 to 3 | 1,25 |
| 3 to 6 | 1,50 |
| 6 to 12 | 1,75 |
| 12 to 20 | 2,00 |
| 20 to 31 | 2,25 |
| 31 to 44 | 2,50 |
| 44 to 60 | 2,75 |

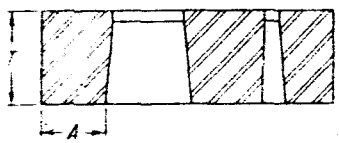
c. Jarak kritis A (Gb.2-11a) antara ujung potong dan sisi die untuk die berukuran kecil, A = 1.5 sampai 2.0 kali ketebalan die. Untuk die berukuran besar A sama dengan 2 sampai 3 kali tebal die.

d. Langkah yang terakhir, ketebalan die harus dicek kembali. Luas A x T (Gb.2-11b) harus dapat menahan tekanan impact jika diletakkan pada bidang datar. pada tabel 2-4, impact pressure sama dengan tebal material benda kerja kali keliling pemotongan kali

ultimate shear strenght material benda kerja. Jika tebal die setelah dihitung dengan langkah pertama dan kedua , tidak memberikan luasan minimal, maka tebal die harus ditambah.




Gb. 2-11a




Gb. 2-11b

Gb. 2-11a Jarak kritis A.[2]
Gb. 2-11b Luasan kritis die block.[2]

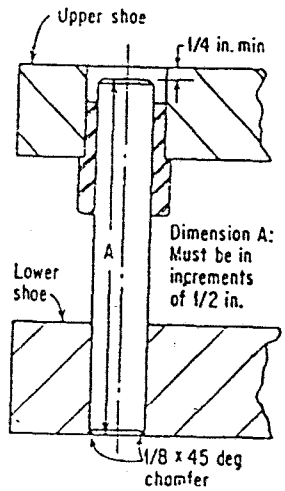
TABEL 2-4 MINIMUM CRITICAL AREA VS IMPACT PRESSURE.[2]

| Impact pressure ton | Area betven die opening border, sq in. |
|---|---|
| 20 | 0,5 |
| 50 | 1,0 |
| 75 | 1,5 |
| 100 | 2,0 |

## 2.3.8 Pilar

Pilar atau guide-post adalah silinder yang terbuat dari baja yang dikeraskan. Fungsi dari pilar ini untuk menghindari ketidaklurusan dari punch dan die sewaktu proses berlangsung. Banyaknya pilar ini pada suatu press tools, tergantung pada ketelitian yang dibutuhkan oleh produk atau benda kerja yang dihasilkan. Pada ujung pilar

yang masuk pada bottom plate adalah dengan suaian sesak (press-fit), sedangkan yang masuk ke bushing pada bagian punch holder dan top plate adalah dengan suaian longgar (sliding-fit).




Gb. 2-12 Guide pin. [4]

Untuk menghindari kesalahan yang mungkin terjadi pada waktu pemasangan (assembling), maka salah satu dari pilar yang ada, ukurannya lebih besar atau lebih kecil. Dengan keadaan yang demikian ini, maka hanya ada satu kemungkinan bagian atas die (punch holder dan top plate) dapat masuk pada posisi yang benar pada pilar. Untuk press tools yang menggunakan lebih dari dua pilar, maka cukup satu saja yang ukuran diameternya berbeda.

Pada press tool berukuran besar digunakan Flanged Pilar yang diikat dengan baut dan dowel pin. Untuk pilar yang dibuat tanpa alur minyak pelumas, maka sebagai

gantinya digunakan bushing dengan alur untuk pelumasan.

Diameter dari pilar yang dibutuhkan untuk suatu press tool dapat dihitung dengan mengassumsikan pilar sebagai batang silindris yang dijepit pada ujungnya dan dibebani pada ujung yang lainnya, seperti berikut: [4]

$$d^4 = \frac{F.l^3.64}{3.E.\delta.\pi} \qquad (2\text{-}9)$$

dimana:

- d = diameter pilar, mm.
- F = beban yang diterima, kg.
- $\delta$ = defleksi yang diijinkan, 0,001 in = 0,025 mm.
- E = Modulus elastisitas bahan pilar, $kg/mm^2$.

### 2.3.9 Bushes

Bushes terpasang (terikat) pada top plate atau punch holder dengan suaian sesak (press-fit). Bushes ini digunakan untuk memberikan kebebasan bergerak bagi die bagian atas dengan perantaraan pilar. Bushes dan pilar harus benar-benar satu sumbu, sehingga dimanapun bushes berada sepanjang pilar (sepanjang gerakan ram) akan tetap satu sumbu. Pada perencanaan pilar dan bushes, harus memperhatikan besarnya langkah ram sehingga pada waktu die pada posisi terbuka (ram pada titik mati atas) pilar masih berada didalam bushes. Selain bushes dengan alur pelumasan, terdapat juga bushes dengan tanpa alur pelumasan, tetapi memakai bola-bola besi (ball bearing).

Bushes jenis ini digunakan untuk mengerjakan benda-benda dengan ketelitian yang tinggi. Bushes jenis ini akan mengurangi gesekan dengan pilar dan umur pemakaiannya lebih lama.

### 2.3.10 Strippers

#### 2.3.10.1 Stripping Force

Setelah punch selesai mengerjakan pekerjaan shearing, maka stock akan tetap menempel pada punch dan ikut bergerak keatas. Ini disebabkan karena sepanjang proses pemotongan stock melekat pada punch akibat recovery elastis yang terjadi, untuk menjaga hal ini digunakan stripper. Tujuan lain dari penggunaan stripper ialah :

- Sebagai pengarah dan mempersempit ruang gerak stock.
- Menjaga agar stock tetap berada diatas permukaan die setelah pengerjaan selesai.
- Agar tidak terjadi pembengkokan pada stock ketika proses berlangsung.

Besarnya gaya strippers untuk mencegah supaya stock strip tidak ikut bergerak adalah sebesar 3 - 20% dari gaya yang akan diperlukan untuk melakukan proses press atau dengan rumus dibawah ini : [2]

$$F_{st} = L\ t\ K_{st} \qquad (2\text{-}9)$$

dimana :$F_{st}$ = stripping force (lbs).

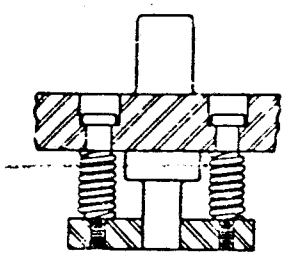
L = keliling total pemotongan (inch).

t = ketebalan stock strip (inch).

$K_{st}$ = konstanta stripping 3000 - 3500 psi.

### 2.3.10.2 Struktur Strippers

Pada garis besarnya stipper dibedakan atas stripper tetap (biasa terpasang pada die block) dan stripper bergerak (biasa digunakan dengan pemakaian pegas). Selanjutnya bentuk-bentuk dan struktur dari stripper -stripper tersebut berkembang sesuai dengan keinginan dari perencananya. Walaupun bentuk dan strukturnya berbeda, tetapi fungsinya tetap sama.



Gb. 2-13 Jenis stripper bergerak menggunakan pegas. (2)

### 2.3.11 Bottom Plate

Bottom plate berfungsi sebagai pendukung die block dan juga sebagai tempat untuk mengikat die pada meja mesin press. Karena sebagai pendukung die, maka bottom plate ini harus cukup kuat serta mempunyai ketebalan yang cukup untuk menahan deformasi yang terjadi. Ukuran dari bottom plate ini lebih besar (lebih panjang atau lebar) dari pada die block, sebagai tempat untuk clamping pada meja mesin

press. Bottom plate umumnya terbuat dari mild steel atau cast iron dan disatukan dengan die dengan menggunakan screw dan dowel pin. Tebal bottom plate dapat dihitung dengan mengassumsikan sebagai plat datar yang dibebani merata pada permukaannya dan ditumpu pada ujung-ujungnya dengan persamaan berikut: [7]

$$t^3 = \frac{0{,}0284 \cdot q \cdot a^4}{E.\delta.(1{,}056[a/b]^5 + 1)} \qquad (2\text{-}10)$$

dimana:

t = tebal bottom plate, mm.

q = beban yang diterima bottom plate, $kg/mm^2$.

b = panjang plat yang ditumpu, mm.

a = lebar plat yang ditumpu, mm.

E = modulus elastisitas bahan, $kg/mm^2$.

$\delta$ = defleksi yang diijinkan, 0,001 in = 0,025 mm.

### 2.3.12 Stopper

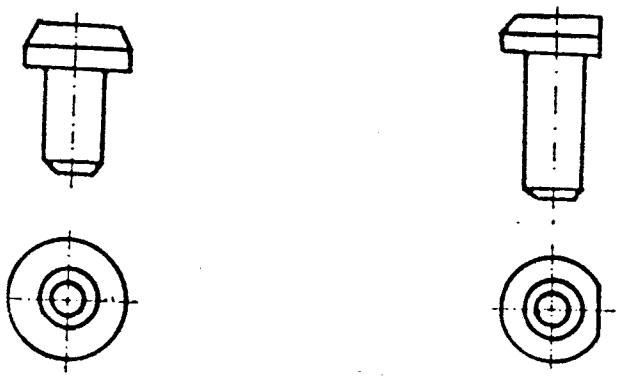
Berbagai tipe stopper digunakan dalam press tools untuk menghentikan stock stip pada posisi yang diinginkan. End stopper dan auxillary stopper adalah dua tipe yang mudah perencanaannya dan karena itu banyak kita jumpai.

#### 2.3.12.1 End-Stopper

End stopper yang paling mudah dan banyak digunakan adalah end-stopper yang berbentuk silinder pin. Pada jenis

MILIK PERPUSTAKAAN

silinder pin ini, pada titik kontaknya dengan stock strip sering kali tidak tepat, karena bentuknya yang silindris, karena itu bagian permukaan pin yang berhubungan dengan stock strip dibuat rata dan datar, seperti pada Gb. 2-14.



Gb. 2-14 End stopper.(5)

### 2.3.12.2 Auxillary Stopper

Stopper jenis ini disebut juga fingger stopper. Pada progressive tools, posisi stock strip harus ditempatkan pada posisi yang benar pada setiap statiun kerja dengan operasi yang berbeda. Dengan menggunakan stopper jenis ini, setiap tingkat operasi (pada tiap stasiun kerja) membutuhkan satu stopper sehingga stock strip benar-benar berada pada posisi yang tepat. Stopper jenis ini terpasang pada stripper atau spacer. Hal ini tidak akan menyulitkan pengassemblingan bila sewaktu-waktu die block perlu dipertajam sisi potongnya.

### 2.3.12.3 TRIGGER STOPPER

Trigger stopper sebenarnya termasuk jenis end stopper, tetapi bekerja secara otomatis. Ada dua jenis dari trigger stopper, yaitu : side acting, end acting. Stopper jenis ini mudah penanganannya dan baik untuk laju produksi tinggi, serta tidak membutuhkan lubang-lubang pada die block seperti pada stop pin yang menyebabkan die block menjadi lemah.

## 2.4 Die Set

Die set terdiri dari bottom part dan top part, dimana bagian-bagian die untuk pengerjaan tertentu dipasang. Keduanya diluruskan dan dihubungkan oleh guide post (pillar) serta bushing (guide busher). Jumlah pillar dan bushing bervariasi dari dua sampai empat, sesuai dengan ketelitian yang dibutuhkan dan ukuran die set.

Terdapat beberapa keuntungan, jika bottom part dan top part sebagai satu unit:

1. Teliti dan mudah dalam setting up dari press tool.
2. Kelurusan lebih terjamin.
3. Kemudahan dalam perawatan dan pemasangan kembali.
4. Waktu setting up lebih singkat.
5. Lebih mudah menyimpan tool sebagai satu unit.

Die set umumnya dapat dispesifikasikan berdasarkan pada bentuk; ukuran luas bidang kerja dan material pembentuknya.

Bushing dipasangkan pada top part (upper shoe) dengan suaian sesak, demikian pula pillar dipasangkan pada bottom part. Antara pilar dan bushing dipasangkan dengan suaian longgar, tidak ada toleransi yang ditetapkan secara pasti, tetapi biasanya toleransi antara diameter tersebut dapat ditentukan sebagai berikut: [4]

- Super-precision sets 0,0001 - 0,0002 in.
- Precision set 0,0002 - 0,0004 in.
- Comercial set 0,0005 - 0,0009 in.

Pada die set standart, ukuran diameter pillar tergantung pada ukuran die set, diameter lebih besar digunakan dimana dibutuhkan kelurusan yang ekstrem.

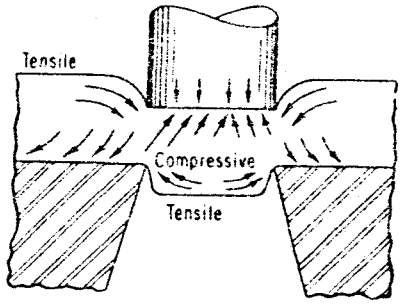
Tabel B.1 dan B.2 menunjukkan dua type dari die set yang sering digunakan, yaitu round-series diagonal type dan back-post type yang terdaftar pada American Standart ASA B5.25-1950, "Punch and Die Set". [2]

## 2.5 Cutting Dies

Cutting dies adalah die yang digunakan untuk proses pemotongan contohnya adalah blanking dan piercing dies. Pada umumnya merupakan perkakas potong yang berkemampuan untuk produksi tinggi, memiliki satu atau lebih stasiun untuk mengadakan pemotongan secara lengkap pada raw material berbentuk sheet stock.

### 2.5.1 Shearing

Pada cutting dies akan terjadi suatu proses yang dinamakan shearing, yaitu proses pemotongan atau pemisahan material oleh dua mata perkakas tanpa pembentukan geram atau sisa (scrap). Proses pemisahan ini tidak dapat dikatakan sebagai deformasi plastis secara murni maupun sebagai proses permesinan.



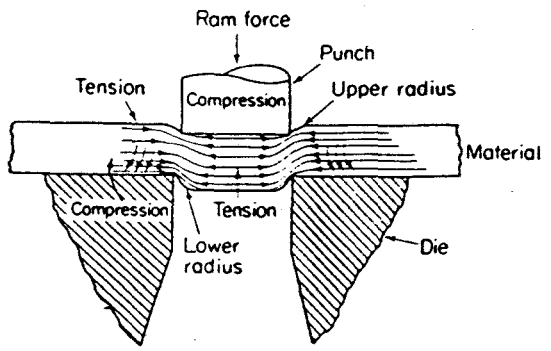

Gb. 2-15 Proses pemotongan. [2]

Proses shearing dapat dilakukan pada contour tertutup maupun terbuka dengan menggunakan perkakas atas dan bawah, seperti pada Gb. 2-15. Pemotongan stock strip dilakukan diantara punch dan die, dimana material dikenakan tegangan tarik dan penekanan (tensile dan compresive stresses).

Terdapat tiga tahap proses aksi pemotongan stock material yang menunjukkan kelakuan material karena tekanan punch :

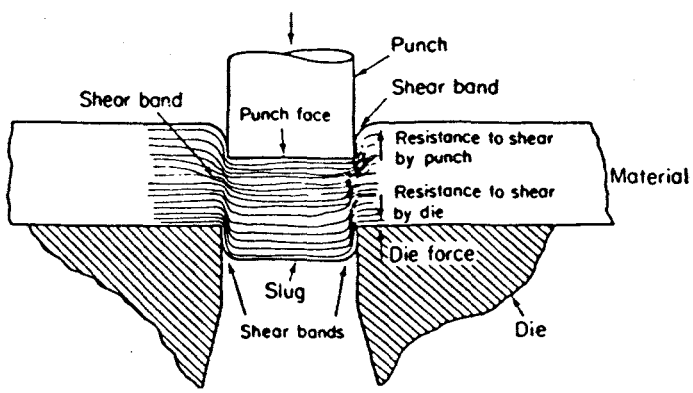
**Tahap pertama:** Punch diturunkan pada material yang diletakkan pada permukaan die, punch menekan material kedalam die dengan tekanan yang cukup besar, sehingga

material mulai terdeformasi dan radius kecil mulai terbentuk pada material yang berkontak antara punch dan die. Tekanan harus melebihi batas elastis agar terjadi deformasi plastis pada material.



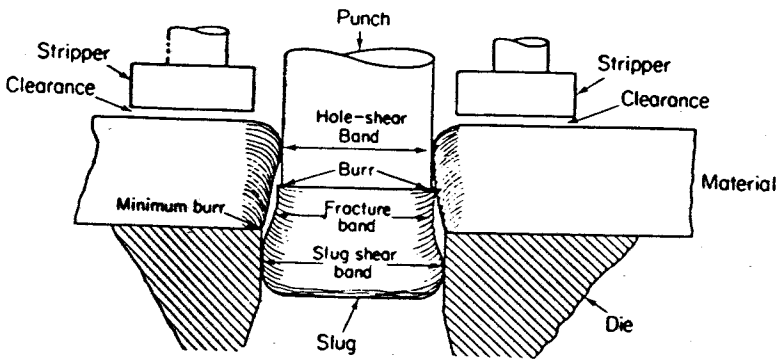

Gb. 2-16 Deformasi plastis pada proses shearing. [12]

**Tahap kedua:** Punch diturunkan lebih dalam dan karena tekanan yang cukup besar dari punch, maka akan terjadi penetrasi. Material dengan banyak yang sama dengan dalam penetrasi dipindahkan kedalam die. Retak mulai berkembang dari sisi pemotongan antara punch dan die ke dalam garis potong (shear of line).




Gb. 2-17 Penetrasi pada proses shearing. [12]

**Tahap ketiga:** Penekanan lebih dalam oleh punch menyebabkan pemisahan terjadi, yaitu melalui retak yang berkembang melalui garis potong. Pemisahan sempurna terjadi apabila keretakan dari atas dan bawah bertemu. Ini terjadi bila punch masuk pada material sekitar 2/3 dari material. Penekanan lebih lanjut untuk menjatuhkan bagian yang terpotong keluar dari die.




Gb. 2-18 patah pada proses shearing. [12]

Terdapat berbagai kerja proses shearing yang dapat dilakukan oleh cutting dies secara individu, tetapi biasanya dikombinasikan untuk mendapatkan produk-produk yang lebih komplek. Kerja tersebut antara lain : [5]

- Blanking

Proses shearing pada bentuk contour tertutup pada strip untuk mendapatkan komponen yang diinginkan, dimana material yang berada di dalam garis bentuk yang dibutuhkan.

- Piercing

Apabila pada proses shearing tersebut (blanking) yang dibutuhkan berada diluar garis bentuk.

- Cut off

Proses yang dipakai untuk menghasilkan blank dari strip sepanjang garis pemotongan tanpa menimbulkan scrap.

- Parting

Proses pemisahan blank dari strip material dengan melakukan pemotongan diantara strip, pada proses ini timbul scrap sehingga kurang effektif bila dibandingkan dengan cut off.

### 2.5.2 Gaya Pemotongan

Piercing dan blanking adalah merupakan dasar dari operasi-operasi pemotongan logam dengan menggunakan punch dan die. Faktor yang penting dalam proses piercing dan blanking untuk mendapatkan hasil yang baik adalah menentukan gaya potong dan clearance.

Jika kita melakukan proses piercing atau blanking dengan diameter D dari stock strip yang tebalnya t, maka besarnya gaya yang dibutuhkan untuk proses tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut ini : [1]

$$P = \pi \times D \times t \times k_m \times \sigma_{us}$$
$$= L \times t \times k_m \times \sigma_{us} \qquad (2\text{-}11)$$

dimana :

P = gaya pemotongan yang dibutuhkan, kg.

L = keliling/panjang pemotongan, mm.

t = ketebalan material/stock strip, mm.

$k_m$ = persentasi penetrasi dari material/stock strip, %.

$\sigma_{us}$ = ultimate shear stress dari material/stock strip kg/mm$^2$.

Besarnya harga P yang didapat dari rumus diatas, harus ditambahkan lagi sekitar 20-30%. Hal ini dimaksudkan untuk mengatasi adanya friksi/gesekan pada mekanisme mesin press yang digunakan dan variasi keausan punch/die serta pelumasan yang digunakan. [8]

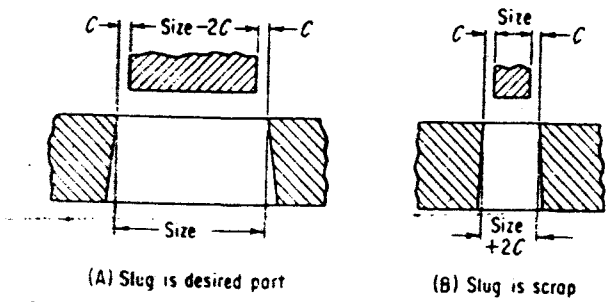
### 2.5.3 Clearance

Clearance adalah kelonggaran yang diberikan antara punch dan die, dan besarnya diukur hanya pada satu sisi saja. Untuk mendapatkan hasil produk yang baik diperlukan clearance yang tepat antara punch dan die.

#### 2.5.3.1 Penggunaan Clearance

Clearance yang dikehendaki akan dihitung dan ditambahkan pada ukuran punch atau die, tetapi tidak pernah diperhitungkan untuk keduanya. Aturan yang digunakan dalam pemberian clearance adalah sebagai berikut: [2]

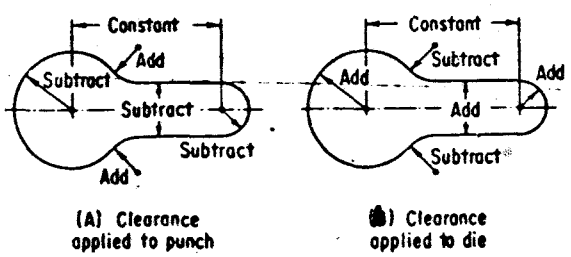
- Untuk proses piercing clearance dikenakan pada die.
- Untuk proses blanking clearance dikenakan pada punch.




Gb. 2-19 Clearance pada (a)blanking & (b)piercing. [2]

Aturan penggunaan ini hanya berlaku untuk blank dengan bentuk lingkaran. Jika bentuknya selain lingkaran, aturan pemberian clearance adalah sebagai berikut:

- Untuk proses blanking:
  - Kurangi setiap radius dalam dengan clearance.
  - Tambahkan clearance untuk semua radius luar.
  - Kurangi ukuran antara garis-garis pararel dengan clearance.
  - Sudut-sudut dan ukuran antara dua titik pusat tetap.



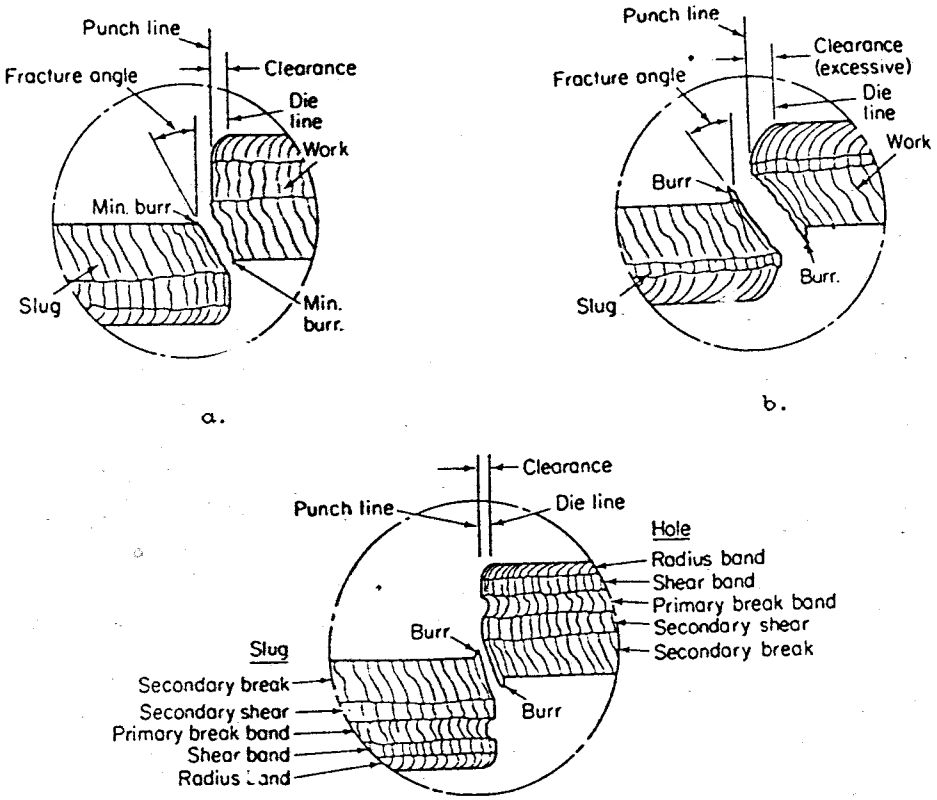

Gb. 2-20 Clearance pada (a)blanking & (b)piercing. [2]

- Untuk proses piercing:
  - Tambahkan clearance pada semua radius dalam.
  - Kurangi semua radius luar dengan clearance.

- Tambahkan ukuran antara garis-garis pararel dengan clearance.
- Sudut-sudut dan ukuran antara dua titik pusat tetap.

### 2.5.3.2 Pengaruh Clearance

Jika clearance antara punch dan die tepat, maka garis sobekan akan bertemu pada suatu titik dengan tepat. Selain itu burr yang terjadi adalah kecil.




Gb. 2-21 Pengaruh clearance, (a)Normal; (b)terlalu besar; (c)terlalu kecil. [12]

Jika clearance terlalu besar, maka deformasi plastis akan terjadi pada waktu yang lebih lama. Selain itu burr

yang terjadi akan lebih banyak serta ditempat patahan akan terjadi bentuk yang lancip, hal ini menyebabkan produk yaang dihasilkan berbentuk konis (taper).

Jika clearance terlalu kecil, maka garis sobekan tidak bertemu, karena yang satu sobek ditepi punch dan yang lain sobek ditepi die. Selain itu clearance yang kecil akan mengakibatkan gaya tekan akan menjadi besar dan umur hidup dari punch/die menjadi pendek karena gesekan yang besar antara punch dan die disamping itu akan terjadi burr yang berlebihan.

### 2.5.3.3 Besar Clearance

Untuk menentukan besarnya clearance yang diperlukan, ada dua cara yang dapat kita gunakan. Yang pertama adalah cara grafis dan yang kedua adalah berdasarkan perhitungan matematis. Tabel 2-5 menunjukkan besarnya clearance untuk beberapa macam material. Penentuan besarnya clearance dengan cara perhitungan matematis adalah dengan menggunakan rumus berikut : [5]

$$\text{Clearance} = c \times t \sqrt{\sigma_{ut}} \quad \text{per sisi} \qquad (2\text{-}12)$$

dimana :

c = konstanta, $mm/\sqrt{kg}$.

= 0.005 untuk pekerjaan presisi.

= 0.01 untuk pekerjaan dengan kepresisian sedang.

= 0.05 untuk pekerjaan dengan kepresisian rendah.

t = tebal stock material, mm.

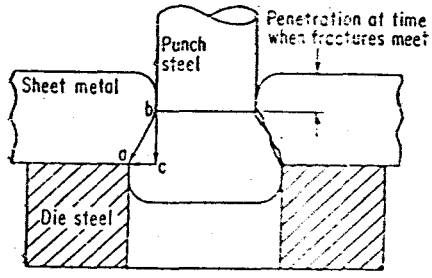
$\sigma_{ut}$ = Ultimate tensile strenght, kg/mm$^2$.

**TABEL 2-5 BESAR CLEARANCE.[8]**

| Stock Material | Clearance,C/t (%) |
|---|---|
| Lov carbon steel | 8 - 10 |
| High carbion steel | 14 - 16 |
| Stainless steel | 9 - 11 |

### 2.5.4 Side Thrust

Pada cutting dies selain terjadi gaya-gaya vertikal juga terjadi gaya-gaya horisontal. Sebuah studi teoritis dari vektor gaya pada sebuah cutting dies dari kurva gaya strain gage menunjukkan sebuah pendekatan untuk masalah ini. [4]




Gb. 2-22 Hubungan punch & die pada kondisi gaya max.[4]

Gb.2-22 menunjukkan hubungan fisik antara punch dan die pada daerah gaya maksimum. Sisi ac menunjukkan besar clearance, sisi bc menunjukkan tebal sheet metal pada waktu patah. Segi tiga yang sama juga menunjukkan distribusi gaya yang terjadi. Sisi bc adalah besar vektor gaya pemotongan, dan sisi ac adalah besar vektor

horisontal (side thrust) yang terjadi. Setelah mendapatkan besar gaya pemotongan yang terjadi dan clearance antara punch dan die diketahui, maka sebuah perbandingan dapat digunakan untuk mencari besar side thrust yang terjadi:

$$\frac{\text{Clearance}}{\text{Tebal sheet metal} - \text{penetrasi}} = \frac{\text{Side thrust}}{\text{Gaya pemotongan}} \qquad (2\text{-}19)$$

Selain yang digambarkan diatas, side thrust karena penyebab yang lain dapat terjadi pada sebuah dies, seperti ram mesin press yang tidak pararel pada meja atau lower die shoe juga akan menyebabkan side thrust pada dies. Selanjutnya penyebab adanya side thrust pada dies dapat digolongkan sebagai berikut: [4]

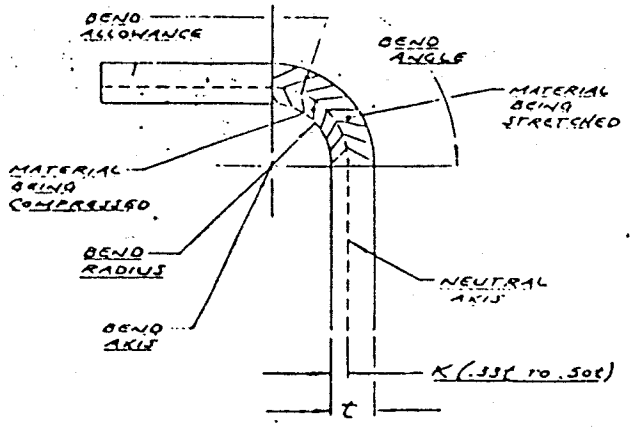
- Side thrust yang dihasilkan karena adanya clearance antara punch dan die.
- Side thrust yang diperlukan untuk mendapatkan kelurusan ram mesin press pada waktu proses.
- Side thrust yang dihasilkan oleh adanya bentuk pemotongan yang tidak simetris.
- Side thrust yang dihasilkan karena adanya ketidaklurusan pada pemasangan/perencanaan kontruksi dies.
- Side thrust yang dihasilkan karena adanya kontak sudut permukaan, seperti pemakaian cam drivers.
- Side thrust yang dihasilkan karena penggunaan sudut pemotongan untuk mengurangi besarnya gaya pemotongan.

- Side thrust yang terjadi karena adanya proses triming; bending dan flangging dimana gaya bekerja pada satu sisi saja.

## 2.6 Bending

Bending adalah merupakan suatu operasi non shearing dengan menggunakan press tools, untuk mengubah bentuk lurus menjadi bentuk lengkung.

Panjang plat setelah mengalami proses bending dibandingkan dengan panjang plat sebelum dibending adalah tidak sama. Hal ini disebabkan karena setelah dibending, bagian plat pada daerah lengkungan sebelah dalam akan mengalami penekanan (compressed), sedangkan bagian luar lengkungan akan mengalami tarikan. Kondisi yang demikian ini menyebabkan sumbu netral akan bergeser, tidak lagi mempunyai jarak yang sama antara kedua sisi lengkungan.[9]




Gb. 2-23 Terminologi bend allovance.[9]

Jarak sepanjang lengkungan sumbu netral ini disebut Bend Allowance. Bend Allowance ini perlu diperhitungkan untuk menentukan panjang dari plat yang akan dibending untuk mendapatkan dimensi yang tepat. Untuk menghitung Bend Allowence ini dapat digunakan pers. dibawah ini: [9]

$$L_{ba} = \frac{\gamma \ \pi \ (R_b + k_a t)}{180} \qquad (2\text{-}14)$$

dimana : $L_{ba}$ = bend allowance, mm.

$\gamma$ = sudut bending, derajat.

$R_b$ = jari-jari kelengkungan, mm.

$k_a$ = konstanta sumbu netral.

$t$ = tebal plat.

Besarnya harga konstanta sumbu netral, $k_a$ untuk berbagai tebal plat ditunjukkan pada tabel 2-9.

TABEL 2-6 Konstanta sumbu netral. [9]

| jari-jari | Konstanta, ka |
|---|---|
| Dibawah 0,5t | 0,2 |
| 0,5t - 1,5t | 0,3 |
| 1,5t - 3,0t | 0,33 |
| 3,0t - 5,0t | 0,4 |
| Diatas 5,0t | 0,5 |

Proses bending dibatasi oleh kemampuan material dapat ditekuk tanpa retak ($R_{min}$), $R_{min}$ dapat ditentukan dengan teliti dari reduksi penampang dari hasil uji tarik: [13]

- Bila perubahan sumbu netral diabaikan, maka :

$$\frac{R_{min}}{t} = \frac{1}{2q} - 1 \text{ , untuk } q < 0.2. \qquad (2\text{-}15a)$$

- Bila perubahan sumbu netral diperhitungkan, maka :

$$\frac{R_{min}}{t} = \frac{(1-q)^2}{2q - q^2} \quad , \text{untuk } q > 0.2. \qquad (2\text{-}15b)$$

Lebih lanjut untuk menghindari keretakan, maka material umumnya ditekuk tidak sejajar arah grain, tetapi menyilang antara $45^\circ$ dan $90^\circ$.

Besarnya gaya yang diperlukan untuk melakukan proses bending adalah tergantung pada tebal material, panjang bagian yang dilengkungkan, lebar bukaan die dan tensile strenght dari material. Besarnya gaya "v" bending dapat kita hitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini: [9]

$$P_b = \frac{L_a \; t^2 \; \sigma_{ut} \; k_d}{W} \qquad (2\text{-}16)$$

dimana : $P_b$ = gaya bending, kg.

$L_a$ = panjang plat yang dibending, mm.

$t$ = tebal plat, mm.

$\sigma_{ut}$ = ultimate tensile strenght, $kg/mm^2$.

$k_d$ = faktor bukaan die.

= 1.33 jika w = 8t dan 1.20 jika w = 16t.

$W$ = lebar bukaan die, mm.

Untuk "U" bending besarnya $k_d$ adalah dua kali lipat dari yang digunakan untuk "V" bending (2,67 -2,4), sedangkan untuk Edge Bending kira-kira 0.5 kali dari yang digunakan untuk "V" bending (0,67 - 0,60). [12]

### 2.6.1 Springback Setelah Bending

Springback adalah perubahan dimensi pada hasil pembentukan setelah tekanan pembentukan ditiadakan. Perubahan ini merupakan akibat dari perubahan regangan yang dihasilkan pada pemulihan elastis. Bila beban dihilangkan regangan total akan berkurang disebabkan pemulihan elastis tersebut. Pemulihan elastis dapat diandaikan seperti pada balikan pegas.

Pada proses bending jari-jari kelengkungan sebelum beban dihilangkan lebih kecil bila dibandingkan dengan jari-jari setelah beban dihilangkan.

Untuk mengatasi hal tersebut diatas dalam proses bending digunakan konpensasi balikan pegas dengan memberi radius bending yang lebih kecil dari yang diinginkan, sehingga ketika terjadi balikan pegas bagian tersebut masih mempunyai radius bending yang tetap sesuai dengan yang kita inginkan.

Bila panjang dari sumbu netral tidak berubah, maka sudut setelah springback $\alpha_f$, dapat diketahui dengan persamaan berikut ini: [13]

$$\alpha_f \left( R_f + \frac{t}{2} \right) = \alpha_b \left( R_b + \frac{t}{2} \right) \qquad (2\text{-}17)$$

dimana :

$\alpha_f$ = sudut setelah springback, derajat.

$\alpha_b$ = sudut ketika diberi beban, derajat.

$R_f$ = radius setelah springback, mm.

$R_b$ = radius ketika diberi beban, mm.

t = tebal plat, mm.

### 2.6.2 Metoda Peniadaan Springback

Metoda paling umum pada konpensasi springback adalah melengkungkan lembaran menjadi jari-jari kelengkungan yang lebih kecil dari pada yang dikehendaki, sehingga bila springback terjadi, lembaran tersebut masih mempunyai jari-jari yang sesuai dengan yang diinginkan.

Dari percobaan tarik untuk mendapatkan nilai E (modulus elastisitas) dan prosedur trial and error untuk menemukan contour cetakan yang tepat untuk mengeliminasi springback dapat dihitung dengan pers. berikut ini: [13]

$$\frac{R_b}{R_f} = 4\left[\frac{R_b \cdot \sigma_y}{t \cdot E}\right]^3 - 3\left[\frac{R_b \cdot \sigma_y}{t \cdot E}\right] + 1 \qquad (2\text{-}18)$$

dimana :

$R_b$ = radius ketika diberi beban, mm.

Rf = radius yang diinginkan setelah terjadi springback, mm.

$\sigma_y$ = tegangan yield material plat, $kg/mm^2$.

E = modulus elastisitas plat, $kg/mm^2$.

t = tebal plat, mm.

Metoda lain yang sering dipakai adalah dengan pemberian beban lebih untuk mengeliminasi springback.

Beban lebih yang diperlukan dapat dihitung dengan

persamaan berikut ini: [13]

$$P_{bl} > \frac{\sigma_u \cdot L \cdot t^2}{2 ( r_u + t/2 )} \; tg \; \frac{\alpha}{2} \qquad (2\text{-}19)$$

dimana :

$P_{bl}$ = beban lebih yang diperlukan, kg.

$\sigma_u$ = ultimate tensile strenght material plat, kg/mm$^2$.

L = panjang plat yang ditekuk, mm.

t = tebal plat, mm.

$r_u$ = radius tidak teregang, mm.

$\alpha$ = sudut bengkok plat, derajat.

Pada keadaan tertentu keberadaan springback dapat diperkecil dengan melakukan proses tambahan, yang biasanya hanya dilakukan dengan sekali proses dapat dijadikan dua atau tiga proses. Hal ini banyak dilakukan pada proses-proses pembentukan plat yang mengalami sudut bengkok besar atau pada bentuk-bentuk flanging.

Untuk proses forming dengan sudut bengkok yang relatif besar seperti pada bentuk curling, dapat dilakukan dengan tiga kali proses, pada tiap proses dibuat sama dengan radius produk dan pada masing-masing tahap tersebut dapat dikombinasikan dengan beban lebih untuk mengeliminasi springback sehingga didapat hasil yang memuaskan.

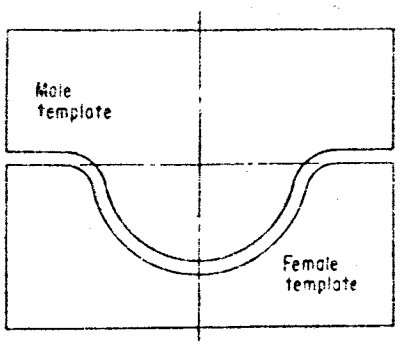
## 2.7 Forming dies

Forming adalah sebuah variasi dari bending. Benda kerja akan mengikuti bentuk dari punch dan die yang digunakan. Seringkali ketebalan material berkurang pada garis lekukan.

Ada bermacam-macam proses yang dapat dikategorikan sebagai proses forming, seperti: solid forming; curling; coining; embossing; flangging dan lain-lain. Karena keterbatasan yang ada, maka hanya proses yang diperlukan saja yang akan dibahas disini, yaitu: solid forming dan curling. [12]

### 2.7.1 Solid Forming Dies

Solid forming atau hanya disebut forming saja, seringkali mempunyai kontruksi yang sederhana. Punch dan die terbuat dari material tool steel dan dibentuk menurut contour dari benda kerja yang akan dibuat.




Gb. 2-24 Solid forming dies. [12]

Clearance antara punch dan die pada proses forming adalah sebesar ketebalan dari stock strip yang digunakan. Untuk mengikat punch/die pada top/bottom plate digunakan socket head screw dan dowel pin dengan ukuran yang besar untuk menahan side thrust yang terjadi pada proses forming. [12]

### 2.7.2 Curling Dies

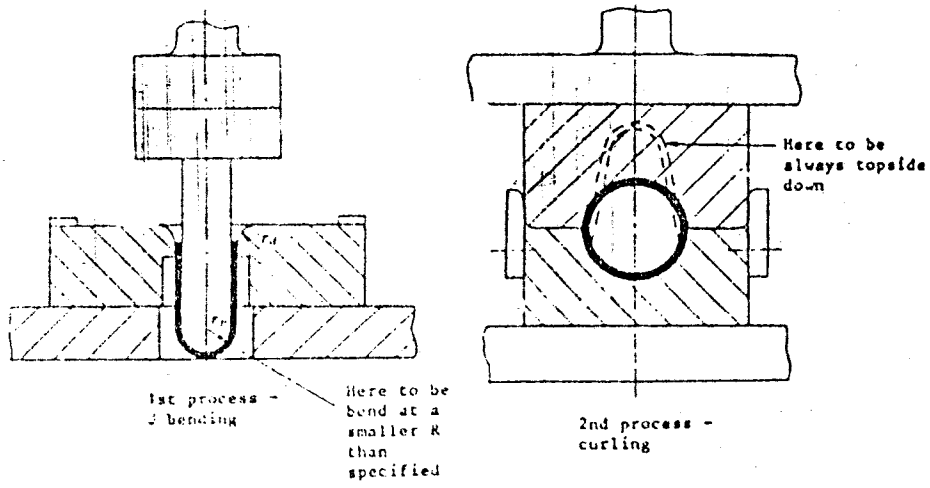
Pengerjaan curling adalah proses pembentukan pada ujung material menjadi bentuk roll. Ukuran curling berkaitan erat dengan ketebalan material, yaitu jari-jari curling tidak boleh lebih kecil dari batas yang bisa dicapai oleh material dengan ketebalan tersebut. Untuk mendapatkan bentuk curling yang baik, maka materialnya harus ulet, bila material terlalu keras akan mengakibatkan kerusakan pada proses curling.

Burr edge hasil proses pemotongan pada blank, diletakkan pada sisi dalam dari curling, karena ini akan mengakibatkan kemudahan pada pergerakan material dan juga menjaga agar permukaan die tidak cepat aus. Permukaan curling dies harus dipoles sampai halus dan bebas dari bekas-bekas pengerjaan, karena kekasaran permukaan pada die akan menambah kecenderungan material kembali atau terhambat ketika dilakukan proses curling dan berakibat kerusakan pada material.

Pada kebanyakan pembentukan curling, operasi tidak

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH ...

dapat secara langsung dilakukan dengan sekali proses, tetapi harus didahului dengan proses-proses pembantu. Pada beberapa proses curling, biasanya dimasukkan kawat /batang pada bagian dalam diameter curling untuk mendapatkan contour yang lebih baik. Diameter pada groove pada punch atau die sama dengan diameter produk yang akan diproses. [12]



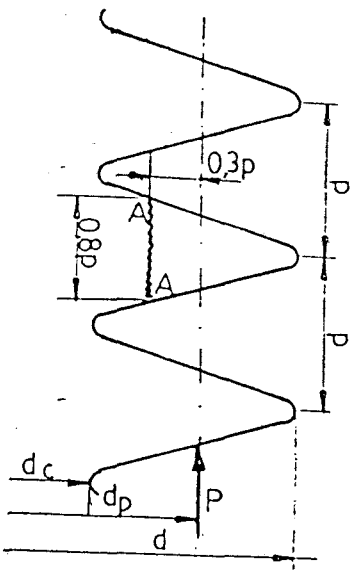

Gb. 2-25 Curling dies. [8]

## 2.8 Stress Pada Baut

Tegangan pada baut yang bekerja searah dengan sumbu baut kemungkinan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada ulirnya. Kerusakan ini dapat terjadi pada penampang A-A, yang letaknya ± 0,3p dari diameter pitch dan sepanjang ± 0,8p seperti terlihat pada Gb.2-26. [10]

Kerusakan ini disebabkan oleh tegangan geser dan tegangan bending yang bekerja pada ulir baut tersebut. Tegangan yang terjadi pada ulir baut dapat dihitung

sebagai berikut:




Gb. 2-26 Kerusakan pada ulir baut. [10]

- Momen bending yang terjadi:

$$M_b = 0{,}3p \times P$$

- Luassan yang menerima momen bending:

$$A = H/p \times \pi \times (d_p - 0{,}3p) \times 0{,}8p$$

- Momen kelembaman luasan A:

$$W_b = \frac{\pi.(d_p - 0{,}3p).(H/p \times 0{,}8p)^2}{6}$$

Jadi tegangan bending yang terjadi adalah:

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

$$= \frac{0{,}3p \times P}{1/6 \times \pi \times (d_p - 0{,}3p) \times (H/p \times 0{,}8p)^2} \qquad (2\text{-}20)$$

dimana:

$\sigma_b$ = Tegangan bending yang terjadi, $kg/mm^2$.

P = Gaya luar yang bekerja pada ulir, kg.

p = Pitch dari ulir, mm.

H = Panjang bagian yang berulir, mm.

$d_p$ = diameter pitch ulir, mm.

Sedangkan tegangan geser yang terjadi adalah:

$$\sigma_s = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{P}{H/p \times 0{,}8p \times \pi \times (d_p - 0{,}3p)} \qquad (2\text{-}21)$$

dimana:

$\sigma_s$ = Tegangan geser yang terjadi, kg/mm$^2$.

P = Gaya luar yang bekerja pada ulir, kg.

p = Pitch dari ulir, mm.

H = Panjang bagian yang berulir, mm.

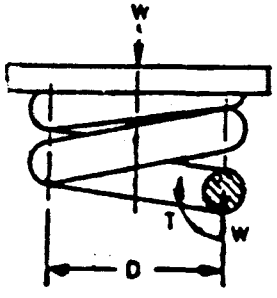
$d_p$ = diameter pitch ulir, mm.

Karena tegangan bending dan geser bekerja bersama-sama, maka tegangan ideal yang terjadi: [11]

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\,\sigma_s^2} \qquad (2\text{-}22)$$

## 2.9 Stress Pada Spring

Sebuah pendekatan akan menunjukkan, bahwa bagian dari spring yang ditunjukkan pada Gb.2-27, adalah sama kondisinya dengan batang silinder yang dikenai aksi dua gaya, yaitu gaya geser langsung W dan gaya geser tidak langsung yang ditimbulkan oleh momen puntir T. [10]




Gb. 2-27 Helical spring. [10]

Besar dari gaya geser yang dihasilkan karena adanya momen puntir adalah sebagai berikut:

$$T = W.\frac{D}{2} = \frac{\pi}{16} f_s.d^3$$

$$f_s = \frac{8.W.D}{\pi.d^3} \qquad (2\text{-}23)$$

dimana:

R = Diameter luar dari lilitan spring, mm.

D = Diameter rata-rata lilitan spring, mm.

d = Diameter kawat spring, mm.

W = Gaya aksial pada spring, kg.

$f_s$ = Gaya geser akibat adanya momen puntir, $kg/mm^2$.

C = Spring index = D/d.

Sedangkan gaya geser langsung karena adanya gaya aksial W adalah sebesar:

$$f_{sd} = \frac{W}{\pi/4.d^2}$$

Sehingga maksimum shear stress yang terjadi pada kawat spring adalah sebesar:

$$S_s = f_s + f_{sd}$$

$$= \frac{8.W.D}{\pi.d^3} + \frac{4.W}{\pi.d^2} \qquad \text{(substituting D/d = C).}$$

$$= \frac{8.W.D}{\pi.d^3}\left(1 + \frac{1}{2C}\right) \qquad (2\text{-}24)$$

Sedangkan defleksi yang terjadi pada spring akibat adanya gaya aksial W dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\delta = \frac{8.W.C^3.n}{d.G} \qquad (2\text{-}25)$$

dimana:- G = Modulus rigidity dari bahan, $kg/mm^2$.

- n = Jumlah lilitan aktif pegas.

  $n = n_a - 2$, untuk jenis square ends spring.

  ($n_a$ = jumlah lilitan total pegas).

# BAB III

# PENGUJIAN TARIK

## 3.1 Pendahuluan

Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik logam yang penting, terutama untuk perencanaan kontruksi maupun pengerjaan logam tersebut. Kekuatan tarik suatu bahan dapat diketahui dengan pengujian tarik pada bahan yang bersangkutan. Dari hasil pengujian tarik tersebut dapat diketahui pula sifat-sifat yang lainnya seperti: kekuatan mulur; perpanjangan; reduksi penampang; modulus elastisitas dan sebagainya.

Pengujian tarik berikut ini dilakukan terhadap suatu spesimen pada suhu kamar (± 28°C) di Laboratorium Metallurgy jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.

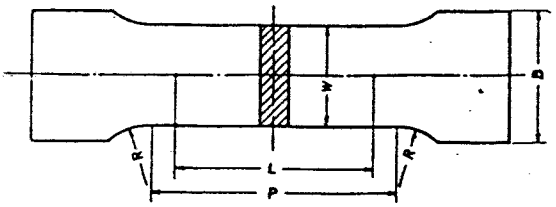
## 3.2 Material Uji

Material yang akan diuji tarik adalah baja dengan bentuk awal berupa lembaran logam dengan ketebalan = 2 mm.

## 3.3 Spesimen Uji Tarik

Dengan bentuk berupa sheet metal dengan ketebalan sebesar 2 mm, dengan memakai JIS Standart dipilih spesimen untuk uji tarik ini adalah: JIS Z 2201 No.5 test piece.

No. 5 Test Piece This test piece shall be principally used for tension test of pipes and tubes, steel sheets and non-ferrous metal (or alloy thereof) sheets and sections.



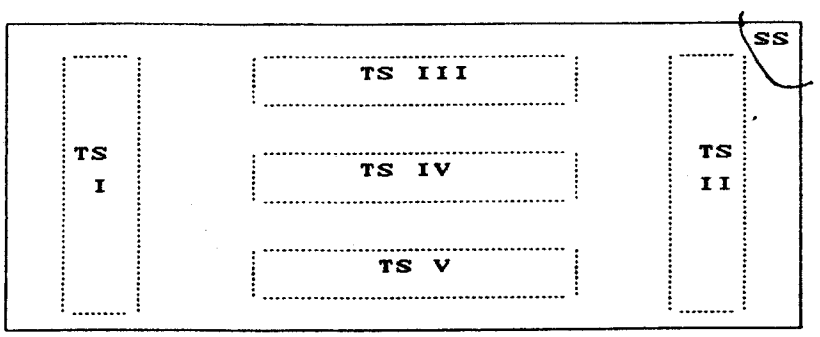

| | |
|---|---|
| Gauge length | $L$=50 mm |
| Length of parallel portion | $P$=approx. 60 mm |
| Width | $W$=25 mm |
| Radius of shoulder | $R$=15 mm or more |

The thickness shall be as the original size. For thin steel sheets only, the following shall be applied.

| | |
|---|---|
| Radius of shoulder | $R$=20 ~ 30 mm |
| Width of gripped portion | $B$=30 mm or more |

Gb. 3-1 Spesimen uji tarik.

Karena bahan awal berupa sheet metal, maka spesimen uji diambil dalam arah melintang dan membujur, yaitu dua specimen pada arah melintang dan tiga spesimen pada arah membujur. Cara pengambilan seperti ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil pengujian yang merata.




Gb. 3-2 Layout pengambilan specimen uji.
SS: stock strip; TS: test piece.

## 3.4 Mesin Tarik dan Peralatan Yang Digunakan

Mesin tarik yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji universal merk: WOLPERT dengan kapasitas 30 ton. Disamping itu peralatan lain yang digunakan adalah:

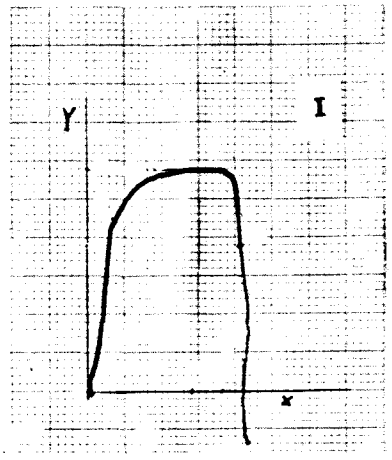
- Jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm untuk pengukuran dimensi awal dan akhir dari specimen.

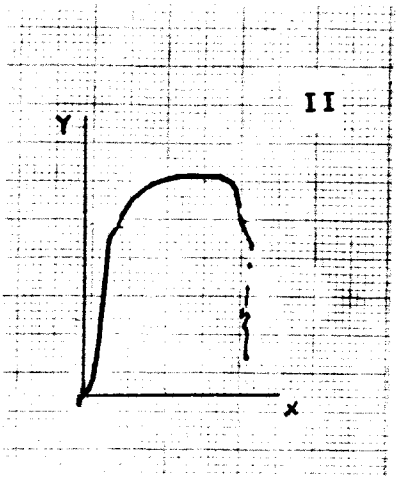
## 3.5 Langkah-langkah Pengujian

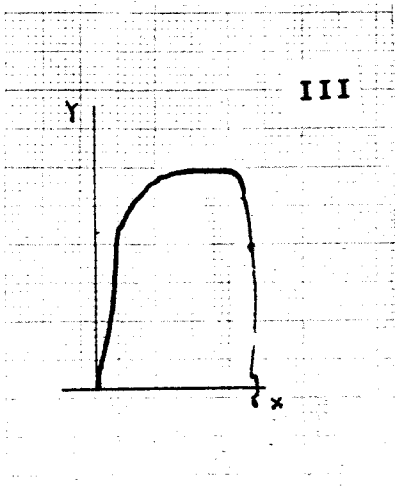
1. Ukur dimensi tiap-tiap spesimen.
2. Spesimen dipasang pada penjepit.
3. Atur skala pembebanan.
4. Kertas grafik dan pena dipasang.
5. Pemberian pembebanan dengan kecepatan maksimum (Pmax).
6. Selama penarikan perhatikan perubahan yang terjadi pada spesimen maupun grafik.
7. Setelah patah spesimen dilepas dari penjepit.
8. Kedua bagian spesimen yang patah digabung kembali, kemudian dilakukan pengukuran panjang spesimen.
9. Ukur juga penampang melintang pada bagian yang patah.

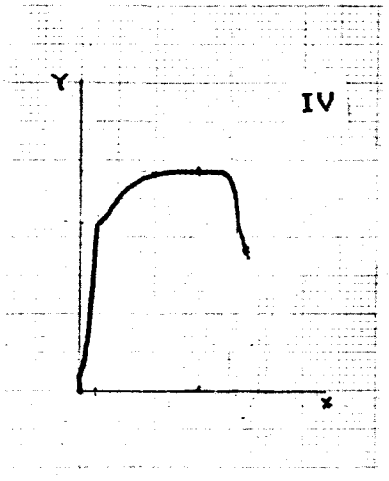
## 3.6 Hasil Pengujian Tarik

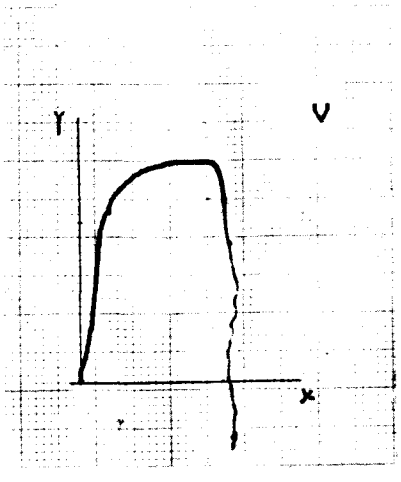
### 3.6.1 Grafik (P-Δl)




**SKALA:**

**Sb. X - 1 : 1 mm.**

**Sb. Y - 1 mm : 0,647 KN.**

Gb. 3-3 Grafik p-Δl untuk tiap-tiap spesimen.

### 3.6.2 Data Hasil Uji Tarik

| BAHAN | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SPESIMEN | I | II | III | IV | V | rata2 |
| Ukuran aval (tOXvO),mm | 2.05X 25 | 2 X 24,85 | 2 X 24,55 | 2 X 24,85 | 1.95X 24,9 | |
| Luas penampang aval (AO),$mm^2$ | 51,25 | 49,7 | 49,1 | 49,7 | 48,6 | 49,67 |
| Panjang aval (lO),mm | 50,9 | 50,2 | 50,4 | 50 | 50,8 | 50,46 |
| Ukuran akhir (t1Xv1),mm | 1 X 19,2 | 1 X 19 | 1,1 X 19,3 | 1,1 X 19,4 | 1,05X 19,6 | |
| Luas penampang akhir (A1),$mm^2$ | 19,2 | 19 | 21,2 | 21,3 | 20,6 | 20,26 |
| Panjang akhir (l1),mm | 65,7 | 65,75 | 65,55 | 65,6 | 65,2 | 65,56 |
| $\Delta$l plastis ,mm | 14,8 | 14,6 | 13,4 | 14,25 | 13,9 | 14,1 |
| Beban lulur (Py), KN | 14,4 | 14,6 | 13,4 | 14,25 | 13,9 | 14,1 |
| Beban Max (Pu), KN | 18,75 | 18,9 | 18,05 | 18,5 | 18,45 | 18,59 |

## 3.7 Pengolahan Data

a. Kekuatan luluh material ($\sigma y_t$):

$$\sigma y = \frac{Py}{Ao} = \frac{(14,1).(1000)}{(9,8).(49,67)} = 28,97 \text{ kg/mm}^2.$$

b. Kekuatan maksimum material ($\sigma u_t$):

$$\sigma u_t = \frac{Pu}{Ao} = \frac{(18,53).(1000)}{(9,8).(49,67)} = 38,07 \text{ kg/mm}^2.$$

c. Regangan material ($\varepsilon u_t$):

$$\varepsilon u_t = \frac{\Delta l}{lo} \times 100\% = \frac{18,4}{50,46} \times 100\%$$

$$= 36,46\%$$

d. Reduksi luas penampang (q):

$$q = \frac{Ao - A_1}{Ao} \times 100\% = \frac{(49,67 - 20,26)}{49,67} \times 100\%$$

$$= 59,2\%$$

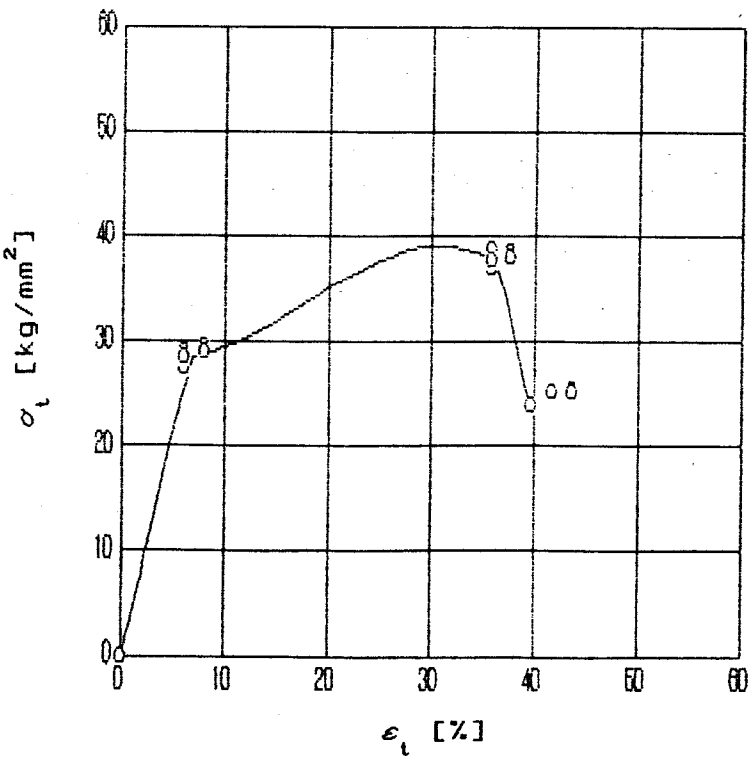
e. Kekuatan maksimum sebenarnya ($\sigma u_s$):

$$\sigma u_s = \sigma u_t . (1 + \varepsilon u_t) = 38,07 . (1,30) = 49,49 \text{ kg/mm}^2.$$

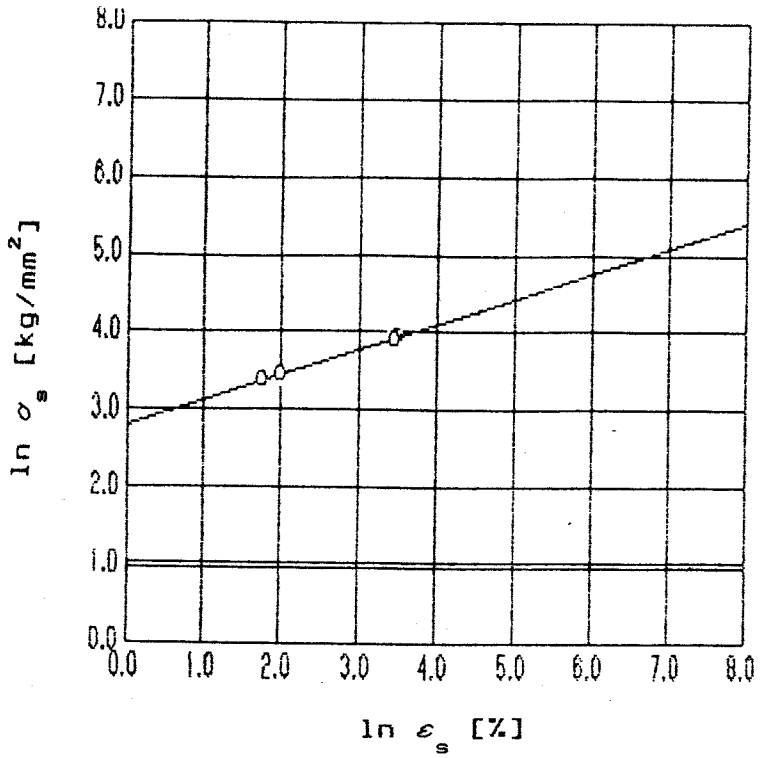
f. Regangan sebenarnya ($\varepsilon u_s$):

$$\varepsilon u_s = \ln (1 + \varepsilon u_t) = \ln (1 + 0,30) = 26,34\%$$

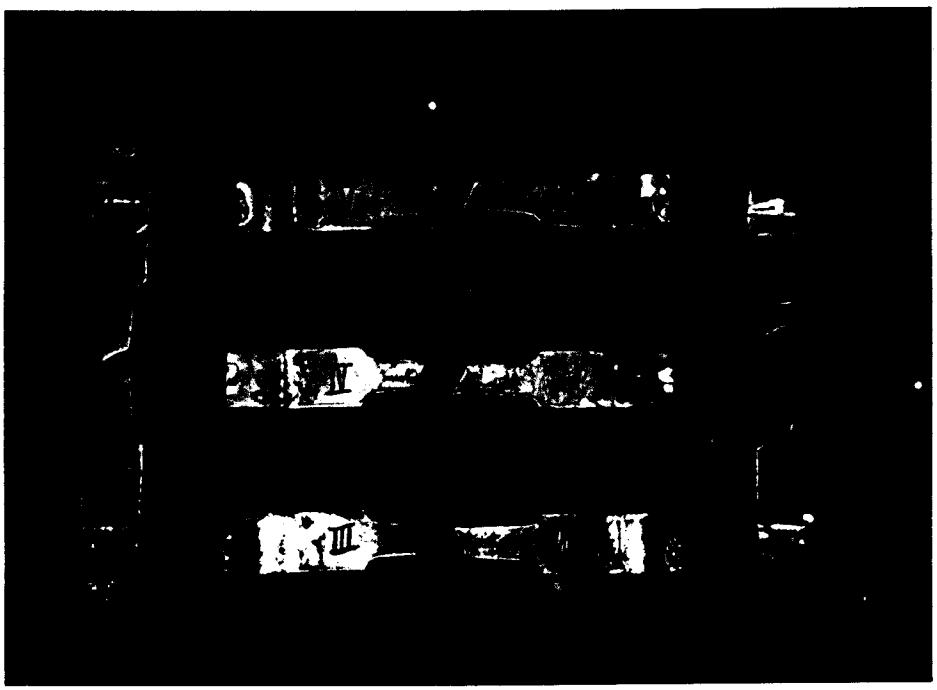
Hasil selengkapnya dari uji tarik ini dapat digambarkan pada kurva tegangan-regangan teknik dan sebenarnya yang terlihat pada GB.3-4 dan Gb.3-5 berikut ini:




Gb. 3-4 Kurva tegangan-regangan teknik.




Gb. 3-5 Kurva ln (tegangan-regangan) sebenarnya.



Gb. 3-6 Spesimen setelah uji tarik.

# BAB IV

# ANALISA PROSES MANUFACTURING SENDOK TANAH

## 4.1 Tinjauan Produk

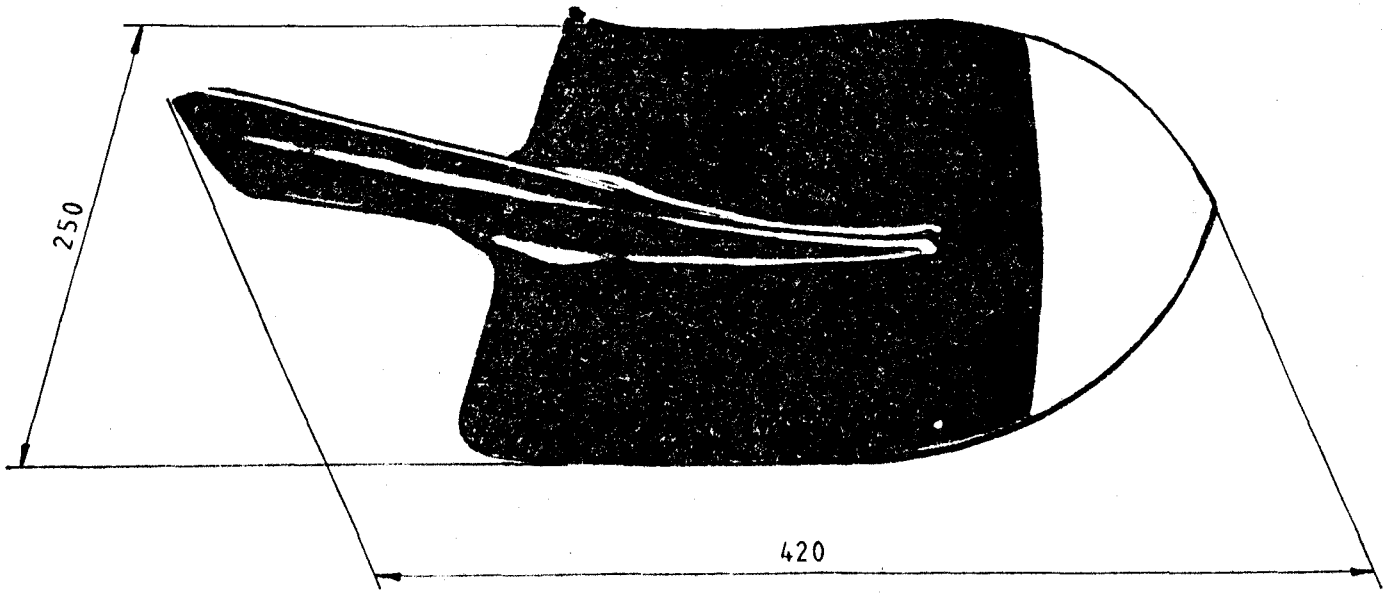
Pada perencanaan suatu press tool, salah satu hal penting yang perlu mendapatkan perhatian sebelum memulai melakukan perencanaan adalah mengetahui karakteristik dari produk yang akan dibuat dari master atau gambar kerja yang ada, karena dari sini seorang perencana tool (dies) dapat menentukan langkah-langkah proses yang diperlukan.

Karakteristik yang perlu diketahui pertama kali dari suatu produk adalah bentuknya. Bagaimana bentuk yang akan dibuat, sebab dari bentuk ini akan diketahui di mesin apa saja produk akan dibuat dan bagaimana urut-urutan pembuatannya.

Yang kedua adalah fungsi dari produk tersebut. Hal ini berperan penting dalam perencanaan benda kerja itu sendiri. Dari fungsi ini akan ditentukan ketelitian dimensinya, kekasaran permukaan, suaian-suaian yang cocok dan sebagainya. Jika itu semua sudah ditentukan, maka dapat ditentukan pula mesin-mesin yang akan digunakan.

Yang ketiga adalah dimensi dari produk. Apakah produk tersebut berukuran besar atau kecil. Hal ini penting untuk disesuaikan dengan kapasitas mesin yang tersedia.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI




Gb. 4-1

| | | | |
|---|---|---|---|
| | skala : bebas | digambar : M. Ludfi Setyadi | peringatan: |
| | satuan panjang mm | jurusan/fak: T. Mesin / FTI - ITS | |
| | tanggal : Juli 91 | dilihat : Hardjono, MSc. | |
| I T S | Sendok Tanah | nomer pokok: 2862100516 | format A4 |

Produk yang dianalisa disini adalah sendok tanah. Bentuk dan dimensi sendok tanah dapat dilihat pada Gb.4-1.

Sendok tanah digunakan untuk mengambil/memindahkan material, khususnya dalam bidang pertanian. Dengan kegunaan seperti ini, sendok tanah harus mempunyai kekuatan yang memadai.

Dari pengujian tarik yang dilakukan terhadap stock material baja yang digunakan, didapatkan Ultimate tensile strenght ($\sigma_u$) = 38,07 kg/mm$^2$.

Hubungan antara ultimate shear strenght ($\tau_u$) dengan $\sigma_u$, adalah:

$$\tau_u = 0.82\ \sigma_u$$

$$= 0.82\ (38,07)\ \text{kg/mm}^2 = 31,22\ \text{kg/mm}^2.$$

Data secara lengkap hasil pengujian tarik dapat dilihat pada BAB III.

Dilihat dari segi fungsi dan kondisi pemakaiannya, produk ini tidak memerlukan ketelitian/toleransi yang tinggi. Oleh karena itu pada pembuatan press tool yang direncanakan tidak dituntut kepresisian yang tinggi. Meskipun demikian, perencanaan tetap mempertimbangkan hal-hal yang berkaitan dengan tujuan untuk menghasilkan produk seperti yang diinginkan.

## 4.2 Tahapan-tahapan Proses

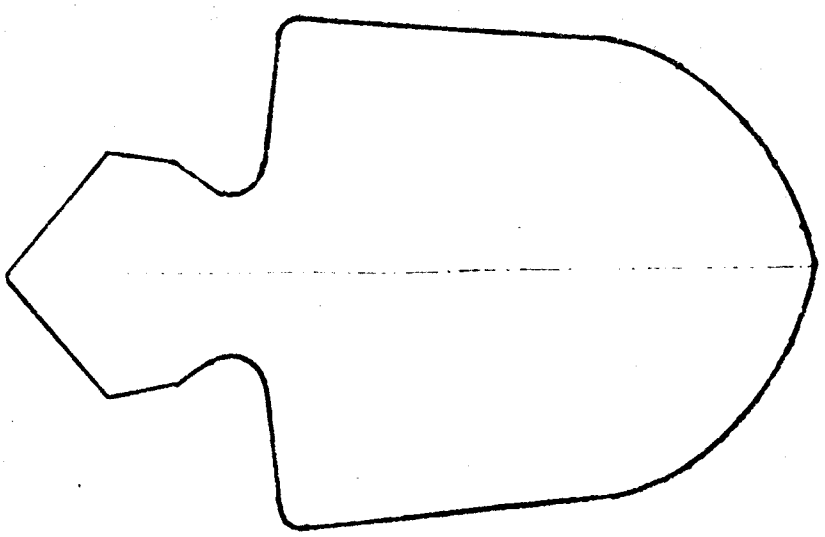
Langkah-langkah yang diperlukan dalam pembuatan produk sendok tanah ini perlu juga diperhatikan. Disamping

bisa menekan waktu produksi serendah mungkin, produksi bisa berjalan dengan lancar dan kita juga dapat merencanakan press tool yang akan dipakai dengan baik.

Dari gambar kerja/master yang ada dapat dilihat, untuk menghasilkan produk sendok tanah seperti ini diperlukan enam tahapan proses.

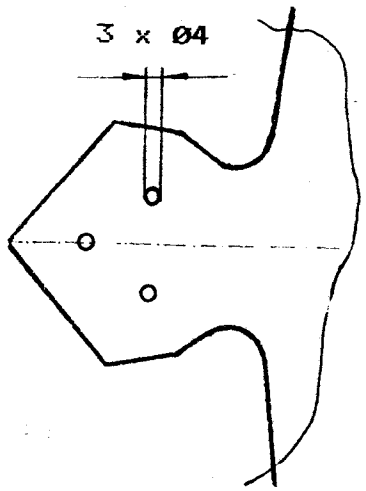
**Tahap pertama:** adalah proses cutoff dimana sheet metal dipotong menjadi stock strip empat persegi panjang. Dalam proses ini yang perlu diperhatikan arah grain dari sheet metal.

**Tahap kedua:** adalah proses blanking, dimana pada tahap ini dihasilkan blank yang diperlukan untuk produk sendok tanah.



Gb. 4-2 Blank sendok tanah.

**Tahap ketiga:** proses yang direncanakan adalah proses piercing. Pada tahap ini dibuat 3 lubang Ø 4mm, yang selanjutnya berfungsi sebagai lubang pengunci antara sendok tanah dengan batang pemegang.

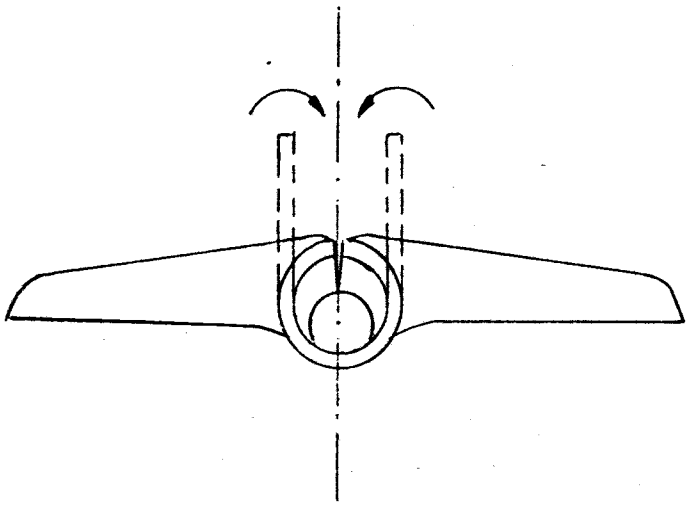



Gb. 4-3 Hasil proses piercing.

**Tahap keempat:** adalah proses forming dimana pada tahap ini blank dibentuk menurut master yang kita inginkan.

Gb. 4-4 Hasil proses forming.

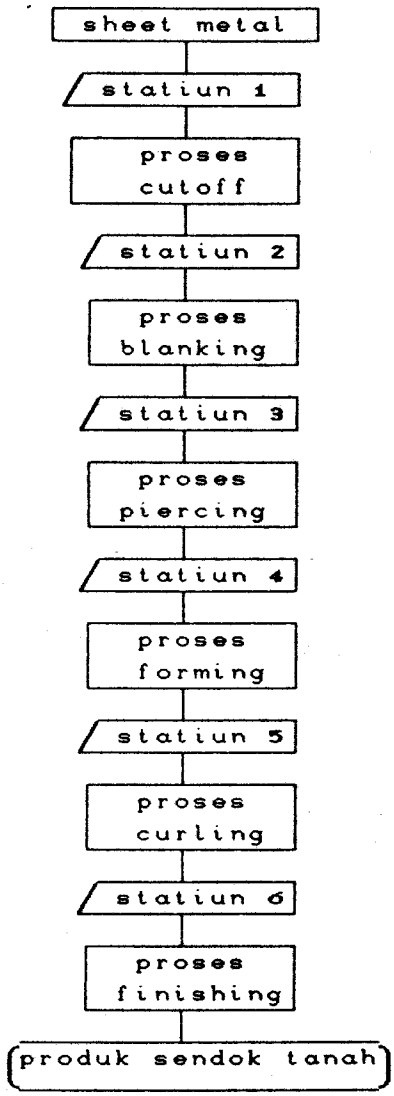
**Tahap kelima:** adalah proses curling, dimana dalam proses ini bagian ujung dari sendok tanah hasil proses forming akan diubah menjadi bentuk silinder tirus.



Gb. 4-5 Hasil proses curling.

**Tahap keenam:** adalah proses finishing, dimana sendok tanah hasil dari proses sebelumnya akan digerinda untuk mendapatkan permukaan yang halus, kemudian dipernis dan dicat.

Tahapan-tahapan proses untuk membuat produk sendok tanah dapat dilihat pada Gb.4-6.




Gb. 4-6 Flow chart tahapan proses produksi.

# BAB V

# PERENCANAAN PRESS TOOL

## 5.1 Pertimbangan Untuk Perencanaan

Dengan melihat tahapan-tahapan proses produksi sendok tanah pada bab IV, kita dapat menentukan jenis dan banyaknya press tool yang akan kita rencanakan.

Jenis press tool yang cocok untuk proses produksi massal sendok tanah dengan dimensi (440 x 260) mm, dan contour permukaan yang cukup rumit ini adalah dari jenis single action dies (simple dies) untuk proses forming dan curling, serta compound dies untuk proses shearing. Jumlah press tool yang dibutuhkan adalah sebanyak tiga buah.

Press tool pertama (compound dies) digunakan untuk proses shearing, yaitu proses blanking dan piercing. Pemilihan compound dies disini disamping dapat mengurangi jumlah stasiun kerja sehingga sesuai dengan batasan mesin yang dipunyai untuk melakukan proses, juga dapat mengurangi jumlah waktu produksi yang diperlukan untuk produksi sendok tanah.

Press tool yang kedua direncanakan untuk melakukan proses forming setelah proses blanking dan piercing.

Sedangkan press tool yang ketiga digunakan untuk melakukan proses curling bagian ujung dari sendok tanah.

## 5.2 Perencanaan Press Tool I

Press tool I direncanakan sebagai inverted dies, digunakan untuk melakukan proses blanking dan piercing untuk mendapatkan blank seperti pada Gb.5-1.

Sebelum perencanaan dies dimulai, gaya-gaya yang bekerja pada dies harus diketahui terlebih dahulu. Yang pertama adalah gaya vertikal dan yang kedua adalah gaya-gaya horisontal (side thrust).

Pada operasi blanking dan piercing untuk menghasilkan blank seperti terlihat pada Gb.5-1, dengan ketebalan sheet metal = 2mm; kekuatan geser maksimum = 31,22 kg/mm$^2$, side thrust yang mungkin terjadi adalah:

1. Side thrust yang dihasilkan oleh bentuk pemotongan yang tidak simetris.
2. Side thrust yang dihasilkan karena adanya clearance antara punch dan die.
3. Side thrust yang diperlukan untuk mendapatkan kelurusan ram mesin press dan bolster pad pada waktu proses.
4. Side thrust yang dihasilkan karena adanya ketidak lurusan pada pemasangan/perencanaan konstruksi dies.

Untuk mendapatkan kelurusan yang diinginkan pada operasi blanking dan piercing ini, diusahakan side thrust yang terjadi adalah sekecil mungkin dan menahannya, sehingga press tool dapat beroperasi dengan kelurusan yang memadai.

Mesin press yang akan digunakan pada proses shearing adalah:

Raskin presse mecanique type 150 TR buatan belgia, 1947.

| | |
|---|---|
| - Pressure capacity | 150 ton. |
| - No of stroke | $min^{-1}$ 45. |
| - Ram stroke | 115 mm. |
| - Max distance betwen table & ram | 559 mm. |
| - Table size | 1270 x 762 mm. |
| - Drop hole in table | 533 x 432 mm. |
| - Ram face | 864 x 711 mm. |
| - Center hole in the ram (Ø x depth) | Ø80 x 76 mm. |
| - Power | 11,5 KW. |

### 5.2.1 Pemilihan Material Tool

Pemilihan material untuk punch dan die pada press tool I direncanakan berdasarkan kondisi sebagai berikut:

- Proses blanking/piercing.
- Tebal stock strip yang dipotong: 2mm.
- Kekuatan geser max stock strip = 31,22 $kg/mm^2$.
- Banyaknya produk yang akan dibuat ≥ 100.000 buah.

Dari tabel B.3 untuk kondisi pemakaian diatas akan didapatkan material AISI D2 atau yang sejenis. Group D adalah baja jenis high-carbon high-chromium cold work, dengan campuran utamanya adalah carbon dan chromium yang menyebabkan baja jenis ini mempunyai wear resistance dan

kedalaman pengerasan yang tinggi. Kekerasan maksimum yang dapat dicapai oleh material ini adalah HRC 62, dengan temperatur hardening 1800-1850 °F.

### 5.2.2 Strip layout, Utilitas dan Keliling Pemotongan

Setelah mengamati dan menganalisa produk yang akan dibuat, maka sebagai langkah selanjutnya pada perencanaan press tool I ini adalah menentukan strip layout dari stock strip.

Penentuan strip layout harus mempertimbangkan hal-hal seperti utilitas pemakaian stock strip, arah grain dari stock strip dan kemudahan proses.

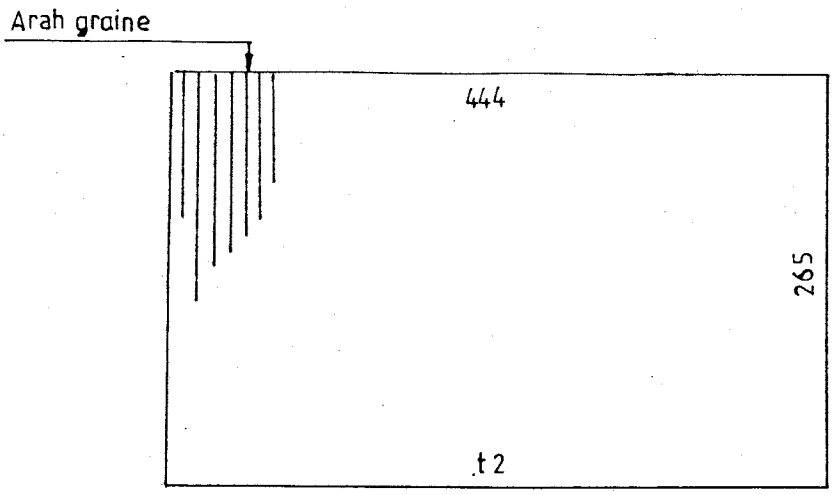
- Penentuan stock strip layout pada blanking dies ini berdasarkan kondisi sebagai berikut:
  - Raw material berupa sheet metal dengan dimensi (p x l) = (2438 x 950)mm.
  - Tebal sheet metal = 2 mm.
  - Dimensi blank yang dibutuhkan = (440 x 260)mm.
  - Blank akan dikenai proses bending.

  Dari kondisi yang diberikan diatas, proses pemakanan yang memungkinkan dipilih adalah proses diskontinyu, dengan stock strip berupa cut strip dari bahan awal sheet metal. Arah grain dari stock strip dibuat tegak lurus dengan arah memanjang blank, karena untuk selanjutnya blank akan dikenai proses bending dengan

arah tegak lurus arah memanjangnya. Layout dari stock strip untuk pembuatan sendok tanah terlihat pada Gb.5-2:

- Dari tabel B.18 untuk ujung pemotongan yang tajam didapat jarak tepi $B_{22}$ = 1,3 $B_1$ dimana $B_1$ = 0,8 t = (0,8 x 2) mm = 1,6 mm ⟶ $B_{22}$ = (1,3 x 1,6) mm = 2,08 mm.
- Untuk ujung pemotongan berbentuk kurva didapat jarak tepi $B_1$ = 0,8t = (0,8 x 2) mm = 1,6 mm.

Dengan jarak tepi seperti diatas, maka dimensi stock strip yang direncanakan adalah sebagai berikut: (p x l) = (444 x 265) mm.




Gb. 5-2 Cut strip form.

- Panjang keliling pemotongan untuk proses blanking dapat kita hitung dari Gb.5-1. Untuk itu dibutuhkan beberapa

persamaan sebagai berikut:

$$Y1 = 0,123X + 63,5. \qquad (a)$$

Dari pers.(a) kita dapatkan titik C (87 ; 74,2).

$$R21^2 = (X - 121)^2 + (Y - 70)^2. \qquad (b)$$

Dari pers.(a) dan (b) didapat titik D (114,7 ; 88,7).

Dari persamaan (b) dan koordinat E (142 ; 70) didapatkan persamaan garis singgung Y2 pada R21:

$$Y2 = -14,3X + 2100,6. \qquad (c)$$

$$R10^2 = (X - 156)^2 + (Y - 10)^2. \qquad (d)$$

Dari pers.(c) dan (d) didapat titik F (146,3 ; 8,5)

$$Y3 = 0,079X - 12,3. \qquad (e)$$

$$R100^2 = (X - 324)^2 + (Y - 115)^2. \qquad (f)$$

Dari pers.(e) dan (f) didapat titik H (352 ; 15,5).

$$R159^2 = (X - 284)^2 + (Y - 158)^2. \qquad (g)$$

Dari pers.(f) dan (g) didapat titik I (411,9 ; 59,1).

Dari koordinat titik-titik yang diketahui diatas dapat ditentukan:

- $\angle$ DR21'E = 108,6°.
- $\angle$ HR100'I = 48,3°.
- $\angle$ FR10'G = 81,3°.
- $\angle$ IR159'J = 62,6°.

Dari data-data tersebut diatas didapatkan panjang elemen pemotongan seperti ditabelkan pada tabel 5-1:

TABEL 5-1 Panjang elemen pemotongan

| Garis | Panjang garis ,l |
|---|---|
| P1= panjang garis AB | 80 |
| P2= panjang garis BC | 34 |
| P3= panjang garis CD | 33,4 |
| P4= panjang busur DE | 39,8 |
| P5= panjang garis EF | 61,7 |
| P6= panjang busur FG | 7,1 |
| P7= panjang garis GH | 196,7 |
| P8= panjang busur HI | 42,2 |
| P9= panjang busur IJ | 86,9 |
| TOTAL | 581,8 |

Sehingga total keliling pemotongan adalah = 2 x 581,8 = 1163,6 mm.

- Untuk mendapatkan utilitas pemakaian stock strip terlebih dahulu kita hitung luasan blank sebagai berikut:

$$L_{ABCDEFGHIJA} = 1/2\left|(X_AY_B-X_BY_A)+(X_BY_C-X_CY_B)+(X_CY_D-X_DY_C)+(X_DY_E-X_EY_D)+(X_EY_F-X_FY_E)+(X_FY_G-X_GY_F)+(X_GY_H-X_HY_G)+(X_HY_I-X_IY_H)+(X_IY_J-X_JY_I)+(X_JY_A-X_AY_J)\right|$$

$$= 39033,8 \text{ mm}^2.$$

Sehingga luasan blank, $A_b$ = 2 x 39033,8 = 78067,6 $mm^2$.

Luasan stock strip, $A_m$ = (444 x 265) = 117660 $mm^2$.

Selanjutnya utilitasnya adalah sebagai berikut:

$$U_m = \frac{78067,6}{117660} \times 100\% = 66.4\ \%$$

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

### 5.2.3 Gaya Potong, Clearance dan Side Thrust

Besar gaya pemotongan yang diperlukan untuk proses blanking/piercing pada proses shearing ini dapat dihitung sebagai berikut:

- Panjang pemotongan untuk proses blanking, $l_1$ = 1163,6 mm.
- Panjang pemotongan untuk proses piercing 3 x Ø 4mm:
  $l_2 = 3 \times \pi.D = 37,7$ mm.
- Tebal stock strip, t = 2 mm.
- Kekuatan geser maksimum, $\tau_u$ = 31,22 kg/mm$^2$.
  Dari tabel B.14 dengan $\tau_u$ = 31,22 kg/mm$^2$, material stock strip adalah baja dengan kandungan karbon ≈ 0.12%, dan persentasi penetrasi sebelum patah dari material, $k_m$ ≈ 44%.

Gaya pemotongan untuk proses blanking:

$$P_1 = l_1 \times t \times k_m \times \tau_u$$
$$= 1163,6 \times 2 \times 0,44 \times 31,22 = 31968,3 \text{ kg}.$$

Gaya pemotongan untuk proses piercing:

$$P_2 = l_2 \times t \times k_m \times \tau_u$$
$$= 37,7 \times 2 \times 0,44 \times 31,22 = 1035,8 \text{ kg}$$

Untuk menghitung besarnya clearance yang kita gunakan dalam perencanaan blanking/piercing dies ini, kita dapat menggunakan kedua cara, yaitu cara grafis maupun cara matematis:

▸ Dengan menggunakan persamaan matematis:

- Tebal stock strip, t = 2 mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u$ = 38,07 kg/mm$^2$.
- Konstanta untuk pekerjaan dengan kepresisian sedang, c = 0,01 mm/$\sqrt{\text{kg}}$ .

$$\text{Clearance} = c \times t \times \sqrt{\sigma_u} \text{ mm/sisi.}$$
$$= 0{,}01 \times 2 \times \sqrt{38{,}07}$$
$$= 0{,}12 \text{ mm/sisi.}$$

▸ Dengan menggunakan Tabel:

Dari tabel 2-5, untuk baja carbon rendah dengan ketebalan 2mm, besar clearance adalah 8-10% dari tebal material, sehingga besar clearance adalah berkisar antara 0,16 - 0,20 mm/sisi.

Dari hasil dua perhitungan diatas, untuk lebih amannya dari segi perencanaan, maka kita pilih clearance yang paling kecil, yaitu 0,12 mm/sisi.

Hal ini dilakukan dengan maksud, bila sewaktu mengadakan trial (percobaan) dari press tool yang kita rencanakan menghasilkan produk pemotongan yang cacat dan disebabkan oleh clearance yang kurang besar, maka dimensi punch atau die dapat kita koreksi untuk memperbesar clearance. Sebaliknya bila kita memilih clearance yang besar, bila pada waktu melakukan trial menghasilkan produk pemotongan yang

cacat dan disebabkan clearance yang terlalu besar, maka sulit bagi kita untuk mengkoreksi demensi punch atau die untuk memperkecil clearance, bahkan kita perlu mengganti punch atau die block.

Setelah menghitung besar clearance dan gaya pemotongan, dengan memakai persamaan 2-13 kita dapat menghitung besar gaya internal die (side thrust yang disebabkan adanya clearance) dalam hal ini adalah side thrust yang dihasilkan pada proses blanking sebagai berikut:

$$\frac{\text{Clearance}}{\text{Tebal sheet metal-penetration}} = \frac{\text{Side thrust}}{\text{Gaya pemotongan}}$$

$$\leftrightarrow \text{Side thrust} = \frac{(0,12).(31968,3)}{2 - 2(0,44)} = 3425,2 \text{ kg.}$$

Untuk setiap mm panjang pemotongan side thrust yang terjadi adalah $= \frac{3425,2}{1163,6} = 2.94$ kg/mm.

### 5.2.4 Pusat Penekanan

Untuk meminimumkan side thrust yang terjadi karena tidak simetrisnya contour pemotongan, maka pusat penekanan pada proses shearing ini harus diletakkan pada center ram mesin press.

Dengan prosedur penentuan pusat penekanan pada bagian 2.3.2, berdasarkan Gb.5-1 kita dapat melakukan perhitungan pusat penekanan seperti yang ditabelkan berikut ini:

**TABEL 5-2 Pusat penekanan.**

| Garis | Titik berat ,x | Panjang garis ,l | x.l |
|---|---|---|---|
| P1 | 26.5 | 80 | 2120 |
| P2 | 70 | 34 | 2380 |
| P3 | 87,9 | 33,4 | 2935,9 |
| P4 | 131,9 | 39,8 | 5249,6 |
| P5 | 144,2 | 61,7 | 8847,1 |
| P6 | 150 | 7,1 | 1065 |
| P7 | 254 | 196,7 | 49961,8 |
| P8 | 377,4 | 42,2 | 15926,3 |
| P9 | 396,5 | 86,9 | 34455,9 |
| P10 | 396,5 | 86,9 | 34455,9 |
| P11 | 377,4 | 42,2 | 15926,3 |
| P12 | 254 | 196,7 | 49961,8 |
| P13 | 150 | 7,1 | 1065 |
| P14 | 144,2 | 61,7 | 8847,1 |
| P15 | 131,9 | 39,8 | 5246,6 |
| P16 | 87,9 | 33,4 | 2935,9 |
| P17 | 70 | 34 | 2380 |
| P18 | 26,5 | 80 | 2120 |
| P19 | 35 | 12,6 | 441 |
| P20 | 70 | 12,6 | 882 |
| P21 | 70 | 12,6 | 882 |
| Total | | 1201,4 | 248188,2 |

Absis pusat penekanannya: $x = \frac{\Sigma x.l}{\Sigma l} = \frac{248188,2}{1201,4} = 206,6.$

Ordinat pusat penekannya adalah sumbu simetrisnya:

$$Y = 130.$$

Dari perhitungan tersebut diatas, pusat penekan pada proses shearing ini adalah titik C (206,6 ; 130), yang harus diletakkan pada center ram mesin press pada waktu proses berlangsung.

### 5.2.5 Kapasitas Mesin Press

Kapasitas mesin press dihitung berdasarkan gaya yang

bekerja bersama-sama dalam satu langkah. Disini gaya yang bekerja bersamaan adalah gaya-gaya untuk proses blanking, piercing dan gaya stripper.

Untuk produksi massal, total dari penjumlahan gaya untuk proses blanking, piercing serta gaya stripper harus ≤ 70% - 80% dari kapasitas mesin press yang digunakan.

Total gaya yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Gaya pemotongan untuk proses blanking:

$P_1$ = 31968,3 kg.

- Gaya pemotongan untuk proses piercing:

$P_2$ = 1035,8 kg.

Untuk mengatasi adanya gesekan pada mekanisme mesin press; variasi dari keausan sisi potong dan keadaan pelumasan, maka gaya pemotongan harus ditambahkan sebesar 30% dari besar gaya pemotongan yang diperlukan untuk proses blanking dan piercing. Sehingga besar gaya pemotongan sekarang adalah sebesar:

$$P = (P_1 + P_2).(1 + 0,3)$$
$$= 33004,1 .(1,3) = 42905,3 \text{ Kg.}$$

- Gaya untuk stripper bawah:

$P_3$ = 3% dari gaya untuk proses blanking

= 0,03 x 31968,3 = 959 kg.

- Gaya untuk stripper atas (ejector):

$P_4$ = 10% dari gaya untuk blanking dan piercing.

= 0,1 x 33004,1 = 3300,4 kg.

Sehingga total gaya yang dibutuhkan :

$P_t = P + P_3 + P_4$ = (42905,3 + 959 + 3300,4) kg = 47164,7 kg ≈ 47,5 ton. Dengan besar total gaya yang diperlukan seperti diatas, maka mesin yang akan digunakan: Raskin tipe 150 TR dengan kapasitas penekanan 150 ton dianggap mampu untuk melakukan proses dengan baik.

### 5.2.6 Die Block

Untuk menghindarkan kerusakan pada proses heat treatment dan memberikan keuntungan/kemudahan pada penggantian/pembuatan blanking die, maka blanking die direncanakan menjadi empat elemen yang bisa disatukan.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam segmentasi blanking die ini adalah sebagai berikut:

- Arah dari garis segmentasi harus tegak lurus pada garis pemotongan, sehingga tidak terjadi ujung yang tajam pada salah satu sisinya.
- Permukaan segmentasi harus tidak boleh bergelombang.
- Titik segmentasi harus berada pada pojokan atau pada titik kontak antara antara kurva dan garis lurus.
- Setiap bagian dari die block harus mudah dalam penggerindaan.

Segmentasi dari blanking die ini dapat dilihat pada Gb.5-3.

Karena merupakan elemen-elemen yang terpisah, maka perencanaan die tidak bisa dengan menggunakan perhitungan berdasarkan bending stress maksimum yang terjadi pada die. Dari hasil-hasil pengujian seperti pada bagian 2.3.7.2, dimensi die block dapat ditentukan melalui beberapa tahap sebagai berikut:

a. Dengan ketebalan stock strip, t = 2 mm ≈ 0,08 in; kekuatan geser maksimum stock strip = 31,22 $kg/mm^2$ ≈ 20,14 $ton/in^2$. Dari tabel 2-2 didapatkan ketebalan die ≈ 0,03 in per $ton/in^2$ dari kekuatan geser maksimum stock strip.

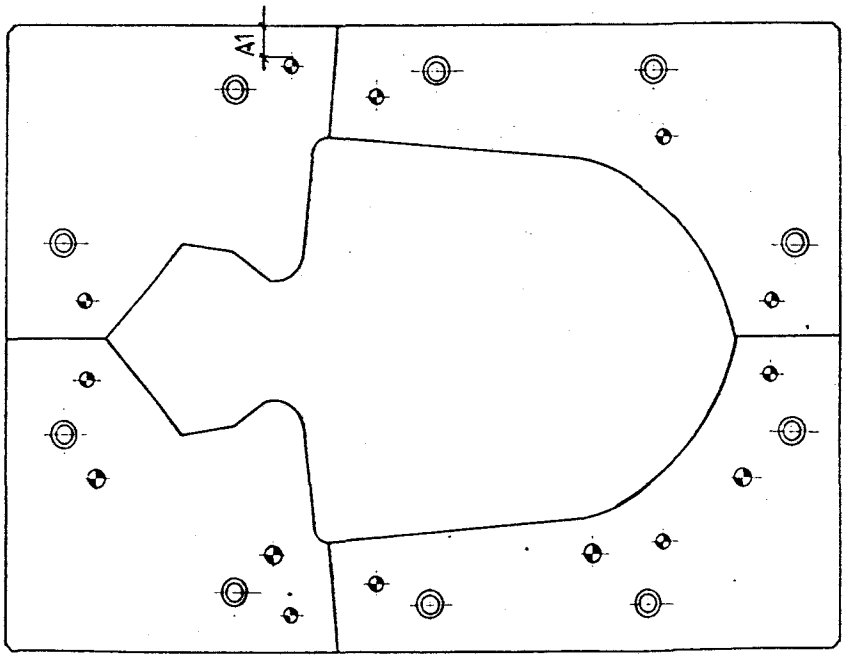
   Sehingga ketebalan die = (0,03 x 20,14) = 0,604 in.

b. Kemudian dilakukan koreksi sebagai berikut:
   - Dengan keliling pemotongan, $l_1$ = 1163,6mm ≈ 45,8in, dari tabel 2-3 didapatkan faktor ekspansi = 2,75. Sehingga tebal die sekarang = (0,604 x 2,75) = 1,67 in.
   - Ketebalan die harus ditambahkan untuk grinding allowance sebesar 0,2 in. Sehingga tebal die sekarang = (1,67 + 0,2) = 1,87 in ≈ 47,5 mm.

c. Jarak minimum antara bukaan die dan garis tepi luar, A = 1,5 kali ketebalan die = (1,5 x 1,87) = 2,8in ≈ 71mm.

d. Langkah terakhir adalah mengecek kekuatan die terhadap tekanan impact yang terjadi. Dari tabel 2-4, dengan tekanan impact sebesar (1,3).($P_1$) ≈ 42 ton didapat luasan kritis ≈ 0,84 $in^2$. Luasan minimum die block yang direncanakan, terjadi pada daerah $A_1$ = (20 x 48) mm = 960 $mm^2$ ≈ 1,49 $in^2$. Karena luasan $A_1$ ≥ 0,84 $in^2$, maka die block dianggap aman terhadap beban impact yang terjadi.

Dari tahapan-tahhapan perencanaan diatas, dimensi die block yang dipakai pada blanking die ini adalah (p x l x t) mm = (582 x 402 x 48), sedangkan dimensi bukaan die adalah sama dengan dimensi punch ditambahkan clearance sebesar 0,12 mm/sisi.




Gb. 5-3 Die block.

Die block dipasangkan pada top plate dengan menggunakan pengikat baut, yaitu hexagon socket head cap screw dan dowel pin. Dari tabel B.10 dengan ketebalan die block = 48 mm, dianjurkan pemakaian screw M12. Sedangkan dowel pin yang direncanakan adalah Ø 10 mm. Jumlah screw dan dowel pin yang dipakai dalam perencanaan ini adalah masing-masing sebanyak 10 buah.

Sedangkan die untuk proses piercing terdapat pada blanking punch. Clearance pada proses piercing dikenakan pada die, sehingga Ø lubang die untuk proses piercing adalah:

Ø lubang die = Ø piercing + 2C

= 4 + 2.(0,12) = 4,24 mm.

Untuk keperluan regrinding, maka pada lubang die akan diberikan wear land sebesar 0,2 in ≈ 5 mm, dan untuk memudahkan pengeluaran scrap pada lubang die juga diberikan angular clearance. Besar angular clearance dari tabel 2-1, dengan tebal plat = 2 mm dipilih sebesar 30'.

### 5.2.7 Punch

Langkah pertama dalam merencanakan sebuah punch adalah menghitung tegangan kompresi yang terjadi pada punch.

▸ Untuk blanking punch:

- Luasan punch, $A_2$ = 78067,5 $mm^2$.
- Gaya untuk blanking, $P_1$ = 31968,3 kg.
- Gaya untuk piercing, $P_2$ = 1035,8 kg.
- Faktor keamanan untuk kondisi beban impact, N = 5. [19]
- Material punch adalah AISI D2 atau setara dengan ASSAB XW-41,dari tabel B.5 didapatkan kekuatan Yield untuk kompresi pada kekerasan 60 HRC adalah 2250 $N/mm^2$ = 229,6 $kg/mm^2$. Sehingga tegangan ijin dari material punch adalah:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{yc}}{N} = \frac{229,6}{5} = 45,9 \text{ kg/mm}^2.$$

Selanjutnya tegangan kompresi yang terjadi pada punch dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sigma_{com} = \frac{1,3.(P_1 + P_2)}{A_2} = \frac{1,3.(31968,3 + 1035,8)}{78067,5}$$

$$= 0.55 \text{ kg/mm}^2.$$

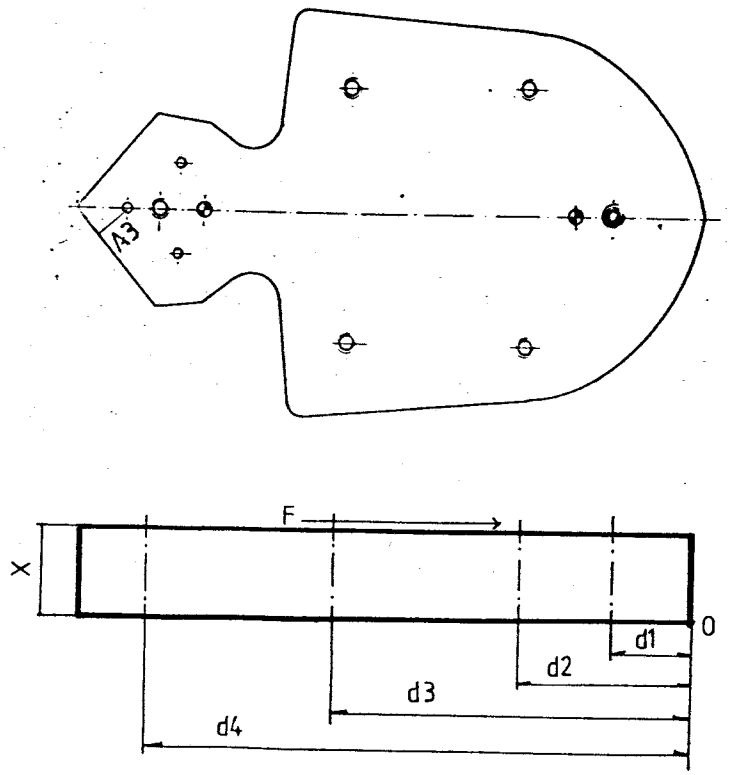
Karena $\sigma_{com} \leq \sigma_{ijin}$ perencanaan punch dapat dilanjutkan dengan mengecek luasan kritisnya terhadap beban impact yang diterimanya. Dari tabel 2-4 dengan beban sebesar $1,3.(P_1 + P_2) \approx 43$ ton didapatkan luasan kritisnya $\approx$ 0,86 $in^2$. Luasan minimum punch seperti pada Gb.5-4 adalah pada daerah $A_3$ = (22 x 48) = 1056 $mm^2 \approx 1,64$ $in^2$. Karena luasan $A_3 \geq 0,86$ $in^2$, punch dianggap aman

terhadap beban impact yang terjadi.

Setelah melalui perhitungan diatas, dimensi blanking punch yang dipakai dalam perencanaan ini adalah (p x l x t) mm = (440 x 260 x 48).

Untuk mengikat punch pada bottom plate digunakan enam buah hexagon socket head cap screw dan dua buah dowel pin Ø 10mm. Dari tabel B.10 dianjurkan pemakaian screw M12.

Untuk menghitung kekuatan dari screw dapat dibuat perhitungan sebagai berikut ini:




Gb. 5-4 Diagram gaya yang bekerja pada screw.

- Material screw adalah baja hardenable AISI 1045. Dari tabel B.15 didapatkan $\sigma_{yp}$ = 59000 psi ≈ 41,2 kg/mm$^2$.
- Dari beberapa penjumlahan vektor gaya, resultan dari side thrust yang terjadi adalah: F = 154,7 kg ≈ 340,4 lb.

# Besar tegangan geser yang terjadi:

$$\sigma_s = \frac{F}{6.(\pi \frac{12^2}{4}) + 2.(\pi \frac{10^2}{4})} = \frac{159,73}{835,24} = 0,19 \text{ kg/mm}^2.$$

# Besar tegangan tarik yang terjadi akibat momen bending dapat dicari dari persamaan-persamaan berikut ini:

$$F.X = F_1.d_1 + 2.F_2.d_2 + 2.F_3.d_3 + F_4.d_4 \quad \text{.....(1)}$$

$$\frac{F_1}{d_1} = \frac{2F_2}{d_2} = \frac{2F_3}{d_3} = \frac{F_4}{d_4} \quad \text{.....(2)}$$

Dari persamaan (2) didapatkan:

$$F_1 = \frac{d_1}{d_4} F_4; \quad F_2 = \frac{d_2}{2d_4} F_4; \quad F_3 = \frac{d_3}{2d_4} F_4$$

Subtitusikan ke persamaan (1):

$$F.X = \frac{d_1^2}{d_4} F_4 + \frac{2d_2^2}{2d_4} F_4 + \frac{2d_3^2}{2d_4} F_4 + F_4.d_4$$

$$\leftrightarrow F_4 = \frac{F.X.d_4}{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2)}$$

$$= \frac{(154,73).(48).(380)}{(60^2 + 130^2 + 250^2 + 380^2)} = 12,8 \text{ kg.}$$

Tegangan tarik terbesar akibat momen yang terjadi oleh gaya F adalah pada jarak $d_4$ dari titik O, sebesar:

$$\sigma_b = \frac{F_4}{\pi . D^2/4} = \frac{12,8}{113,04} = 0,11 \text{ kg/mm}^2.$$

# Besar tegangan ideal yang terjadi adalah:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\sigma_s^2} = \sqrt{(0,11)^2 + 3.(0,19)^2} = 0,35 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{Syp}{N} = \frac{41,2}{5} = 8,24 \text{ kg/mm}^2.$$

Karena $\sigma_i \leq \sigma_{ijin}$ screw dianggap aman terhadap beban yang terjadi.

▶ Untuk piercing Punch:

- Luasan punch, $A_4 = \pi . D^2/4 = 3,14 \times (4)^2/4 = 12,6 \text{ mm}^2$.
- Gaya untuk piercing, $P_2/3 = 1035,8/3 = 345,3$ kg.
- Faktor keamanan untuk kondisi beban impact, N = 5.
- Material punch adalah AISI D2 atau setara dengan ASSAB XW-41 dari tabel B.5 didapatkan kekuatan Yield untuk kompresi pada kekerasan 60 HRC adalah 2250 N/mm$^2$ = 229,6 kg/mm$^2$. Sehingga tegangan ijin dari material punch

adalah:

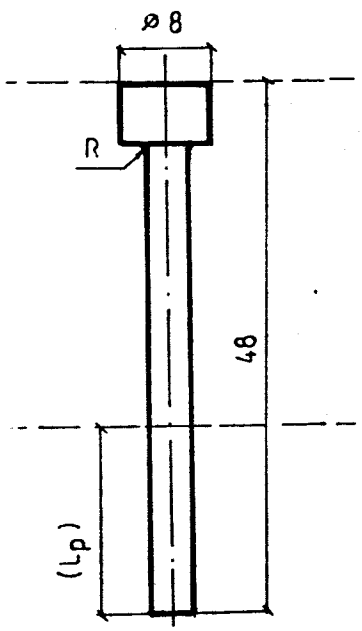
$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{yc}}{N} = \frac{229,6}{5} = 45,9 \text{ kg/mm}^2.$$

Selanjutnya tegangan kompresi yang terjadi pada punch dapat dihitung sebagai berikut ini:

$$\sigma_{com} = \frac{1,3.(P_2/3)}{A_4} = \frac{448,9}{12,6}$$

$$= 35,6 \text{ kg/mm}^2.$$

Karena $\sigma_{com} \leq \sigma_{ijin}$ perencanaan punch dapat dilanjutkan dengan mengecek panjang kritisnya. Dari persamaan 2-5 panjang kritis dari punch untuk menghindari terjadinya bukling, dapat dihitung sebagai berikut ini:




Gb. 5-5 Piercing punch.

- Modulus elastisitas bahan, $E = 30.10^6$ psi $= 20925$ kg/mm$^2$.
- Momen inersia, $I_m = \pi.D^4/32 = \pi.(4)^4/32 = 25{,}1$ mm$^4$.
- Faktor keamanan untuk baja yang dikeraskan, $k_s = 2$.
- Panjang pemotongan, $l = 12{,}6$ mm.
- Tebal strip, $t = 2$ mm.
- Kekuatan geser maksimum strip, $\tau_u = 31{,}22$ kg/mm$^2$.
- Persentasi sebelum patah, $k_m = 0{,}44$.

$$L_p = \pi/2 \sqrt{\frac{E.I_m}{k_s.l.t.\tau_u.k_m}}$$

$$L_p = \pi/2 \sqrt{\frac{20925 \times 25{,}1}{2 \times 12{,}6 \times 2 \times 31{,}22 \times 0{,}44}} = 27{,}5 \text{ mm}.$$

Panjang tersebut merupakan panjang bebas maksimum yang diijinkan untuk punch tersebut.

Sedangkan dimensi piercing punch yang dipakai dalam perencanaan ini adalah (Ø x p) mm = (Ø 8 x 48).

### 5.2.8 Back Plate dan Punch Holder

Back plate berfungsi untuk menjaga agar piercing punch tidak digging kedalam top plate. Back plate diperlukan apabila tekanan yang disebabkan oleh piercing punch $\geq 10$ kg/mm$^2$. Tekanan yang disebabkan oleh piercing punch dapat dihitung sebagai berikut:

- Gaya piercing, $P_2/3 = 1035{,}8 = 345{,}3$ kg.

- Luasan kepala punch yang direncanakan dengan Ø 8 mm:

  $A_5 = \pi.D^2/4 = \pi.(8)^2/4 = 50{,}3\ mm^2$.

Tekanan pada top plate $= \frac{1{,}3.(P_2/3)}{A_5} = \frac{448{,}9}{50{,}3} = 8{,}9\ kg/mm^2$.

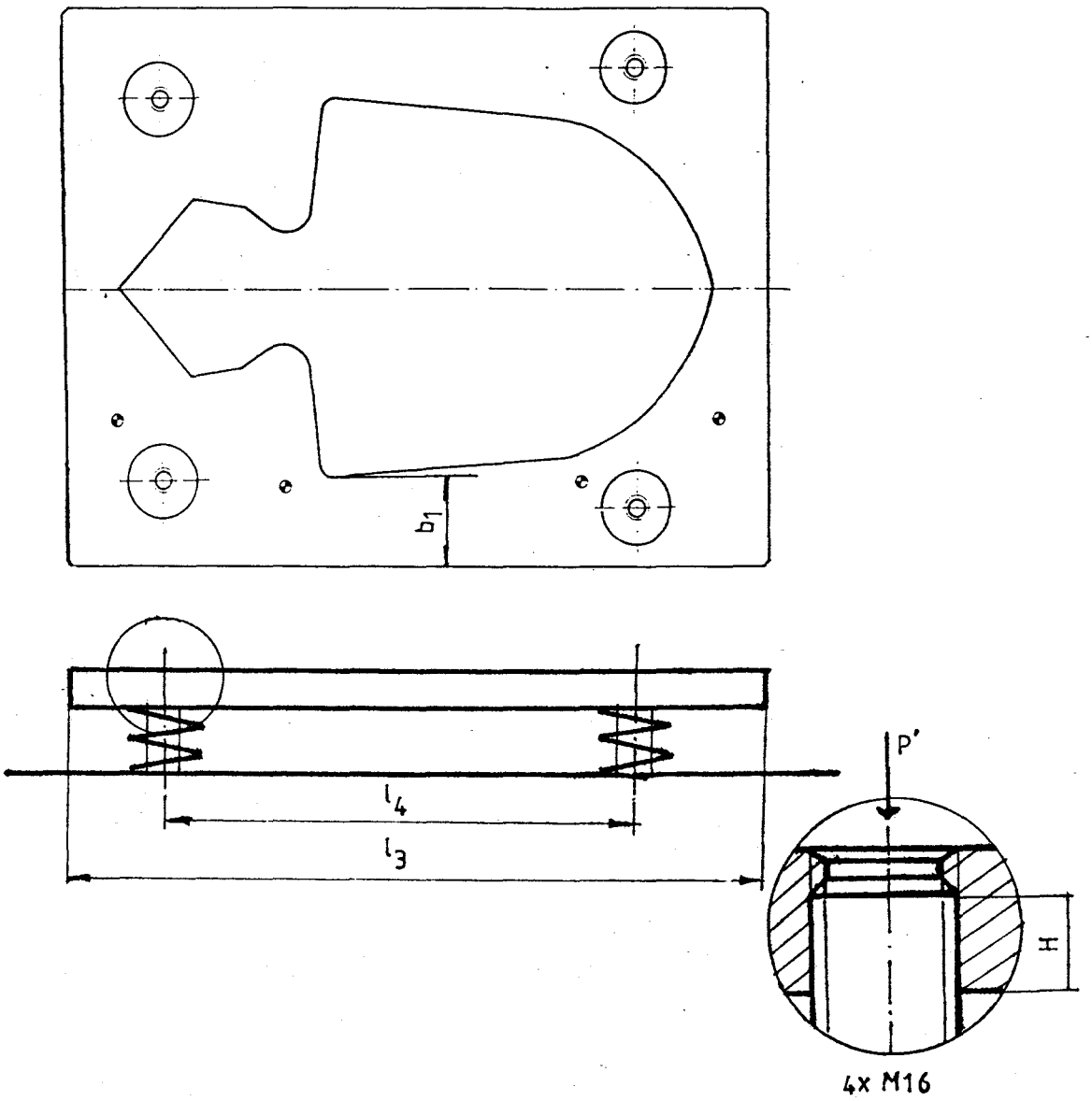
Karena $\leq 10\ kg/mm^2$, maka back plate tidak diperlukan dalam perencanaan ini.

Punch holder pada press tool I ini digunakan untuk mengikat piercing punch pada top plate. Material punch holder adalah mild steel. Dari tabel B.9 didapatkan tebal punch holder minimum adalah 15/16 inch ≈ 23,8 mm. Untuk press tool I ini dimensi punch holder yang direncanakan adalah (Ø x p) mm = (Ø 90 x 30).

Punch holder diikat pada top plate dengan menggunakan dua buah dowel pin Ø 6 mm dan dua buah hexagon socket head cap screw M8.

### 5.2.9 Stripper

Stripper yang digunakan pada perencanaan press tool I ini ada dua macam, yaitu stripper bawah yang digunakan untuk mengeluarkan sisa stock strip setelah proses dan stripper atas (ejektor) yang digunakan untuk mengeluarkan blank hasil proses blanking dan piercing dari dalam die. Perencanaan stripper pada press tool I dilakukan seperti berikut ini:




Gb. 5-6 Stripper plate (bawah).

- Stripper bawah:

  Stripper bawah direncanakan sebagai stripper bergerak dengan menggunakan pegas kompresi.

  Bahan stripper plate adalah mild stell, tebal stripper plate dapat dihitung dengan mengassumsikan sebagai

batang lurus dibebani merata pada permukaannya dan ditumpu pada kedua ujungnya sebagai berikut:

- Modulus elastisitas bahan, $E = 30.10^6 psi = 20925\ kg/mm^2$.
- Lebar efektif stripper plate, $b = 2.b_1 = 2.60 = 120mm$.
- Panjang stripper, $l_3 = 526\ mm$.
- Jarak tumpuan, $l_4 = 350\ mm$.
- Beban merata yang dikenakan pada stripper plate:

$$q = \frac{\text{gaya stripper}}{\text{panjang stripper}} = \frac{959}{526} = 1{,}8\ kg/mm^2.$$

- Defleksi yang diijinkan pada stripper plate, $\delta = 0{,}001$ inchi $= 0{,}0254\ mm$.

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (19)$$

$$\Leftrightarrow h^3 = \frac{12 \cdot 5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot \delta \cdot b}$$

$$= \frac{(12).(5).(1{,}8).(350)^4}{(384).(20925).(0{,}0254).(120)} = 6{,}6 \times 10^3\ mm^3.$$

tebal minimum stripper plate, $h = 18{,}8\ mm$.

Dimensi stripper plate bawah yang digunakan dalam perencanaan ini adalah (p x l x t) mm = (528 x 380 x 20). Sedangkan dimensi bukaan stripper plate adalah sama dengan dimensi blanking punch ditambahkan clearance sebesar 3 mm/sisi.

Sedangkan perencanaan pegas kompresi untuk stripper bawah adalah seperti berikut ini:

- Direncanakan 4 pegas kompresi, bahan Hard-Drawn ASTM Class I A227-64.
- W&M gage no.3/8 in. diameter kawat pegas, d = 0,375 in ≈ 9 mm. Dari tabel B.16 didapatkan kekuatan geser maksimum dari bahan = 180.000 psi.
- Gaya min.(gaya stripper),$P_s$ = 959/4 = 239.8kg ≈ 527lb.
- Gaya maksimum, $P_s'$ = 430 kg ≈ 946 lb.
- Spring index, C = D/d = 5,5. (D = 2,1 in)
- $S_{yp}$ = 0,75.$S_{ut}$ ; $S_{syp}$ = 0,58 $S_{yp}$ ⟶ $S_{syp}$ = 0,44 $S_{ut}$.
- Angka keamanan untuk beban impact, N = 5.

Tegangan geser yang terjadi pada kawat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2-24 seperti berikut:

$$S_s = \frac{8.\ P_s'.D}{\pi.d^3}\left[1 + \frac{1}{2.C}\right]$$

$$S_s = \frac{(8).(946).(2,1)}{(3,14).(0,375)^3}\left[1 + \frac{1}{2(5,5)}\right] = 14704,5 \text{ psi.}$$

Tegangan ijin dari kawat pegas:

$$\sigma_{ijin} = \frac{S_{syp}}{N} = \frac{(0,44).(180.000)}{5} = 15840 \text{ psi.}$$

Karena $S_s \leq \sigma_{ijin}$, maka spring dianggap aman terhadap beban yang terjadi.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI

Jumlah lilitan aktif pegas dapat dihitung dengan persamaan 2-25 sebagai berikut:

- Defleksi aksial untuk beban dari 240 sampai 430 kg (W = 190 kg) adalah, $\delta \approx 10$ mm.
- Dari tabel B.17 modulus of rigidity, G = $0{,}8.10^6$ kg/cm$^2$ = $0{,}8.10^4$ kg/mm$^2$.

$$\delta = \frac{8.W.C^3.n}{G.d}$$

$$\Leftrightarrow \quad n = \frac{\delta.G.d}{8.W.C^3} = \frac{(10).(0{,}8.10^4).(9)}{(8).(190).(5{,}5)^3} = 2{,}84 \approx 3.$$

Untuk pegas ulir tekan dengan ujung permukaan datar (ground ends), maka jumlah lilitan total adalah, n'= n + 2 = 5. Dengan spesifikasi seperti diatas, kita dapat mengambil konversinya pada pegas ulir tekan standart HASCO dengan No. order Z 60/32 x 60 seperti pada tabel B.19.

Stripper plate diikat pada bottom plate dengan menggunakan empat buah baut M16 seperti pada Gb.5-6. Untuk mengecek kekuatan ulir dalam pada stripper plate dapat digunakan perhitungan seperti berikut ini:

- Panjang bagian berulir yang dibebani, H ≈ 15 mm.
- Beban yang terjadi, P' = $P_3/4$ = 959/4 = 239,8 kg.
- Bahan plate mild stell, $\sigma_u$ = 37 kg/mm$^2$; $\sigma_{yp} = 0{,}75\ \sigma_u$.

- Dari tabel B.13, untuk baut ulir M 16 didapatkan:

  Jarak pitch, p = 2 mm.

  Diameter pitch, $d_p$ = 14,701 mm.

  Diameter minor, $d_o$ = 13,546 mm.

- Angka keamanan untuk beban impact, N = 5.

# Tegangan tarik akibat bending yang terjadi pada ulir:

$$\sigma_b = \frac{0{,}3\ p \times P'}{1/6 \times \pi \times (d_p - 0{,}3p) \times (H/p \times 0{,}8p)^2}$$

$$= \frac{0{,}3 \times 2 \times 239{,}8}{1/6 \times 3{,}14 \times (14{,}701 - 0{,}3.2) \times (15/2 \times 0{,}8.2)^2}$$

$$= 0{,}14 \text{ kg/mm}^2.$$

# Tegangan geser yang terjadi pada ulir shank:

$$\sigma_s = \frac{P'}{H/p \times 0{,}8p \times \pi \times (d_p - 0{,}3p)}$$

$$= \frac{239{,}8}{15/2 \times 0{,}8.2 \times 3.14 \times (14{,}701 - 0{,}3.2)}$$

$$= 0{,}45 \text{ kg/mm}^2.$$

# Sehingga tegangan kombinasi yang terjadi pada ulir:

$$\sigma_i = (\sigma_b^{\,2} + 3\sigma_s^{\,2})^{1/2}$$

$$= (0{,}14^2 + 3.(0{,}45)^2)^{1/2} \quad = 0{,}79 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{Syp}{N} = \frac{(0,75).(37)}{5} = 5,5 \text{ kg/mm}^2.$$

Karena $\sigma_i \leq \sigma_{ijin}$ , maka ulir dalam pada stripper plate bawah dianggap aman terhadap beban yang terjadi.

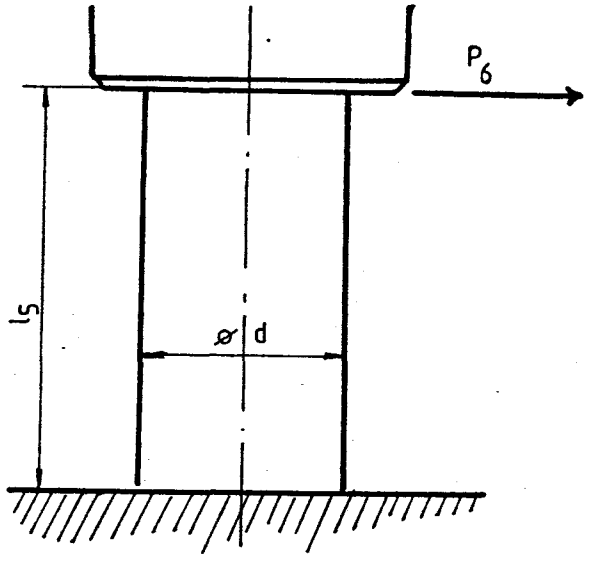
- Stripper atas:

Stripper atas (ejector) direncanakan menggunakan dua buah pegas karet. Dengan panjang langkah proses ≈ 6 mm dan gaya stripper yang diperlukan ≈ 3304,4 kg, kita dapat menggunakan pegas karet kompresi standart FIBRO dengan No. order 246.6.063.032 seperti pada tabel B.20. Sedangkan dimensi stripper plate atas yang dipakai pada perencanaan ini adalah (p x l x t) mm = (190 x 70 x 20).

### 5.2.10 Guide Pillar dan Bushes

Untuk mendapatkan kelurusan pada operasi blanking dan piercing dalam kondisi kelurusan mesin press yang buruk, akan digunakan pemakaian guide pillar. Pada press tool I ini akan direncanakan guide pillar sebanyak empat buah yang digunakan untuk menahan seluruh gaya-gaya horisontal pada die (side thrust yang disebabkan oleh adanya clearance antara punch dan die) dan pada mesin press (side thrust yang diperlukan untuk mendapatkan kelurusan antara ram mesin press dan bolster plate).

Besar diameter minimum yang digunakan untuk guide pillar dapat dihitung dengan persamaan 2-9 dengan menganggap guide pillar sebagai batang silinder yang dijepit pada ujungnya dan dikenai gaya pada ujung yang lainnya:




Gb. 5-7 Diagram gaya pada guide pillar.

- Bahan yang direncanakan: ASSAB 705 atau AISI 4340.
- Ram resisting force $P_5$ diassumsikan = 18000 lb.
- Gaya yang bekerja pada pillar, $P_6 = P_5 + F$ = 18340,4 lb.
- Panjang pillar yang terdefleksi, $l_s \approx 5{,}3$ in.
- Modulus elastisitas bahan, $E = 30.10^6$ psi.
- Defleksi yang diijinkan, $\delta$ = 0,001 in.

Dengan merencanakan pemakaian 4 buah pillar, maka diameter pillar dapat dihitung sebagai berikut:

$$d^4 = \frac{F.l^3.64}{4.3.E.\pi.\delta}$$

$$= \frac{(18340,4).(5,3)^3.(64)}{(12).(30.10^6).(3,14).(0,001)} = 15,4 \text{ in}^4.$$

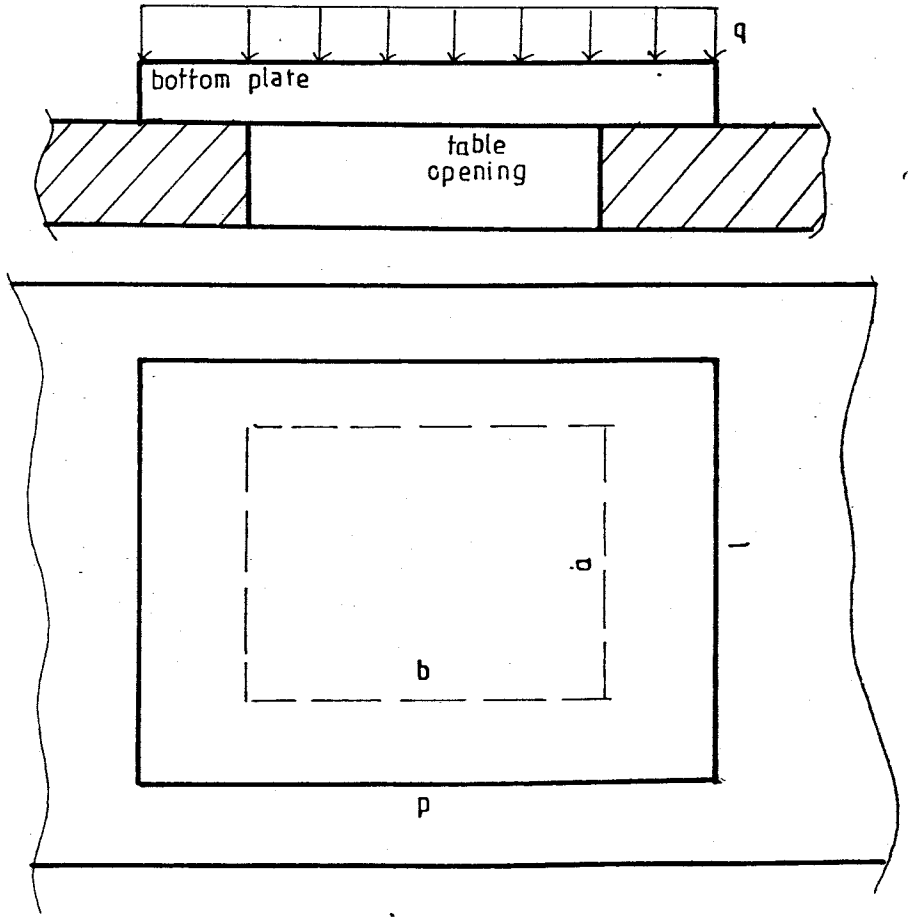
Diameter minimum guide pillar, h = 1,98 in ≈ 50,3 mm.
Dari perhitungan diatas dimensi yang digunakan untuk pillar pada press tool I ini adalah (Ø x p) mm = (Ø 55 x 204). Pillar yang digunakan adalah pillar tanpa alur pelumasan dan dipasangkan pada bottom plate dengan suaian sesak.

Sedangkan guide bushes yang digunakan dalam perencanaan disini adalah bushes tanpa ball bearing tetapi menggunakan alur pelumasan, karena benda kerja yang dikerjakan tidak membutuhkan kepresisian yang tinggi. Dimensi guide bushes yang dipakai adalah (Ø x p) = (Ø 90 x 125) mm.

### 5.2.11 Bottom Plate

Bottom plate pada press tool I ini berfungsi sebagai pendukung punch, tempat terpasangnya pillar dan terikat pada meja mesin press. Material yang digunakan untuk bottom plate adalah mild steel. Dimensi dari bottom plate adalah sama dengan dimensi die block ditambahkan ruang untuk penempatan guide pillar. Untuk menghindarkan side thrust yang disebabkan oleh defleksi komponen dies, dalam

hal ini bottom plate, maka bottom plate harus mempunyai ketebalan tertentu sehingga tidak terdefleksi melebihi batas yang ditentukan. Ketebalan minimum dari bottom plate dapat dihitung dengan persamaan 2-10 dengan mengassumsikan sebagai plat datar ditumpu pada ujung-ujungnya dan dibebani merata pada permukaannya, sebagai berikut:




Gb. 5-8 Bottom plate.

- Jarak lebar tumpuan, a = 432 mm.
- Jarak panjang tumpuan, b = 533 mm.

- Modulus elastisitas bahan, $E = 30.10^6$ psi $= 20925$ kg/mm$^2$.
- Defleksi yang diijinkan, $\delta = 0{,}001$ in $= 0{,}0254$ mm.
- Gaya pembebanan, $P_t = 47164{,}7$ kg. Sehingga beban yang diterima tiap mm$^2$, $q = \frac{P_t}{A\sigma} = \frac{47164{,}7}{(658 \times 626)} = 0{,}11$ kg/mm$^2$.

$$\delta = \frac{0{,}0284 \,.\, q \,.\, a^4}{E.h^3.[1{,}056.(a/b)^5 + 1]}$$

$$\Leftrightarrow \quad h = \left[ \frac{0{,}0284 \,.\, q \,.\, a^4}{E.\delta.[1{,}056.(a/b)^5 + 1]} \right]^{-1/3}$$

$$\Leftrightarrow \quad h = \left[ \frac{(0{,}0284).(0{,}11).(432)^4}{(20925).(0{,}0254).[1{,}056.(432/533)^5 + 1]} \right]^{-1/3}$$

Tebal minimum bottom plate, $h = 53{,}1$ mm.

Ruang untuk penempatan pegas stripper harus diperhatikan juga dalam perencanaan bottom plate ini, sehingga dimensi bottom plate yang direncanakan adalah (p x l x t) mm = (658 x 626 x 65).

### 5.2.12 Top Plate

Material yang digunakan untuk top plate adalah mild steel. Pada top plate ini terpasang die dan guide bushing. Seperti halnya bottom plate, top plate juga mempunyai dimensi yang sama. Karena didukung merata oleh ram mesin press, maka ketebalan top plate bisa dikurangi sampai 50% nya dari tebal bottom plate dan disesuaikan dengan

kedalaman pemasangan guide bushing. Dimensi top plate yang dipakai dalam perencanaan ini adalah (p x l x t) mm = (658 x 626 x 55).

## 5.3 Press Tool II (Forming Dies)

Press tool II (forming dies) ini direncanakan sebagai single action/simple dies yang digunakan untuk menghasilkan bentuk contour pada blank sendok tanah. Pada saat pembuatan die, mesin duplikator akan mengcopy contour sendok tanah dari master yang ada kepada forming die dan forming punch, sehingga dalam perencanaan ini kita hanya perlu menghitung beberapa device pendukung yang lainnya.

Selain gaya vertikal, dalam proses forming untuk membuat contour sendok tanah ini perlu juga diperhatikan adanya gaya-gaya horisontal (side thrust) yang terjadi. Gaya-gaya horisontal yang mungkin terjadi pada proses forming ini adalah sebagai berikut:

- Side thrust yang terjadi oleh adanya proses bending, dimana gaya bekerja pada satu sisi saja.
- Side thrust yang diperlukan untuk mendapatkan kelurusan antara ram mesin press dan bolster plate pada waktu proses berlangsung.
- Side thrust yang dihasilkan karena adanya ketidaklurusan pada pemasangan/perencanaan kontruksi dies.

Untuk mendapatkan kelurusan pada operasi forming ini, diusahakan side thrust yang terjadi adalah seminimal mungkin dan menahannya sehingga press tool dapat beroperasi dengan kelurusan yang memadai.

Mesin press yang akan digunakan untuk proses forming ini adalah:

Raskin presse mecanique type 75 TR buatan Belgia, 1949.

| | |
|---|---|
| - Press capacity | 75 ton. |
| - Ram stroke | 100 mm. |
| - No. of stroke | $min^{-1}$65. |
| - Max distance betwen table & ram | 400 mm. |
| - Table size | 915 x 610 mm. |
| - Drop hole in table | 458 x 356 mm. |
| - Ram face | 610 x 458 mm. |
| - Center hole in the ram (Ø x depht) | Ø68 x 76 mm. |
| - Power | 6 KW. |

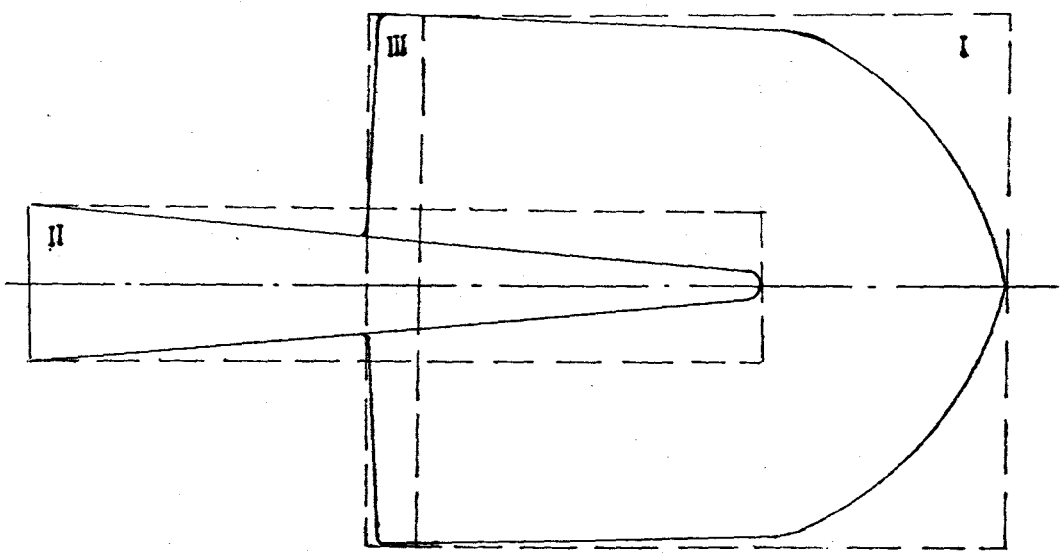
### 5.3.1 Pemilihan Material Tool

Material yang akan digunakan untuk proses forming ini harus mempunyai kapasitas damping atau kemampuan untuk menyerap energi yang besar. Dari tabel B.2 material yang dipilih untuk punch dan die pada forming dies ini adalah AISI A2 atau yang sejenis. Material AISI A2 termasuk dalam golongan air hardening tool material, material ini mempunyai keuletan dan wear resistance yang tinggi.

Kekerasan yang bisa dicapai adalah antara 58 - 62 HRC dengan temperatur hardening 1725-1800°F.

### 5.3.2 Gaya Forming

Dalam merencanakan forming dies ini langkah pertama kita ialah menentukan besarnya gaya untuk forming. Karena proses forming merupakan suatu variasi dari proses bending, maka dalam menghitung besar gaya yang diperlukan untuk proses forming ini akan dibuat pendekatan seperti pada Gb.5-9.




Gb. 5-9 Pendekatan dalam menghitung gaya forming.

Untuk menghitung besar gaya forming pada bagian I dibuat pendekatan dengan menganggap sebagai proses U bending lembaran lurus dengan:

- Panjang plat yang dibending, $L_a \approx 290$ mm.
- Tebal plat yang dibending, $t = 2$ mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u = 38{,}07$ kg/mm$^2$.
- Lebar bukaan die, $w \approx 230$ mm.
- Faktor bukaan die, $k_d = 2 \times 1{,}2 = 2{,}4$.

Dengan menggunakan persamaam 2-16 besar gaya yang diperlukan untuk proses forming pada bagian I dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{b1} = \frac{L_a \cdot t^2 \cdot \sigma_u \cdot k_d}{W} = \frac{290 \times 2^2 \times 38{,}07 \times 2{,}4}{230}$$

$$= 460{,}8 \text{ kg}.$$

Untuk menghitung besar gaya forming pada bagian II dibuat pendekatan dengan menganggap sebagai proses U bending lembaran lurus dengan:

- Panjang plat yang dibending, $L_a \approx 330$ mm.
- Tebal plat yang dibending, $t = 2$ mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u = 38{,}07$ kg/mm$^2$.
- Lebar bukaan die, $w = \frac{40 + 10}{2} = 25$ mm.
- Faktor bukaan die, $k_d = 2 \times 1{,}33 = 2{,}66$.

Dengan menggunakan persamaam 2-16 besar gaya yang diperlukan untuk proses forming pada bagian II dapat

dihitung sebagai berikut:

$$P_{b2} = \frac{L_a \cdot t^2 \cdot \sigma_u \cdot k_d}{W} = \frac{330 \times 2^2 \times 38,07 \times 2,66}{25}$$

$$= 5346,9 \text{ kg.}$$

Untuk menghitung besar gaya forming pada bagian III dibuat pendekatan dengan menganggap sebagai proses edge bending lembaran lurus dengan:

- Panjang plat yang dibending, $L_a \approx 260$ mm.
- Tebal plat yang dibending, $t = 2$ mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u = 38,07$ kg/mm$^2$.
- Lebar bukaan die = panjang span, $w = 9$ mm.
- Faktor bukaan die, $k_d = 0,5 \times 1,33 = 0,67$.

Dengan menggunakan persamaam 2-16 besar gaya yang diperlukan untuk proses forming pada bagian III dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_{b3} = \frac{L_a \cdot t^2 \cdot \sigma_u \cdot k_d}{W} = \frac{260 \times 2^2 \times 38,07 \times 0,67}{9}$$

$$= 2947,5 \text{ kg.}$$

### 5.3.3 Pencegahan Springback

Pada proses forming ini akan muncul kemungkinan springback material setelah gaya ditiadakan. Untuk meng

eliminasi springback yang terjadi, pada perencanaan press tool II ini akan digunakan dua cara, yaitu pemberian beban lebih dan koreksi terhadap jari-jari kelengkungan.

▸ Koreksi terhadap jari-jari kelengkungan:

Dengan menggunakan persamaan 2-18 kita dapat menentukan besarnya jari-jari kelengkungan sebelum gaya forming dihilangkan. Terlebih dahulu harus ditentukan jari-jari produk, kemudian dihitung dalam persamaan 2-18 dengan cara trial and error. Untuk memudahkan perhitungan, dapat kita gunakan program FORTRAN77 seperti terdapat pada lampiran A.1.

# Koreksi jari-jari kelengkungan pada bagian I:

- Jari-jari kelengkungan produk ≈ 220 mm.
- Dengan iterasi didapat jari-jari untuk die:

  .....≈ 211,06 mm.

# Koreksi jari-jari kelengkungan pada bagian II:

- Jari-jari kelengkungan produk terbesar ≈ 19 mm.
- Dengan iterasi didapat jari-jari untuk punch:

  .....≈ 18,26 mm.
- Jari-jari kelengkungan produk terkecil ≈ 5 mm.
- Dengan iterasi didapat jari-jari untuk punch:

  .....≈ 4,94 mm.

# Koreksi jari-jari kelengkungan pada bagian III:

- Jari-jari kelengkungan produk ≈ 9 mm.
- Dengan iterasi didapat jari-jari untuk die:

  .....≈ 8,83 mm.

▸ Pemberian beban lebih:

Cara lain untuk mencegah adanya springback adalah pemberian beban lebih. Dengan menggunakan persamaan 2-19, kita dapat menghitung beban lebih yang diperlukan untuk tiap-tiap bagian.

# Beban lebih yang diperlukan pada bagian I:

- Radius tidak teregang, $r_u \approx 220$ mm.
- Sudut kelengkungan, $\alpha = 6^\circ$.
- Panjang plat, $L \approx 290$ mm.

$$P_{bl} \geq \frac{\sigma_u \cdot L \cdot t^2}{2.(r_u + t/2)} \, tg \, \frac{\alpha}{2}$$

$$P_{bl1} = \frac{38{,}07 \times 290 \times 2^2}{2.(220 + 2/2)} \, tg \, \frac{6^\circ}{2}$$

$$= 5{,}24 \text{ kg.}$$

# Beban lebih yang diperlukan pada bagian II:

- Radius tidak teregang, $r_u = \frac{20 + 5}{2} = 12{,}5$ mm.
- Sudut kelengkungan, $\alpha = 2 \times 90^\circ$.
- Panjang plat, $L \approx 330$ mm.

$$P_{bl2} = \frac{2 \times 38,07 \times 330 \times 2^2}{2.(12,5 + 2/2)} \text{ tg } \frac{90^\circ}{2}$$

$$= 3722,4 \text{ kg.}$$

# Beban lebih yang diperlukan pada bagian III:

- Radius tidak teregang, $r_u = 9$ mm.
- Sudut kelengkungan, $\alpha = 80^\circ$.
- Panjang plat, $L \approx 260$ mm.

$$P_{bl3} = \frac{38,07 \times 260 \times 2^2}{2.(9 + 2/2)} \text{ tg } \frac{80^\circ}{2}$$

$$= 1661,1 \text{ kg.}$$

### 5.3.4 Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin diperhitungkan berdasarkan gaya yang bersama-sama bekerja pada satu langkah. Dalam proses forming ini tidak direncanakan adanya ejector, sehingga besar gaya yang bekerja adalah penjumlahan gaya-gaya forming dan gaya untuk pembebanan lebih seperti berikut:

$$P = P_{b1} + P_{b2} + P_{b3} + P_{bl1} + P_{bl2} + P_{bl3}$$

$$= (460,8 + 5346,9 + 2947,5 + 5,24 + 3722,4 + 1661,1)$$

$$= 14143,9 \text{ kg.}$$

Untuk mengatasi adanya gesekan pada mekanisme mesin press, maka gaya yang diperlukan harus ditambahkan sebesar 30% dari besar gaya yang diperlukan untuk proses. Sehingga besar gaya yang dibutuhkan sekarang:

$$P_t = P\ (1 + 0{,}3)$$

$$= 14143{,}9\ .\ 1{,}3 = 18385{,}8\ \text{kg.}$$

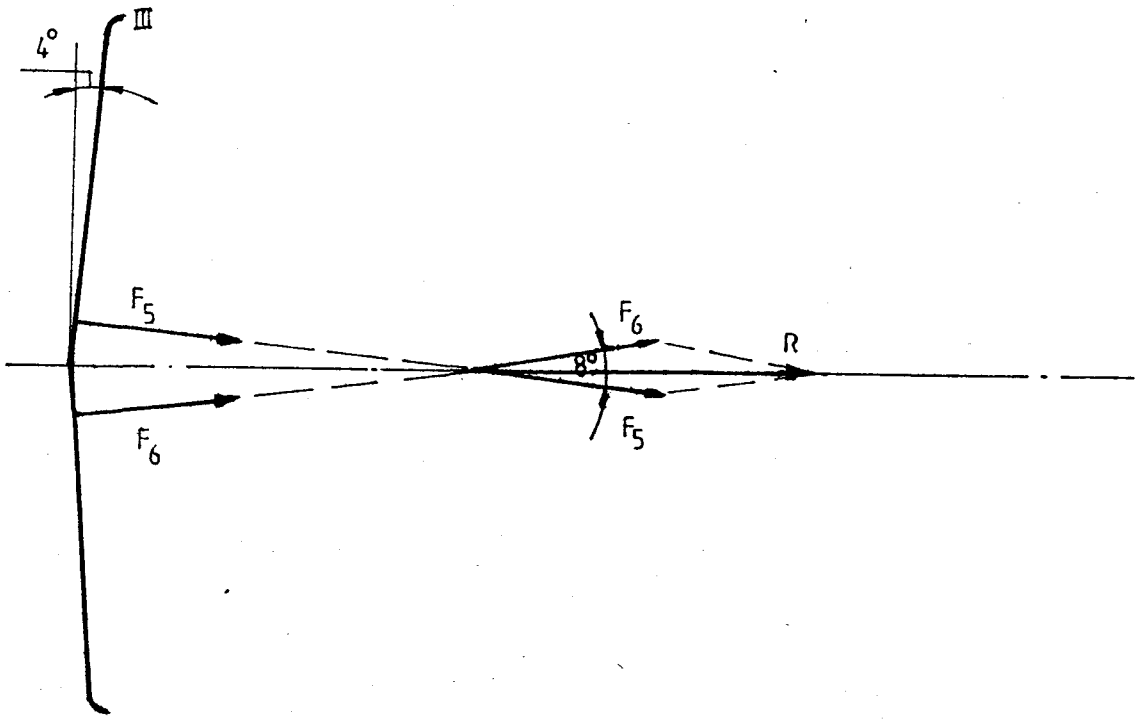
Dengan kapasitas penekanan = 75 ton, maka mesin press Raskin tipe 75 TR dianggap mampu melakukan proses dengan baik.

### 5.3.5 Side Thrust

Pada proses forming ini selain side thrust yang dihasilkan oleh gaya eksternal die juga terjadi side thrust yang dihasilkan oleh gaya internal die, yaitu akibat adanya proses bending/forming. Besar side thrust yang disebabkan oleh proses forming ini diassumsikan sebesar gaya untuk forming itu sendiri. Untuk bagian I & II masing-masing side thrust yang dihasilkan dianggap saling menghilangkan, sehingga besar side thrust yang terjadi karena gaya internal die adalah sebesar resultan side thrust yang terjadi pada bagian III.

Besar resultan side thrust yang terjadi dapat dihitung seperti terlihat pada Gb. 5-10 sebagai berikut:

$$F_5 = F_6 = \frac{P_{b3} + P_{b13}}{2} = \frac{2947{,}5 + 1661{,}1}{2} = 2304{,}3\ \text{kg.}$$




Gb. 5-10 Side thrust pada proses forming.

$$R = \sqrt{F_5^2 + F_6^2 + 2.F_5.F_6.\cos\phi}$$

$$R = \sqrt{(2304,3)^2 + (2304,3)^2 + 2.(2304,3).(2304,3).\cos 8^\circ}$$

$$= 4597,4 \text{ kg.}$$

### 5.3.6 Dimensi Punch dan Die

Pada forming dies ini dimensi untuk punch dan die adalah sebesar dimensi benda kerja ditambahkan ruang untuk penempatan screw fastener dan dowel pin. Dimensi punch/die yang dipakai pada forming dies ini adalah (p x l x t) mm = (460 x 250 x 90).

Untuk mengetahui kekuatan dari punch dan die, kita dapat mengecek tegangan kompresi yang terjadi pada punch dan die terhadap kekuatan lulur kompresi dari bahan sebagai berikut:

- Material punch/die adalah AISI A2 atau ASSAB XW-10. Dari tabel B.6 didapatkan kekuatan yield kompresi pada kekerasan 58 HRC adalah $\approx$ 2185 N/mm$^2$ $\approx$ 223 kg/mm$^2$.
- Faktor keamanan untuk beban impact, N = 5.
- Luasan proyeksi punch/die, $A_1 \approx 57400$ mm$^2$.
- Beban dari mesin press, $P_1$ = 75000 kg.

$$\sigma_{com} = \frac{P_1}{A_1} = \frac{75000}{57400} = 1{,}3 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{yc}}{N} = \frac{223}{5} = 44{,}6 \text{ kg/mm}^2.$$

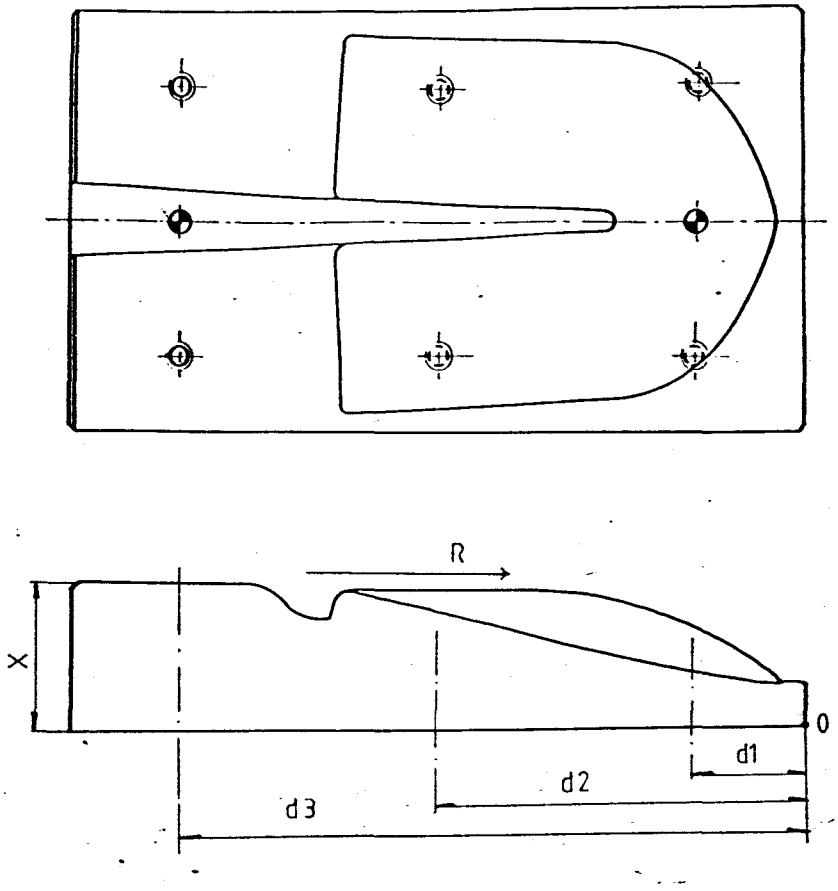
Karena $\sigma_{com} \leq \sigma_{ijin}$, maka punch dan die dianggap aman terhadap beban yang terjadi.

Untuk mengurangi springback yang terjadi, pada waktu pembuatan patern, contour lekukan pada punch dan die harus dikoreksi seperti pada bagian 5.3.3.

Punch dan die dipasangkan pada top/bottom plate dengan menggunakan 6 buah hexagon socket head screw M 16 dan 2 buah dowel pin Ø 12 mm.

Untuk mengetahui kekuatan screw, dipakai perhitungan seperti pada bagian 5.2.6 sebagai berikut:

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI




Gb. 5-11 Beban yang bekerja pada screw.

- Material screw adalah ASSAB 760 atau AISI 1045 dengan $S_{yp}$ = 59000 psi ≈ 41,2 kg/mm$^2$.
- Beban kesamping yang bekerja, R = 4597,4 kg.

# Besar tegangan geser yang terjadi:

$$\sigma_u = \frac{R}{6.(\pi \frac{16^2}{4}) + 2.(\pi \frac{12^2}{4})} = \frac{4597,4}{1431,8} = 3,2 \text{ kg/mm}^2.$$

# Tegangan tarik terbesar akibat momen yang terjadi oleh gaya R adalah pada jarak $d_3$ dari titik O:

$$F_3 = \frac{R \cdot X \cdot d_3}{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2)} = \frac{(4597,4).(90).(390)}{(70^2 + 230^2 + 390^2)} = 768,8 \text{ kg.}$$

$$\sigma_b = \frac{F_3}{\pi . D^2/4} = \frac{768,8}{200,96} = 3,8 \text{ kg/mm}^2.$$

Besar tegangan ideal yang terjadi adalah:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\sigma_s^2} = \sqrt{(3,8)^2 + 3.(3,2)^2} = 6,7 \text{ kg/mm}^2.$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{Syp}{N} = \frac{41,2}{5} = 8,24 \text{ kg/mm}^2.$$

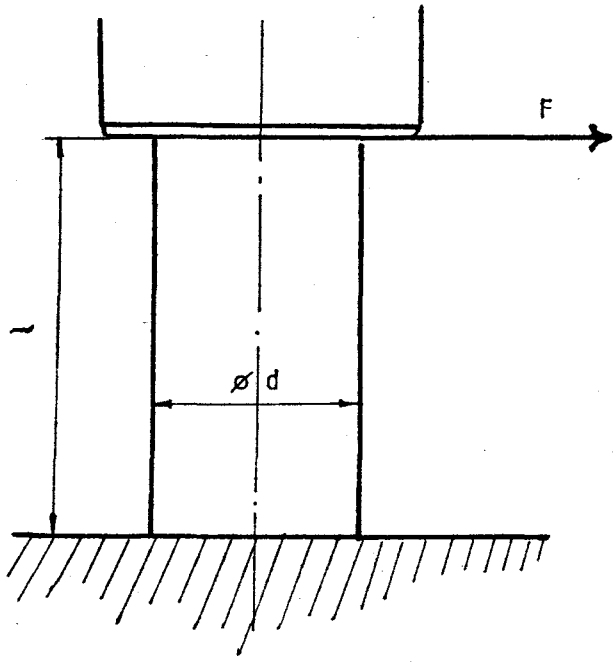
Karena $\sigma_i \leq \sigma_{ijin}$ screw dianggap aman terhadap beban yang terjadi.

### 5.3.7 Guide Pillar dan Bushes

Karena kondisi kelurusan mesin press yang buruk, maka untuk mendapatkan kelurusan yang memadai pada operasi forming dies ini akan direncanakan juga pemakaian guide pillar sebanyak 4 buah.

Besarnya ram resisting force pada mesin press Raskin ini , $F_1$ diassumsikan sebesar 12000 lb = 5400 kg. Guide pillar direncanakan untuk menahan seluruh gaya internal dan

eksternal die.




Gb. 5-12 Diagram gaya pada pillar.

Dari gambar diagram gaya diatas, diameter guide pillar dapat dihitung dengan persamaan 2-9 sebagai berikut:

- Beban yang diterima guide pillar, F = R + $F_1$ = (4597,4 + 5400) = 9997,4 kg.
- Panjang guide pin yang terdefleksi, l ≈ 160 mm.
- Modulus elastisitas bahan, E = $30.10^6$psi = 20925 kg/$mm^2$.
- Defleksi yang diijinkan, $\delta$ = 0,001 in = 0,025 mm.

Untuk 4 buah pillar yang direncanakan, diameter minimum guide pillar adalah sebagai berikut:

$$d^4 = \frac{64 \cdot F \cdot l^3}{12 \cdot \pi \cdot E \cdot \delta}$$

$$= \frac{(64).(9997,4).(160)^3}{(12).(3,14).(20925).(0,025)} = 1,03 \times 10^7 \ mm^4 .$$

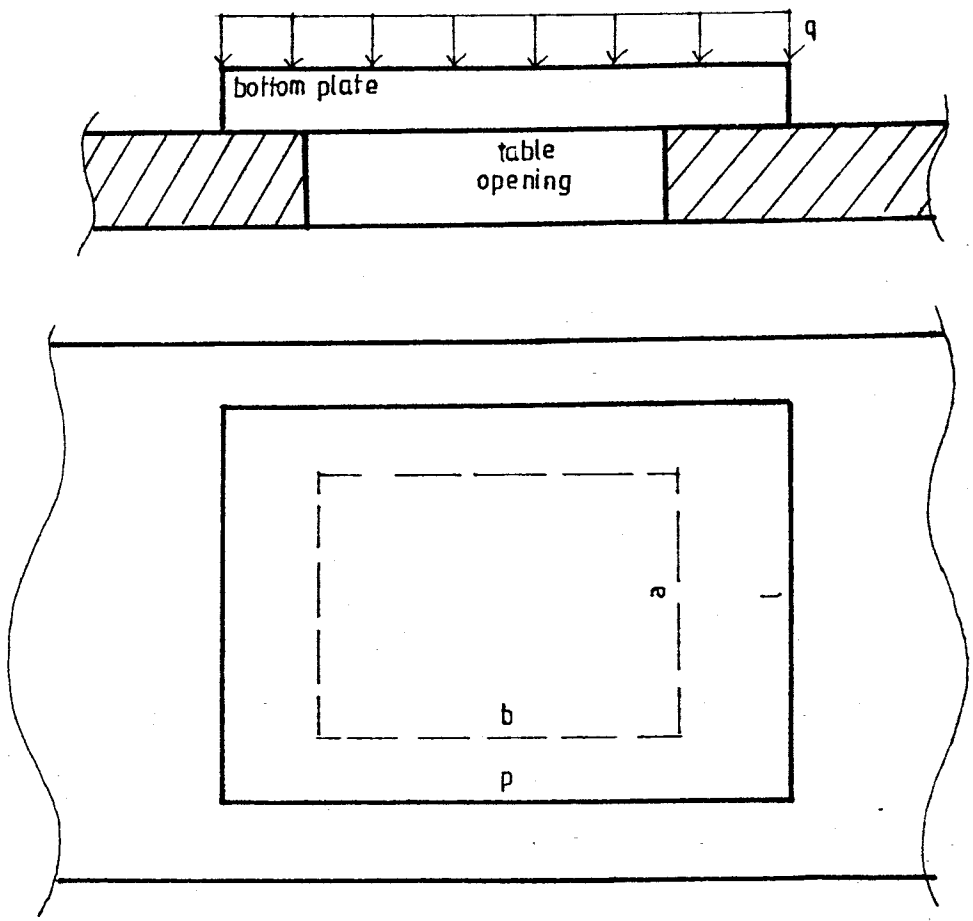
Diameter minimum guide pillar, d = 56,7 mm.

Dari perhitungan diatas diameter guide pillar yang digunakan adalah (Ø x p) mm = (Ø 60 x 216). Guide pillar direncanakan tanpa alur pelumasan dan dipasangkan dengan suaian sesak pada bottom plate.

Guide bushes yang digunakan pada perencanaan disini adalah bushes tanpa ball bearing, tetapi memakai alur pelumasan, karena benda kerja yang diproses tidak membutuhkan ketelitian yang tinggi. Dimensi guide bushes yang dipakai adalah (Ø x p) mm = (Ø 95 x 114).

### 5.3.8 Bottom Plate

Dimensi panjang dan lebar dari bottom plate adalah sama dengan dimensi die ditambah ruang untuk penempatan guide pillar. Sedangkan ketebalan bottom plate dapat dihitung dengan persamaan 2-10 dengan mengassumsikan bottom plate sebagai plat datar yang ditumpu pada ujung-ujungnya dan dibebani merata pada permukaannya seperti pada Gb.5-13.




Gb. 5-13 Pembebanan pada bottom plate.

Dari gambar diagram gaya diatas, maka ketebalan bottom plate dapat dihitung seperti berikut:

- Beban yang diterima, $q = \frac{P_1}{A_2} = \frac{75000}{(510 \times 460)} = 0{,}32 kg/mm^2$.
- Jarak lebar tumpuan, a = 356 mm.
- Jarak panjang tumpuan, b = 458 mm.
- Modulus elastisitas bahan, $E = 30.10^6 psi = 20925\ kg/mm^2$.
- Defleksi yang diijinkan, $\delta = 0{,}001$ in $= 0{,}025$ mm.

$$\delta = \frac{0{,}0284 \ . \ q_2 \ . \ a^4}{E.h^3.[1{,}056(a/b)^5 + 1]}$$

$$\leftrightarrow \quad h^3 = \frac{0{,}0284 \;.\; q_2 \;.\; a^4}{E.\delta \;.[1{,}056(a/b)^5 + 1]}$$

$$\leftrightarrow \quad h^3 = \frac{(0{,}0284).(0{,}32).(356)^4}{(20925).(0{,}025).[1{,}056(356/456)^5 + 1]} = 2{,}1 \times 10^5$$

Tebal minimum bottom plate, h = 59,87 mm.

Dari perhitungan diatas dimensi bottom plate yang direncanakan adalah (p x l x t) mm = (510 x 460 x 60).

### 5.3.9 Top Plate

Dimensi panjang dan lebar untuk top plate adalah sama dengan dimensi punch ditambahkan ruang untuk penempatan bushes. Karena ditumpu merata pada permukaan ram face, ketebalan top plate bisa dikurangi sampai 50% nya dari tebal bottom plate dan disesuaikan dengan kedalaman penempatan guide bushes. Dimensi top plate yang dipakai dalam perencanaan ini adalah (p x l x t) mm = (510 x 460 x 50).

## 5.4 Press Tool III (Curling Dies)

Press tool III ini digunakan untuk merubah bentuk bagian ujung sendok tanah hasil proses forming yang

berbentuk U, menjadi bentuk silinder tirus.

Mesin press akan yang digunakan untuk proses curling adalah:

Dutranoit Chartetor type HR-10.

| | |
|---|---|
| - Pressure capacity | 10 ton. |
| - No. of stroke | $min^{-1}$ 95. |
| - Ram stroke | 45 mm. |
| - Max distance betwen table & ram | 350 mm. |
| - Table size | 360 x 240 mm. |
| - Opening in table | 120 x 90 mm. |
| - Ram face | 170 x 150 mm. |
| - Center hole in the ram (Ø x depth) | Ø30 x 55 mm. |
| - Power | 1,1 KW. |

### 5.4.1 Pemilihan Material Tool

Material yang digunakan untuk punch dan die pada curling dies ini harus mempunyai wear resistance dan ketangguhan yang tinggi, karena dalam proses curling ujung dari plat yang di curling akan menggesek permukaan punch. Dari tabel B.2, material yang dipilih untuk press tool III ini adalah AISI D2 atau yang sejenis. Group D adalah adalah baja jenis high-carbon high-chromium cold work, dengan campuran utamanya adalah carbon dan chromium yang menyebabkan baja jenis ini mempunyai wear resistance dan kedalaman pengerasan yang tinggi. Kekerasan yang dapat dicapai adalah antara 58-62 HRC dengan temperatur

pengerasan antara 1800-1850 °F.

### 5.4.2 Bend Allowance Dan Jari-Jari Kelengkungan

Proses curling termasuk didalam proses bending yang dibatasi oleh kemampuan material dapat ditekuk tanpa retak ($R_{min}$), oleh karena itu tahap pertama untuk perencanaan press tool III ini adalah menghitung $R_{min}$, sehingga perencanaan selanjutnya bisa berjalan dengan aman.

Bila perubahan sumbu netral diperhitungkan seperti pada persamaan 2-15b, maka:

$$\frac{R_{min}}{t} = \frac{(1 - q)^2}{2q - q^2}$$

Dari pengujian tarik didapat reduction area, q = 59,2%.

sehingga:

$$R_{min} = \frac{t.(1 - q)^2}{2q - q^2}$$

$$= \frac{2.(1 - 0,592)^2}{2.0,592 - 0,592^2} = 0,399 \text{ mm.}$$

Jari-jari minimum yang mungkin untuk pelengkungan stock strip jauh lebih kecil dari pada jari-jari yang dibutuhkan untuk ujung sendok tanah, sehingga perencanaan selanjutnya dapat diteruskan.

Untuk mendapatkan jari-jari die dan punch untuk proses curling dan cocok dengan bend allowance dari blank, maka dibuat perhitungan seperti terlihat pada Gb.5-14:

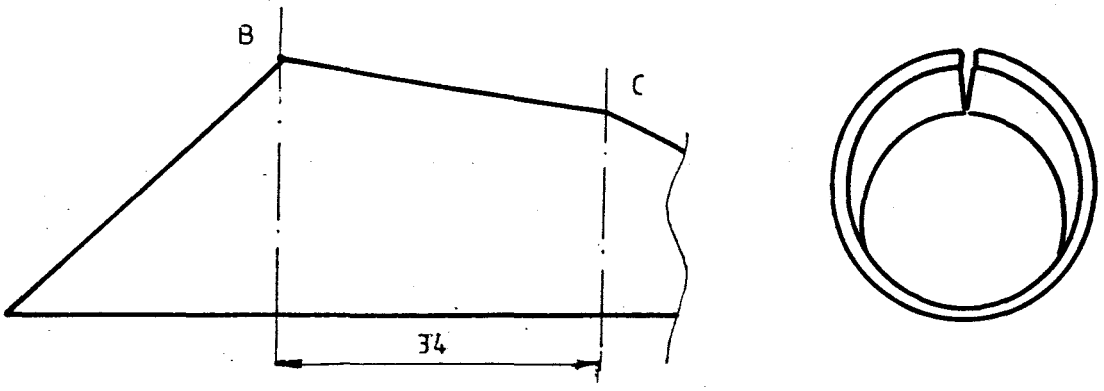
# Jari-jari punch dan die pada titik B:

- Bend allowance pada titik B, $L_b$ = 120 mm.
- Sudut bending, $\gamma = 90^\circ$.
- Konstanta sumbu netral dengan R > 5t, $k_a$ = 0,5.
- Tebal blank, t = 2 mm.

$$L_b = \frac{\gamma \cdot \pi \, (R_b + k_a t)}{180}$$

Untuk 1/4 bagian: $120/4 = \dfrac{90 \times 3{,}14 \, (R_b + 0{,}5 \times 2)}{180}$

Jari-jari pada titik B, $R_b$ = 18,1 mm.




Gb. 5-14 Jari-jari kelengkungan proses curling.

# Jari-jari punch dan die pada titik C:

- Bend allowance pada titik C, $L_c$ = 111,7 mm.

- Sudut bending, $\gamma = 90^{\circ}$.
- Konstanta sumbu netral, $k_{\alpha} = 0,5$.
- Tebal blank, $t = 2$ mm.

Untuk 1/4 bagian: $111,6/4 = \dfrac{90 \times 3,14 \ (R_c + 0,5 \times 2)}{180}$

Jari-jari pada titik C, $R_c = 16,8$ mm.

Panjang antara titik B dan C adalah 34 mm, sehingga sudut ketirusan dari punch dan die = arc tg $\dfrac{(18,1 - 16,8)}{34}$

$= 2,19^{\circ}$.

### 5.4.3 Gaya Untuk Proses Curling

Besar gaya yang diperlukan untuk proses curling dapat dicari sebagai berikut:

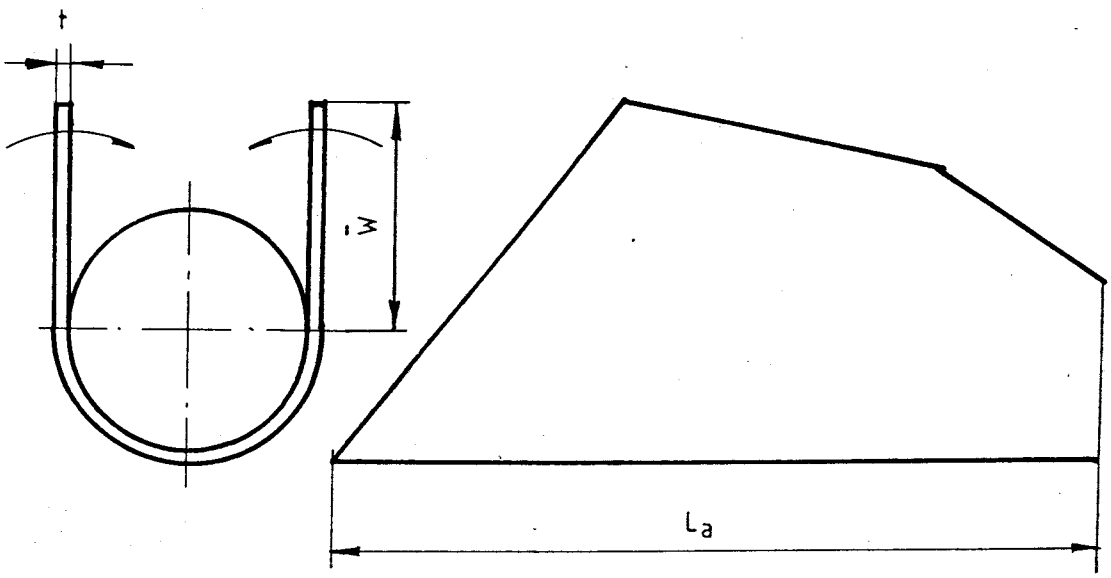
Dari Gb.5-15 besarnya gaya yang diperlukan untuk proses curling dapat dicari dengan mengassumsikan sebagai proses edge bending dengan dua sisi plat yang dibending:

- Panjang plat yang dibending, $L_{\alpha} \approx 140$ mm.
- Tebal plat yang dibending, $t = 2$ mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u = 38,07$ kg/mm$^2$.
- Lebar bukaan die = panjang span, $w = \dfrac{9,5 + 8}{2} = 8,75$ mm.
- Faktor bukaan die, $k_d = 0,5 \times 1,33 = 0,67$.

Dengan menggunakan persamaan 2-16, besar gaya yang diperlukan untuk proses edge bending dapat dihitung sebagai berikut:

$$P_b = \frac{2 \cdot L_a \cdot t^2 \cdot \sigma_u \cdot k_d}{W} = \frac{2 \times 140 \times 2^2 \times 38{,}07 \times 0{,}67}{8{,}75}$$

$$= 3264{,}9 \text{ kg.}$$




Gb. 5-15 Proses curling.

Metoda yang cocok untuk mengatasi adanya springback pada press tool III ini adalah penggunaan beban lebih pada waktu proses curling berlangsung. Penggunaan metoda dengan memperkecil jari-jari punch dan die untuk mengatasi springback akan mengakibatkan blank berkerut, karena keliling blank yang terjadi akan lebih besar dari keliling diameter punch dan die.

Besarnya beban lebih yang diperlukan untuk mencegah springback adalah sebagai berikut:

- Panjang plat yang dibending, L ≈ 140 mm.
- Tebal plat yang dibending, t = 2 mm.
- Kekuatan tarik maksimum, $\sigma_u$ = 38,07 kg/mm$^2$.
- Radius tidak teregang, $r_u$ = 8,75 mm.
- Sudut bending, $\alpha = 90^\circ$.

$$P_{bl} \geq 2 \times \frac{\sigma_u \cdot L \cdot t^2}{2\,(r_u + t/2)} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$P_{bl} = 2 \times \frac{38{,}07 \times 140 \times 2^2}{2 \times (8{,}75 + 2/2)} \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{2}$$

$$= 2186{,}6 \text{ kg.}$$

sehingga besar gaya yang diperlukan supaya proses curling dapat berjalan dengan baik adalah sebesar $P_b + P_{bl}$ = 3264,9 + 2186,6 = 5451,5 kg.

Untuk mengatasi adanya gesekan pada mekanisme mesin press, maka gaya yang diperlukan harus ditambahkan sebesar 30% dari besar gaya yang diperlukan untuk proses. Sehingga besar gaya sekarang:

$$P_t = P\,(1 + 0{,}3)$$

$$= 5451{,}5 \times 1{,}3 = 7086{,}95 \text{ kg.}$$

Dengan kapasitas penekanan = 10 ton, maka mesin press Dutranoit charteror RH-10 dianggap mampu melakukan proses dengan baik.

MILIK PERPUSTA...
INSTITUT TEKNOLOGI

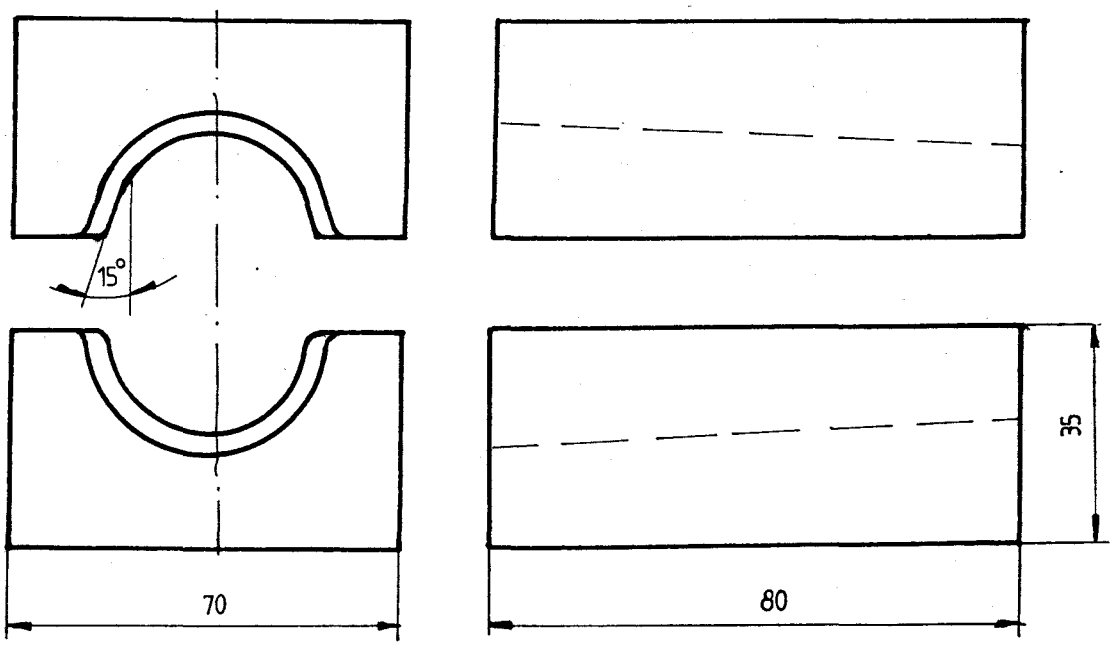
### 5.4.4 Dimensi Punch Dan Die

Dimensi untuk punch maupun die pada press tool III ini adalah sama dengan dimensi benda kerja yang akan dicurling ditambahkan ruang untuk penempatan fastener dan dowel pin.

Panjang untuk punch dan die direncanakan sebesar 80 mm. Pada daerah yang mempunyai kontur kelengkungan seperti pada Gb.5-16, jari-jari pada sisi I adalah 16 mm dengan sudut ketirusan 2,19°, jari-jari pada sisi II adalah:

$$RII = 16 + 80 \text{ tg } 2{,}19^{\circ} \approx 19 \text{ mm.}$$

Dimensi keseluruhan yang dipakai untuk punch dan die adalah (p x l x t) mm = (80 x 70 x 35).




Gb. 5-16 Curling punch/die.

Untuk membantu supaya contour dapat terbentuk dengan baik, maka pada proses curling dipakai juga insert bar dengan dimensi seperti punch/die dikurangi tebal material.

Punch dan die diikat pada top plate dan bottom plate dengan menggunakan dua hexagon socket head screw M8 dan dua buah dowel pin Ø6 mm.

### 5.4.5 Bottom Plate Dan Top Plate

Dimensi dari bottom plate, begitu juga top plate adalah sama dengan luasan die/punch area ditambahkan luasan untuk penempatan guide pillar/bushes.

Material bottom plate dan top plate terbuat dari mild steel. Ketebalan bottom plate minimum untuk menghindari defleksi yang ditentukan dapat dicari dari persamaan 2-10 dengan mengassumsikan sebagai plat datar yang ditumpu pada ujung-ujungnya dan dibebani merata pada permukaannya seperti pada Gb.5-17:

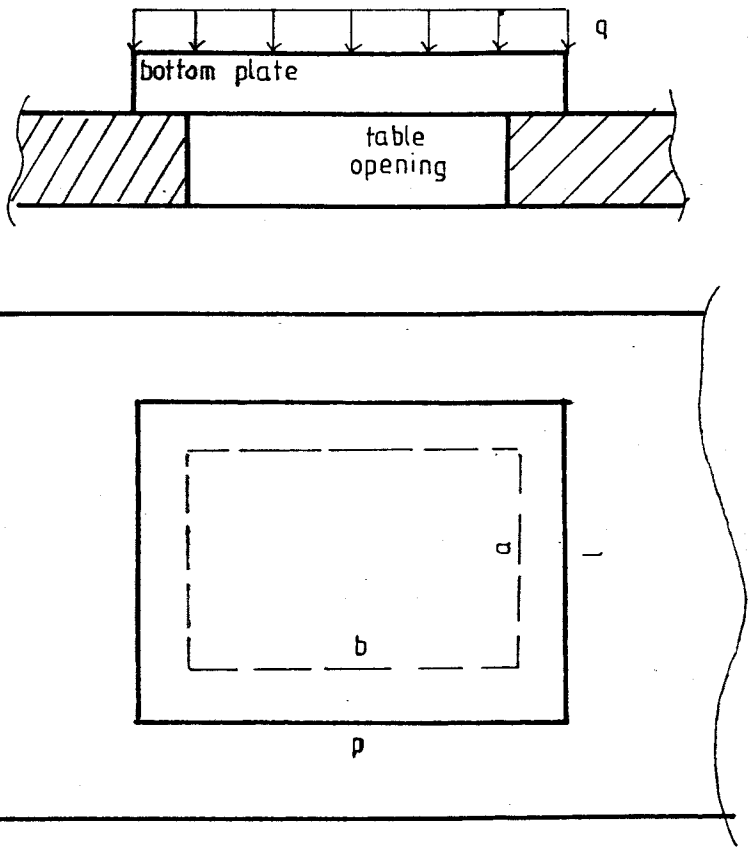
- Beban yang diterima, $q_2 = \frac{P_1}{A_1} = \frac{10000}{(120 \times 90)} = 0{,}93$ kg/mm$^2$.
- Jarak lebar tumpuan, a = 90 mm.
- Jarak panjang tumpuan, b = 120 mm.
- Modulus elastisitas bahan, E = $30.10^6$psi = 20925 kg/mm$^2$.
- Defleksi yang diijinkan, $\delta$ = 0,001 in = 0,025 mm.

$$\delta = \frac{0{,}0284 \;.\; q_2 \;.\; a^4}{E.h^3.[1{,}056(a/b)^5 + 1]}$$

$$\Leftrightarrow \quad h^3 = \frac{0{,}0284 \;.\; qz \;.\; a^4}{E.\delta \;.[1{,}056(a/b)^5 + 1]}$$

$$\Leftrightarrow \quad h^3 = \frac{(0{,}0284).(0{,}93).(90)^4}{(20925).(0{,}025).[1{,}056(90/120)^5 + 1]} = 2{,}6 \times 10^4$$

Tebal bottom plate minimum, h = 29,6 mm.




Gb. 5-17 Bottom plate.

Dari perencanaan diatas dimensi bottom plate yang dipakai pada press tool III ini adalah (p x l x t) mm = (170 x 110 x 30). Sedangkan untuk top plate karena ditumpu

merata pada permukaan ram mesin press, maka ketebalannya bisa dikurangkan sampai 50%nya dari tebal bottom plate dan disesuaikan dengan kedalaman pemasangan guide bushes, sehingga dimensi top plate adalah (p x l x t) mm = (170 x 110 x 25).

### 5.4.6 Guide Pillar dan Bushes

Pada press tool III ini akan direncanakan pemakaian guide pillar sebanyak dua buah. Dimensi yang dipakai guide pillar untuk curling dies ini akan diambil dari standarisasi die set ASA B5.25-1950 dari jenis Back Post Type. Dari tabel B.7 dengan luasan die area (80 x 70) mm ≈ (3 x 3) in, dianjurkan pemakaian diameter minimum guide pillar adalah sebesar 3/4 in ≈ 19,05 mm.

Guide pillar yang dipakai dalam perencanaan ini adalah guide pillar tanpa alur pelumasan, dengan dimensi (Ø x p) mm = (Ø20 x 115).

Sedangkan guide bushes yang digunakan adalah guide bushes dengan alur pelumasan dengan dimensi (Ø x p) mm = (Ø43 x 60).

### 5.4.7 Shank

Pada press tool III ini top plate dihubungkan dengan ram mesin press dengan menggunakan shank. Material shank adalah mild steel.

Dimensi dari shank yang dipakai disesuaikan dengan

lubang pada ram mesin press dan top plate, yaitu (Ø x p) mm = (Ø30 x 80). Sedangkan sisi yang dipasangkan pada top plate menggunakan ulir M 16.

# BAB VI

# KESIMPULAN

Dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya pada perencanaan press tool untuk pembuatan sendok tanah ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan adanya pengujian tarik pada material yang akan digunakan untuk produksi blank sendok tanah, akan didapatkan beberapa sifat mekanis yang diperlukan, sehingga dapat menunjang dalam perencanaan proses dan press tool yang akan dipakai.
2. Dengan merencanakan tahapan-tahapan proses yang sesuai dan penggunaan jenis compound dies untuk proses shearing, kita dapat mengurangi jumlah stasiun kerja dan waktu produksi yang diperlukan untuk produksi sendok tanah.
3. Dalam perhitungan perencanaan press tool selain terjadi gaya vertikal, perlu diperhatikan juga adanya gaya-gaya horisontal (side thrust) yang terjadi, dimana side thrust yang terjadi diusahakan seminimum mungkin dan menahannya sehingga didapatkan kelurusan yang memadai pada operasi press tool tersebut.
4. Perhitungan besar clearance pada shearing dies dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu cara grafis dan matematis, untuk keamanannya dalam perencanaan shearing

dies sebaiknya dipilih hasil perhitungan clearance yang terkecil.

5. Usaha yang dilakukan untuk mengeliminasi springback yang terjadi pada proses forming adalah dengan memberikan koreksi radius kelengkungan pada punch/die dan memberikan beban lebih dari yang diperlukan untuk proses. Sedangkan pada proses curling hanya dengan memberikan beban lebih dari pada yang diperlukan untuk proses.

**Lampiran A: A.1 Program FORTRAN**

```
<beginning of file>
C234567
C*************************************************************
C MENGHITUNG RADIUS YANG DIPERLUKAN UNTUK MENGELIMINASI
C ---------------------- SPRINGBACK -----------------------
C            OLEH : M. LUDFI SETYADI / 2862100516
C*************************************************************
      READ (*,*)RB,RF,TAW,E,T
      WRITE (*,10)RB,RF,TAW,E,T
   10 FORMAT (8X,'RADIUS DUGAAN AWAL =',F8.4/
     * 8X,'RADIUS SETELAH BENDING =',F8.4/
     * 8X,'KEKUATAN LULUR =',F8.4/
     * 8X,'MODULUS ELASTISITAS =',F10.3/
     * 8X,'TEBAL PLAT =',F8.4//)

   20 DIVI = RB/RF
      EXE1 = (4*((RB*TAW)/(E*T))**3)-(3*(RB*TAW)/(E*T))+1
      BEDA = ABS(DIVI-EXE1)
      IF(BEDA.LT.0.001)THEN
      XMINI = BEDA
      R = RB
      D = DIVI
      EX = EXE1
      GOTO 30
      ELSE
      RB = RB + 0.001
      GOTO 20
      ENDIF

   30 WRITE (*,40)XMINI,EX,D,R
   40 FORMAT (8X,'BEDA SISI KIRI DAN KANAN =',F13.8/
     *8X,'SISI KANAN =',F13.8/8X,'SISI KIRI =',F13.8/
     *8X,'RADIUS PENIADA SPRINGBACK =',F8.4)
      STOP
      END
<end of file>
b:ta.for (35,1,49023) WATFOR-77 PC/DOS
```

**A.2: Contoh eksekusi program**

```
B>ta
8 9 28.97 20925 2
        RADIUS DUGAAN AWAL =  8.0000
        RADIUS SETELAH BENDING =  9.0000
        KEKUATAN LULUR = 28.9700
        MODULUS ELASTISITAS = 20925.000
        TEBAL PLAT =  2.0000


        BEDA SISI KIRI DAN KANAN =     .00096744
        SISI KANAN =     .98167120
        SISI KIRI =     .98070380
        RADIUS PENIADA SPRINGBACK =  8.8263
Stop - Program terminated.
```

TABLE B. 2 RECOMMENDED TOOL STEELS FOR PRESS TOOLING [4]

| Application | AISI steel type* | Hardness, Rockwell C |
|---|---|---|
| Blanking dies and punches (short runs) | W2 | 57–65 |
| | O1 | 58–62 |
| | A2 | 58–62 |
| Blanking dies and punches (long runs) | A2 | 58–62 |
| | D2 | 58–62 |
| | M4 | 58–62 |
| Bending dies | O1 | 58–62 |
| | A2 | 58–62 |
| | D2 | 58–62 |
| Coining dies | S1 | 52–55 |
| | W1 | 58–62 |
| | A2 | 58–62 |
| | D2 | 58–62 |
| | D4 | 58–62 |
| Drawing dies | W1 or W2 | 58–64 |
| | O1 | 58–62 |
| | O6 | 58–62 |
| | A2 | 58–62 |
| | D2 | 58–62 |
| | D4 | 58–62 |
| Dies (cold extrusion) | D2 | 60–64 |
| | M4 | 63–65 |
| Dies (embossing) | O1 | 59–61 |
| | O2 | 59–61 |
| | A2 | 59–61 |
| | D2 | 59–61 |
| Dies (lamination) | M2 | 58–62 |
| | D2 | 58–62 |
| | D4 | 58–62 |
| | M4 | 60–62 |
| | T15 | 60–62 |
| | D7 | 60–62 |
| | A7 | 60–62 |
| Dies (sizing) | W2 | 61–64 |
| | M2 | 61–64 |
| | D2 | 61–64 |
| | M4 | 61–64 |
| Dies and punches (trimming) | W2 | 57–60 |
| | A2 | 57–60 |
| | D2 | 57–60 |
| | D4 | 57–60 |
| | M4 | 57–60 |
| Punches (embossing) | S1 | 59–61 |
| | S5 | 59–61 |
| Punches (trimming) | W2 | 57–60 |
| | O1 | 57–60 |
| Punches (notching) | W2 | 57–60 |
| | M2 | 57–60 |

**TABEL B.9 Material untuk Blanking/piercing dies.** [9]

| Material designation[a] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| DIN | AISI | Hardness, HRC | Sheet thickness, mm | Lot size | Remarks |
| Cemented carbides | — | | ≤1 | $10^6$ | Wear-resistant and brittle |
| S 3-3-2 | — | 62-64 | ≤2 | $>10^4$ | Punches for piercing and fast-stroking tooling |
| X210Cr12 | D3 | 60-64 | ≤4 | $>10^3$ | Wear-resistant, less distortion |
| X210CrW12 | D6 | | | | |
| X165CrMoV12 | D2 | | | | |
| 90MnV8 | O2 | 60-64 | 4-6 | All | Less distortion average toughness |
| 105WCr6 | O1 | | | | |
| 66WCrV7 | T6 | 56-61 | >6 | All | Tough |
| X45NiCrMo4 | — | 48-54 | | | |
| C85W2 | — | 54-62 | <4 | $<10^4$ | Case hardening, core is tough; simple tools and small lot sizes |
| C100W1 | | | | | |

TABLE B. 4 HARDENING AND TEMPERING TREATMENTS FOR TOOL AND DIE STEELS* [4]

| AISI steel type | Preheat temp., deg F | Rate of heating for hardening | Hardening temp., deg F | Minimum time at temp., min | Quenching medium | Tempering temp., deg F | Depth of hardening | Resistance to decarb. | Maximum tempered hardness, Rockwell C |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| W1 | ..... | Slow | 1425-1500 | 15 | Brine or water | 325-550 | Shallow | Best | 64 |
| W2 | ..... | Slow | 1425-1500 | 15 | Brine or water | 325-550 | Shallow | Best | 66 |
| O1 | 1200 or none† | Slow | 1450-1500 | 15 | Oil | 325-500 | Medium | Very good | 62 |
| O2 | 1200 or none† | Slow | 1400-1475 | 15 | Oil | 325-500 | Medium | Very good | 62 |
| O6 | 1200 or none† | Slow | 1450-1500 | 30 | Oil | 300-600 | Medium | Very good | 63 |
| A2 | 1250 | Slow | 1725-1800 | 30 | Air | 350-950 | Deep | Fair | 62 |
| A4 | 1250 | Slow | 1500-1600 | 20 | Air | 300-800 | Deep | Good | 62 |
| A6 | 1250 | Slow | 1500-1600 | 20 | Air | 300-800 | Deep | Good | 60 |
| A7 | 1250 | Slow | 1700-1800 | 30 | Air | 300-1000 | Deep | Fair | 67 |
| A8 | 1250 | Slow | 1800-1850 | 30 | Air | 300-950 | Deep | Low | 60 |
| A10 | ..... | Slow | 1450-1500 | 30 | Air | 300-600 | Deep | Good | 63 |
| D2 | 1450 | Very slow | 1800-1850 | 45 | Air | 300-950 | Deep | Fair | 62 |
| D3 | 1450 | Very slow | 1750-1825 | 45 | Oil | 300-950 | Deep | Fair | 63 |
| D4 | 1450 | Very slow | 1775-1850 | 45 | Air | 300-950 | Deep | Fair | 62 |
| D5 | 1450 | Very slow | 1800-1850 | 45 | Air | 300-950 | Deep | Fair | 63 |
| D7 | 1450 | Very slow | 1875-2000 | 45 | Air | 300-1000 | Deep | Fair | 67 |
| S1 | ..... | Slow | 1650-1800 | 20 | Oil | 300-850 | Medium | Fair to good | 58 |
| S2 | ..... | Slow | 1525-1575 | 10 | Brine or water | 300-800 | Medium | Fair to good | 60 |
| S4 | ..... | Slow | 1600-1700 | 10 | Brine or water | 300-800 | Medium | Low | 60 |
| S5 | ..... | Slow | 1600-1700 | 10 | Oil | 300-800 | Medium | Low | 60 |
| S7 | ..... | Slow | 1700-1750 | 20 | Air or oil | 400-1000 | Medium | Fair | 59 |
| T1 | 1500-1600 | Rapid from preheat | 2150-2300‡ | 2 | Air, oil, or salt | 1050-1150 | Deep | Good | 64 |
| T15 | 1500-1600 | Rapid from preheat | 2125-2270‡ | 2 | Air, oil, or salt | 1000-1150 | Deep | Fair | 67 |
| M1 | 1500 | Rapid from preheat | 2125-2175‡ | 2 | Air, oil, or salt | 1000-1150 | Deep | Low | 65 |
| M2 | 1500 | Rapid from preheat | 2125-2225‡ | 2 | Air, oil, or salt | 1025-1150 | Deep | Fair | 65 |
| M4 | 1500 | Rapid from preheat | 2125-2225‡ | 2 | Air, oil, or salt | 1025-1150 | Deep | Fair | 66 |
| L3 | ..... | Slow | 1425-1600 | 20 | Brine or oil | 300-800 | Medium | Good | 62 |
| F2 | 1200 | Slow | 1450-1600 | 20 | Brine or water | 300-500 | Shallow | Good | 66 |

* Based on AISI "Tool Steels Manual," 1955, and modified by committee.
† Preheating necessary for complicated shapes and shapes of widely differing cross section.
‡ Salt bath basis.

TABLE B, 7 DIMENSIONS OF BACK-POST DIE SETS [4]

| Die Area | | | Thickness | | | | Min guide-post diam *P* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Die Holder *J* | | Punch Holder *K* | | |
| Right to left *A* | Front to back *B* | Diam *C* | From | To | From | To | |
| 3 | 3 | 3 | 1 | 1¼ | 1 | | ¾ |
| 4 | 4 | 4 | 1⅜ | 1¾ | 1¼ | .. | 1 |
| 4 | 6 | .. | 1½ | 2¾ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 5 | 4 | .. | 1⅜ | 1¾ | 1¼ | .. | 1 |
| 5 | 5 | 5 | 1½ | 2 | 1¼ | 1¾ | 1 |
| 5 | 8 | .. | 1½ | 3 | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 6 | 3 | .. | 1½ | 2 | 1¼ | 1¾ | 1 |
| 6 | 4 | 5 | 1½ | 2¾ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 6 | 6 | 6½ | 1½ | 2½ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 6 | 9 | .. | 1½ | 3¼ | 1¼ | 2¼ | 1¼ |
| 7 | 5 | 5¾ | 1½ | 3 | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 7 | 7 | 7½ | 1½ | 2½ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 7 | 10 | .. | 1⅝ | 3¼ | 1⅜ | 2¼ | 1¼ |
| 8 | 4 | .. | 1½ | 2½ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 8 | 6 | 7 | 1½ | 3 | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 8 | 8 | 8½ | 1½ | 2½ | 1¼ | 2¼ | 1 |
| 9 | 12 | .. | 1¾ | 3½ | 1½ | 2¼ | 1½ |
| 10 | 5 | .. | 1½ | 2½ | 1¼ | 1¾ | 1¼ |
| 10 | 7 | .. | 1⅜ | 2¾ | 1⅜ | 2¼ | 1¼ |
| 10 | 10 | 10 | 1⅝ | 2¾ | 1⅜ | 2¼ | 1¼ |
| 10 | 14 | .. | 1⅞ | 3¾ | 1⅝ | 2¾ | 1½ |
| 11 | 9 | 10 | 1¾ | 3½ | 1½ | 2¼ | 1¼ |
| 12 | 4 | .. | 1¾ | 2¼ | 1½ | 2 | 1¼ |
| 12 | 6 | .. | 1½ | 2½ | 1½ | 2 | 1¼ |
| 12 | 12 | 12½ | 1¾ | 3½ | 1¾ | 2¼ | 1½ |
| 12 | 16 | .. | 2 | 3¾ | 1¾ | 2¾ | 1½ |
| 14 | 8 | .. | 1¾ | 3¼ | 1⅝ | 2¾ | 1½ |
| 14 | 10 | 11¼ | 1¾ | 3¼ | 1⅝ | 2¾ | 1½ |
| 14 | 14 | 14 | 1¾ | 3¼ | 1⅝ | 2¼ | 1½ |
| 15 | 5 | .. | 1½ | 2½ | 1½ | 2 | 1½ |
| 15 | 9 | .. | 1½ | 2½ | 1½ | 2 | 1½ |
| 18 | 8 | .. | 1½ | 2½ | 1½ | 2 | 1½ |
| 18 | 10 | .. | 1½ | 2½ | 1½ | 2¼ | 1½ |
| 18 | 14 | 15 | 2 | 3 | 1¾ | 2¼ | 1½ |
| 18 | 16 | 17 | 2 | 3 | 1¾ | 2¼ | 1½ |
| 20 | 5 | .. | 1¾ | 2½ | 1½ | 2 | 1½ |
| 22 | 6 | .. | 1¾ | 2½ | 1½ | 2¼ | 1½ |
| 22 | 12 | .. | 2 | 3 | 1½ | 2 | 1½ |
| 25 | 7 | .. | 1¾ | 3 | 1½ | 2¼ | 1½ |
| 25 | 14 | .. | 1¾ | 3 | 1½ | 2¼ | 1½ |

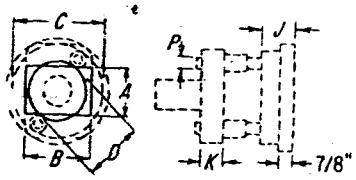
All dimensions are given in inches.

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH – NOPEMBER

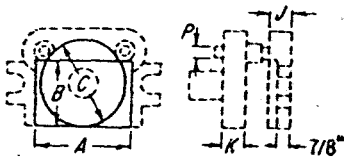
TABLE B . 8 DIMENSIONS OF ROUND DIAGONAL-POST DIE SETS [4]

| Die Area | | | Die holder diam | Thickness | | Min guide-post diam |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Rectangular Area | | Diam | | Die holder | Punch holder | |
| *A* | *B* | *D* | *C* | *J* | *K* | *P* |
| 1¾ | 3½ | 2¾ | 5 | 1¾ | 1¼ | ½ |
| 2¼ | 4½ | 3½ | 6 | 1¾ | 1¼ | ⅝ |
| 2¾ | 5½ | 4 | 7 | 2 | 1½ | ¾ |
| 3½ | 7 | 5¼ | 9 | 2 | 1½ | 1 |
| 4½ | 9 | 7 | 11 | 2 | 1½ | 1⅛ |

All dimensions are given in inches.




See Table B . 8

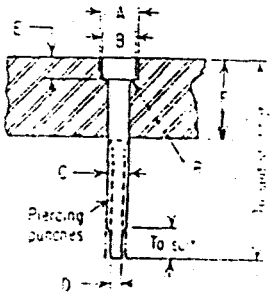



See Table B . 7

TABLE B . 9 Punch Dimensions [4]

| Diam *A* | Diam *B* | Diam *C* | Diam *D* |
|---|---|---|---|
| Punches for piercing metal up to $\frac{3}{32}$ thickness* | | | |
| 0.375 + 0.005 | 0.375 − 0.005 | 0.2505 + 0.0003 | 0.031 − 0.250 |
| 0.500 + 0.005 | 0.500 − 0.005 | 0.3755 + 0.0003 | 0.251 − 0.375 |
| 0.625 + 0.005 | 0.625 − 0.005 | 0.5005 + 0.0003 | 0.376 − 0.500 |
| 0.750 + 0.005 | 0.750 − 0.005 | 0.6255 + 0.0003 | 0.501 − 0.625 |
| 0.875 + 0.005 | 0.875 − 0.005 | 0.7505 + 0.0003 | 0.626 − 0.875 |
| 1.000 + 0.005 | 1.000 − 0.005 | 0.8755 + 0.0003 | 0.751 − 0.875 |
| 1.125 + 0.005 | 1.125 − 0.005 | 1.0005 + 0.0003 | 0.876 − 1.000 |
| Heavy-duty punches for piercing metal over $\frac{3}{32}$ thickness† | | | |
| 0.437 + 0.005 | 0.437 − 0.005 | 0.2505 + 0.0003 | 0.094 − 0.250 |
| 0.562 + 0.005 | 0.562 − 0.005 | 0.3755 + 0.0003 | 0.251 − 0.375 |
| 0.750 + 0.005 | 0.750 − 0.005 | 0.5005 + 0.0003 | 0.376 − 0.500 |
| 1.000 + 0.005 | 1.000 − 0.005 | 0.7505 + 0.0003 | 0.501 − 0.750 |
| 1.250 + 0.005 | 1.250 − 0.005 | 1.0005 + 0.0003 | 0.751 − 1.000 |

*$E = \frac{3}{32}$ in min; $F = \frac{13}{16}$ in min; $R = \frac{1}{32}$ in min.
†$E = \frac{1}{4}$ in min; $F = \frac{13}{16}$ in min; $R = \frac{1}{16}$ in min.



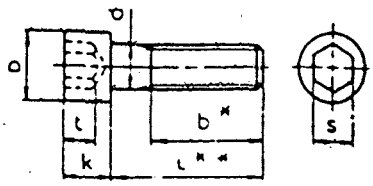

Recommended dimensions for shouldered punches to be used with Table B . 9

TABEL B . 10 Standard die thickness [6] (Unit : mm)

| Screw used | Minimum distance | Maximum distance | Die thickness |
|---|---|---|---|
| M5 | 15 | 50 | 10~18 |
| M6 | 25 | 70 | 15~25 |
| M8 | 40 | 90 | 22~32 |
| M10 | 60 | 115 | 27~38 |
| M12 | 80 | 150 | 35 or more |

## Tabel B.11 HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREWS (As Per IS 2269 - 1967)

(All dimensions in *mm*)




| Size | | d | D | s | k | t | | b* | | L** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Course | Fine | h13 | h13 | D12 | h13 | Max. | Min. | $b_1$ | $b_2$ | From | Upto |
| M3 | — | 3 | 5.5 | 2.5 | 3 | 1.7 | 1.3 | 12 | — | 4 | 40 |
| M4 | — | 4 | 7 | 3 | 4 | 2.4 | 2 | 14 | — | 6 | 50 |
| M5 | — | 5 | 8.5 | 4 | 5 | 3.1 | 2.7 | 16 | — | 10 | 60 |
| M6 | — | 6 | 10 | 5 | 6 | 3.78 | 3.3 | 18 | — | 12 | 60 |
| M8 | M8×1 | 8 | 13 | 6 | 8 | 4.78 | 4.3 | 22 | — | 14 | 100 |
| M10 | M10×1.25 | 10 | 16 | 8 | 10 | 6.25 | 5.5 | 26 | — | 14 | 120 |
| M12 | M12×1.25 | 12 | 18 | 10 | 12 | 7.5 | 6.6 | 30 | — | 20 | 120 |
| M16 | M16×1.5 | 16 | 24 | 14 | 16 | 9.7 | 8.8 | 38 | 44 | 30 | 150 |
| M20 | M20×1.5 | 20 | 30 | 17 | 20 | 11.8 | 10.2 | 44 | 52 | 40 | 180 |
| M24 | M24×2 | 24 | 36 | 19 | 24 | 14 | 12.5 | 54 | 60 | 60 | 200 |
| M30 | M30×2 | 30 | 45 | 22 | 30 | 18.2 | 12 | 66 | 76 | 60 | 200 |
| M36 | M36×3 | 36 | 54 | 27 | 36 | 22.1 | 20.1 | 76 | — | 100 | 200 |

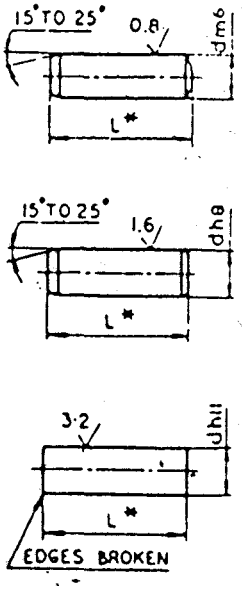
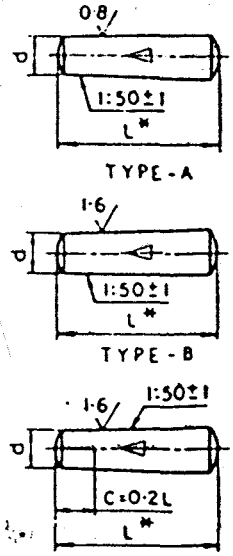
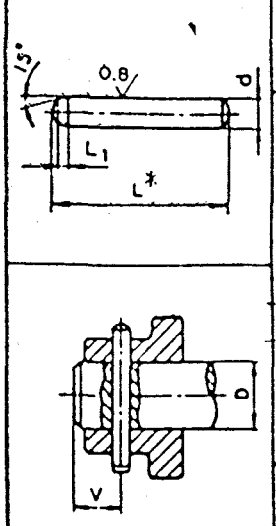
*Notes:*

*$b_1$ is applicable for $L \leq 125$ mm and $b_2$ for $L > 125$ mm.

**Where $L \leq b$, the screws are considered as fully threaded.

Lengths are: in steps of 1 between 4 and 6; in steps of 2 between 6 and 16; in steps of 5 between 20 and 90; in steps of 10 between 90 and 200.

## TABEL B.12 CYLINDERICAL AND TAPER PINS

| CYLINDRICAL PINS (IS 2393 - 1972) | TAPER PINS (IS 6688 - 1972) | HARDENED CYLINDRICAL PINS (IS 6689 - 1972) |
|---|---|---|
|  |  |  |



All dimensions in *mm*

| d | $L_1$ | D Min. | l Min. | Length l * js15 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Cylindrical pin | | Taper pin | |
| | | | | From | Upto | From | Upto |
| 1.5 | 0.5 | 4 | 5 | 4 | 16 | 8 | 25 |
| 2 | 0.6 | 6 | 6.5 | 6 | 25 | 10 | 35 |
| 2.5 | 0.7 | 6 | 6.5 | 6 | 25 | 10 | 35 |
| 3 | 0.8 | 8 | 7 | 8 | 30 | 12 | 45 |
| 4 | 1 | 11 | 8.5 | 8 | 45 | 14 | 55 |
| 5 | 1.2 | 17 | 10.5 | 10 | 50 | 20 | 60 |
| 6 | 1.5 | 23 | 13 | 12 | 60 | 25 | 90 |
| 8 | 1.8 | 30 | 15 | 14 | 80 | 25 | 130 |
| 10 | 2 | 45 | 17.5 | 20 | 100 | 30 | 160 |
| 12 | 2.5 | 75 | 23 | 25 | 150 | 35 | 180 |
| 16 | 3 | 110 | 26 | 30 | 180 | 40 | 200 |
| 20 | 4 | 160 | — | 40 | 200 | 45 | 200 |
| 25 | — | — | — | 50 | 200 | 50 | 200 |

* Lengths are: in steps of 1 between 4 and 6;
in steps of 2 between 6 and 16;
in steps of 5 between 20 and 80;
in steps of 10 between 80 and 200;

**TABEL B. 14 Sheet Metal Properties**

| | Theoretical yield points | | | Reduction in area (maximum annealed) | Shearing stress and percent penetration to fracture | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Minimum* (commercially) annealed, lb/in² | Maximum (severely cold-worked), lb/in² | | | Annealed to soft temper, | | Cold-worked to temper noted, | |
| | | | | % | lb/in² | % | lb/in² | % |
| Aluminum* | | | | | | | | |
| No. 25, commercially pure | (4-)† | 5,000 | H 21,000 | 80 | 5,000 | 60 | H 13,000 | 30 |
| No. 35, Mn alloy | | 11,500 | H 25,000 | 80 | 11,000 | | H 16,000 | |
| No. 175 for heat treatment | HT | 30,000 | | | | | | |
| No. 525, Cr alloy | | 21,000 | H 37,000 | 80 | 14,000 | | H 36,000 | |
| Brass | | | | | | | | |
| Yellow, for cold working | (10-) | 40,000 | 95,000 | 75 | 32,000 | 50 | H 52,000 | 20 |
| Forging, beta | | | | | | | | |
| Bronze, Tobin alloy | | 25,000 | 120,000 | 53 | 36,000 | 25 | H 42,000 | 17 |
| Copper | (10-) | 25,000 | 62,000 | 65 | 22,000 | 55 | | |
| Gold | | | | | | | | |
| Iron | | | | | | | | |
| Cast, gray | | 8,000 tension 30,000 compr. | | | | | | |
| cast, high test | | 15,000 tension 40,000 compr. | | | | | | |
| Lead | (1-) | 3,000 | 4,000 | | 3,500 | 50 | | |
| Monel metal | | 28,000 | H 112,000 | 63 | | | | |
| Nickel | | 21,000 | H 115,000 | 75 | 35,000 | 55 | | |
| Silver | | | | | | | | |
| Steel | | | | | | | | |
| 0.03 C Armco | (20-) | 35,000 | 70,000 | 76 | 34,000 | 60 | | |
| 0.15 C | (32-) | 55,000 | 110,000 | 60 | 48,000 | 38 | 61,000 | 25 |
| 0.50 C | (55-) | 70,000 | | 45 | 71,000 | 21 | 90,000 | 14 |
| 1.00 C | | 90,000 | 145,000 | 20–40 | 115,000 | 10 | 150,000 | 2 |
| Electrical, high-silicon | | | | | 65,000 | 30 | | |
| Stainless, low-carbon for dwg. | | | | | | | | |
| Endure AA | | 50,000 | 120,000 | 60 | | | | |
| 18-8 | (35-) | 50,000 | 165,000 | 71 | 57,000 | 39 | | |
| High-carbon for cutlery, etc. | | | | 32 | | | | |
| Tin | (2-) | 4,000 | 4,500 | | 5,000 | 40 | | |
| Zinc | (12-) | 28,000 | | 43 | 14,000 | 50 | 19,000 | 25 |

* Old and new designations of wrought aluminum alloys: 2S = 1100; 3S = 3003; 17S = 2017; 52S = 5052.

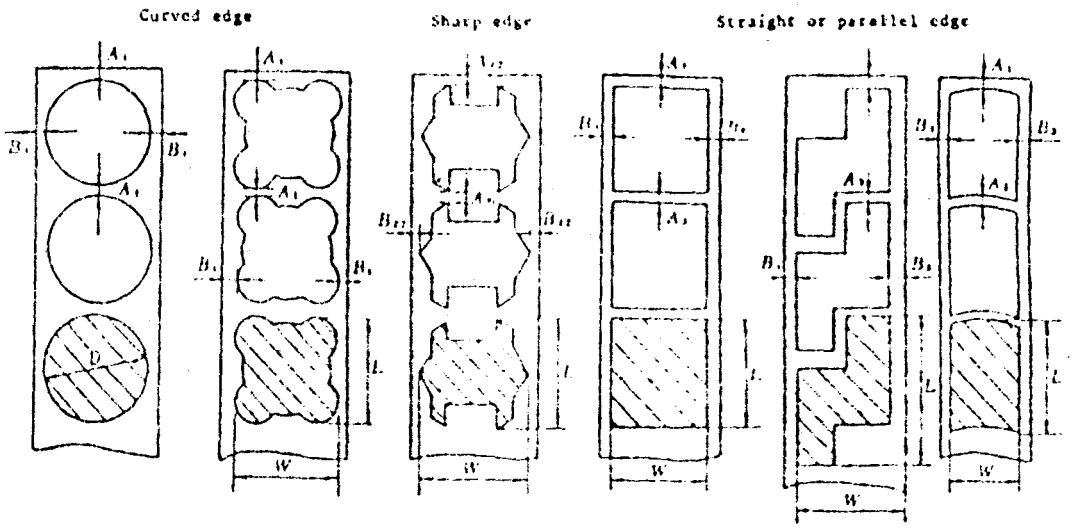
SOURCE: E. V. Crane, "Plastic Working of Metals," 3d ed., Wiley, New York, 1941.

**Table B.15** Mechanical Properties of Plain Carbon and Alloy Steels [11]
(based on a 1 in. diameter specimen)

| AISI Type | Condition | Tensile Strength, ksi | Yield Strength, ksi | Elongat. in 2 in., % | Reduction in Area, % | Hardness, BHN | Machinability (Based on 1112 = 100) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1010 | HR | 64 | 42 | 28 | 67 | 107 | 45 |
| | CD | 78 | 68 | 16 | 63 | 129 | 55 |
| | CDA | 64 | 48 | 28 | 65 | 131 | 55 |
| 1020 | HR | 65 | 43 | 36 | 59 | 143 | 50 |
| | CD | 78 | 66 | 20 | 55 | 156 | 63 |
| | A | 57 | 52 | 37 | 66 | 111 | 90 |
| | N | 64 | 50 | 36 | 68 | 131 | 75 |
| 1030 | HR & turned | 72 | 44 | 31 | 63 | 140 | — |
| | CD | 84 | 76 | 16 | 57 | 179 | 65 |
| | A | 67 | 50 | 31 | 58 | 126 | — |
| | N | 76 | 51 | 32 | 61 | 149 | — |
| 1040 | HR | 91 | 58 | 27 | 50 | 201 | 63 |
| | CD | 100 | 88 | 17 | 42 | 207 | 65 |
| | A | 75 | 51 | 30 | 57 | 149 | — |
| | N | 85 | 50 | 28 | 55 | 170 | 60 |
| 1045 | HR | 98 | 59 | 24 | 45 | 212 | 56 |
| | CD | 103 | 90 | 14 | 40 | 217 | 60 |
| | A | 90 | 55 | 27 | 54 | 174 | 60 |
| | N | 99 | 61 | 25 | 49 | 207 | — |
| 1050 | HR | 105 | 67 | 15 | — | — | — |
| | CD | 114 | 104 | 9 | — | — | 54 |
| | A | 92 | 43 | 24 | 40 | 187 | — |
| | N | 109 | 62 | 20 | 39 | 217 | — |
| 1095 | HR | 142 | 83 | 18 | 38 | 295 | — |
| | A | 95 | 38 | 13 | 21 | 192 | — |
| | N | 147 | 73 | 10 | 14 | 293 | — |
| 1118 | HR | 75 | 50 | 35 | 55 | 140 | — |
| | CD | 85 | 75 | 25 | 55 | 170 | 80 |
| | A | 65 | 41 | 35 | 67 | 131 | 80 |
| | N | 69 | 46 | 34 | 66 | 143 | 80 |
| 2330 | CD | 105 | 90 | 20 | 50 | 212 | 50 |
| | A | 86 | 61 | 28 | 58 | 179 | 50 |
| | N | 100 | 68 | 26 | 56 | 207 | — |
| 3140 | CD | 107 | 92 | 17 | 50 | 212 | 55 |
| | A | 100 | 61 | 25 | 51 | 197 | 55 |
| | N | 129 | 87 | 20 | 58 | 262 | — |
| 4130 | HRA | 86 | 56 | 29 | 57 | 183 | 65 |
| | CDA | 98 | 87 | 21 | 52 | 201 | 70 |
| | N | 97 | 63 | 26 | 60 | 197 | 50 |
| 4140 | HRA | 90 | 63 | 27 | 58 | 187 | 5 |
| | CDA | 102 | 90 | 18 | 50 | 223 | 60 |
| | N | 148 | 95 | 18 | 47 | 302 | — |
| 4340 | HRA | 101 | 69 | 21 | 45 | 207 | 45 |
| | CDA | 110 | 99 | 16 | 42 | 223 | 50 |
| | N | 185 | 126 | 11 | 41 | 363 | — |
| 4620 | HR | 85 | 63 | 28 | 64 | 183 | 56 |
| | CD | 101 | 85 | 22 | 60 | 207 | 62 |
| | A | 74 | 54 | 31 | 60 | 149 | 55 |
| | N | 83 | 53 | 29 | 67 | 174 | — |
| 4640 | CDA | 117 | 95 | 15 | 43 | 235 | 55 |
| | A | 98 | 63 | 24 | 51 | 179 | 55 |
| | N | 123 | 87 | 19 | 51 | 248 | — |
| 5120 | CD | 92 | 77 | 20 | 55 | 187 | 65 |
| | CDA | 87 | 70 | 23 | 60 | 179 | 65 |
| 5140 | CDA | 105 | 88 | 18 | 52 | 212 | 60 |
| 52100 | HRA | 100 | 81 | 25 | 57 | 192 | 45 |
| | HRN | 185 | 139 | 13 | 20 | 363 | — |
| 6150 | CDA | 111 | 95 | 14 | 44 | 223 | 45 |
| | N | 136 | 89 | 22 | 61 | 269 | — |
| 8620 | HR | 89 | 65 | 25 | 63 | 192 | 60 |
| | CD | 102 | 85 | 22 | 58 | 212 | 63 |
| | A | 78 | 56 | 31 | 62 | 149 | — |
| | N | 92 | 52 | 26 | 60 | 183 | — |
| 8640 | CD | 140 | 120 | 11 | 38 | 277 | — |
| | CDA | 107 | 90 | 14 | 45 | 217 | 80 |
| 8740 | HRA | 95 | 64 | 25 | 55 | 190 | 56 |
| | CDA | 107 | 96 | 17 | 48 | 223 | 66 |
| | N | 135 | 88 | 16 | 48 | 269 | — |
| 9255 | HRA | 113 | 71 | 22 | 41 | 229 | 45 |
| | N | 135 | 84 | 20 | 43 | 269 | — |
| E9310 | HR | 115 | 75 | 22 | 58 | 241 | 45 |
| | A | 119 | 64 | 17 | 42 | 241 | — |
| | N | 132 | 83 | 19 | 58 | 269 | — |
| 9440 | HR | 123 | 80 | 18 | 47 | 241 | — |
| | HRA | 93 | 59 | 26 | 53 | 183 | — |
| | N | 110 | 72 | 25 | 58 | 223 | — |

Sources: *ASM Handbook: Metals Properties*, McGraw-Hill Book Co., 1954. *Ryerson Data Book*, Joseph T. Ryerson and Sons, Inc., 1965.

NOTE: HR = hot rolled, HRA = hot rolled annealed, CD = cold drawn, CDA = cold drawn annealed, HRN = hot rolled normalized, A = annealed, N = normalized.




Single blanking width of web for ordinary metal blanks

Tabel B.18 JARAK ANTARA DAN JARAK TEPI [6] (t: tebal plat)

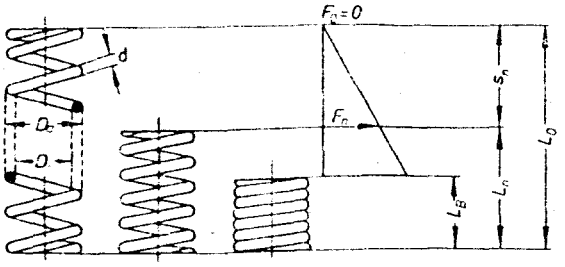
| Bentuk / Jarak / Besar benda produk | Garis lengkung (R adalah 1,5 atau diatas 2t) | | | | Sudut tajam (R adalah 1,5mm atau dibawah 2t) | | | | Garis lurus atau sejajar | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jarak feed A | | Jarak batas B | | Jarak feed A | | Jarak batas B | | Jarak feed A | | Jarak batas B | |
| | $A_1$ | nilai terkecil (mm) | $B_1$ | nilai terkecil (mm) | $A_{21}$ | $A_{22}$ | $B_{21}$ | $B_{22}$ | $A_1$ | nilai terkecil (mm) | $B_1$ | nilai terkecil (mm) |
| – 25 | 0.7 t | 0.6 | 0.8 t | 0.8 | 1.5 $A_1$ | 1.3 $A_1$ | 1.5 $B_1$ | 1.3 $B_1$ | 0.8 t | 1.0 | 1.0 t | 1.2 |
| 25 – 75 | 1 t | 0.8 | 1.2 t | 1.2 | " | " | " | " | 1.0 t | 1.2 | 1.2 t | 1.6 |
| 75 – 150 | 1.2 t | 1.2 | 1.4 t | 1.8 | " | " | " | " | 1.2 t | 1.5 | 1.5 t | 2.0 |
| 150 – 250 | 1.3 t | 1.8 | 1.6 t | 2.4 | " | " | " | " | 1.5 t | 2.0 | 1.7 t | 2.5 |
| 250 – 400 | 1.5 t | 2.4 | 1.8 t | 3.0 | " | " | " | " | 1.7 t | 2.5 | 2.0 t | 3.0 |

untuk baja karbon

MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
– NOPEMBER

Tabel B.19 FIBRO Standart : Pegas Kompresi

# Z 60/...

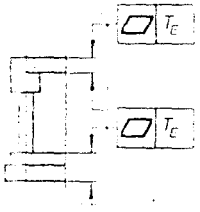
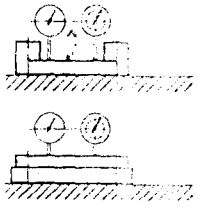
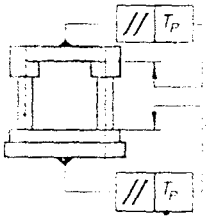
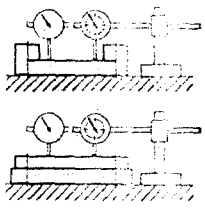



N x 0,102 = kp

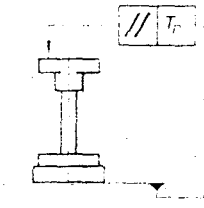
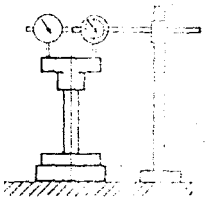
| $L_n$ | $L_B$ | Fn [N] | $s_n$ | $D_a$ | d | D | L | Nr./No. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6,5 | 5,25 | 10,8 | 2,2 | 3 | 0,5 | 2 | 8,7 | Z 60/ 2 × 8,7 |
| 7,5 | 6,6 | 38,5 | 3,5 | 3,26 | 0,63 | | 11 | Z 60/ 2 × 11 |
| 10,3 | 9,15 | | 5,2 | | | | 15,5 | Z 60/ 2 × 15,5 |
| 12,8 | 10,25 | 28,5 | 4,7 | | | | 17,5 | Z 60/ 2 × 17,5 |
| 7 | 6 | 32,4 | 2,7 | 4,8 | 0,8 | 3,2 | 9,7 | Z 60/ 3,2× 9,7 |
| 13,5 | 11,6 | | 6 | | | | 19,5 | Z 60/ 3,2×19,5 |
| 9 | 8,4 | 108 | 3 | 6 | 1,2 | 3,6 | 12 | Z 60/ 3,6×12 |
| 9 | 7,5 | 44,1 | 3 | | 1 | 4 | 12 | Z 60/ 4 ×12 |
| 24,6 | 20,5 | | 9,9 | | | | 34,5 | Z 60/ 4 ×34,5 |
| 5,75 | 4,5 | 39,2 | 4,25 | 6,8 | 0,9 | 5 | 10 | Z 60/ 5 ×10 |
| 9,8 | 9,4 | 133 | 7,2 | 7,5 | 1,25 | | 17 | Z 60/ 5 ×17 |
| 13,8 | 13,15 | | 11,2 | | | | 25 | Z 60/ 5 ×25 |
| 10 | 9,2 | 136 | 5 | 8 | 1,4 | 5,2 | 15 | Z 60/ 5,2×15 |
| 21 | 20 | 446 | 4 | 12 | 2,7 | 6,6 | 25 | Z 60/ 6,6×25 |
| 9,3 | 8,4 | 182,5 | 8,7 | 10 | 1,5 | 7 | 18 | Z 60/ 7 ×18 |
| 10,1 | 7,5 | 33,4 | 8,9 | 9 | 1 | | 19 | Z 60/ 7 ×19 |
| 14 | 13,3 | 314 | 6 | 11,2 | 2,1 | | 20 | Z 60/ 7 ×20 |
| 21,5 | 18,75 | 141 | 18,5 | 10 | 1,5 | | 40 | Z 60/ 7 ×40 |
| 15 | 12,75 | 177 | 10 | 11 | 1,7 | 7,6 | 25 | Z 60/ 7,6×25 |
| 7,7 | 6,9 | 85,3 | 12,3 | 11,2 | 1,25 | 8,7 | 20 | Z 60/ 8,7×20 |
| 21,1 | 18,15 | | 42,9 | | | | 64 | Z 60/ 8,7×64 |
| 22 | 19,2 | 147 | 28 | 12,2 | 1,6 | 9 | 50 | Z 60/ 9 ×50 |
| 25,3 | 21,5 | 108 | 29,7 | 12 | 1,5 | | 55 | Z 60/ 9 ×55 |
| 24,4 | 22,5 | 118 | 35,6 | | | | 60 | Z 60/ 9 ×60 |
| 14 | 13,5 | 216 | 16 | 13 | 1,8 | 9,4 | 30 | Z 60/ 9,4×30 |
| 22,4 | 17,5 | 206 | 17,6 | 14 | 2 | 10 | 40 | Z 60/10 ×40 |
| 25 | 22,5 | 245 | 25 | | | | 50 | Z 60/10 ×50 |
| 65 | 58 | 1320 | 18 | 18 | 4 | | 83 | Z 60/10 ×83 |
| 27 | 25 | 1330 | 8 | 19 | | 11 | 35 | Z 60/11 ×35 |
| 22 | 17,8 | 226 | 18 | 15,2 | 2,1 | | 40 | Z 60/11 ×40 |
| 30 | 20 | 220 | 20 | | | | 50 | Z 60/11 ×50 |
| 36 | 24,2 | 211 | 24 | | | | 60 | Z 60/11 ×60 |
| 42 | 26,3 | 224 | 28 | | | | 70 | Z 60/11 ×70 |
| 48 | 30,5 | 217 | 32 | | | | 80 | Z 60/11 ×80 |
| 54 | 34,7 | 211 | 36 | | | | 90 | Z 60/11 ×90 |
| 31 | 28,5 | 481 | 14 | 17,5 | 3 | 11,5 | 45 | Z 60/11,5×45 |
| 34 | 31,5 | 471 | 16 | | | | 50 | Z 60/11,5×50 |
| 41 | 32,5 | 260 | 44 | 17 | 2,25 | 12,5 | 85 | Z 60/12,5×85 |
| 29 | 27,5 | 1630 | 6 | 23 | 5 | 13 | 35 | Z 60/13 ×35 |
| 28 | 24,5 | 736 | 12 | 20 | 3,5 | | 40 | Z 60/13 ×40 |
| 31,4 | 29,2 | 245 | 38,6 | 17,5 | 2,25 | | 70 | Z 60/13 ×70 |
| 48 | 46,4 | 1960 | 12 | 24 | 5,3 | 13,4 | 60 | Z 60/13,4×60 |
| 34,4 | 31,5 | 1140 | 15,6 | 21,5 | 4 | 13,5 | 50 | Z 60/13,5×50 |
| 59 | 56 | 4600 | 11 | 27,8 | 7 | 13,8 | 70 | Z 60/13,8×70 |

| $L_n$ | $L_B$ | Fn [N] | $s_n$ | $D_a$ | d | D | $L_0$ | Nr./No. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 | 20,5 | 419 | 12 | 21,4 | 3,2 | 15 | 36 | Z 60/15 × 36 |
| 20 | 16,25 | 294 | 20 | 20 | 2,5 | | 40 | Z 60/15 × 40 |
| 37,6 | 32,5 | 1180 | 7,4 | 25 | 5 | | 45 | Z 60/15 × 45 |
| 27,8 | 25,5 | 451 | 22,2 | 21 | 3 | | 50 | Z 60/15 × 50 |
| 34,7 | 32 | 392 | 25,3 | | | | 60 | Z 60/15 × 60 |
| 41,1 | 38 | 367 | 28,9 | | | | 70 | Z 60/15 × 70 |
| 47,5 | 44 | 349 | 32,5 | | | | 80 | Z 60/15 × 80 |
| 23,6 | 21 | 540 | 21,4 | 21,5 | | 15,5 | 45 | Z 60/15,5× 45 |
| 21 | 18 | 841 | 9 | 25 | 4 | 17 | 30 | Z 60/17 × 30 |
| 103 | 99 | 2400 | 33 | 29 | 6 | 17 | 136 | Z 60/17 ×136 |
| 27,6 | 25 | 981 | 8,5 | 30 | 5 | 20 | 36 | Z 60/20 × 36 |
| 27 | 26 | 883 | 23 | 28 | 4 | | 50 | Z 60/20 × 50 |
| 65,6 | 60 | 1450 | 16,4 | 32 | 6 | | 82 | Z 60/20 × 82 |
| 72,2 | 66 | 1560 | 19,6 | | | | 92 | Z 60/20 × 92 |
| 78,6 | 72 | 1670 | 23,4 | | | | 102 | Z 60/20 ×102 |
| 85,3 | 78 | 1690 | 26,7 | | | | 112 | Z 60/20 ×112 |
| 91,8 | 84 | 1810 | 30,2 | | | | 122 | Z 60/20 ×122 |
| 98,3 | 90 | 1880 | 33,7 | | | | 132 | Z 60/20 ×132 |
| 104,9 | 96 | 1920 | 37,1 | | | | 142 | Z 60/20 ×142 |
| 111,4 | 102 | 1960 | 40,6 | | | | 152 | Z 60/20 ×152 |
| 118 | 108 | 2010 | 44 | | | | 162 | Z 60/20 ×162 |
| 130 | 119 | 1930 | 47 | | | | 177 | Z 60/20 ×177 |
| 152,8 | 140 | 1700 | 49,2 | | | | 202 | Z 60/20 ×202 |
| 168,1 | 154 | 1610 | 51,9 | | | | 220 | Z 60/20 ×220 |
| 33 | 24,8 | 728 | 13 | 31 | 4,5 | 22 | 46 | Z 60/22 × 46 |
| 36 | 32 | 504 | 34 | 30 | 4 | | 70 | Z 60/22 × 70 |
| 35,3 | 31,5 | 491 | 40,7 | 29 | 3,5 | | 76 | Z 60/22 × 76 |
| 47,3 | 40,4 | 883 | 28,7 | 33,5 | 4,75 | 24 | 76 | Z 60/24 × 76 |
| 41 | 36 | 1340 | 15 | 38 | 6 | 26 | 56 | Z 60/26 × 56 |
| 84 | 80,5 | 1900 | 28 | 40 | 7 | | 112 | Z 60/26 ×112 |
| 100 | 87,5 | 1970 | 32 | | | | 132 | Z 60/26 ×132 |
| 114 | 101,5 | 1980 | 38 | | | | 152 | Z 60/26 ×152 |
| 129 | 115,5 | 1940 | 43 | | | | 172 | Z 60/26 ×172 |
| 144 | 129,5 | 1910 | 48 | | | | 192 | Z 60/26 ×192 |
| 160 | 136,5 | 1960 | 52 | | | | 212 | Z 60/26 ×212 |
| 58,6 | 56 | 2940 | 21,4 | 46 | 8 | 30 | 80 | Z 60/30 × 80 |
| 45,2 | 42,7 | 4410 | 14,8 | 50 | 9 | 32 | 60 | Z 60/32 × 60 |
| 98,5 | 91 | 3190 | 43,5 | 48,4 | 8,2 | | 142 | Z 60/32 ×142 |
| 138 | 127 | 3060 | 44 | 49,6 | 8,8 | | 182 | Z 60/32 ×182 |
| 152,4 | 140 | 3300 | 47,6 | 50 | 9 | | 200 | Z 60/32 ×200 |
| 171,3 | 157 | 3400 | 50,7 | 50,4 | 9,2 | | 222 | Z 60/32 ×222 |
| 209,9 | 192 | 3260 | 52,1 | 51 | 9,5 | | 262 | Z 60/32 ×262 |
| 76,6 | 71,2 | 3920 | 23,4 | 53 | 9,5 | 34 | 100 | Z 60/34 ×100 |
| 55 | 34 | 1620 | 15 | 58 | 8 | 42 | 50 | Z 60/42 × 50 |

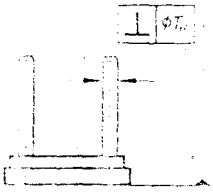
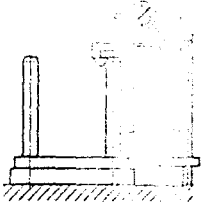
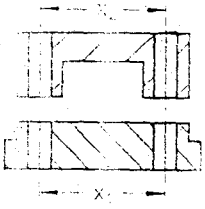
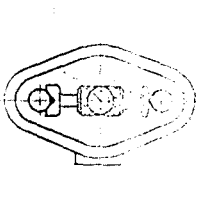
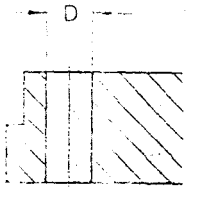
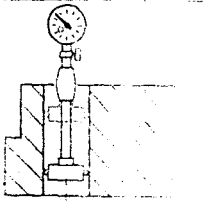
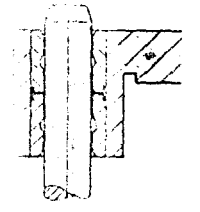
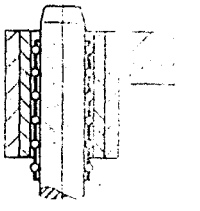
# Inspection Specifications for Die Sets

| Test Details | Test Location | Permissible Deviation |
|---|---|---|
|  |  | $T_E$ = flatness within 100 mm<br>$T_E$ = 0,005 mm |
|  |  | $T_P$ = parallelism of surfaces |

| from | up to | $T_P$ |
|---|---|---|
| 0 | 100 | 0,005 |
| 100 | 200 | 0,008 |
| 200 | 300 | 0,011 |
| 300 | 400 | 0,014 |
| 400 | 500 | 0,017 |
| 500 | 600 | 0,020 |

| Test Details | Test Location | Permissible Deviation |
|---|---|---|
|  |  | $T_P$ = parallelism of mounting face |

| from | up to | $T_P$ |
|---|---|---|
| 0 | 100 | 0,008 |
| 100 | 200 | 0,012 |
| 200 | 300 | 0,018 |
| 300 | 400 | 0,024 |
| 400 | 500 | 0,030 |
| 500 | 600 | 0,036 |

| Test Details | Test Location | Permissible Deviation |
|---|---|---|
|  |  | $T_R$ = perpendicularity of pillars in 100 mm<br>$T_R$ = 0,005 mm |
|  |  | Centre distance between bolster bores:<br>max. deviation between $x_1$ in perfect alignment with $x_2$ (FIBRO-Method) |
|  |  | Tolerances of bolster bores:<br>press fit in cast iron bolsters: D $^{-0,025\ mm}_{-0,035\ mm}$<br>in steel bolsters: D $^{-0,015\ mm}_{-0,025\ mm}$ |
|  |  | Highest demands are made on the cylindricity, roundness and finish of all bolster bores for guide elements, and it is here that FIBRO constantly strives for improvements, in accordance with the latest manufacturing methods and implements.<br>FIBRO Guide Elements are finally classified into 3 colour-coded clearance ranges – also see Guide Elements on pages D 8 + D 9. |

## Testing Double Standard Power Presses and Punching Machines — 52

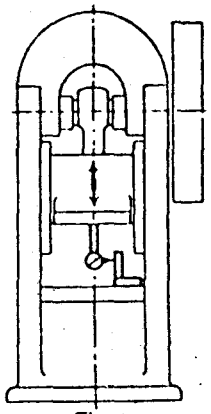


Fig. 1

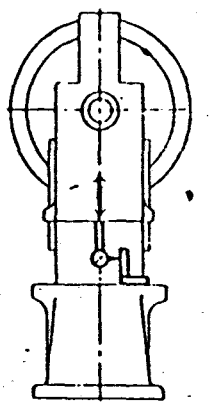


Fig. 2

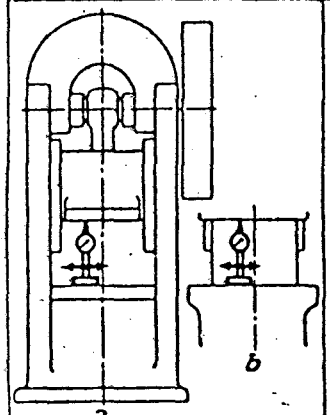



Fig 3

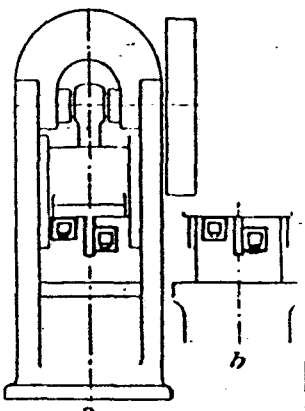



Fig. 4

## Testing Shearing Machines — 53

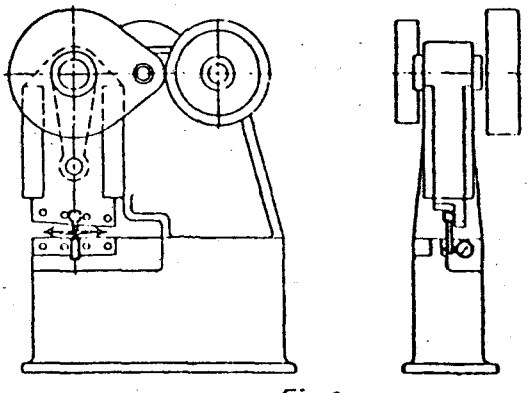


Fig 1

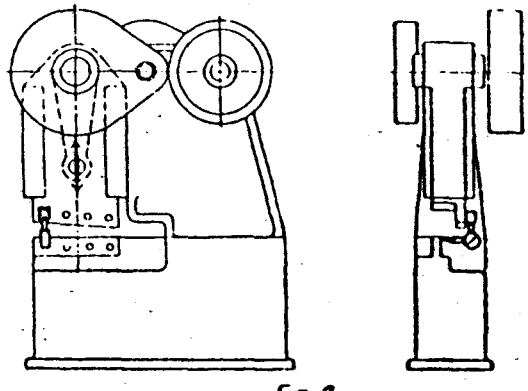


Fig 2

**Test Chart for Double Standard Power Presses and Punching Machines** — No. 52

| Test to be Applied | Fig. No. | Permissible Error |
|---|---|---|
| Movement of ram or slide square with table in plane through both standards: | 1 | mm. |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |
| Ditto, in plane perpendicular to plane through both standards: | 2 | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |
| Bottom surface of ram parallel with table in plane through both standards: | 3a | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |
| Ditto, in plane perpendicular to plane through both standards: | 3b | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |
| Hole receiving punch square with bottom surface of ram in plane through both standards: | 4a | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |
| Ditto, in plane perpendicular to plane through both standards: | 4b | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·08 per 300 mm. |

**Test Chart for Plate Shearing Machines and Guillotines without Adjustability of Shear Blades for Parallelism** — No. 53

| Test to be Applied | Fig. No. | Permissible Error |
|---|---|---|
| Bearing surfaces of shear blades for parallelism: | 1 | mm. |
| Maximum deviation on total length of shear blade: | | |
| For machines with shearing capacity for sheets up to 10 mm. (approximately $\frac{13}{32}$ in.) thick | | 0·1 |
| With shearing capacity for sheets up to 30 mm. ($1\frac{1}{8}$ in.) thick | | 0·2 |
| With shearing capacity for sheets over 30 mm. thick | | 0·3 |
| Movement of upper shear blade parallel with bearing surface of the bottom shear blade (with crocodile shears measurement to be taken at extremity of largest lever arm) | 2 | 0·05 per 50 mm. |

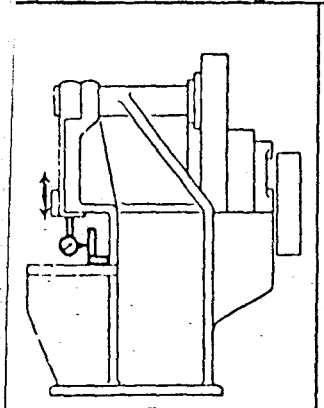


Fig. 1

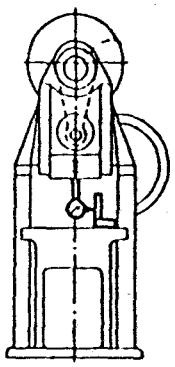


Fig. 2

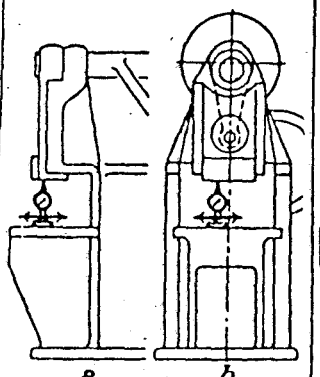



Fig. 3

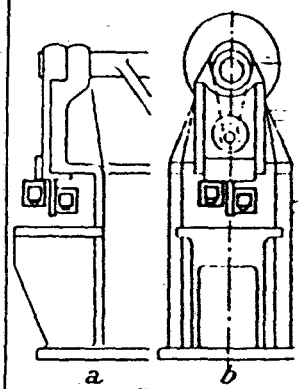



Fig. 4

**Test Chart for Slotting Machines** — No. 44 Chart 3

| Test to be Applied | Fig. No. | Permissible Error |
|---|---|---|
| T-slots parallel with transverse motion of table in the zero-position of table locked by index pin (for machines with indexing table) | 6 | mm. 0·02 per 300 mm. |
| T-slots parallel with long. motion of table in the 90-deg. position of table locked by index pin (for machines with indexing table) | 7 | 0·02 per 300 mm. |

**Test Chart for Open-Fronted Power Presses and Punching Machines** — No. 51

| Test to be Applied | Fig. No. | Permissible Error |
|---|---|---|
| Movement of ram or slide square with table in plane through centre of frame (inclined inwards at lower end) | 1 | mm. |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0 to 0·05 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0 to 0·07 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0 to 0·10 per 300 mm. |
| Ditto, in plane perpendicular to plane through centre of frame | 2 | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·1 per 300 mm. |
| Bottom surface of ram parallel with table in plane through centre of frame (inclined downwards at outer end) | 3a | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity .. .. | | 0 to 0·05 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0 to 0·07 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0 to 0·10 per 300 mm. |
| Bottom surface of ram parallel with table in plane perpendicular to plane through centre of machine: | 3b | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity .. .. .. | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·1 per 300 mm. |
| Hole receiving punch square with bottom surface of ram in plane through centre of frame: | 4a | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·1 per 300 mm. |
| Ditto, in plane perpendicular to plane through centre of machine: | 4b | |
| For machines up to 50 tons maximum pressure capacity .. .. | | 0·03 per 300 mm. |
| From 50 to 250 tons maximum pressure capacity | | 0·05 per 300 mm. |
| Over 250 tons maximum pressure capacity | | 0·1 per 300 mm. |

**Working Accuracy of Slotting Machines** — Fig. No. 8

Steel block according to sketch about 100 mm. (4 in.) dia. Plane surfaces A-B-C-D about 50 mm. (2 in.) wide. Cylindrical surfaces remainder.

| METHODS | | Gauges | *Tolerances:* Stroke of Machine: Less than 350 mm. (14 in.) | From 380 mm. (15 in.) to 700 mm. (28 in.) | Over 700 mm. (28 in.) |
|---|---|---|---|---|---|
| Surface A and B made by longitudinal movement of table | A and B, C and D must be parallel | Micrometer | 0·04 mm. per 300 mm. | 0·06 mm. per 300 mm. | 0·08 mm. per 300 mm. |
| Surfaces C and D made by transverse movement of table | A, B and C, D, must be perpendicular | Square and slip gauges | 0·025 mm. per 300 mm. | 0·04 mm. per 300 mm. | 0·05 mm. per 300 mm. |
| Surfaces EEEE made by circular movement of table | Difference between any two diameters of cylinder E | Micrometer | 0·04 mm. | 0·06 mm. | 0·08 mm. |
| | All surfaces perpendicular to base of block | Square | 0·025 mm. per 300 mm. | 0·04 mm. per 300 mm. | 0·05 mm. per 300 mm. |

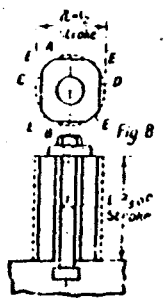


Fig 8