

RSM  
621.894

Sap  
F-1  
2009

Tugas Akhir ( Manufaktur ) - RM 0502

**RANCANG BANGUN PUNCH DAN DIES  
PEMBUAT FIN KONDENSOR AC BERDIAMETER  
LUBANG 10 MM MENGGUNAKAN METODE  
PROGRESSIVE DIES**

HENDRA PURNA SAPUTRA  
NRP : 2104 030 034

Dosen Pembimbing  
Ir. Winarto, DEA

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	11-8-2009
Terima Dari	H
No. Induk	934



Final Project ( Manufacture ) - RM 0502

**DESIGN TO BUILD OF PUNCH AND DIES  
MAKER AC CONDENSER FIN HAVING HOLE  
DIAMETER 10 MM USING PROGRESSIVE DIES  
METHODE**

**HENDRA PURNA SAPUTRA**  
NRP : 2104 030 034

Academic Supervisor  
Ir. Winarto, DEA

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2009

## RANCANG BANGUN PUNCH DAN DIES PEMBUAT FIN KONDENSOR AC BERDIAMATER LUBANG 10 mm MENGUNAKAN METODE PROGRESSIVE DIES

Nama Mahasiswa : Hendra Purna Saputra  
NRP : 2104 030 034  
Program Studi : D3 Teknik Mesin FTI – ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Winarto, DEA

### Abstrak

*Fin kondensor digunakan sebagai alat penukar panas yang terpasang pada pipa kondensor. Selama produksinya seringkali dapat ditemukan banyak cacat, sehingga pada gilirannya dapat mengurangi produktivitasnya dan meningkatkan biaya produksi. Oleh karena itu untuk memecahkan masalah ini, dirancang dan dibuatlah alat baru jenis progressive dies.*

*Pembuatan fin kondensor dilakukan dengan proses piercing dan collar drawing pada cetakan jenis progressive dies. Pelat aluminium dengan tebal 0,2 mm digunakan sebagai raw material dari fin kondensor. Proses pembuatannya terdiri atas beberapa tahapan secara manual, penentuan besarnya die clearance, gaya collar drawing, gaya piercing, dimensi punch, dies, dan bottom plate.*

*Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa pembuatan fin kondensor menggunakan progressive dies dibutuhkan gaya masing – masing sebesar 47,732 kgf dan 33,365 kgf untuk gaya piercing dan gaya collar drawing. Panjang punch masing – masing adalah 71,649 mm untuk proses piercing dan 112,31 mm untuk proses collar drawing. Ketebalan bottom plate dan dies masing – masing adalah 10 mm dan 12 mm*

*Kata kunci : fin kondensor, progressive dies, collar drawing*

## DESIGN TO BUILD OF PUNCH AND DIES MAKER AC CONDENSER FIN HAVING HOLE DIAMETER 10 mm USING PROGRESSIVE DIES METHODE

Student Name : Hendra Purna Saputra  
NRP : 2104 030 034  
Study Program : D3 Mechanical Eng. FTI-ITS  
Academic Supervisor : Ir. Winarto, DEA

### Abstract

*Condenser fin is used as heat exchanger which is fitted on condenser pipes. during its production , defects can often be found, thus in turn reduce its productivity and increase the production cost. in order to solve this problem, a new progressive dies has been designed and engineered.*

*The production of the condenser fin is carried out by piercing and collar drawing processes on progressive dies. aluminium sheet 0,2 mm thick is used as raw material of condenser fin. the design and engineering process comprises of some steps, manually, the determination of die clearance, collar drawing force, piercing force, dimensions of punch, dies and bottom plate.*

*Based on the analysis that has been done, the result show that the production of the condenser fin using progressive dies needs 47,732 kgf and 33,365 kgf piercing force and collar drawing force respectively. The length of the punches are 71,649 mm for piercing process and 112,31 mm for collar drawing process. while the clearance are 0,07 mm/side for piercing and 0.23 mm/side for collar drawing process. The thickness of the bottom plate and the dies is 10 mm and 12 mm respectively.*

*Key Words : condenser fin, progressive dies, collar drawing,*

**RANCANG BANGUN PUNCH DAN DIES  
PEMBUAT FIN KONDENSOR AC  
BERDIAMETER LUBANG 10 MM  
MENGUNAKAN METODE PROGRESSIVE  
DIES.**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Bidang Studi Teknik Produksi  
Program Studi D3 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HENDRA PURNA SAPUTRA  
NRP. 2104 030 034**



**SURABAYA  
AGUSTUS, 2009**

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penyusunan laporan tugas akhir yang berjudul :

**“ RANCANG BANGUN PUNCH DAN DIES  
PEMBAUT FIN KONDENSOR AC BERDIAMETER  
LUBANG 10 MM MENGGUNAKAN METODE  
PROGRESSIVE DIES”**

dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS untuk bisa dinyatakan lulus. Dalam rangka tersebut maka disusunlah tugas akhir ini. Selain itu, tugas akhir ini juga merupakan suatu bukti yang dapat diberikan kepada almamater dan masyarakat untuk kehidupan sehari-hari.

Banyak pihak yang telah membantu dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir ini oleh karena itu pada kesempatan ini disampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Winarto, DEA selaku Pembimbing Tugas Akhir , serta Ir. Nur Husodo, MSc, yang sedikitpun tidak pernah berhenti memberikan bimbingan, dukungan dan saran, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Dr. Ir. Bambang Sampurno, MT selaku Koordinator Tugas Akhir D3 Teknik Mesin FTI – ITS yang selalu memfasilitasi semua hal yang berkaitan dengan terselenggaranya sidang TA.
3. Bapak Ir. Suharyanto, MSc selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin FTI – ITS.
4. Spesial untuk Ibu tercinta dan Ayahanda (Alm) beserta kakak yang tidak pernah berhenti mendukung serta

mendoakan selama dalam masa pengerjaan Tugas Akhir ini.

5. Bapak dan ibu dosen serta seluruh karyawan Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS yang telah banyak membantu selama perkuliahan.
6. All Manufacture Crew D3 Teknik Mesin FTI – ITS khususnya dan teman – teman Mahasiswa D3 Teknik Mesin FTI – ITS pada umumnya yang telah banyak membantu dan memberikan banyak warna dalam perjalanan hidup penulis selama menimba ilmu di "Kampus Perjuangan" ini.
7. Spesial selalu buat separuh jiwaku Poppy Mustikasari yang selalu memberiku motivasi untuk terus berjuang dan tetap semangat dalam hidup yang penulis jalani, serta tetap setia mendoakan hingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
8. Semua pihak yang namanya tidak tercantum di atas yang banyak membantu kelancaran penyelesaian Tugas Akhir ini.

Kekurangan atau ketidaksempurnaan tentu masih ada namun bukan sesuatu yang disengaja, hal tersebut semata-mata disebabkan karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca. Terima kasih.

Surabaya, Juli 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Abstrak .....	iii
Abstract .....	iv
Lembar Pengesahan .....	v
Kata Pengantar .....	vi
Daftar Isi .....	viii
Daftar Gambar .....	x
Daftar Tabel.....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Tinjauan Umum .....	5
2.2. Uji Tarik .....	5
2.3. Perkakas Tekan .....	9
2.3.1 Klasifikasi Perkakas Tekan.....	9
2.3.2 Bagian – Bagian Dari Press Tool.....	16
2.4. Pemilihan Material Punch dan Dies .....	25
2.5. Proses Perubahan Bentuk Plat. ....	26
2.6. Perencanaan Besar Clearance .....	29
2.7. Radius Punch dan Dies.....	31
2.8. Gaya Pemotongan.....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1. Material dan Produk .....	36
3.2. Tahapan Proses .....	37



<b>BAB IV HASIL DAN PERHITUNGAN .....</b>	<b>41</b>
4.1. Hasil Uji Tarik .....	41
4.1.1. Pengolahan Data Diagram P- $\Delta$ L .....	42
4.1.2. Tegangan-Regangan Sebenarnya .....	46
4.1.3. Persamaan Tegangan Alir.....	50
4.2. Strip Lay Out .....	53
4.3. Perencanaan .....	55
4.3.1. Proses Yang Terjadi .....	55
4.3.2. Perhitungan Gaya Yang Terjadi .....	59
4.3.3. Perencanaan Perkakas Tekan .....	61
4.4. Pembuatan Perkakas Tekan .....	72
4.5. Perakitan .....	73
4.6. Pengujian Perkakas Tekan .....	73
4.6.1. Prosedur Pengujian.....	74
4.6.2. Data Hasil Pengujian.....	74
4.6.3. Evaluasi Hasil Pengujian.....	74
4.6.4. Analisa Dan Pembahasan.....	75
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	 <b>77</b>
5.1. Kesimpulan .....	77
5.2. Saran .....	78
 <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	 <b>79</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spesimen uji Tarik.....	6
Gambar 2.2. Simple Dies.....	10
Gambar 2.3. Compound Dies.....	11
Gambar 2.4. Combination Dies.....	12
Gambar 2.5. Progressive Dies.....	12
Gambar 2.6. Piercing.....	14
Gambar 2.7. Bending.....	15
Gambar 2.8. Deep Drawing.....	16
Gambar 2.9. Ironing.....	17
Gambar 2.10 Collar Drawing.....	18
Gambar 2.11 Tahapan Perubahan Bentuk.....	28
Gambar 2.12. Pengaruh Clearance.....	31
Gambar 3.1. Diagram Alir.....	33
Gambar 3.2. Material uji Tarik.....	35
Gambar 3.3. Rancangan Produk.....	37
Gambar 3.4. Strip.....	38
Gambar 3.5. Kondisi Plat Setelah Piercing.....	38
Gambar 3.6. Urutan Proses.....	39
Gambar 4.1. Grafik Tegangan-Regangan Teknik.....	46
Gambar 4.2. Grafik Tegangan-Regangan Sebenarnya.....	49
Gambar 4.3. Grafik Tegangan-Regangan.....	50
Gambar 4.4. Grafik Log Tegangan-Regangan Sebenarnya.....	53
Gambar 4.5. Pengaturan Strip Lay Out.....	54
Gambar 4.6. Strip.....	55
Gambar 4.7. Proses pemotongan.....	56
Gambar 4.8. Kondisi Plat Setelah Piercing.....	56
Gambar 4.9. Proses Collar Drawing .....	57
Gambar 4.10. Kondisi Plat Setelah Collar Drawing .....	58
Gambar 4.11. Die.....	64
Gambar 4.12. Punch.....	69
Gambar 4.13. Stripper.....	70
Gambar 4.14. Bottom Plate.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2-1 Die Thickness per ton.....	22
Tabel 2-2 Factor of cutting edge.....	22
Tabel 2-3 Minimum Critical Area.....	22
Tabel 2-4 Ketebalan Umum Badan Die Block.....	23
Tabel 4-1 Data Hasil uji Tarik.....	41
Tabel 4-2 Hasil Pengolahan Diagram P- $\Delta L$ .....	45
Tabel 4-3 Tegangan-Regangan Teknik Rata-rata .....	47
Tabel 4-4 Data Tegangan-Regangan Sebenarnya.....	48
Tabel 4-5 Tegangan-Regangan Sebenarnya Rata-rata.....	49
Tabel 4-6 Log Tegangan-Regangan Sebenarnya.....	51
Tabel 4-7 Hasil Percobaan.....	74

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Dalam perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi saat ini kita telah banyak mengenal berbagai macam mesin baik dalam industri kecil maupun industri besar. Berjalan searah dengan perkembangan teknologi, maka persaingan di berbagai bidang pun semakin ketat. Sebagai contoh bidang industri dalam menghasilkan produknya harus tetap memperhatikan faktor-faktor seperti produktivitas, kualitas, dan ekonomis dalam berproduksi, sehingga industri tersebut mampu bertahan di tengah persaingan yang semakin ketat ini. Dalam hal ini peranan mesin – mesin industri baik yang konvensional maupun non-konvensional sangatlah besar dalam usaha tersebut.

#### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Salah satu produk yang dihasilkan oleh industri manufaktur adalah fin kondensor AC. Pada alat (press mekanik) yang sudah ada di dalam industri pembuatan fin AC yaitu dengan jenis compound dies hanya terdapat satu stasiun kerja, hingga kesulitan untuk mengatur jarak antara satu lubang dengan lubang lainnya. Selain itu masih sering dijumpai cacat pada produknya, yaitu terjadinya burr pada plat ketika dilakukan proses pemotongan (piercing) pada produknya, hal ini dimungkinkan kurang memperhitungkan sifat mekanik bahan serta dimensi dari alat pembentukannya.

Selama ini industri kecil manufaktur masih banyak yang menggunakan perkakas tekan, dimana dalam satu stasiun kerja hanya terdapat satu proses pengerjaan. Jika hal itu dilakukan maka akan cukup banyak biaya produksi yang dikeluarkan karena biaya pembuatan perkakas tekan retif mahal. Dengan mahalnya biaya pengadaan perkakas tekan bisa berpengaruh terhadap harga jual produk per unitnya.

Faktor lain yang melatar belakangi pembuatan alat dengan metode progressive ini adalah masih timbulnya kerutan

(wrinkle) pada alat yang dibuat oleh industri kecil dengan metode compound dies.

Oleh karena itu direncanakan perkakas tekan jenis progressive dies untuk membuat produk berupa fin kondensor AC.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah tersebut diatas, maka kami merencanakan dan mewujudkan alat berupa perkakas tekan jenis progressive dies, dimana untuk mewujudkannya dibutuhkan beberapa perencanaan, yaitu :

- a. Bagaimana merencanakan punch dan dies serta komponen yang menunjang dalam proses pembentukan.
- b. Bagaimana menentukan clearance antara punch dan dies, karena besarnya clearance sangat berpengaruh terhadap hasil pembentukan.
- c. Bagaimana merencanakan komponen yang saling menunjang, direncanakan seefisien mungkin agar dies yang dibuat tidak terlalu mahal

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam melakukan penelitian sebuah kasus, tentunya masalah yang dianalisa harus ada batasannya. Hal ini untuk mencegah agar masalah tidak melebar. Sehingga kami membatasi ruang lingkup masalah adalah sebagai berikut :

- a. Material yang digunakan adalah plat aluminium yang ada di pasaran umum dengan tebal 0,2 mm.
- b. Tidak membahas dan menghitung kekuatan serta dimensi kerangka mesin.
- c. Pada uji tarik, material dianggap homogen.
- d. Penggunaan baut, mur, karet dan las-lasan pada bagian – bagian perkakas tekan diasumsikan aman (tidak dilakukan perhitungan).
- e. Kondisi kerja mesin dalam keadaan baik diasumsikan sama seperti saat percobaan / pengujian.

- f. Perhitungan hanya mencakup perencanaan konstruksi perkakas tekan.

#### **1.4. Tujuan**

Tujuan dari perencanaan dan pembuatan alat ini adalah :

- a. Merencanakan alat yang sederhana serta berkualitas baik.
- b. Memperpendek proses produksi dari peralatan yang sudah ada sebelumnya sehingga mampu meningkatkan produktivitas.
- c. Menjajaki kemungkinan dikembangkannya perkakas tekan jenis progressive dies untuk pembuatan produk fin AC oleh industri kecil.

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memuat gambaran singkat tentang : Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Tugas Akhir dan Sistematika Penulisan.

##### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini menjelaskan beberapa teori penunjang yang di ambil dari buku-buku panduan (referensi), yang nantinya akan dijadikan acuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

##### **BAB III METODOLOGI**

Bab ini menjelaskan tentang rencana – rencana pembuatan perkakas tekan, tinjauan produk dan urutan proses pembuatan produk.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan diuraikan data hasil uji tarik beserta pengolahan data uji tarik tersebut juga akan dibahas mengenai perencanaan dan pembuatan punch dan dies, serta analisa dan evaluasi hasil pengujian.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari semua pokok bahasan dalam tugas akhir, yaitu hasil akhir dari perencanaan perkakas tekan jenis progressive dies untuk pembuatan fin AC

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Tinjauan umum**

Press tool secara garis besar terdiri dari punch dan die yang direncanakan untuk pengerjaan tertentu. Punch adalah bagian dari tool yang berhubungan dengan ram dari mesin press dan dapat ditekan masuk kedalam die cavity. Die adalah bagian yang diam. Die cavity berfungsi untuk melakukan pemotongan dengan cara menekan punch ke lubang die tersebut, keduanya harus memenuhi kelurusan sempurna untuk kelangsungan proses.

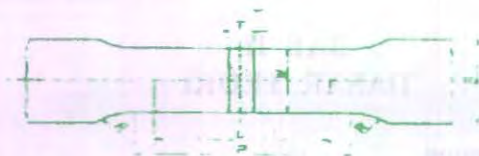
Dalam merencanakan press tool ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan agar pembuatannya dapat dipergunakan dengan baik dan efisien. Adapun langkah-langkahnya adalah :

- a. Melakukan pengamatan terhadap bentuk dan geometri benda kerja, karena dari sini dapat ditentukan proses yang dibutuhkan .
- b. Melakukan pengujian tarik terhadap material produk, sehingga dapat diketahui sifat mekanisnya.
- c. Mengetahui sifat-sifat mekanis material perkakas.

#### **2.2. Uji Tarik**

Pada umumnya spesimen uji tarik dibuat dengan bentuk dan ukuran yang distandarkan, misalnya ASTM, JIS, atau yang lainnya. Sebagai contoh gambar pada bab ini ditunjukkan spesimen plat menurut standar JIS.





Units: mm

Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T
25	50	approx. 60	15 min.	Thickness of materials

Remark: In the case of applying this test piece to steel sheets not more than 3 mm thick, the radius R of fillet shall be 20 to 30 mm, and the width B of gripped ends shall be 30 mm or over.

Gambar 2.1 Spesimen uji tarik menurut JIS [JIS Handbook, 1986; hal.72]

Uji tarik dilakukan dengan menggerakkan balok palang mesin uji (crosshead) dengan kecepatan konstan. Kurva yang langsung diperoleh dari mesin uji menyatakan hubungan antara gaya tarik dengan perubahan panjang.

Diagram yang menggambarkan hubungan antara tegangan teknik terhadap regangan teknik akan sebangun dengan diagram gaya tarik terhadap perubahan panjang. Kesebangunan ini disebabkan oleh karena tegangan teknik didapat dari gaya tarik dibagi dengan panjang mula-mula. Kedua pembagi atau penyebut adalah konstanta suatu spesimen.

Uji tarik biasanya menghasilkan data material sebagai berikut:

⇒ Tegangan luluh (Yield Stress)

Yaitu tegangan di mana material uji bertambah panjang tanpa kembali ke panjang semula bila beban dihilangkan. Pada titik ini merupakan batas antara daerah elastis dengan daerah plastis.

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_0} \quad (2-1)$$

(Ref. 5, hal. 39)

Dimana :  $\sigma_y$  = Tegangan luluh material ( kgf/mm<sup>2</sup> ).  
 $P_y$  = Beban tarik yield ( kgf ).  
 $A_0$  = Luas penampang awal ( mm<sup>2</sup> ).

⇒ Kekuatan tarik ( Tensile Strength )

Yaitu kemampuan bahan untuk menahan beban atau tegangan tanpa terjadi rusak atau putus. Besarnya kemampuan tersebut dapat diketahui dengan tegangan maksimum sebelum patah dan dinyatakan dengan simbol  $\sigma_u$ . Dalam perhitungan teknik, kekuatan tarik merupakan data penting yang dipakai sebagai dasar perhitungan yang diperoleh dari pengujian tarik.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \quad (2-2)$$

( Ref. 5, hal, 84 )

Dimana :  $\sigma_u$  = Kekuatan tarik maksimum (kgf/mm<sup>2</sup>).  
 $F_u$  = Gaya tarik maksimum ( kgf ).

⇒ Perpanjangan ( Elongation )

Yaitu prosentase pertambahan panjang maksimum, dimana besarnya :

$$\varepsilon = \left( \frac{L_1 - L_0}{L_0} \right) \times 100 \% \quad (2-3)$$

( Ref. 5, hal, 39 )

Dimana :  $\varepsilon$  = Elongation ( % ).

$L_1$  = Panjang spesimen setelah pengujian (mm).

$L_0$  = Panjang spesimen awal ( mm ).

⇒ Reduksi luas penampang

Yaitu pengecilan penampang specimen uji, yang besarnya :

$$q = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \quad (2-4)$$

( Ref. 5, hal. 43 )

Reduksi luas penampang merupakan salah satu ukuran sifat keuletan suatu bahan dimana pada umumnya material mempunyai harga reduksi penampang antara 20 - 90 %.

⇒ Modulus elastisitas

Merupakan ukuran kekakuan suatu bahan dimana semakin besar nilai modulus elastisitas, maka semakin kecil regangan elastis yang dihasilkan akibat adanya tegangan. Modulus elastisitas diperluakn Dalam perhitungan kekuatan lentur bahan dan anggota struktur yang lain yang tentunya merupakan data yang penting pula dalam perencanaan proses statu pengerjaan logam atua dalam pembuatan statu produk. Nilai Modulus Elastisitas dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2-5)$$

( Ref. 5, hal, 39 )

Dimana : E = Modulus elastisitas

$\varepsilon$  = Regangan ( % ).

$\sigma$  = Tegangan (  $\text{kgf/mm}^2$  ).

⇒ Tegangan Alir

Dari beberapa uji tarik berbagai logam / paduan tampak ada hubungan linier antara tegangan sebenarnya dan regangan sebenarnya. Persamaan berikut ini menjelaskan sifat aliran material akibat bekerjanya gaya luar.

$$\sigma_f = K \cdot \varepsilon^n \quad (2-6)$$

di mana :  $\sigma_f$  = Tegangan Alir

K = Koefisien kekakuan

$\varepsilon^n$  = Eksponen pengerasan regang

⇒ Utilitas

Pengertian utilitas adalah perbandingan antara luasan total material yang terpotong dengan luasan material yang tidak terpotong, digunakan untuk pemakaian dan pengaturan stock strip agar lebih ekonomis. Maka utilitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Um = \frac{Ab}{Am} \times 100\% \quad (2-7)$$

Di mana :

Um = Utilitas (%)

Ab = Luasan total blank ( mm<sup>2</sup> )

Am = Luasan material sebelum terpotong ( mm<sup>2</sup> )

### 2.3. Perkakas Tekan

Dalam perencanaan perkakas tekan (press tool) ini ada dua bagian yang saling mendukung dan tidak akan mungkin ditiadakan, baik salah satunya ataupun keduanya, sebab dua bagian ini memegang peranan dalam pemotongan maupun pembentukan sebuah bentuk produk, kedua bagian ini yaitu punch yang berada di bagian atas dan yang bagian bawah disebut die, sedang plat yang akan diporses bergerak diantara bagian ini.

Punch akan bergerak turun menekan plat sedang die tidak bergerak tetapi hanya berfungsi sebagai landasan. Begitu pula dapat terjadi sebaliknya yaitu die bergerak naik atau punch bergerak turun.

#### 2.3.1. Klasikasi Perkakas Tekan

Klasifikasi perkakas tekan ditinjau dari prosesnya dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

A. Proses kerjanya.

B. Proses pembentukannya.

### A. Proses kerjanya

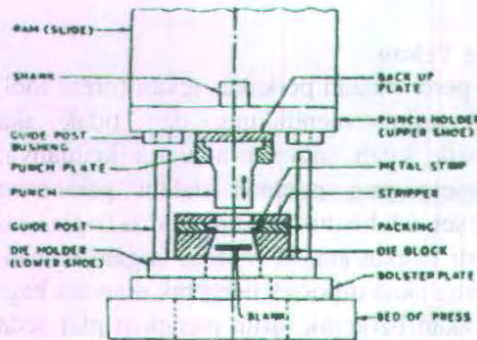
Perkakas tekan (Press tool) ditinjau dari proses kerjanya dapat dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu :

- **Simple dies**

Simple dies atau yang bisa disebut juga *Single Action Dies* merupakan jenis press tool yang dapat melakukan satu operasi pada satu stasiun kerja, jadi hanya membutuhkan satu kali langkah kerja dan dapat menghasilkan satu kali produk jadi.

Contoh penggunaannya :

1. Proses blanking saja tanpa disertai dengan proses lain.
2. Proses piercing atau deep drawing saja.



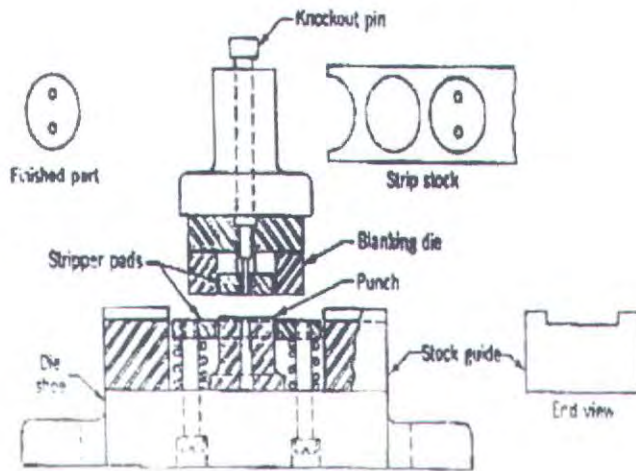
Gambar 2.2 Simple Dies

[ Ref. 11, hal. 72 ]

- **Compound Dies**

Compound dies adalah merupakan press tool di mana dapat mengkombinasikan antara satu atau lebih dari proses pengerjaan dalam satu operasi pada satu stasiun kerja yang mampu menghasilkan produk dengan ketelitian tinggi. Untuk kerja yang memerlukan lebih dari satu proses biasanya dilakukan kombinasi antara punch dan serta diesnya. Prosesnya kebanyakan

merupakan gabungan antara proses blanking dan proses piercing. Keterbatasan dari compound dies adalah untuk benda kerja yang rumit tidak selalu bisa dikerjakan serta kecepatan yang terbatas.

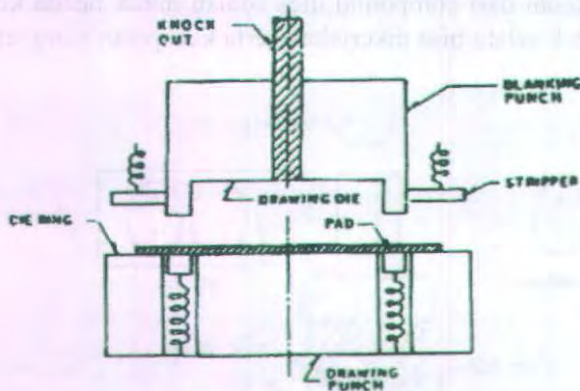


Gambar 2.3 Compound Dies  
[ Amstead, 1997 ; hal. 417 ]

- **Combination Dies**

Pada Combination Dies bisa juga terjadi lebih dari satu proses yang dilakukan pada satu stasiun kerja. Kombinasi proses yang sering dipakai dalam combination dies adalah kombinasi antara proses pemotongan ( blanking atau piercing ) dengan proses pembentukan ( drawing atau bending ).

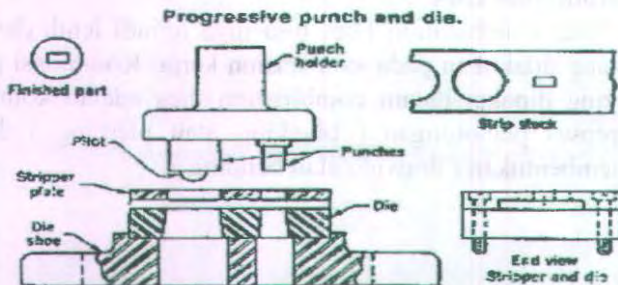




Gambar 2.4 Combination Dies [ Sharma, 1997 : hal. 77 ]

- **Progressive Dies**

Pada Progressive Die terdapat dua atau lebih kerja pemotongan sederhana yang dikombinasikan dalam satu perkakas tekan dan prosesnya merupakan proses yang berkelanjutan pada beberapa stasiun kerja serta dilakukan satu kali penekanan pada setiap stasiunnya, sehingga produk akan diselesaikan pada beberapa kali penekanan. Perencanaan Progressive Dies biasanya diawali dengan perencanaan tata letak proses (*strip lay out*).



Gambar 2.5 Progressive Dies [Sharma, 1997; hal.77]

STAMPING  
2TL

## **B. Proses Pembentukan**

Klasifikasi press tool menurut proses pembentukannya dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- Proses pemotongan / cutting tool
- Proses non pemotongan / non cutting tool

### • **Proses Pemotongan**

Proses pemotongan yaitu proses pemisahan material oleh dua mata pisau. Proses pemisahan ini tidak dapat dikatakan sebagai deformasi plastis maupun sebagai proses pemesinan. Pada saat terjadi kontak antara benda kerja dengan pisau, pada bagian yang sempit dari logam dalam daerah "clearance" akan mengalami deformasi plastis yang kemudian patah dekat permukaan kontak. Patahan ini akan menuju ke dalam logam yang kemudian bertemu di sekitar titik pusat tebal plat hingga terpisah dengan sempurna. Dalamnya penetrasi punch hingga logam terpisah tergantung dari sifat ulet (ductility) dari material. Proses ini merupakan proses umum dari operasi penekanan yang termasuk dalam proses pemotongan adalah blanking, piercing (punching), notching, parting, lancing, perforating, parting, dll. Akan tetapi dalam penulisan tugas akhir ini hanya akan dibahas tentang proses blanking dan piercing.

### **Blanking**

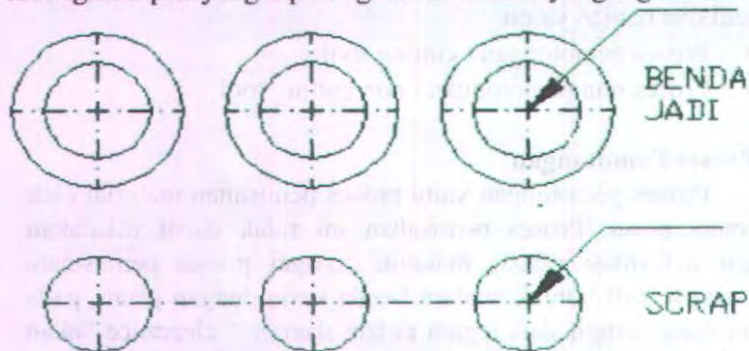
Blanking adalah proses pemotongan plat di mana bagian yang dipotong merupakan benda yang digunakan. Bentuk yang dimanfaatkan biasanya memerlukan proses lanjut selain blanking. Pada proses ini ada dua bagian yang penting yaitu scrap dan blank. Scrap merupakan sisa plat yang tidak digunakan dan blank bagian yang tidak digunakan.

### **Piercing**

Piercing adalah proses pemotongan plat yang berfungsi untuk melubangi benda kerja agar diperoleh bentuk yang diinginkan, proses ini merupakan kebalikan dari proses blanking.



Pada piercing yang dianggap sisa adalah hasil pemotongan, sedangkan plat yang dipotong adalah bentuk yang digunakan.



Gambar 2.6 Proses Piercing

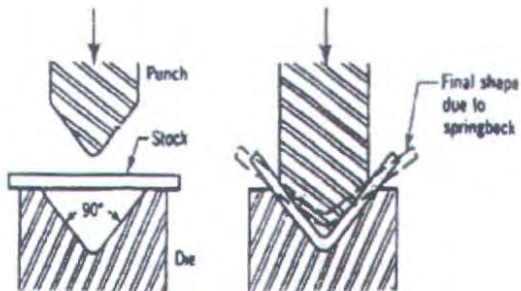
- **Non Cutting Tool**

Non cutting tool yaitu proses pembentukan benda kerja yang tidak mengalami proses pemotongan atau menghilangkan sebagian dari benda tersebut.

Yang termasuk proses non cutting tool adalah :

**Bending**

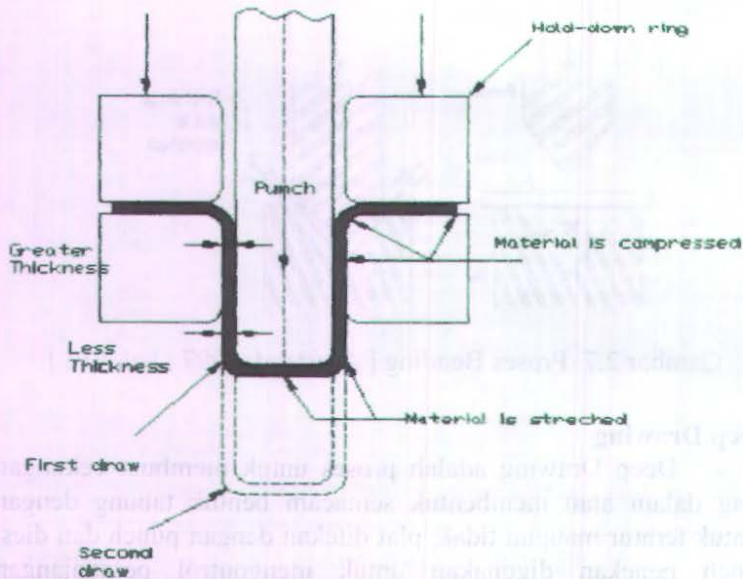
Bending adalah proses pembentukan atau pembengkokkan plat dengan hasil tekukan membentuk garis lurus (segaris). Pada waktu pembengkokkan plat yang dibebani gaya dari punch, akan membengkok secara elastis mengikuti bentuk dari punch dan diesnya. Mula-mula plat akan mendapatkan beban secara elastis selanjutnya plat mendapat beban batas elastis dan perpanjangannya. Hal ini dimaksudkan bila gaya ditiadakan plat tidak akan kembali ke bentuk semula.



Gambar 2.7 Proses Bending [ Amstead, 1997 : hal. 412 ]

### Deep Drawing

Deep Drawing adalah proses untuk membuat cekungan yang dalam atau membentuk semacam bentuk tabung dengan bentuk teratur maupun tidak, plat ditekan dengan punch dan dies, punch penekan digunakan untuk mengontrol perpanjangan material hingga diperoleh dimensi atau kedalaman yang diinginkan. Produk yang dihasilkan berupa mangkok, tempat minum, peralatan dapur, dll. Variabel – variabel penting didalam deep drawing yaitu: sifat plat, drawing ratio, clearance antara punch dan die, radius punch, radius dies, gesekan, dan Limit Drawing Ratio (LDR).



Gambar 2.8 Proses Deep Drawing [ Kalpakjian, 1992 : hal. 482 ]

► **Drawing ratio**

Drawing ratio merupakan perbandingan antara diameter blank dengan diameter punch, sehingga :

$$\beta = \frac{D_o}{D_p} \quad (2-8)$$

( Ref. 5, hal. 412 )

di mana :

- $\beta$  = Drawing ratio
- $D_o$  = Diameter blank
- $D_p$  = Diameter punch

► **Gaya Deep Drawing**

Gaya deep drawing adalah gaya yang diperlukan untuk melakukan proses deep drawing dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$F_d = \pi \cdot D_p \cdot t_o \cdot (UTS) \left( \frac{D_o}{D_p} - 0,7 \right) \quad (2-9)$$

( Ref. 1, hal. 255 )

Dimana :

$F_d$  = Gaya Drawing (kgf)

$D_p$  = Diameter punch (mm)

$T_o$  = Tebal plat (mm)

$D_o$  = Diameter blank (mm)

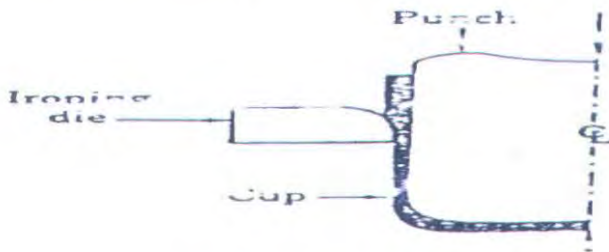
UTS = Ultimate Tensile Strenght (Kfg/mm<sup>2</sup>)

#### ► Deep Drawability

Dalam proses operasi deep drwing, secara umum kegagalan dihasilkan dari menipisnya dinding mangkok yang mengalami tegangan tarik berlebih ke arah longitudinal. Jika kita mengikuti pergerakan material kedalam rongga cetakan, kita dapat melihat bahan pelat logam seharusnya mampu mengalami pengurangan lebar dengan berkurangnya diameter. Secara umum kita mengekspresikan deep drawability dengan besarnya Limiting Drawing Ratio ( LDR ).

#### Ironing

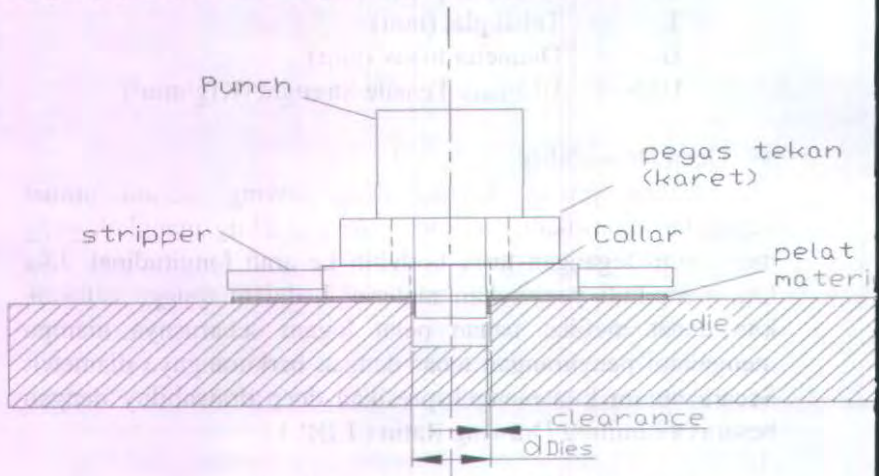
Proses dimana ketebalan mangkok ( hasil proses deep drawing ) berkurang secara merata dengan pengendalian besarnya celah.



Gambar 2.9 Proses Ironing

### Collar Drawing

Proses collar drawing merupakan proses pembentukan dari lubang hasil proses piercing dengan menekan punch ke dalam die sehingga mempunyai sebuah lubang dan akhirnya dapat terbentuk collar (kerah). Collar drawing nantinya digunakan untuk tempat penyambungan antara plat material dengan pipa, atau ulir sebagai tempat baut pengikat.



Gambar 2.10 Proses Collar Drawing

Proses yang dilakukan adalah Plat material ditempatkan diatas die, selanjutnya punch menekan ke bawah sampai plat masuk ke dalam rongga die hingga terbentuk menyerupai kerah (collar).

Plat diasumsikan mengalami penipisan penampang pada proses ini, dengan asumsi volume daerah sebelum dan sesudah pengerjaan tetap maka tebal plat sesudah proses adalah

$$t_1 = \frac{L_0}{L_1} \times t_0 \quad (2-10)$$

$L_0$  = Panjang awal plat

$L_1$  = Panjang plat setelah dibentuk

Ketinggian collar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$h = \frac{d_D - d_0}{2} \quad (2-11)$$

(Ref. 8, hal. 22-3)

Di mana :

$d_D$  = Diameter dies

$d_0$  = Diameter Punch / Piercing

Gaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses collar drawing ini dapat didekati dengan persamaan :

$$F_d = \frac{A_1}{\eta_{def}} \cdot \sigma_{fm} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \quad (2-12)$$

(Ref. 8, hal. 22-5)

Dimana :

$F_d$  = Gaya Collar Drawing ( kgf ).

$A_0$  = Luasan awal material (  $\text{mm}^2$  ) = 8,396  $\text{mm}^2$

$A_1$  = Luasan akhir material (  $\text{mm}^2$  ) = 6,72  $\text{mm}^2$

$\eta_{def}$  = Range 0,5 - 0,7 ( untuk aliran material uniform )

$\sigma_{fm}$  = Tegangan alir material ( kg/mm ).

### 2.3.2 Bagian - bagian Dari Press Tool

Dalam perencanaan press tool, komponen - komponennya cukup banyak, maka akan dibahas komponen - komponen yang paling utama, antara lain : punch, dies, back, bottom plate ( back up plate ), stripper, pillar, top plate, dan shank.

#### Punch

Punch adalah bagian dari perkakas tekan yang langsung berhubungan dengan material benda kerja dalam proses membuat suatu produk dengan menggunakan press tool. Di mana punch

berfungsi untuk memotong atau membentuk plat yang dikerjakan, yaitu sebagai penusuknya.

Dalam merencanakan punch harus berdasarkan beban maksimum yang dapat diterima oleh punch, besarnya beban yang dapat diterima oleh punch tergantung pada jenis operasi yang dilakukan, dan juga konstruksinya memungkinkan supaya mudah dilepas untuk dipertajam ujung potongnya atau dilakukan pergantian dengan punch yang baru. Bentuk dan dimensi punch dibuat berdasarkan bentuk dan dimensi dari produk. Bahan yang biasanya dipakai adalah baja chrom dengan kadar carbon tinggi yang dikeraskan

Untuk menentukan panjang punch dapat dihitung berdasarkan jenis bahan yang terjadi, yaitu bahan tekan yang besarnya sama dengan gaya potong atau pembentukan plat, sehingga panjang punch dapat dihitung dengan persamaan :

$$L_{maks} = \frac{\pi \cdot D_p}{8} \sqrt{\frac{E \cdot D_p}{S t}} \quad (2-13)$$

( Ref. 1, hal. 182 )

Dimana :

- $L_{maks}$  = Panjang Maksimum Punch (mm)
- $E$  = Modulus elastisitas bahan ( $\text{kgf/mm}^2$ )
- $S$  = Tegangan geser material ( $\text{kgf/mm}^2$ )
- $t$  = Tebal plat (mm)
- $D_p$  = Diamter punch (mm).

### Dies

Dies adalah pasangan punch baik untuk memotong atau membentuk pelat strip. Lubang dies akan menentukan bentuk dan ukuran sisi luar blank. Dimensi keseluruhan dies block ditentukan oleh tebal dinding minimum yang diperlukan untuk kekuatan dan jarak-jarak yang diperlukan untuk pemasangan baut-baut pengikat dan pin-pin penepat termasuk untuk pemasangan stripper bila digunakan stripper tetap. Ketebalan dinding yang diperlukan

untuk kekuatan tekan tergantung pada ketebalan plat yang akan dipotong.

Sudut-sudut tajam dari lubang dies sangat rawan terhadap terjadinya keretakan ketika proses panas, oleh karena itu memerlukan ketebalan dinding lebih besar. Setiap block atau bagian dies memerlukan dua pin penepat untuk ketepatan pemasangan dies. Penepatan pin sebaiknya dipasang pada jarak yang jauh satu sama lain, biasanya dipasang pada posisi diaogonal. Dua atau lebih baut pengikat diperlukan, tergantung ukuran yang diikat. Baut dan pin umumnya terletak sekitar satu setengah kali diameter dari sisi luar dies block atau sisi luar dies.

Untuk menentukan ketebalan dies dapat dilakukan perhitungan dengan rekomendasi Wilson langkah – langkahnya adalah sebagai berikut: ( Ref. 1, hal. 179-180 )

1. Untuk sementara Pilih ketebalan die dari tabel 2-1 berdasarkan pada material benda kerja
2. Setelah itu dilakukan koreksi sebagai berikut :
  - a). Tebal die pada tabel 2-1 adalah untuk die dengan keliling pemotongan tidak lebih dari 2 in, sehingga untuk die yang lebih besar die tersebut harus dikalikan dengan factor ekspansi ( tabel 2-2 ).
  - b). Die harus didukung oleh adanya die shoe atau bottom plate yang benar – benar datar sehingga ketebalan die dapat dikurangi menjadi 50 % dari tebal semula.
  - c). Pada perhitungan tebal die, *grinding allowance* harus ditambahkan. *Grinding allowance* yang direkomendasikan sebesar 0,1 – 0,2 in.
3. Jarak kritis antara ujung potong dengan sisi die harus ditentukan. Jarak kritis antara ujung potong dengan sisi die adalah 1,5 – 2 kali tebal die.
4. Sesuai tabel 2-3 perencanaan akan aman apabila tekanan impact maksimum pada die lebih besar daripada gaya yang bekerja pada die.



Tabel 2-1 Die Thickness per ton-of Pressure

Stock Thickness, in	Die Thickness, in	Stock Thickness, in	Die Thickness, in
0,01	0,03	0,06	0,15
0,02	0,06	0,07	0,165
0,03	0,085	0,08	0,18
0,04	0,11	0,09	0,19
0,05	0,13	0,1	0,20

Sumber : Fundamental of Tool Design, hal 180

Tabel 2-2 Factor of Cutting Edges Exceeding 2 in

Cutting per meter, in	Expansion Factor
2 - 3	1,25
3 - 6	1,5
6 - 12	1,75
12 - 20	2,00

Sumber : Fundamental of Tool Design, hal 180

Tabel 2-3 Minimum Critical area VS Impact Pressure

Impact Pressure	Area Between Die Opening Border, Sq.in
20	0,5
50	1,0
75	1,5
100	2,0

Sumber : Fundamental of Tool Design, hal 181

Selain menggunakan cara di atas, tebal minimum die juga dapat dicari dengan menggunakan tabel 2-4 dibawah ini berdasarkan pada panjang pemotongan, bahan die, dan tebal material benda kerja.

Tabel 2-4 Ketebalan Umum Badan Die Blok.

Panjang Pemotongan	Ketebalan Blok Die ( H ) mm					
	Sampai 150 mm		150 - 300 mm		300 - 600 mm	
Bahan Die	SK	SKS,SKD	SK	SKS,SKD	SK	SKS,SKD
Tebal Plat						
Sampai 0,8 mm	22	16	27	19	32	22
0,8 - 1,6	27	19	32	22	37	27
1,6 - 3,0	32	22	37	27	42	32
3,0 - 5,0	37	27	42	32	47	37
5,0 - 6,5	42	32	47	37	52	43
	47	37	52	42	57	47

Sumber : Seminar Pekerjaan Pres dan Dies untuk Proses Tank Dingin,hal 31

### Stripper

Setelah punch selesai melakukan proses, maka stock akan menempel pada punch dan ikut bergerak keatas. Ini disebabkan karena sepanjang proses pemotongan stock melekat pada punch akibat recovery elastis yang terjadi. Untuk mencegah hal ini digunakan stripper.

Tujuan lain dari penggunaan stripper adalah :

- i. Sebagai pengarah dan mempersempit ruang gerak plat .
- ii. Menjaga agar plat tetap berada diatas permukaan die setelah pekerjaan selesai.
- iii. Agar tidak terjadi pembengkokan pada plat ketika proses berlangsung.

Bentuk-bentuk dan stuktur stripper tersebut berkembang sesuai dengan keinginan perencana. Walaupun bentuk dan strukturnya berbeda tapi fungsinya sama. Besarnya gaya stripper



untuk mencegah supaya stock strip tidak ikut bergerak adalah 5-30% dari gaya potong.

Besar gaya stripping dipengaruhi oleh faktor-faktor :

- Gesekan bahan
- Kondisi ujung peralatan potong, semakin tajam maka gaya stripping makin kecil.
- Kondisi permukaan samping punch.
- Luas permukaan yang bersinggungan dengan punch.

Untuk menghitung gaya stripping dengan menggunakan persamaan :

$$F_s = 3500 \cdot L \cdot t \text{ (lbf)} \quad (2-14)$$

( Ref. 1, hal. 213 )

Dimana :

- $F_s$  = Gaya stripping (kfg)  
 $L$  = Keliling pemotongan (mm)  
 $t$  = Tebal plat yang dipotong (mm).

### Bottom Plate

Bottom plate berfungsi sebagai pendukung dies block dan juga sebagai tempat untuk mengikat dies pada mesin press. Karena sebagai pendukung dies, maka back up plate ini harus keras dan kuat serta mempunyai ketebalan yang cukup untuk menahan deformasi yang terjadi. Ukuran dari back up plate baik panjang maupun lebarnya dies block yang berfungsi sebagai tempat untuk clamping pada meja mesin press.

Tebal back up plate dapat dihitung dengan mengasumsikan sebagai plate datar yang dibebani merata pada permukaannya dan ditumpu pada ujung-ujungnya. Persamaan yang digunakan adalah :

$$t^3 = \frac{0,0284 \times q \times a^4}{E \times \delta (1,056 (a/b)^5 + 1)} \quad (2-15)$$

Dimana :

- $t$  = Tebal back up plate (mm)



- $q$  = Beban yang diterima back up plate ( $\text{kfg/mm}^2$ )  
 $b$  = Panjang plate yang ditumpu (mm)  
 $E$  = Modulus elastisitas bahan back up plate ( $\text{kfg/mm}^2$ )  
 $\delta$  = Defleksi yang diijinkan 0,001 inchi  
 = 0,0254 mm

### **Pillar**

Pillar berfungsi sebagai pengarah sekaligus penepat pasangan antara punch dan die sewaktu proses berlangsung untuk menghindari ketidaklurusan dari punch dan die tersebut. Bahan yang dipakai adalah baja perkakas atau baja karbon yang dikeraskan.

### **Top Plate**

Top plate untuk penyangga sekaligus tempat pemasangan punch, punch holder plate, pilot, bush, dan shank. Tetapi dalam mekanisme ini top plate hanya berfungsi sebagai penekan dan tempat pemasangan punch. Bahan dari top plate biasanya besi tuang atau baja lunak.

### **Shank**

Shank berfungsi untuk memegang bagian yang bergerak, diikatkan pada ram mesin press, bahan shank cukup dari baja lunak.

## **2.4 Pemilihan Material Punch dan Dies**

Dalam pembuatan punch dan dies kita perlu memperhitungkan jenis material yang akan kita gunakan untuk bahan punch dan die. Supaya tidak terjadi kerusakan maka baik punch dan die harus diusahakan agar tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijin material punch dan die. Besarnya tegangan ijin dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\text{a. Tegangan ijin tarik : } |\sigma_t| = \frac{|S_{yp}|}{N} \quad (2-16)$$

$$\text{b. Tegangan ijin geser : } |\sigma_s| = \frac{|S_{yps}|}{N} = \frac{|k_s \cdot S_{yp}|}{N}$$

$$\text{c. Tegangan ijin tekan : } |\tau_c| = \frac{|S_{ypc}|}{N} = \frac{|k_c \cdot S_{yp}|}{N}$$

( Ref. 4, hal. 306 -307 )

Dimana :  $S_{yp}$  = tegangan tarik material pada titik yield point.

$S_{ypc}$  = tegangan tekan material pada titik yield point.

$S_{yps}$  = tegangan geser material pada titik yield point

$K_c, K_s$  = Faktor konversi untuk tegangan tekan dan geser.

Persamaan – persamaan di atas adalah persamaan yang sering dipakai karena pada umumnya memang  $S_{yp}$  yang diketahui. Bila dalam uji material,  $S_{yp}$  tidak diketahui maka dapat memakai  $S_u$  ( Tegangan tarik maksimum ).

## 2.5 Proses Perubahan Bentuk Plat

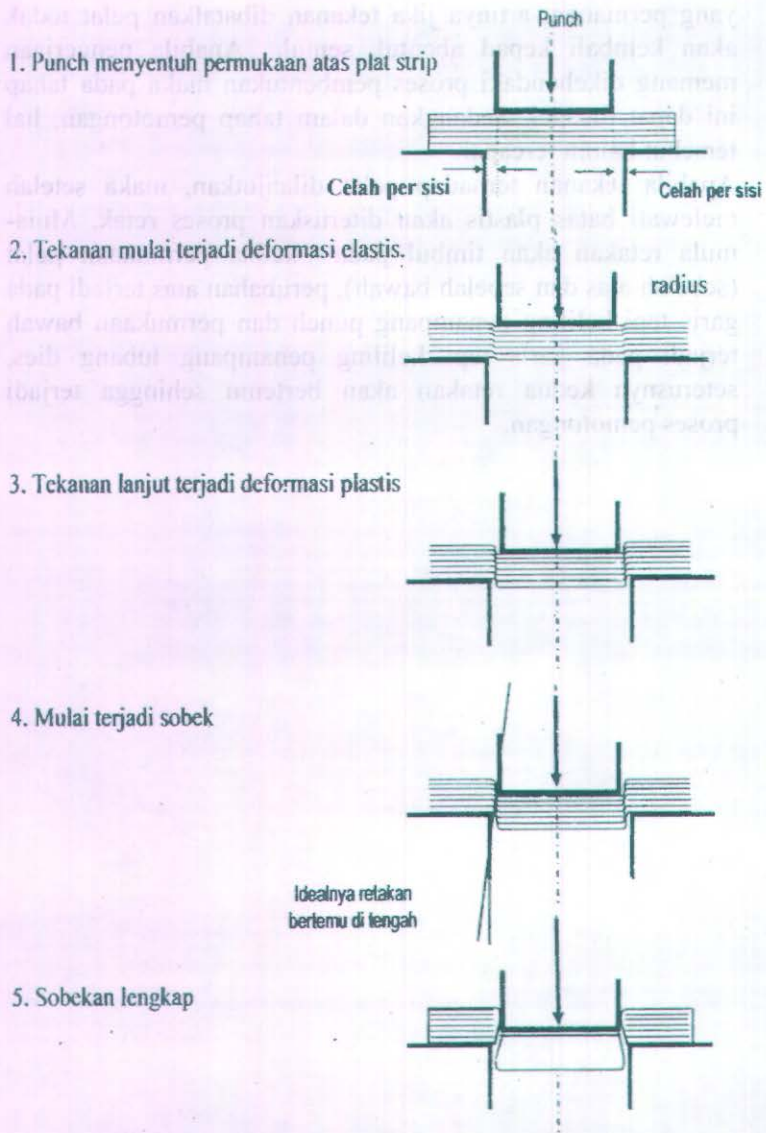
Dalam pengerjaan plat logam baik proses pemotongan ataupun pembentukan harus diperhatikan tahapan-tahapan perubahan yang berlangsung ketika proses. Ketika punch mulai menyentuh permukaan plat logam yang akan dipotong maka proses pemotongan mulai berlangsung.

Ada beberapa tahapan bentuk pelat logam yang harus diperhatikan, yaitu :

- Tekanan dalam bentuk elastisitas bahan akan mengakibatkan perubahan bentuk sementara pada pelat logam. Jika dibatalkan maka pelat akan kembali pada bentuk semula. Baik proses pemotongan maupun proses pembentukan belum tercapai dalam tahap ini.
- Tekanan melewati daerah elastis masuk kedalam daerah plastik. Pada daerah ini akan diperoleh perubahan bentuk

yang permanen, artinya jika tekanan dibatalkan pelat tidak akan kembali ke bentuk semula. Apabila pengerjaan memang dikehendaki proses pembentukan maka pada tahap ini dapat dicapai. Sedangkan dalam tahap pemotongan, hal tersebut belum tercapai.

- c. Apabila tekanan terhadap pelat dilanjutkan, maka setelah melewati batas plastis akan diteruskan proses retak. Mula-mula retakan akan timbul pada kedua permukaan pelat (sebelah atas dan sebelah bawah), perubahan atas terjadi pada garis tepi keliling penampang punch dan permukaan bawah terjadi pada garis tepi keliling penampang lubang dies, seterusnya kedua retakan akan bertemu sehingga terjadi proses pemotongan.



Gambar 2.11 Tahapan Perubahan Bentuk

## 2.6 Perencanaan Besar Clearence

Supaya proses pemotongan dapat berlangsung dengan baik, maka kedua peralatan potong (punch dan dies) harus diberi kelonggaran pemotongan (cutting clearance).

Tujuan dari pemotongan tersebut antara lain :

- Mengurangi gaya tekan mesin press yang digunakan untuk memotong alat yang dikerjakan.
- Membantu proses pengguntingan lebih halus.
- Mencegah kontak langsung antar ujung alat potong (punch dan lubang dies) yang dapat mengakibatkan benturan atau goresan antara keduanya.

Besar kelonggaran dinyatakan dalam kelonggaran tiap sisi (clearance perside) =  $C$ , yang besarnya tergantung pada kekuatan geser dan ketebalan yang akan dipotong yaitu, antara 5% sampai 8 % tebal pelat.

Untuk memotong pelat dari bahan keras dan juga lebih tebal diperlukan kelonggaran yang lebih besar, setidaknya untuk kelonggaran potong yang lebih baik, namun memerlukan gaya potong yang lebih besar.

Jika kita masih belum berpengalaman sebaiknya besar kelonggaran tiap sisi diambil batas terkecilnya, karena jika ternyata kurang besar akan mudah memperbesar daripada jika terlalu besar.

Untuk proses piercing :

$$C_p = c \cdot t \cdot \sqrt{\tau_{ut}} \quad (2-17)$$

Dimana :

- $C_p$  = Besarnya clearance per sisi (mm)  
 $t$  = tebal pelat (mm)  
 $\tau_{ut}$  = Ultimate Tensile Strength (kgf/mm<sup>2</sup>)  
 $c$  = Konstanta  
 = 0,005 untuk pekerjaan presisi  
 = 0,01 untuk pekerjaan presisi sedang  
 = 0,05 untuk pekerjaan presisi rendah



Besarnya kelonggaran potong yang dibuat pada pasangan peralatan potong berpengaruh pada hasil potongannya.

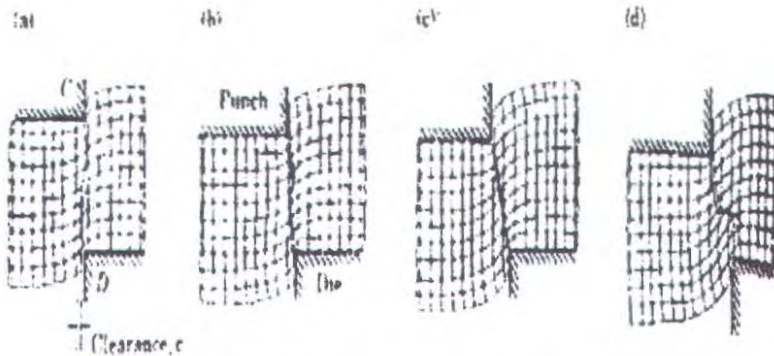
Jika kelonggaran potong (clearance) terlalu kecil akan mengakibatkan :

1. Radius R lebih kecil jika dibandingkan dengan pemberian kelonggaran potong yang benar.
2. geseran ganda terbentuk pada sisi blank.
3. Sudut retakan B lebih kecil dibandingkan dengan kelonggaran yang benar,
4. Diperlukan tekanan yang lebih besar untuk pembuatan blank.

Jika kelonggaran potong (clearance) terlalu besar akan mengakibatkan :

1. Radius R lebih besar dibandingkan hasil kelonggaran potong yang benar.
2. Geseran D lebih sempit.
3. Sudut retakan B lebih besar.
4. Terbentuk duri-duri C pada sisi bawah blank.

Jika kelonggaran potong (clearance) tidak merata, dalam arti tidak sama untuk seluruh keliling peralatan potong. Seperti halnya dengan tidak konsentrisnya antara punch dan dies dengan penampang bulat, maka berarti pada satu sisi besar kelonggaran potong terlalu kecil dan pada sisi yang lain terlalu besar. Oleh karenanya hal tersebut akan mengakibatkan peralatan potong rusak lebih cepat karena gaya potong untuk sepanjang garis potong tidak sama.



Gambar 2.12 Pengaruh clearance pada proses shearing  
(Kalpakjian, 1992 : 458).

Sedangkan untuk proses collar drawing, clearance dapat dihitung dengan persamaan :

$$U_d = S_0 + 0,02 \sqrt{10 \cdot S_0} \quad \text{untuk aluminium sheet.}$$

$$U_d = S_0 + 0,07 \sqrt{10 \cdot S_0} \quad \text{untuk steel sheet.} \quad (2-18)$$

$$U_d = S_0 + 0,04 \sqrt{10 \cdot S_0} \quad \text{untuk nonferrous metal lainnya.}$$

$$U_d = S_0 + 0,2 \sqrt{10 \cdot S_0} \quad \text{untuk high temp. alloy.}$$

Dimana :

$U_d$  = Clearance (mm).

$S_0$  = Tebal plat (mm).

## 2.7 Radius Punch dan Dies

Radius punch dan dies berfungsi agar tidak terjadi kerusakan pada material saat material di dorong masuk kedalam cetakan. Jika radius punch dan dies terlalu besar maka material akan dengan mudah masuk kedalam cetakan dan dapat mengakibatkan pengkerutan (wringkle) sedangkan bila radius punch dan dies terlalu kecil maka akan mengakibatkan

pengurangan ketebalan serta goresan pada material. Dasar untuk menentukan radius punch dan dies yang sesuai adalah dengan persamaan :

Untuk diameter dies

$$\begin{aligned} R_d &= 4 - 6t && \text{untuk } t \leq 2 \text{ mm (0,80 in) (2-19)} \\ R_d &= 2-3 && \text{untuk } t > 2 \text{ mm (0,80 in)} \\ R_d &= 0,1 d_c && \text{untuk diameter kecil (d1 < 5 t)} \end{aligned}$$

Untuk diameter punch

$$\begin{aligned} 0,25 - 4 \text{ in} &&& R_p = (3-4) t && (2-20) \\ 4 - 8 \text{ Rp} &&& R_p = (4 - 5) t \\ \text{Lebih dari 8 in} &&& R_p = (5 - 7) \end{aligned}$$

Dimana :

$R_d$  = Radius Die (mm)

$R_p$  = Radius punch (mm)

$T$  = Tebal plat (mm)

( Ref. 2, hal. 9-51 )

## 2.8 Gaya Pemotongan

Gaya yang bekerja pada punch adalah gaya akibat pemotongan atau pembentukan plat strip yang dikerjakan. Agar pemotongan mendapatkan hasil yang baik maka faktor yang penting adalah menentukan gaya pemotongan dan besar clearance, maka besarnya gaya yang dibutuhkan adalah:

$$F_s = \pi.D.ts.t \quad (2-21)$$

( Ref.1, hal. 176 )

Dimana :

$F_s$  = Gaya potong (kfg)

$D$  = Diameter Blank (mm)

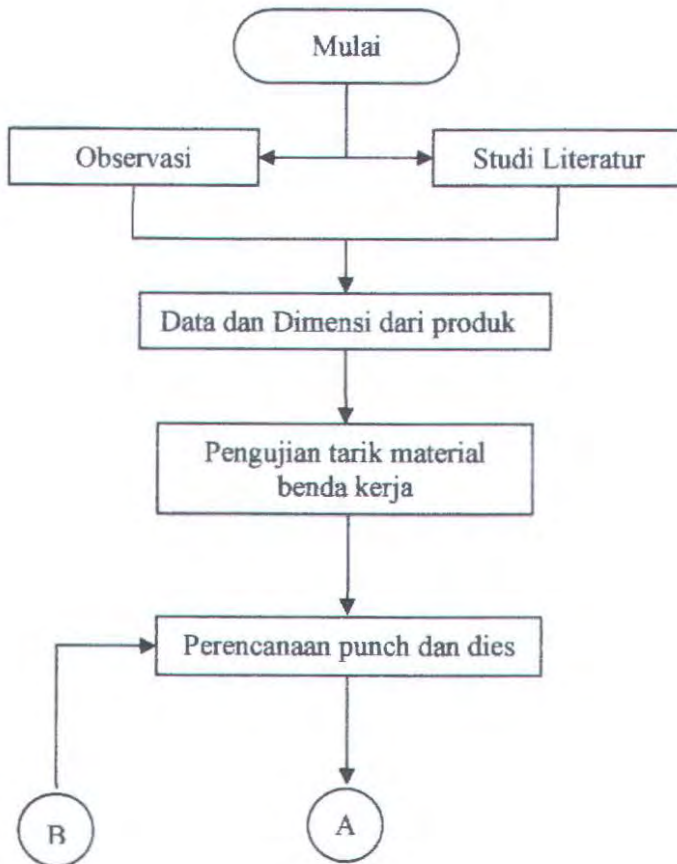
$t$  = Tebal material

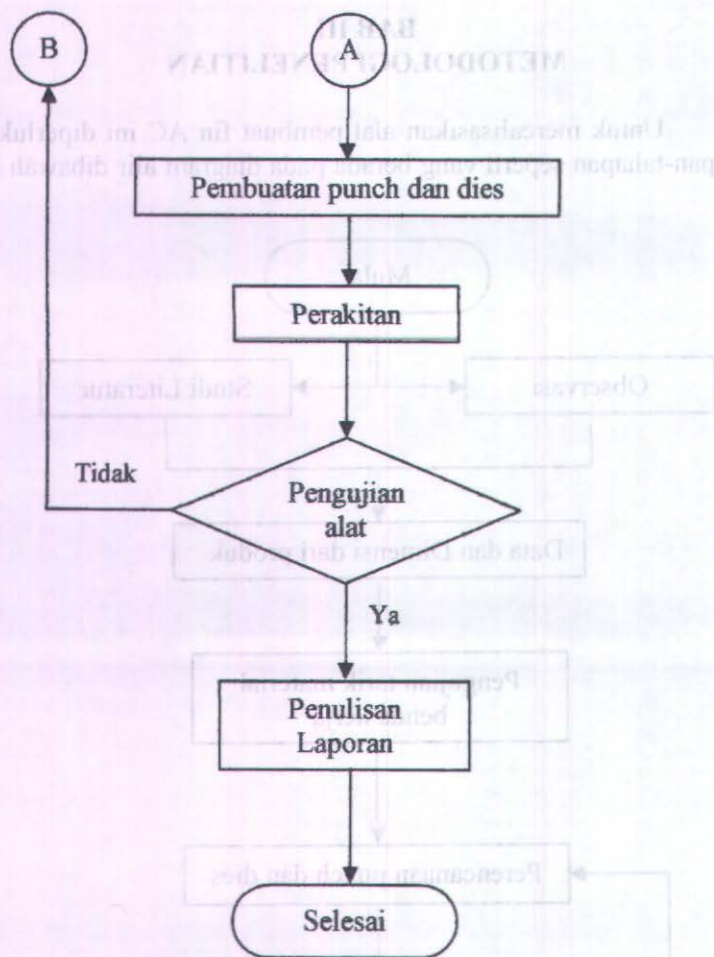
$ts$  = Tegangan geser material ( $\text{kgf}/\text{mm}^2$ )

=  $0,82 \times \text{UTS}$

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Untuk merealisasikan alat pembuat fin AC ini diperlukan tahapan-tahapan seperti yang berada pada diagram alir dibawah ini :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

#### a. Observasi

Observasi dilakukan dengan cara mendatangi langsung pembuat mesin Press yang ada di Ngingas. Untuk mengetahui bagaimana membuat alat tersebut dan mencari kelemahan-kelemahan yang ada pada alat yang diproduksi tersebut.

### b. Studi Literatur

Pada tahapan ini setelah memperoleh data dari produsen. Studi literatur dilakukan dengan cara melakukan pencarian data-data yang diperlukan dari literatur-literatur maupun pencarian dalam internet.

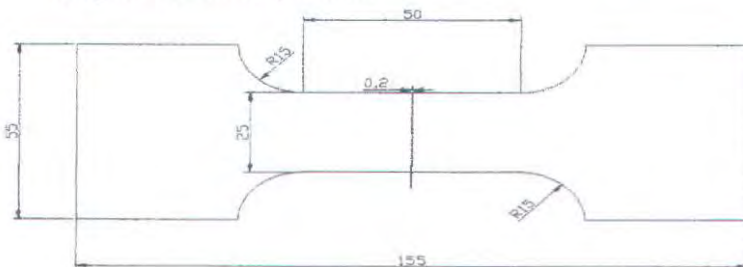
### c. Data dan Dimensi Produk

Data didapatkan dari Produsen Alat pembuat fin AC ini serta Studi Literatur guna mendukung data-data yang diperlukan.

### d. Pengujian material

Pengujian yang dilakukan pada material benda kerja adalah pengujian tarik (*tensile test*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat – sifat fisik dari material antara lain kekuatan tarik maksimum, kekuatan luluh, pertambahan panjang, reduksi penampang, dan lain sebagainya.

Material yang digunakan pada uji tarik adalah material yang sama pembuatan fin AC, yaitu plat datar aluminium dengan ketebalan 0,27 mm.



Gambar 3.2 Material Untuk Uji Tarik

Standar uji yang digunakan adalah standar JIS Z 2201 No.5 pengujian dilakukan di Laboratorium D3 Mesin ITS Surabaya

**e. Perencanaan Punch dan Dies**

Pada tahap ini direncanakan sebuah Punch dan dies, di mana perencanaannya dilakukan sesuai dengan kebutuhan untuk membuat produknya.

**f. Pembuatan punch dan dies**

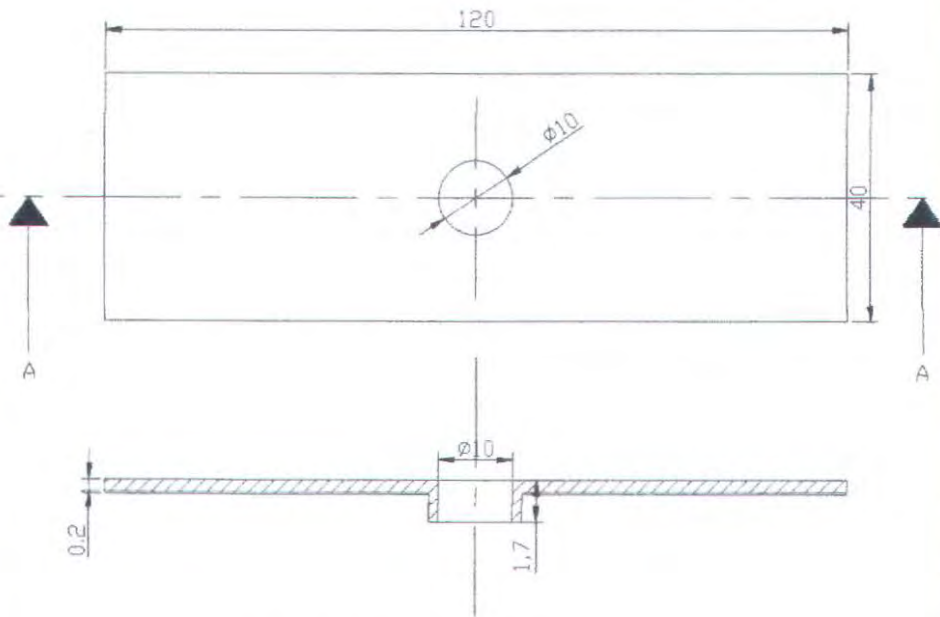
Dengan data dan dimensi dari produk yang telah diperoleh, maka selanjutnya dapat dibuat bagian dari alat ini yaitu punch dan dies.

**g. Penulisan Laporan**

Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan dari hasil perhitungan dan pewujudan alat, maka dibuat laporan mengenai hasil rancangan dan sistem kerja alat tersebut.

**3.1 Material dan Produk**

Material yang digunakan dalam pembuatan fin AC adalah aluminium dengan ketebalan 0,2 mm, yang nantinya akan dilakukan pengujian yaitu pengujian tarik guna mengetahui sifat-sifat mekanisnya.



Gambar 3.3. Rancangan Produk

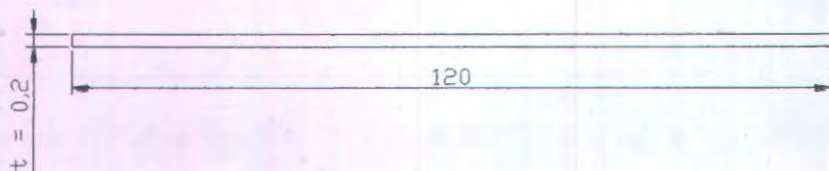
### 3.2 Tahapan Proses

Untuk membuat fin AC ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

#### 1. Tahap Pertama

Proses pada tahap ini dilakukan pemotongan raw material yang berupa lembaran plat aluminium agar menjadi strip - strip, tujuannya agar peletakannya pada dies dapat dilakukan dengan mudah.

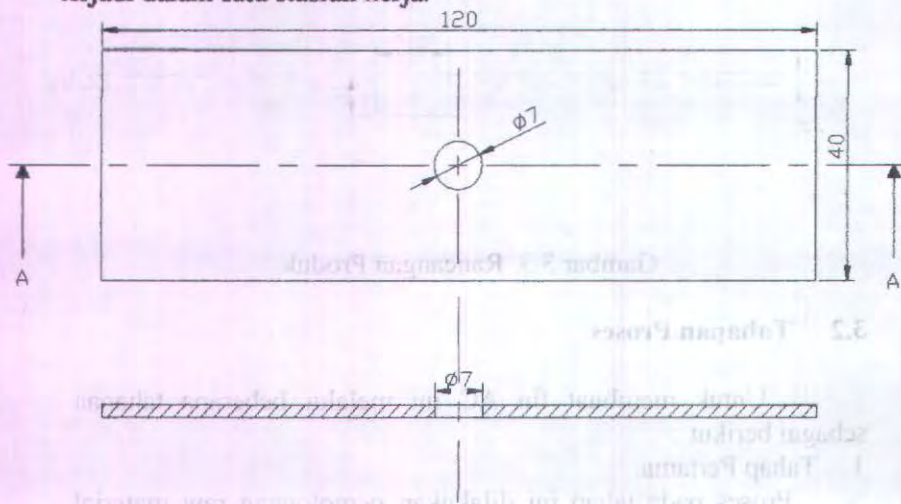




Gambar 3.4 Strip

## 2. Tahap Kedua

Pada tahap ini dilakukan satu proses pengerjaan yaitu proses shearing (piercing) dengan diameter lubang sebesar 7 mm yang terjadi dalam satu stasiun kerja.



Gambar 3.5 Kondisi Plat setelah mengalami Proses Pemotongan (Piercing)

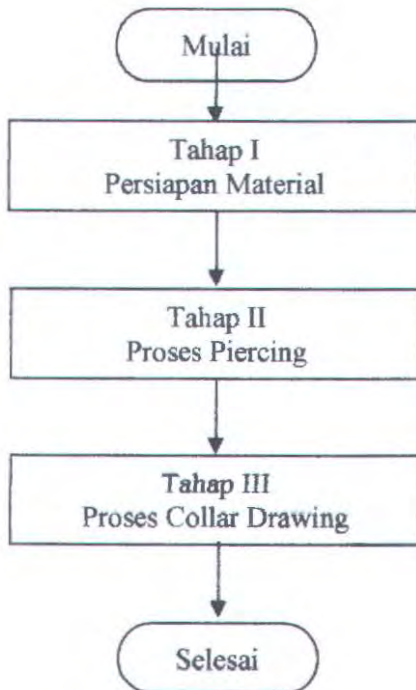
## 3. Tahap Ketiga

Pada tahap ketiga ini terjadi proses collar drawing. Proses ini merupakan proses pembentukan dari lubang hasil proses piercing dengan menekan punch ke dalam die sehingga diameter lubang menjadi 10 mm dan akhirnya dapat terbentuk

collar ( kerah ). Collar drawing nantinya digunakan untuk tempat penyambungan antara plat material dengan pipa kondensor. Produk jadi itu sesuai dengan yang direncanakan semula ( gambar 3.3 ).

Dengan berakhirnya tahapan ini maka produk yang berupa fin kondensor AC telah selesai dibuat.

Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan dari proses pembuatan komponen berupa fin AC yang dapat dilihat dari diagram alir berikut ini.



Gambar 3.6 Urutan Proses Pembuatan Produk

**BAB IV**  
**HASIL Pengerjaan dan Pembahasan**

**4.1 Hasil Uji Tarik**

Uji tarik yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari bahan dasar sebelum proses pembentukannya dilakukan. Adapun bentuk pengujian ini adalah berupa uji tarik pada plat datar, yang merupakan bahan dasar dari fin AC.

Sesuai dengan jenis logam dan ketebalannya, maka pada pengujian ini berdasarkan pada standar JIS Z 2201 No. 5.

Parameter uji	Spesimen Uji I	Spesimen Uji II	Spesimen Uji III	Spesimen Uji IV
Diameter ( $D_0$ ), mm	-	-	-	-
Tebal (t), mm	0,27	0,27	0,27	0,27
Lebar ( w ), mm	25,0	25,3	25,4	25,2
luas Penampang ( $S_0$ ), mm	6,75	6,83	6,86	6,8
Panjang ukur ( $L_0$ ), mm	49,8	49,6	49,5	49,6
Beban ulur ( $F_y$ ), kg	-	-	-	-
Beban maksimum ( $F_m$ ), kg	90	92	91	88
Kuat Tarik ( $\sigma$ ), $\text{kg/mm}^2$	13,33	13,47	13,27	12,9
Panjang setelah putus ( $L_u$ ), mm	53,8	53,6	53,4	53
Regang ( $\epsilon$ ), %	8,03	6,6	6,44	5,14
Garis tengah setelah putus ( $D_u$ ), mm	-	-	-	-

(Ref. 10 lampiran, Hal.1)

Tabel. 4-1 Data Hasil Uji Tarik

#### 4.1.1 Pengolahan Data diagram P - $\Delta L$

Dari diagram P -  $\Delta L$  (lampiran) dan data hasil pengujian tarik dapat dibuat grafik hubungan tegangan - regangan teknik dari material dengan cara sebagai berikut:

- Menentukan besarnya harga tiap strip dari pertambahan panjang ( $\Delta L$ ) dan pertambahan beban ( $P$ ) dengan menggunakan acuan beban maksimum dari tabel data hasil uji tarik.
- Dari hasil perhitungan skala yang telah didapatkan, dengan menyesuaikan jumlah strip posisi  $P$  maupun  $\Delta L$  pada grafik hasil uji, maka dapat diketahui besarnya tegangan dan regangan teknik berdasarkan  $P$ ,  $L$ ,  $A_0$ ,  $A$ ,  $L_0$ , dan  $\Delta L$  yang telah diketahui.
- Menghitung besarnya tegangan dan regangan teknik berdasarkan data - data yang telah diketahui. Persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan dan regangan teknik adalah persamaan

$$\sigma_t = \frac{P}{A_0} \quad (\text{Ref. 3, hal. 39})$$

Dimana ;  $\sigma_t$  = Tegangan Teknik ( $\text{kg/mm}^2$ )  
 $P$  = Beban (kg)  
 $A_0$  = Luas Penampang ( $\text{mm}^2$ )

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \% \quad (\text{Ref. 3, hal. 39})$$

Dimana ;  $\varepsilon$  = Regangan teknik  
 $L_1$  = Panjang spesimen setelah putus  
 $L_0$  = Panjang spesimen mula-mula

- *Specimen I*

Diketahui  $F_m = 90$  kg , setinggi 17,5 strip, maka :

$$\text{Skala 1} = \frac{90}{17,5} = 5,143 \text{ kg/strip}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_1 - L_0 \\ &= 53,8 - 49,8 = 4 \text{ mm, sepanjang 4,5 strip} \end{aligned}$$

$$\text{Skala 2} = \frac{4\text{mm}}{4,5\text{strip}} = 0,89 \text{ mm/strip}$$

- *Specimen II*

Diketahui  $F_m = 92$  kg , setinggi 18 strip, maka :

$$\text{Skala 1} = \frac{92}{18} = 5,11 \text{ kg/strip}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_1 - L_0 \\ &= 53,6 - 49,6 = 4 \text{ mm, sepanjang 5,5 strip} \end{aligned}$$

$$\text{Skala 2} = \frac{4\text{mm}}{5,5\text{strip}} = 0,727 \text{ mm/strip}$$

- *Specimen III*

Diketahui  $F_m = 92$  kg , setinggi 18 strip, maka :

$$\text{Skala 1} = \frac{91}{18} = 5,056 \text{ kg/strip}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_1 - L_0 \\ &= 53,4 - 49,5 = 3,9 \text{ mm, sepanjang 5 strip} \end{aligned}$$

$$\text{Skala 2} = \frac{3,9\text{mm}}{5\text{strip}} = 0,709 \text{ mm/strip}$$

• *Specimen IV*

Diketahui  $F_m = 88 \text{ kg}$ , setinggi 16,5 strip, maka :

$$\text{Skala 1} = \frac{88}{16,5} = 5,33 \text{ kg/strip}$$

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_1 - L_0 \\ &= 53 - 49,6 = 3,4 \text{ mm, sepanjang 6 strip} \end{aligned}$$

$$\text{Skala 2} = \frac{3,4 \text{ mm}}{6 \text{ strip}} = 0,567 \text{ mm/strip}$$

Data besaran Tegangan – Regangan Teknik dari hasil pengolahan diagram P -  $\Delta L$  hasil uji tarik.

Specimen uji 1

Titik	P (Strip)	P (kgf)	$\Delta L$ (strip)	$\Delta L$ (mm)	$A_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$\sigma_t$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_t$ (%)
1	4	20.572	1	0.89	6.75	49.8	3.0477	1.7871
2	8	41.144	1.5	1.335	6.75	49.8	6.0954	2.6807
3	11	56.573	2	1.78	6.75	49.8	8.3812	3.5743
4	14	72.002	3	2.67	6.75	49.8	10.667	5.3614
5	17.5	90.003	4.5	4.005	6.75	49.8	13.334	8.0422
6	15	77.145	5.5	4.895	6.75	49.8	11.429	9.8293

Specimen uji 2

Titik	P (Strip)	P (kgf)	$\Delta L$ (strip)	$\Delta L$ (mm)	$A_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$\sigma_t$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_t$ (%)
1	4	20.44	1	0.727	6.83	49.6	2.9927	1.4657
2	8	40.88	1.5	1.0905	6.83	49.6	5.9854	2.1986
3	11	56.21	2	1.454	6.83	49.6	8.2299	2.9315
4	14	71.54	3	2.181	6.83	49.6	10.474	4.3972
5	18	91.98	4.5	3.2715	6.83	49.6	13.467	6.5958
6	15	76.65	5.5	3.9985	6.83	49.6	11.223	8.0615

## Specimen uji 3

Titik	P (Strip)	P (kgf)	$\Delta L$ (strip)	$\Delta L$ (mm)	$A_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$\sigma_t$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_t$ (%)
1	3	15.168	2	1.418	6.86	49.5	2.2111	2.8646
2	7	35.392	2.5	1.7725	6.86	49.5	5.1592	3.5808
3	11	55.616	3	2.127	6.86	49.5	8.1073	4.297
4	15	75.84	3.5	2.4815	6.86	49.5	11.055	5.0131
5	18	91.008	4.5	3.1905	6.86	49.5	13.266	6.4455
6	14	70.784	5.5	3.8995	6.86	49.5	10.318	7.8778

## Specimen uji 4

Titik	P (Strip)	P (kgf)	$\Delta L$ (strip)	$\Delta L$ (mm)	$A_0$ (mm)	$L_0$ (mm)	$\sigma_t$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_t$ (%)
1	3	15.99	1	0.567	6.8	49.6	2.3515	1.1431
2	7	37.31	1.5	0.8505	6.8	49.6	5.4868	1.7147
3	10	53.3	2	1.134	6.8	49.6	7.8382	2.2863
4	13	69.29	3	1.701	6.8	49.6	10.19	3.4294
5	16.5	87.945	4.5	2.5515	6.8	49.6	12.933	5.1442
6	13	69.29	6	3.402	6.8	49.6	10.19	6.8589

Tabel 4-2. Hasil Pengolahan Diagram P -  $\Delta L$ 

Dari data – data yang telah diperoleh di atas dapat dibuat harga rata – rata dari masing – masing tegangan dan regangan untuk dimasukkan sebagai harga pada grafik tegangan – regangan teknik sebagai berikut:

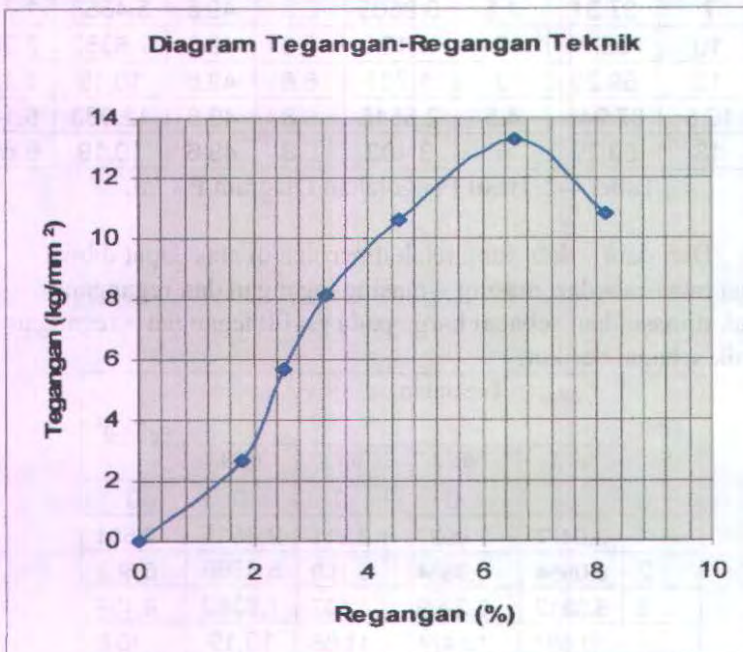
Titik	Tegangan				$\sigma_t$ Rata <sup>2</sup>
	uji 1	uji 2	uji 3	uji 4	
0	0	0	0	0	0
1	3,0477	2,9927	2,211	2,3515	2,651
2	6,0954	5,9854	5,159	5,4868	5,682
3	8,3812	8,2299	8,107	7,8382	8,139
4	10,667	10,474	11,06	10,19	10,6
5	13,334	13,467	13,27	12,933	13,25



6	11,429	11,223	10,32	10,19	10,79
---	--------	--------	-------	-------	-------

Titik	Regangan				Reg. Rata <sup>2</sup>
	uji 1	uji 2	uji 3	uji 4	
0	0	0	0	0	0
1	1,787	1,4657	2,8646	1,1431	1,81513
2	2,681	2,1986	3,5808	1,7147	2,5437
3	3,574	2,9315	4,297	2,2863	3,27228
4	5,361	4,3972	5,0131	3,4294	4,55028
5	8,042	6,5958	6,4455	5,1442	6,55693
6	9,829	8,0615	7,8778	6,8589	8,15688

Tabel 4-3. Tegangan – Regangan Teknik Rata – rata



Gambar 4.1 Grafik Tegangan-Regangan Teknik



Dari diagram tegangan – regangan teknik yang telah dibuat, maka diperoleh harga dari sifat – sifat mekanik material sebagai berikut :

1. kekuatan atau tegangan tarik max. = 13,25 kg/mm<sup>2</sup>
2. Elongasi atau regangan max. = 6,557 %

#### 4.1.2 Tegangan - Regangan Sebenarnya

Pada umumnya data dari tegangan – regangan teknik sudah cukup untuk keperluan teknik ( engineering ). Untuk analisa yang lebih teliti, dibutuhkan diagram tegangan – regangan sebenarnya dengan menghitung kondisi sebenarnya dengan persamaan :

$$\triangleright \text{Tegangan sebenarnya } (\sigma_s) = \frac{P}{A}$$

Dimana, P dan A dihitung berdasarkan keadaan sebenarnya yaitu di tiap titik perubahannya. Untuk memperoleh nilai A (Luas Sebenarnya) didapatkan dari persamaan ;

$$V = L_0 \cdot A_0 = L_1 \cdot A_1 = L_2 \cdot A_2 = \text{Konstan}$$

$$\triangleright \text{Regangan sebenarnya } (\epsilon_s) = \ln (L / L_0)$$

#### Specimen 1

Titik	V	A	L	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_s$ (%)
1	336.15	6.6315	50.69	3.1022	1.771
2	336.15	6.5738	51.14	6.2588	2.645
3	336.15	6.5171	51.58	8.6808	3.512
4	336.15	6.4065	52.47	11.239	5.223
5	336.15	6.2476	53.81	14.406	7.735
6	336.15	6.1459	54.7	12.552	9.376

#### Specimen 2

Titik	V	A	L	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_s$ (%)
-------	---	---	---	----------------------------------	---------------------

1	338.77	6.7313	50.33	3.0365	1.455
2	338.77	6.6831	50.69	6.117	2.175
3	338.77	6.6355	51.05	8.4711	2.889
4	338.77	6.5423	51.78	10.935	4.303
5	338.77	6.4074	52.87	14.355	6.387
6	338.77	6.3205	53.6	12.127	7.753

## Specimen 3

Titik	V	A	L	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_s$ (%)
1	339.57	6.669	50.918	2.2744	2.8244
2	339.57	6.6228	51.273	5.3439	3.5182
3	339.57	6.5774	51.627	8.4557	4.2072
4	339.57	6.5325	51.982	11.61	4.8915
5	339.57	6.4446	52.691	14.122	6.2463
6	339.57	6.359	53.4	11.131	7.5829

## Specimen 4

Titik	V	A	L	$\sigma_s$ kg/mm <sup>2</sup>	$e_s$ (%)
1	337.28	6.7231	50.167	2.3784	1.1367
2	337.28	6.6854	50.451	5.5808	1.7002
3	337.28	6.648	50.734	8.0174	2.2605
4	337.28	6.5745	51.301	10.539	3.3719
5	337.28	6.4673	52.152	13.598	5.0162
6	337.28	6.3635	53.002	10.889	6.6339

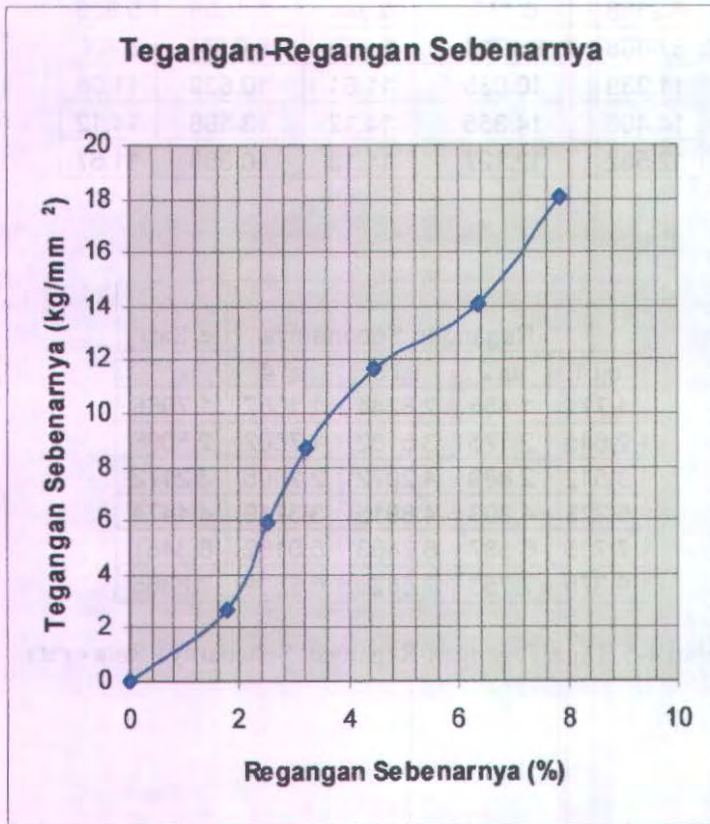
Tabel 4-4. Data Penghitungan Tegangan-Regangan Sebenarnya

Tegangan Sebenarnya				$\sigma_s$ Rata2
uji 1	uji 2	uji 3	uji 4	
3.1022	3.0365	2.274	2.3784	2.698

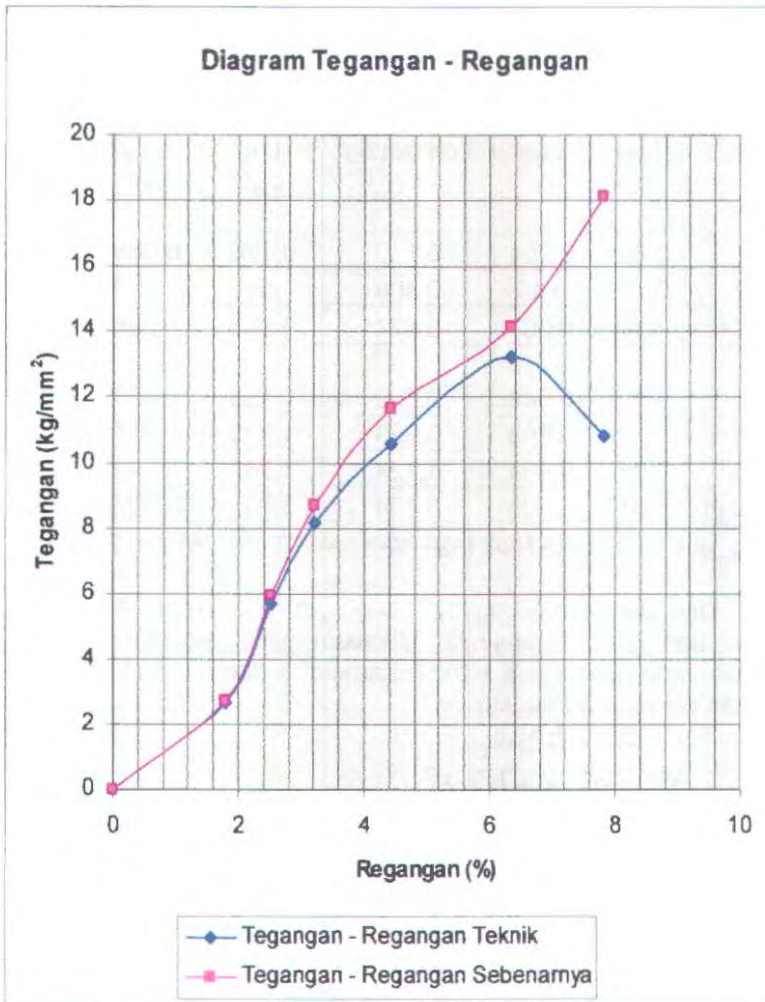
6.2588	6.117	5.344	5.5808	5.825
8.6808	8.4711	8.456	8.0174	8.406
11.239	10.935	11.61	10.539	11.08
14.406	14.355	14.12	13.598	14.12
12.552	12.127	11.13	10.889	11.67

Regangan Sebenarnya				$e_s$ Rata <sup>2</sup>
uji 1	uji 2	uji 3	uji 4	
1.771	1.455	2.8244	1.1367	1.7968
2.645	2.175	3.5182	1.7002	2.5096
3.512	2.889	4.2072	2.2605	3.2172
5.223	4.303	4.8915	3.3719	4.4474
7.735	6.387	6.2463	5.0162	6.3461
9.376	7.753	7.5829	6.6339	7.8365

Tabel 4-5. Data Tegangan-Regangan Sebenarnya Rata - rata



Gambar 4.2 Grafik Tegangan-Regangan Sebenarnya



#### 4.1.3 Persamaan Tegangan Alir

Untuk mengetahui persamaan tegangan alir material maka penentuan harga  $k$  dan eksponen  $n$  dicari dengan membuat grafik logaritma tegangan dan regangan sebenarnya. Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\sigma_f = K \cdot \epsilon^n$$

$\log \sigma_f = \log K + n \log \epsilon$   
 grafik logaritma dari grafik tegangan - regangan sebenarnya dibuat berdasarkan data tabel sebagai berikut :

Titik	Y	X	Y . X	Y <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>
	Log $\sigma_s$	Log $\epsilon_s$	Log $\sigma_s$ . Log $\epsilon_s$	(Log $\sigma_s$ ) <sup>2</sup>	(Log $\epsilon_s$ ) <sup>2</sup>
0	-	-	-	-	-
1	0,431	0,254	0,110	0,186	0,065
2	0,771	0,40	0,308	0,595	0,160
3	0,94	0,507	0,477	0,883	0,258
4	1,067	0,648	0,692	1,139	0,420
5	1,15	0,803	0,923	1,322	0,644
6	1,258	0,894	1,124	1,582	0,799
jumlah	5,617	3,506	3,634	5,707	2,3455

Tabel 4.3 Data Log Tegangan – Regangan sebenarnya

Dari data tabel Log  $\sigma_s$  - Log  $\epsilon_s$  di atas dapat ditentukan persamaan garis regresinya. Misalkan garis regresinya dalam bentuk linear ialah  $y = a + bx$ . Parameter a dan b dapat diketahui dengan persamaan berikut ini :

$$\sum Y = Na + b \sum X$$

$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2$$

Sehingga ;

$$5,617 = 6a + 3,506b \quad \dots\dots\dots(i)$$

$$3,634 = 3,506a + 2,3455 b \quad \dots\dots\dots(ii)$$

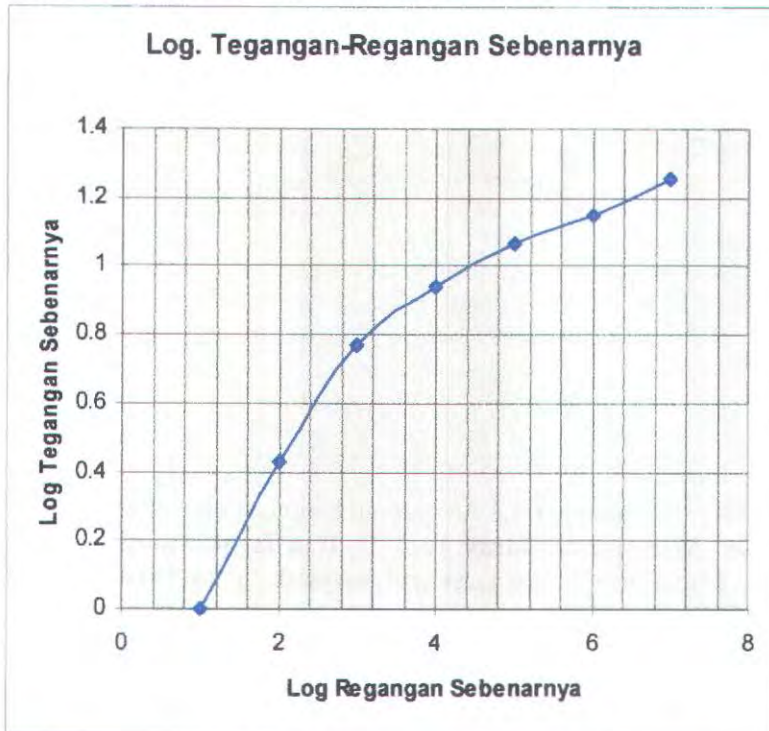
Dari persamaan ( i ) dan ( ii ) akan diperoleh :

$$a = \frac{\begin{vmatrix} 5,617 & 3,506 \\ 3,634 & 2,3455 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 6 & 3,506 \\ 3,506 & 2,3455 \end{vmatrix}} = \frac{0,57}{1,781} = 0,32 \quad \text{dan}$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 5,617 \\ 3,506 & 3,634 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 6 & 3,506 \\ 3,506 & 2,3455 \end{vmatrix}} = \frac{1,759}{1,781} = 0,988$$

Maka diperoleh persamaan garis regresinya ialah  $y = 0,32 + 0,988x$

Dari data – data yang telah diperoleh kemudian diplotkan ke dalam grafik Log Tegangan – Regangan sebenarnya di bawah ini.

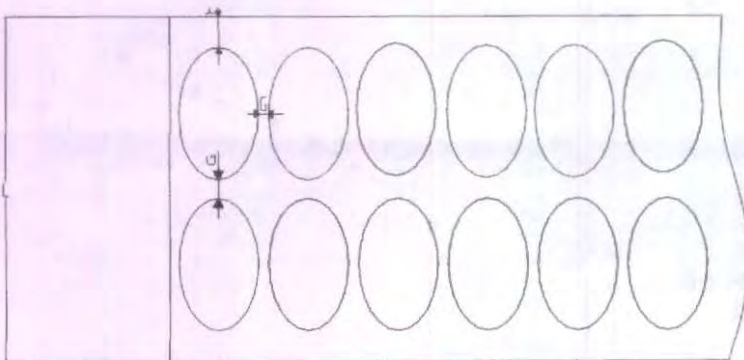


Gambar 4.3 Grafik Log Tegangan-Regangan Sebenarnya

Bentuk dari grafik tegangan dan regangan sebenarnya dapat didekati dengan persamaan yaitu  $T = K \cdot \epsilon^n$ . Besarnya K dan n ditentukan grafik log Tegangan – Regangan sebenarnya. Didapat garis regresi  $Y = 0,32 + 0,988x$ , yang digunakan untuk mengestimasi persamaan  $\log \sigma_f = \log K + n \log \epsilon$ , sehingga diperoleh harga  $n = 0,988$  dan K merupakan harga *True Stress* ( $\sigma'$ ) pada saat *True Strain* ( $\epsilon'$ ) = 1 yaitu sebesar 14,27. maka tegangan alir material  $\sigma_f = 14,27 \cdot \epsilon^{0,988}$

#### 4.2. Strip Lay Out

Setelah mengamati dan menganalisa produk yang akan dibuat dan juga mempertimbangkan tingkat produktivitasnya, maka langkah awal yang harus dibuat adalah menentukan strip lay out.



Gambar 4.3 Pengaturan Strip Lay Out

##### ➤ Menentukan Jarak Tepi (H) Dan Jarak Antara (G)

Untuk menghitung jarak tepi dan jarak antara dari ketebalan ( $t$ ) = 0,2 mm dan diameter produk ( $D$ ) = 10 mm, maka perhitungannya dapat dilihat pada tabel.

Untuk  $D = 10$  mm setara dengan  $D = 0,394$  in, maka pada tabel tersebut menggunakan  $D = 0 - 1$  in, khusus Progressive Dies ukuran G dan H adalah sama dengan ( $t$ ), dimana  $t$  adalah tebal

plat, sedangkan ukuran terkecil yang masih diijinkan adalah  $\frac{1}{64}$



in = 0,396 in, maka untuk mengemat biaya direncanakan D sebesar 10 mm, G = 0,5 mm, dan H = 1 mm.

### ➤ Lebar Strip Lay Out

Lebar Strip lay out direncanakan setelah mengetahui jarak tepi, jarak antara dan diameter produk, sehingga didapat nilai :

$$H = 1 \text{ mm}$$

$$G = 0,5 \text{ mm}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

Maka lebar strip lay out adalah :

$$\begin{aligned} L &= (2H + 2D) + [(D + G)^2 - (0,5G + 0,5D)^2]^{1/2} \\ &= (2.1 + 2.10) + [(10 + 0,5)^2 - (0,5.0,5 + 0,5.10)^2]^{1/2} \\ &= 21,09 \text{ mm.} \end{aligned}$$

## 4.3 Perencanaan

### 4.3.1. Proses Yang Terjadi

Untuk membuat fin AC ini melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

#### 1. Persiapan raw material

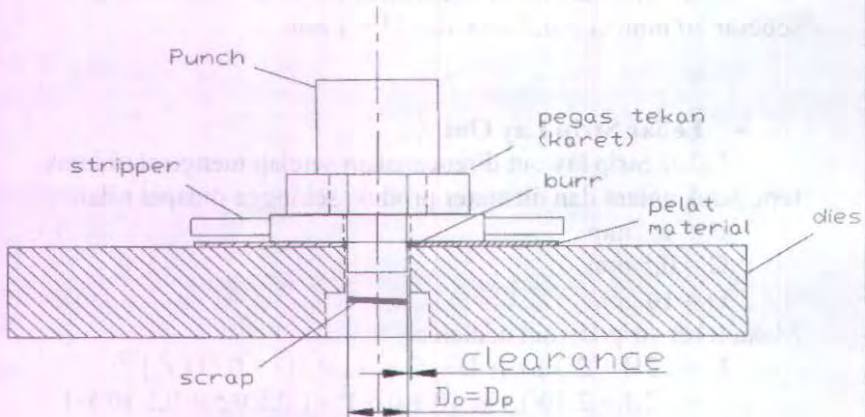
Proses pada tahap ini dilakukan pemotongan raw material yang berupa lembaran plat aluminium agar menjadi strip - strip, tujuannya agar peletakannya pada dies dapat dilakukan dengan mudah.



Gambar 4.4 Strip

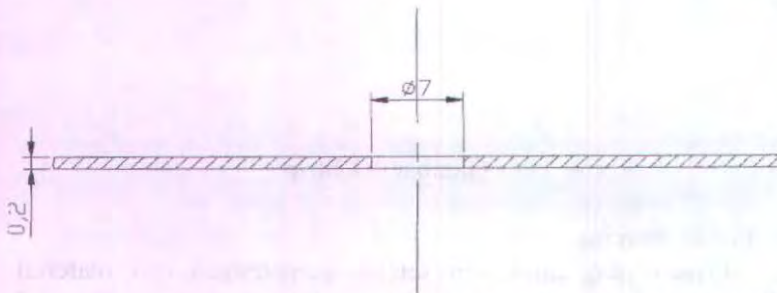
#### 2. Proses piercing

Proses yang dilakukan setelah pemotongan raw material yaitu proses shearing (piercing) dengan diameter lubang sebesar 7 mm yang terjadi dalam satu stasiun kerja.



Gambar 4.5 Proses Pemotongan

Bagian yang terpotong akan mengalami tegangan geser (shear stress) diantara punch dan die. Pemotongan terjadi berawal dari pembentukan awal retak ( initial crack ) pada sisi – sisi benda kerja. Awal retak tersebut menjalar bersamaan penetrasi punch sehingga bertemu satu sama lain. Celah (clearance) merupakan faktor utama dalam menentukan bentuk. Semakin besar sisi celah, maka sisi potongan menjadi kasar. Plat cenderung menjadi kasar dan memerlukan proses penghalusan sehingga menambah ongkos produksi. Terlihat bahwa hasil proses pemotongan selalu terjadi burr ( ujung yang tajam / runcing )



Gambar 4.6 Kondisi Plat setelah mengalami Proses Pemotongan (Piercing)

Gaya pemotongan yang dibutuhkan untuk melakukan proses piercing ini adalah :

$$(F_s) = \pi \cdot D_0 \cdot \tau_s \cdot t \quad (\text{Ref.1, hal. 176})$$

Dimana :  $D_0$  = Diameter pada piercing, mm

$$= 7 \text{ mm}$$

$\tau_s$  = Tegangan geser material,  $\text{kg/mm}^2$

$$= 0,82 \times \text{UTS} \quad (\text{Ref. 4, hal. 89})$$

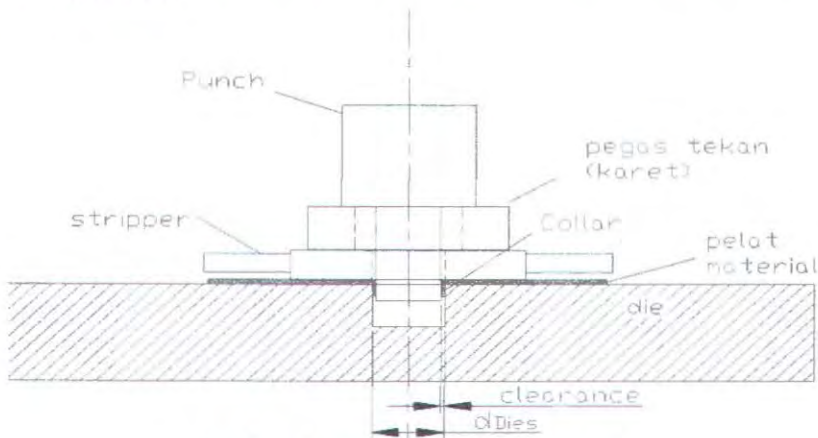
$$= 0,82 \times 13,25 = 10,865 \text{ kg/mm}^2$$

T = Tebal material, mm

$$\begin{aligned} \text{Maka, } F_s &= \pi \cdot 7 \cdot 10,865 \cdot 0,2 \\ &= 47,762 \text{ kgf.} \end{aligned}$$

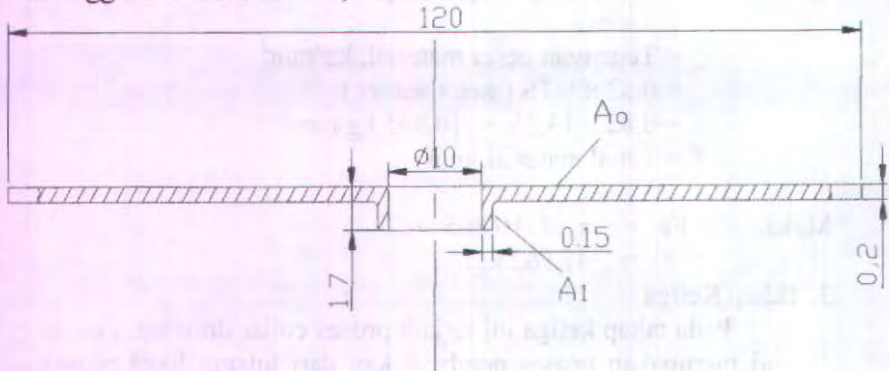
### 3. Tahap Ketiga

Pada tahap ketiga ini terjadi proses collar drawing. Proses ini merupakan proses pembentukan dari lubang hasil proses piercing dengan menekan punch ke dalam die sehingga diameter lubang menjadi 10 mm dan akhirnya dapat terbentuk collar ( kerah ). Collar drawing nantinya digunakan untuk tempat penyambungan antara plat material dengan pipa kondensor.



Gambar 4.7 Proses Collar Drawing

Plat material ditempatkan diatas die, selanjutnya punch menekan ke bawah sampai plat masuk ke dalam rongga die hingga terbentuk menyerupai kerah (collar) dengan panjang atau ketinggian collar sebesar 1,7 mm.



Gambar 4.8. Kondisi Plat Setelah Dibentuk Dengan Proses Collar Drawing

Plat diasumsikan mengalami penipisan penampang dengan tebal awal ( $t_0$ ) = 0,2 mm, dengan asumsi volume daerah sebelum dan sesudah pengerjaan tetap maka tebal plat sesudah proses

$$\text{adalah } t_1 = \frac{L_0}{L_1} \times t_0$$

$$t_1 = \frac{10}{13,4} \times 0,2$$

$$t_1 = 0,15 \text{ mm}$$

Ketinggian collar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$h = \frac{dD - d_0^2}{2d} \quad (\text{Ref. 8, hal. 22-3})$$

$$h = \frac{10,46 - 7}{2}$$

$$h = 1,73 \text{ mm}$$

Gaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses collar drawing ini dapat didekati dengan persamaan :

$$F_d = \frac{A_1}{\eta_{def}} \cdot \sigma_{fm} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \quad (\text{Ref. 8, hal. 22-5})$$

Dimana :

- $F_d$  = Gaya Collar Drawing ( kgf ).
- $A_0$  = Luasan awal material (  $\text{mm}^2$  ) = 6,82  $\text{mm}^2$
- $A_1$  = Luasan akhir material (  $\text{mm}^2$  ) = 6,72  $\text{mm}^2$
- $\eta_{def}$  = Range 0,5 – 0,7 ( untuk aliran material uniform )
- $\sigma_{fm}$  = Tegangan alir material ( kg/mm ).

Sehingga ;

$$F_d = \frac{A_1}{\eta_{def}} \cdot \sigma_{fm} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1}$$

$$F_d = \frac{6,72}{0,6} \cdot 91,485 \ln \frac{6,82}{6,72}$$

$$= 33,365 \text{ kgf}$$

### 4.3.2. Perhitungan Gaya Yang Terjadi

Supaya mesin dapat melakukan proses pengerjaan dengan baik maka dibutuhkan perhitungan gaya – gaya yang terjadi pada saat proses pengerjaan. Pada perkakas tekan jenis progressive dies ini terdapat dua proses pengerjaan yaitu proses shearing (piercing) dan proses collar drawing selain itu juga terdapat gaya stripper (stripping) dimana stripper ini berfungsi untuk mengembalikan punch dan mengeluarkan produk hasil pengerjaan.

#### 4.3.2.1 Gaya Pemotongan (Piercing)

Gaya pemotongan yang dibutuhkan untuk melakukan proses piercing ini adalah :

$$(Fs) = \pi \cdot D_0 \cdot \tau_s \cdot t \quad (\text{Ref.1, hal. 176})$$

Dimana :  $D_0$  = Diameter pada piercing, mm

$$\begin{aligned}
 &= 7 \text{ mm} \\
 \tau_s &= \text{Tegangan geser material, kg/mm}^2 \\
 &= 0,82 \times \text{UTS ( Ref. 4, hal. 89 )} \\
 &= 0,82 \times 13,25 = 10,865 \text{ kg/mm}^2 \\
 T &= \text{Tebal material, mm}
 \end{aligned}$$

Maka, 
$$\begin{aligned}
 F_s &= \pi \cdot 7 \cdot 10,865 \cdot 0,2 \\
 &= 47,762 \text{ kgf.}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2.2 Gaya Collar Drawing

Gaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses collar drawing ini dapat didekati dengan persamaan :

$$F_d = \frac{A_1}{\eta_{def}} \cdot \sigma_{fm} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \quad (\text{Ref. 8, hal. 22-5})$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 F_d &= \text{Gaya Collar Drawing ( kgf ).} \\
 A_0 &= \text{Luasan awal material ( mm}^2 \text{ )} = 8,396 \text{ mm}^2 \\
 A_1 &= \text{Luasan akhir material ( mm}^2 \text{ )} = 6,72 \text{ mm}^2 \\
 \eta_{def} &= \text{Range 0,5 - 0,7 ( untuk aliran material uniform )} \\
 \sigma_{fm} &= \text{Tegangan alir material ( kg/mm ).}
 \end{aligned}$$

Sehingga ; 
$$\begin{aligned}
 F_d &= \frac{A_1}{\eta_{def}} \cdot \sigma_{fm} \cdot \ln \frac{A_0}{A_1} \\
 F_d &= \frac{6,72}{0,6} \cdot 13,359 \cdot \ln \frac{8,82}{6,72} \\
 &= 33,365 \text{ kgf}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2.3 Gaya Stripper ( *Stripping* )

Stripper yang direncanakan dalam perkakas tekan ini adalah bergerak dengan menggunakan pegas tekan, dimana fungsi tekan diantarkan dengan karet jenis urethan dan penempatannya di dalam konstruksi die. Untuk maksud pelepasan ini memberikan gaya yang besarnya 5% hingga 30% dari gaya

$$F_s = 3500 \cdot L \cdot t \text{ (lbf)} \quad (\text{Ref. 1, hal. 213})$$

Di mana;  $L =$  Keliling daerah pemotongan, in  
 $= \pi \cdot D = 3,14 \cdot 10 = 31,4 \text{ mm} = 1,236 \text{ in}$   
 $T = 0,2 \text{ mm} = 0,0079 \text{ in}$

Maka;  $F_{\text{stripper}} = 3500 \cdot 1,236 \text{ in} \cdot 0,0079 \text{ in}$   
 $= 34,175 \text{ lbf} \times \frac{4,448\text{N}}{1\text{lbf}} \times \frac{1\text{kgf}}{9,80665\text{N}}$   
 $= 15,501 \text{ kgf.}$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa besar gaya stripper tersebut adalah 22,86 % dari gaya potong.

#### 4.3.2.4 Gaya Total

Gaya total adalah gaya dari mesin untuk dapat melakukan seluruh proses. Besar gaya ini dapat diketahui dengan penjumlahan ( total ) dari seluruh gaya yang bekerja secara bersamaan dalam satu matres ( perkakas tekan ).

Gaya ini merupakan gaya minimum dari mesin untuk dapat melakukan pengerjaan. Mesin yang digunakan sebaiknya memiliki kapasitas yang lebih besar daripada gaya total tersebut

$$\begin{aligned} F_{\text{mesin}} &\geq F_{\text{piercing}} + F_{\text{collar drawing}} + F_{\text{stripper}} \\ F_{\text{mesin}} &\geq 47,762 \text{ kgf} + 33,365 \text{ kgf} + 15,501 \text{ kgf} \\ F_{\text{mesin}} &\geq 96,628 \text{ kgf} \end{aligned}$$

### 4.3.3 Perencanaan Perkakas Tekan

#### 4.3.3.1 Perencanaan Clearance.

Besarnya clearance untuk proses piercing adalah :

$$C_p = c \cdot t \cdot \sqrt{\tau_{ut}}$$

Di mana :  $C_p =$  clearance per sisi, mm  
 $t =$  Tebal Plat material, mm  
 $\tau_{ut} =$  Ultimate Tensile Stress,  $\text{kgf/mm}^2$   
 $c =$  konstanta

- = 0,005 untuk pekerjaan presisi tinggi
- = 0,01 untuk pekerjaan presisi sedang
- = 0,05 untuk pekerjaan presisi rendah

Karena pekerjaan ini membutuhkan kepresisian sedang, maka kita gunakan nilai  $c = 0,01$ .

Sehingga ;

$$\begin{aligned} C_p &= 0,01 \cdot 0,2 \cdot \sqrt{13,242} \\ &= 0,07 \text{ mm/sisi.} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk proses collar drawing, clearance dapat dihitung dengan persamaan :

$$U_d = S_0 + 0,02 \sqrt{10S_0} \text{ (karena material yang - digunakan aluminium).}$$

Sehingga ;

$$\begin{aligned} U_d &= 0,2 + 0,02 \sqrt{10 \cdot 0,2} \quad (\text{Ref. 8, hal. 22-2}) \\ &= 0,23 \text{ mm/sisi} \end{aligned}$$

#### 4.3.3.2 Perencanaan Die.

Agar die tidak mengalami kerusakan pada saat proses pemotongan maupun pembentukan maka tegangan yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan ijin material die, karena tegangan yang terjadi pada die adalah tegangan tekan maka material dari die dapat ditentukan melalui persamaan berikut ini.

- Pada Combination Dies

$$\frac{F_{\text{tot}}}{A} \leq |\sigma_c| \quad (\text{Machine Design, hal. 306})$$

$$\frac{F_{\text{tot}}}{A} \leq \left| \frac{S_{\text{ypc}}}{N} \right|$$

Dimana :

- F = Gaya total yang terjadi pada die, kg
- A = Luasan Die,  $\text{mm}^2$
- =  $1/4 \cdot \pi \cdot (\varnothing_{\text{die}})^2$
- =  $1/4 \cdot \pi \cdot (35^2) = 961,625 \text{ mm}^2$ .



$N$  = Angka keamanan

Untuk Beban Kejut  $N = 3 - 6$  (Ref 4, hal. 11)

Dipilih  $N = 4,5$

$$\begin{aligned} S_{ypc} &= K_c \cdot S_{yp} \\ &= 1,2 \cdot S_{yp} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga : } \frac{F_{tot}}{A} \leq \left| \frac{S_{ypc}}{N} \right|$$

$$\frac{114,755}{961,625} \leq \left| \frac{1,2 \cdot S_{yp}}{4,5} \right|$$

$$0,119 \leq 0,267 \cdot S_{yp}$$

Jadi  $S_{yp} \geq 1,779 \text{ kg/mm}^2 = 2530,22 \text{ psi} = 2,530 \text{ ksi}$ .

Dari hasil perhitungan didapat material yang digunakan untuk die harus memiliki  $S_{yp}$  min. 2,530 ksi. Apabila bahan yang digunakan kesulitan untuk menentukan  $S_{yp}$  nya maka kita dapat menggunakan kekuatan tarik ( $S_u$ ) dari bahan tersebut.

Sehingga persamaan menjadi berikut ini.

$$\frac{F_{tot}}{A} \leq \left| \frac{0,5 \cdot S_u}{N} \right| \quad (\text{Machine Design, hal. 307})$$

Dari hasil perhitungan seperti di atas dapat diketahui bahwa material untuk die juga harus memiliki  $S_u$  min. 2,530 ksi.

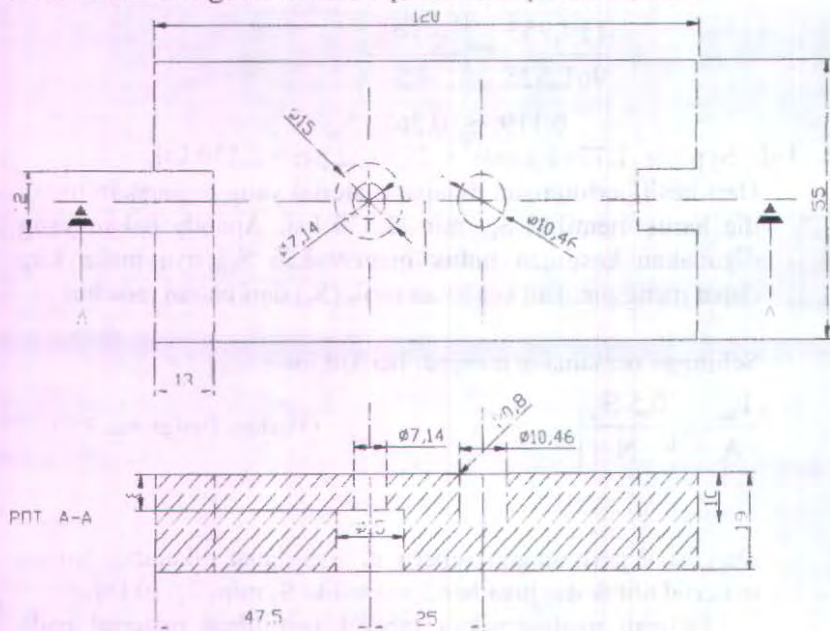
Dengan menggunakan tabel I pemilihan material pada lampiran I dipilih material yang digunakan untuk pembuatan punch dan die ini adalah material jenis SKD-12 atau sama dengan material jenis AISI A2 dengan kekerasan 58 - 62 HRC dan memiliki komposisi kadar karbon 1,00% (tabel II, lampiran I).

Dan dengan mengkonversikan ke tabel VII pada lampiran I dapat diperoleh bahwa material dengan komposisi 1,00% C diperoleh tegangan geser material ( $\tau_s$ ) sebesar 110.000 psi = 77,34 kg/mm<sup>2</sup>.

Setelah diketahui tegangan geser dari material punch dan die maka dapat kita ketahui besar kekuatan tarik ( $S_u$ ) yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\tau_s &= 0,82 \times S_u \text{ (Untuk wrought steel)} \\ 110000 \text{ psi} &= 0,82 \times S_u \\ S_u &= 134.146,341 \text{ psi} = 134,15 \text{ ksi.}\end{aligned}$$

Setelah mengetahui hasil kekuatan tarik ( $S_u$ ) dan dibandingkan dengan hasil pada pemilihan material maka material AISI A2 aman digunakan untuk pembuatan punch dan die.



Gambar 4.9 Die

Untuk menghitung ketebalan die maka dapat digunakan langkah – langkah sebagai berikut : (Rekomendasi Wilson)

1. Ketebalan material benda kerja = 0.2 mm = 0.0079 in  $\approx$  0.01 in.

Dari tabel 2.1 diperoleh tebal die =  $0,03 \text{ in} / \text{ton/in}^2$

Kekuatan geser material die =  $77,34 \text{ kg/mm}^2 = 49,897 \text{ ton/in}^2$ .

Maka tebal die =  $49,897 \text{ ton/in}^2 \times 0,03 \text{ in} / \text{ton/in}^2$   
 $= 1,497 \text{ in}$

2. Keliling pemotongan =  $\pi \cdot D = \pi \cdot 10 = 31,4 \text{ mm} = 1,236 \text{ in}$ .
3. Dengan adanya bottom plate maka tebal die dikurangi 50% dari tebal semula.  
 Sehingga tebal die =  $0,5 \times 1,236 = 0,618 \text{ in} = 15,697 \text{ mm}$ .
4. Tebal die ditambahkan untuk grinding allowance sebesar 0,1 - 0,2 in.  
 Tebal die =  $0,618 + 0,1 = 0,718 \text{ in} = 18,237 \text{ mm}$ .
5. Jarak kritis antara ujung potong dengan sisi die adalah 1,5 - 2 kali tebal die, maka diambil nilai sebesar 1,5 sehingga besarnya jarak kritis adalah:  $K = 1,5 \times 0,718 = 1,0577 \text{ in} = 27,36 \text{ mm}$ .
6. Tebal die tersebut harus mampu menahan impact, yang dapat dihitung dengan: jarak kritis x tebal die =  $1,0577 \times 0,718 = 0,759 \text{ in}^2$ .

Dari tabel 2-3 dengan cara interpolasi akan diperoleh impact pressure maksimal yaitu:

$$\frac{50 - 20}{1,0 - 0,5} = \frac{50 - (x)}{1,0 - 0,759}$$

$$50 - (X) = 14,46$$

$$X = 35,54 \text{ ton}$$

Maka impact pressure maksimal sebesar 35,54 ton.

Sedangkan gaya yang bekerja pada die sebesar 0,097 ton sehingga perencanaan aman.

Tebal die yang direkomendasikan di atas sebesar 18,357 mm merupakan tebal minimum.

Selain menggunakan cara di atas, tebal minimum die juga dapat dicari dengan menggunakan tabel 2-4 dimana :

Keliling Pemotongan =  $\pi \cdot d$

$$\begin{aligned} &= \pi \cdot 10 = 31,4 \text{ mm} \\ \text{Tebal material} &= 0,2 \text{ mm} \\ \text{Bahan Die} &= \text{SKD - 12} \end{aligned}$$

Maka dari data – data ini diperoleh tebal die minimal adalah sebesar 16 mm.

Supaya perencanaan aman, maka kita mengacu pada perhitungan ketebalan die berdasarkan rekomendasi dari Wilson. Tebal die yang direncanakan adalah sebesar 19 mm.

#### ❖ Radius Die

Radius die ini berfungsi untuk mencegah agar material benda kerja tidak sobek sewaktu punch menekan material tersebut. Untuk mencari besar radius die digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_d &= (4 - 6) t \quad (\text{untuk } t \leq 0,08 \text{ in}) \quad (\text{Ref 2, hal. 9-51}) \\ R_d &= (2 - 3) t \quad (\text{untuk } t \geq 0,08 \text{ in}) \end{aligned}$$

Di mana : tebal material  $\leq 2$  mm yaitu 0,2 mm, maka

$$R_d = (4 - 6) t \quad (\text{dipilih } 4)$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } R_d &= 4 \cdot 0,2 \\ &= 0,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Radius die ini hanya dipergunakan pada die proses collar drawing

#### 4.3.3.3 Perencanaan Punch

Sama halnya dengan die, punch juga harus mampu menahan gaya yang terjadi sehingga tidak terjadi kerusakan, karena gaya yang terjadi pada punch adalah juga tegangan tekan maka material dari punch juga sama dengan material dari die, yaitu material jenis SKD – 12 atau dengan material jenis AISI A2 dengan kekerasan 58 – 62 HRC. Bahan yang dipakai ini merupakan *alloy steel* (baja paduan) yang memiliki modulus elastisitas sebesar  $30 \times 10^4$  psi = 210,93 kg/mm<sup>2</sup> (tabel VI, lampiran I).

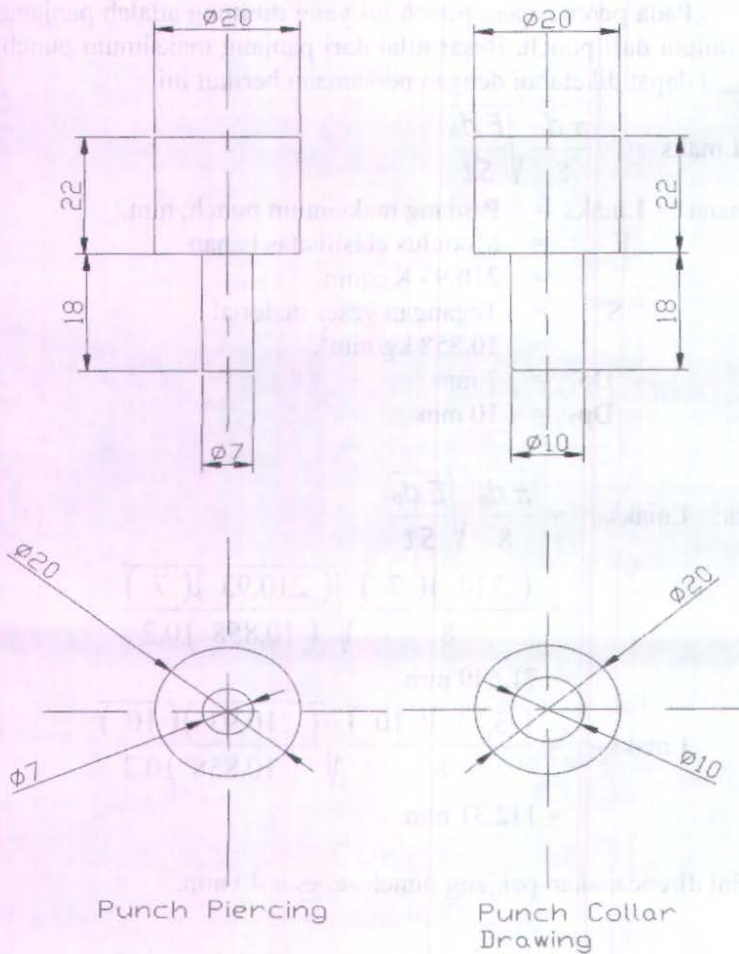
Pada perencanaan punch ini yang dihitung adalah panjang maksimum dari punch. Besar nilai dari panjang maksimum punch ( $L_{maks}$ ) dapat diketahui dengan persamaan berikut ini.

$$L_{maks} = \frac{\pi \cdot d_p}{8} \sqrt{\frac{E \cdot d_p}{S \cdot t}}$$

Di mana :  $L_{maks}$  = Panjang maksimum punch, mm.  
 $E$  = Modulus elastisitas bahan.  
 $= 210,93 \text{ Kg/mm}^2$   
 $S$  = Tegangan geser material  
 $= 10,858 \text{ kg/mm}^2$ .  
 $D_{p1}$  = 7 mm  
 $D_{p2}$  = 10 mm

$$\begin{aligned} \text{Maka: } L_{maks_{p1}} &= \frac{\pi \cdot d_p}{8} \sqrt{\frac{E \cdot d_p}{S \cdot t}} \\ &= \frac{(3,14)(7)}{8} \sqrt{\frac{(210,93)(7)}{(10,858)0,2}} \\ &= 71,649 \text{ mm} \\ L_{maks_{p2}} &= \frac{(3,14)(10)}{8} \sqrt{\frac{(210,93)(10)}{(10,858)0,2}} \\ &= 112,31 \text{ mm} \end{aligned}$$

Di sini direncanakan panjang punch sebesar 40 mm.



Gambar 4.10 Punch

#### 4.3.3.4. Perencanaan Stripper

Stripper yang direncanakan dalam perkakas tekan ini adalah bergerak dengan menggunakan pegas tekan, dimana fungsi pegas tekan digantikan dengan karet jenis urethan dan penempatannya di dalam konstruksi die. Bahan yang dipakai pada

stripper adalah St 42 yang memiliki kekuatan tarik  $42 \text{ kg/mm}^2 = 60 \text{ ksi}$ , setelah dikonversikan ke tabel VIII, lampiran I diperoleh material jenis AISI 1020. Material AISI 1020 termasuk ke dalam *Plain Carbon Steel* (Tabel IX, lampiran I). *Plain Carbon Steel* ini memiliki modulus Elastisitas (E) sebesar  $30 \times 10^6 \text{ psi} = 21092,44 \text{ kg/mm}^2$  (tabel VI, lampiran I). Untuk mencari tebal minimum dari stripper dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$h^3 = \frac{12 \times 5 \times q \times l^4}{384 \times E \times \delta \times b} \quad (\text{Ref. 2, hal 4-20})$$

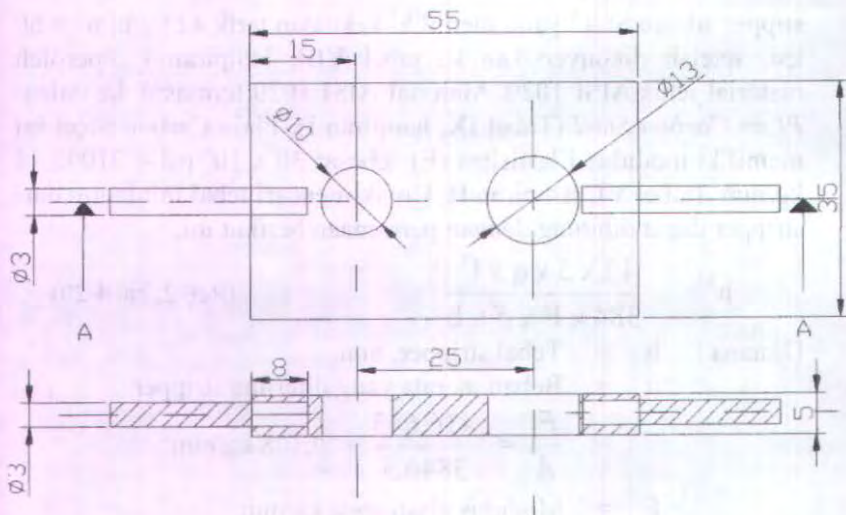
- Dimana :
- h = Tebal stripper, mm
  - q = Beban merata yang diterima stripper
 
$$= \frac{F}{A} = \frac{416,643}{3846,5} = 0,108 \text{ kg/mm}^2$$
  - E = Modulus elastisitas,  $\text{kg/mm}^2$
  - $\delta$  = Defleksi yang diijinkan
 
$$= 0,001 \text{ in} = 0,0254 \text{ mm}$$
  - l = panjang tumpuan = 50 mm
  - b = lebar efektif stripper = 35 mm

Sehingga :

$$h^3 = \frac{12 \times 5 \times 0,108 \times 50^4}{384 \times 21092,44 \times 0,0254 \times 35}$$

$$h = 1,97 \text{ mm}$$

di sini direncanakan tebal stripper sebesar 5 mm.

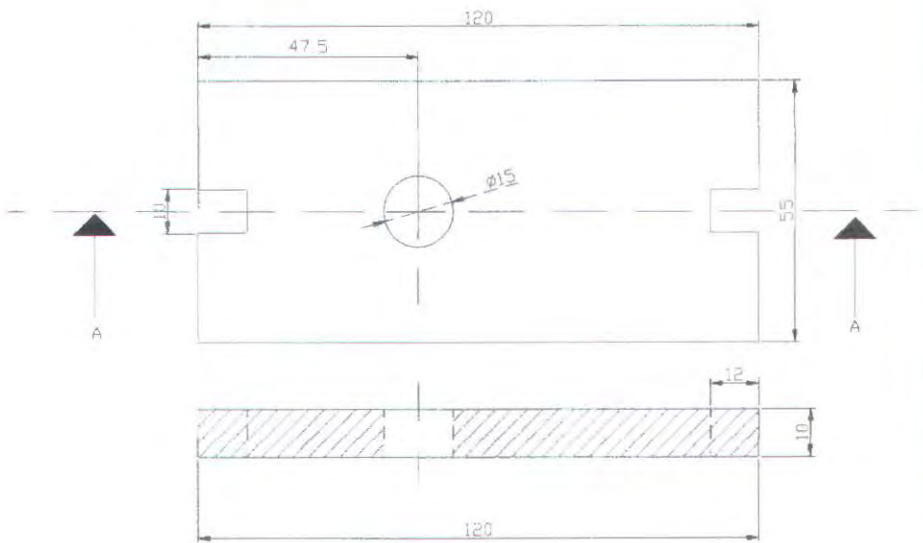


Gambar 4.11 Stripper

#### 4.3.3.5 Perencanaan Bottom Plate

Bottom plate ini memiliki fungsi sebagai landasan dan tempat pemasangan die. Bahan yang dipakai pada bottom plate adalah sama dengan yang digunakan pada stripper yaitu St 42 yang memiliki kekuatan tarik  $42 \text{ kg/mm}^2 = 60 \text{ ksi}$ , setelah dikonversikan ke tabel VIII, lampiran I diperoleh material jenis AISI 1020. Material AISI 1020 termasuk ke dalam *Plain Carbon Steel* (Tabel IX, lampiran I). Plain Carbon Steel ini memiliki modulus Elastisitas (E) sebesar  $30 \times 10^6 \text{ psi} = 21092,44 \text{ kg/mm}^2$  (tabel VI, lampiran I). Agar lebih jelas di dalam perhitungannya maka akan diberikan dimensi dari bottom plate berikut ini.





Gambar 4.12 Bottom Plate

Pada perencanaan bottom plate yang dihitung adalah tebal dari bottom plate yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$tb^3 = \frac{0,0284 \cdot q \cdot a^4}{E \cdot 8 \cdot \left\{ 1,056 \cdot \left( \frac{a}{b} \right)^5 + 1 \right\}} \quad (\text{Ref. 2, hal. 4-33})$$

- Dimana :
- E = Modulus Elastisitas bahan bottom plate  
=  $30 \times 10^6 \text{ psi} = 21092,44 \text{ kg/mm}^2$
  - q = Beban yang diterima bottom plate,  $\text{kg/mm}^2$   
=  $\frac{F}{A} = \frac{416,643}{6600} = 0,063 \text{ kg/mm}^2$
  - a = Lebar Botoom Plate, mm
  - b = Panjang Botoom Plate, mm
  - $\delta$  = Defleksi yang diijinkan  
=  $0,001 \text{ in} = 0,0254 \text{ mm}$ .

$$tb = 3,112 \text{ mm}$$

tebal bottom plate ini adalah tebal minimum. Supaya lebih aman tebal bottom plate dibuat sebesar 10 mm.

#### **4.4. Pembuatan Perkakas Tekan**

##### **4.4.1 Pembuatan Bottom Plate**

Bottom plate digunakan untuk mendukung letak dies, bahan pembuatannya sama dengan yang digunakan pada stripper yaitu material jenis AISI 1020. Dari bahan yang telah ditentukan, dilakukan proses pemotongan guna memperoleh ukuran sesuai dengan gambar. Kemudian dilakukan proses pengelasan untuk membuat tempat baut pengikat antara die dan bottom plate. Setelah itu dilakukan proses perataan dan penghalusan permukaan.

##### **4.4.2 Pembuatan Dies**

Dies dibuat dari material jenis AISI A2 atau sama dengan material jenis SKD-12 yang ada di pasaran industri baja. Kemudian dilakukan proses drilling untuk dibuat diameter lubang dies sesuai dengan perencanaan.

##### **4.4.3 Pembuatan Punch**

Pada punch yang digunakan untuk melakukan proses piccing dan collar drawing ini dibuat melalui proses pembubutan, sehingga diperoleh dimensi yang sesuai ukuran perencanaan. Bahan atau material yang digunakan adalah sama dengan material dari die yaitu AISI A2 atau setara SKD-12

##### **4.4.4 Pembuatan Stripper**

Stripper terbuat dari bahan jenis AISI 1020, lalu dilakukan drilling untuk membuat lubang dan pemotongan sehingga terbentuk ukuran sesuai gambar.

#### **4.5 Perakitan**

#### 4.5 Perakitan

Setelah semua bagian selesai dibuat, maka dari setiap bagian tadi ditempatkan dan dipasang sesuai posisinya, kemudian dirangkai hingga menjadi satu kesatuan.

##### ➤ Cara Kerja Alat

Langkah awal yang dilakukan adalah pemotongan raw material. Setelah menyiapkan material, lalu mesin press ini dinyalakan dengan menghubungkan kabel pada motor listrik 1 phase dengan sumber listrik yang tersedia. Selanjutnya material diletakkan di atas die, kemudian menekan tombol saklar ke posisi on. Setelah itu tuas penggerak yang ada di bagian bawah pada rangka mesin ditekan ke bawah (cukup sekali) hingga punch turut bergerak kebawah melakukan proses piercing. Setelahnya material digeser untuk selanjutnya dilakukan proses collar drawing.

#### 4.6 Pengujian Perkakas Tekan

Setelah pembuatan perkakas tekan selesai, dimana sebelumnya dilakukan perencanaan melalui beberapa perhitungan dan pertimbangan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian perkakas tekan.

Dari perencanaan yang dilakukan sebelumnya diperoleh hasil sebagai berikut:

Tebal material	= 0,2 mm
Keliling pemotongan	= 31,4 mm
Gaya pemotongan	= 47,732 kgf
Gaya collar drawing	= 33,365 kgf
Clearance piercing	= 0,07 mm/sisi
Clearance collar drawing	= 0,23 mm/sisi

Tujuan dilakukannya pengujian adalah untuk mengetahui apakah perkakas tekan hasil rancang bangun tersebut mampu menghasilkan produk bagian fin AC dengan bentuk dan dimensi sesuai dengan yang direncanakan atau tidak.

Ada beberapa prosedur yang perlu dilakukan dalam pengujian, yaitu :

1. Mempersiapkan Raw Material
2. Memasang Punch dan die pada mesin press
3. Mengatur kedudukan punch dan die pada mesin press
4. Melakukan pengujian
5. Mencatat hasil pengujian

#### 4.6.2. Data Hasil Pengujian

Dengan mengacu pada prosedur pengujian di atas, didapatkan beberapa data hasil penonitian sebagai berikut :

Produk uji coba	Kualitas produk	Dimensi produk ( mm )		
		lubang	tinggi	
1	baik	10,10	1,7	Terdapat burr
2	baik	10,05	1,7	
3	baik	10,10	1,65	
4	baik	10,05	1,7	
5	tidak	10,05	1,75	Terdapat burr
6	tidak	10,15	1,75	Terdapat burr
7	tidak	10,15	1,65	
8	baik	10,10	1,7	

Ket: Tidak, berarti produk yang dihasilkan tidak sesuai perencanaan dan tidak baik

Tabel 4-2 Hasil produk

#### 4.6.3. Evaluasi Hasil Pengujian

Perkakas tekan hasil rancang bangun adalah perkakas tekan jenis Progressive Dies, dimana terdapat dua proses pengerjaan yaitu proses pemotongan (piercing) dan proses pembentukan ( Collar Drawing ). Pada waktu melakukan pengujian pada mesin ini, punch untuk proses collar drawing mampu mencapai kedalaman penetrasi sebesar 10 kali tebal plat

atau sama dengan 2 mm, sehingga produk yang direncanakan bisa terpenuhi atau berhasil.

#### 4.6.4. Analisa dan Pembahasan

Dari hasil evaluasi disebutkan bahwa untuk mesin uji ini ( kapasitas 1 ton ) mampu melakukan proses pembentukan, dan mampu melakukan proses pemotongan dengan baik. Akan tetapi dari 8 produk yang dihasilkan masih terdapat 3 produk terdapat burr. Hal itu disebabkan oleh posisi dari punch dan dies yang tidak center atau tepat dan dudukan pada die juga miring.

Dalam teori disebutkan, agar mesin press dapat melakukan pengerjaan dengan baik maka besar gaya (kapasitas) mesin itu harus lebih besar atau sama dengan gaya total saat proses pengerjaan ( $F_{mesin} \geq F_{total}$ ). Dari hasil perhitungan diketahui:

$$F_{shearing} = 47,732 \text{ kgf}$$

$$F_{drawing} = 33,365 \text{ kgf}$$

$$F_{stripper} = 15,501 \text{ kgf}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} F_{mesin} &\geq F_{total} \\ &\geq (F_{shearing} + F_{drawing} + F_{stripper}) \\ &\geq 47,732 \text{ kgf} + 33,365 \text{ kgf} + 15,501 \text{ kgf} \\ &\geq 96,598 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Jika melihat hasil perhitungan di atas maka mesin ini mampu untuk melakukan dua proses sekaligus yaitu piercing dan collar drawing karena gaya yang bekerja pada alat ini masih di bawah kapasitas dari mesin yaitu 500 kgf. Solusi yang bisa dilakukan agar perkakas tekan ini adalah meratakan dudukan pada landasan die.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada pembahasan bab sebelumnya, maka dalam penulisan Tugas Akhir ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebaagai berikut :

1. Perkakas tekan yang digunakan untuk membuat komponen fin AC ini merupakan jenis Progressive Dies. Proses yang terjadi adalah Proses *piercing* (pemotongan) dan proses *collar drawing* (pembentukan).
2. Besar clearance yang diperoleh berdasarkan perhitungan adalah sebesar 0,07 mm/sisi untuk proses *piercing* dan 0,23 mm/sisi untuk proses *collar drawing*
3. Besarnya gaya total yang dibutuhkan untuk membuat produk fin AC dengan alat ini adalah 96,598 kgf.
4. Ukuran dari bagian – bagian perkakas tekan ini adalah :
  - Tebal die sebesar 19 mm.
  - Pansiang punch sebesar 40 mm.
  - Tebal Stripper sebesar 5 mm
  - Tebal Bottom Plate sebesar 10 mm.
5. Dari delapan kali percobaan terdapat 3 hasil produk yang mengalami cacat yaitu adanya burr pada hasil proses *piercing*, hal itu disebabkan karena alat yang kurang presisi dan posisi antara punch dan die yang tidak center ( tepat ).

### 5.2. Saran

Dalam merencanakan sebuah perkakas tekan atau dress

1. Agar dapat menghasilkan produk yang baik maka dilakukan pengecekan komponen – komponen perkakas tekan pada setiap beberapa kali pengerjaan.
2. Manfaat dari peralatan yang dibuat tersebut bagi pemakai ( konsumen ) dan perkembangan teknologi yang ada.
3. Meminimalkan terjadinya kerugian pada pemakaian peralatan dan bahan untuk mendapatkan efisiensi yang cukup baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Wilson, Frank. W, Fundamental Of Tool Design, Prentice – Hall Of India Private Limited, New Delhi, 1973.
2. Suchy, Ivana, Handbook Of Die Design, Mc Graw Hill Book Co, Inc, New York, 1998.
3. Kalpakjian, Serope, Manufacturing Engineering and Technology Third Edition, Addison – Wesley Publishing Company, New York, 1995.
4. Deutchman, Aaron, Machine Design Theory And Practice, Mac Millan Publishing Co, Inc, New York, 1980.
5. Schey, John. A, Introduction to Manufacturing Processes Third Edition, Mc Graw-Hill Kogakusha, Limited, Tokyo, 2000.
6. Pekerjaan Press dan Dies untuk Proses Tarik Dingin, Jakarta: Dirjen Industri Kecil Departemen Perindustrian RI, JETRO, 1998.
7. Japanese Standard Association, 1984: JIS Handbook 1984.
8. Lange, Kurt, Handbook Of Metal Forming, Mc Graw Hill Book Co, Inc, New York, 1985.
9. Boljanovic, Vukota, Paquin J.R, Die Design Fundamental 3<sup>nd</sup>, Industrial Press. Inc, 1987.
10. Cahyadi, Bambang, Rancang Bangun Mesin Press Untuk Pembuatan Pin Bross Aluminium, 2002
11. Sharma, P.C, A Text Book Of Production Engineering, Reinhold Publishing Corp, New York, 1964.
12. Amstead, B.H, Manufacturing Processes, 7<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Son's, New York, 1997.



Sb.

LABORATORIUM INDUSTRI LOGAM DAN BAHAN BANGUNAN

Kode Dok : FRM - 10.39

DATA UJI TARIK

1. Terima :  
 2. Pengujian :  
 3. Bahan : ALUMINIUM  
 4. Analisa :  
 5. Tanggal Uji Nomor :

• Standard Acuan :  
 • Kondisi Ruang Pengujian :  
 \* Temperatur (t) : °C  
 \* Kelembaban (Rh) : %

Parameter Uji	Uji I	Uji II	UJI III	UJI I
diameter (Do), mm				
tebal (t), mm	0,27	0,27	0,27	0,27
lebar (w), mm	25,0	25,3	25,4	25,0
luas Penampang (So), mm <sup>2</sup>	6,75	6,83	6,86	6,8
panjang Ukur (Lo), mm	49,8	49,6	49,5	49,6
beban Ulur (Fy), kg	-	-	-	-
stress Ulur, kg/mm <sup>2</sup>	-	-	-	-
beban Maksimum (Fm), kg	90	92	91	88
stress Tarik (sm), kg/mm <sup>2</sup>	13,33	13,47	13,27	12,9
panjang Setelah Putus (Lu), mm	27   26,8	-   -	-   -	-   -
	53,8	52,6	52,4	52
elongasi (e), %	8,03	6,05	5,86	4,8
luas Tengah Setelah Putus (Du), mm <sup>2</sup>				
luas Setelah Putus (Su), mm <sup>2</sup>				
kontraksi (p), mm				

Pemeriksa:

Penguji:

DJUMHAR

1.  $A = \pi/4 \times D^2$

2.  $t = w$

3.  $F_y / S_o$

4.  $F_m / S_o$

5.  $(L_u - L_o) / L_o \times 100 \%$

6.  $(S_o - S_u) / S_o \times 100 \%$

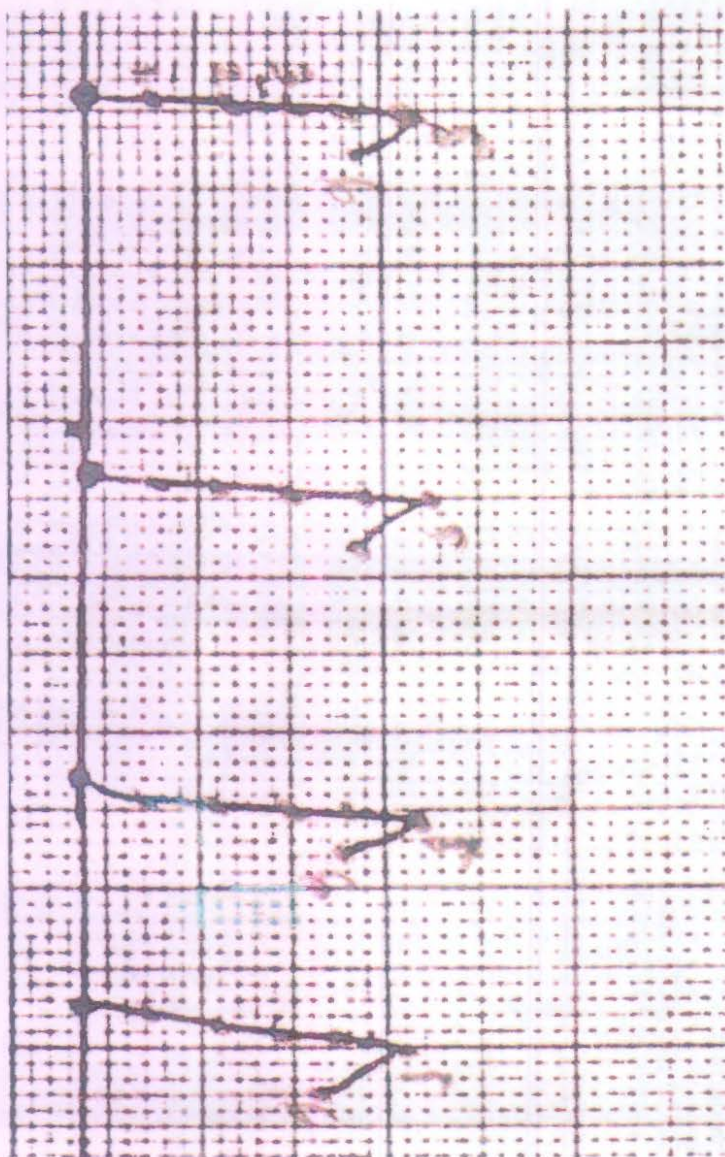
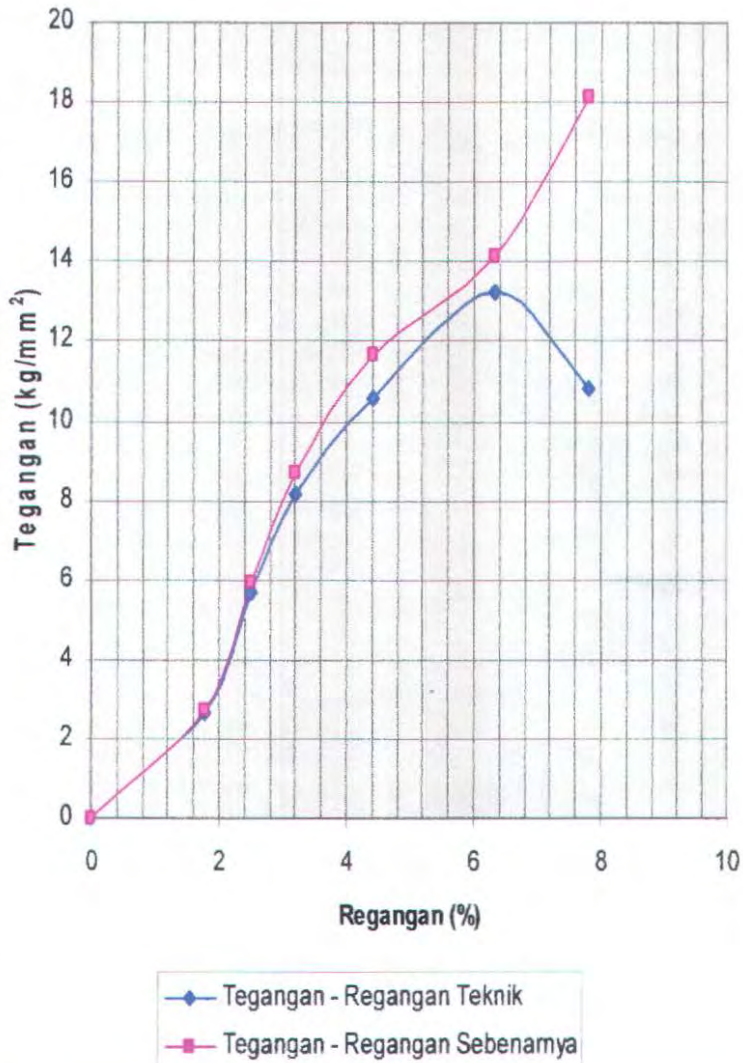


Diagram P-AL

Diagram Tegangan - Regangan



GROUP MATERIAL	EDELSTAHL	ASSAB	BOHLER (VEW)	KRUPP	THYSSEN	HITACHI	JIS	AISI	DIN
* COLD WORK TOOL STEELS	2342	-	K-720	2342	Thyrodur 2342	-	-	O2	50MnCrV8
	2510	DF-2	Arnulid S (K-460)	2510	" 2510	SOT	SKS-3	O1	50MnCrV5
	2080	XW-5	Special K (K-100)	2080	" 2080	CRD	SKD-1	O3	X210Cr12
	2363	XW-10	Special KS (K-205)	2363	" 2363	-	SKD-12 ✓	A2	X100CrMoV5
	2601	XW-41	Special KHL (K-105)	2601	" 2601	-	SKD-11	-	X165CrMoV12
	2379	UHB-21	Special KHL Extra	2379	" 2379	SLO	-	O2	X155CrV1612 1
	2426	-	Special KR (K-107)	2426	" 2426	-	-	-	X210CrW12
2542	M-4	MY Extra (K-450)	2542	" 2542	-	-	S1	45WCrSi8	
* HOT WORK TOOL STEELS	2244	1457	1/2 Htra 2 Is (W-203)	2244	Thyrotherm 2244	DAC	SKD-61	H-12	X10CrMoV5 1
	2265	-	WMO Extra (W-220)	2265	" 2265	-	-	H-10	X32CrMoV 3 3
* CARBON TOOL STEELS	1720	760	EMS-43 (K-945)	1720	Thyrodur 1720	NS-1045	S45C	1045	G45W
	1545	K-100	E.T.H (K 990)	1545	" 1545	-	-	YF-110	C105W 1
* PLASTIC MOULD STEELS	2311	718	K-458 (M-210)	2311	Thyroplas 2311	HPM-22	-	-	40CrMnMo7
	2312	718	K-458 (M-210)	2312	" 2312	HPM-22	-	-	40CrMnMo5 8 8
	2083	STAVAX	-	2083	" 2083	HPM-38	-	-	X42Cr 13
	2216	-	An. XW 35 M V-945	-	-	-	-	-	X36CrMo 17
* MACHINERY STEELS	1191	-	VCL-140 (V-320)	1191	TEW 7225	NS-4140	SCM-440	S45C	CK-45
	7225	705	VCH-150 (V-155)	7225	TEW 5532	NS-4240	316M147	4140	42CrMo4
	6582	705	-	6582	-	-	-	4340	34CrNiMo6
* WEAR RESISTANT (MANGANESE)	5223	RD-10	Chrenit (P-180)	-	-	-	-	-	42MnV7
	1137	RD-10	Chrenit (F-180)	-	-	-	-	-	40Mn4
	3401	RD-14	Chrenox (K-700)	3401	Pantinox 3401	Creusabro-M	SCM4H 1	A128	X120Mn12
* SILVER STEEL	2210	-	K-510	2210	-	-	-	L2	115CrV3
* HEAT RESISTANT STEELS	4823	-	Anitherm FF (H-550)	-	-	-	-	308	X15CrNiSi20 12
	4841	-	FFB (H-525)	-	-	7 RE 10	SUH 310	314	X15CrNiSi25 20

P.T. WUTPANCA LISTAV STEEL

J. KAWAHARA No. 94-28  
 Telp. (031) 621810-16194  
 Fax (031) 626264-17353  
 Telp. 24151  
 Surabaya - 60132

TABLE 1.  
CONVERSION FACTORS FROM U.S. CONVENTIONAL UNITS TO METRIC (SI) UNITS

Quantity	To convert from USCS units		Multiply by	To obtain SI unit	
	Symbol	Name		Symbol	Name
Length	in	inch	*25.4	mm	millimeter
	ft	foot	*0.3048	m	meter
Area	in <sup>2</sup>	square inch	*6.4516 × 10 <sup>-4</sup>	m <sup>2</sup>	
Volume	in <sup>3</sup>	cubic inch	1.639 × 10 <sup>-5</sup>	m <sup>3</sup>	
	gallon	US gallon	3.785 × 10 <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup>	
Time	min	minute	*60	s	second
Velocity	ft/min		*5.08 × 10 <sup>-3</sup>	m/s	
Mass	lb	pound	0.4536	kg	kilogram
	ton	short ton	0.9072	tonne	tonne
Acceleration (gravitational)	ft/sec <sup>2</sup>		*0.3048	m/s <sup>2</sup>	
	(32 ft/sec <sup>2</sup> )		*9.80665	m/s <sup>2</sup>	
Force	lbf (or lb)	pound force	4.448	N	newton
	tonf	ton force (2000 lb)	8.9	kN	
	kgf	kilogram force	*9.80665	N	
Stress (pressure)	lbf/in <sup>2</sup>	psi	6.895 × 10 <sup>3</sup>	Pa	pascal (= N/m <sup>2</sup> )
	ksi (or kpsi)	1000 psi	6.895	MPa	(or N/mm <sup>2</sup> )
	torr	mm Hg	133	Pa	
Torque (work)	lbf · ft	foot-pound	1.356	N · m	newton-meter
Energy (work)	Btu	British thermal unit	1055	J	joule (= N · m)
	cal	gram calorie	*4.1868	J	
Power	hp	550 ft · lb/sec	*746	W	watt (= J/s)
Viscosity	P	poise (dyn · s/cm <sup>2</sup> )	0.1	Pa · s	(or N · s/m <sup>2</sup> )
Temperature interval	F	Fahrenheit	0.5555	C or K	Celsius degree or kelvin
Temperature	t <sub>F</sub>		(t <sub>F</sub> - 32) 5/9	t <sub>C</sub>	degree Celsius
	t <sub>C</sub>		t <sub>C</sub> + 273.15	t <sub>F</sub> or T	absolute degrees

Notes: Exact conversion factors are recorded with an asterisk.  
The Celsius degree is often written °C to avoid confusion with C (coulomb).  
Most frequently used multipliers:

	Prefix	Symbol
10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-3</sup>	milli	m
10 <sup>-6</sup>	micro	μ
10 <sup>-9</sup>	nano	n

The International Committee of Weights and Measures (CIPM) modernized the metric system in 1960. The resulting SI units are now used worldwide in the literature; all industrialized nations have already committed themselves to conversion to the International System (SI).

For a detailed discussion see, for example, *ASME Orientation and Guide for Use of Metric Units* (American Society of Mechanical Engineers, New York), or *The International System of Units* (National Bureau of Standards SP330 (SD cat. no. C13.10.330/2), Government Printing Office, Washington, D.C.

Tabel II

TABLE B. AISI IDENTIFICATION AND CLASSIFICATION OF TOOL STEELS

(partial listing)

Steel types *	Average Composition, per cent							Other
	C	Mn	Si	Cr	W	Mo	V	
W1	1.00							
W2	1.00						0.25	
O1	0.90	1.00		0.50	0.50			
O2	0.90	1.60						
O7	1.20			0.75	1.75	0.25		
A2	1.00			5.00		1.00		
A4	1.00	2.00		1.00		1.00		
A5	1.00	3.00		1.00		1.00		
A6	0.70	2.00		1.00		1.00		
D2	1.50			12.00		1.00		
D3	2.25			12.00				
D4	2.25			12.00		1.00		
D6	2.25		1.00	12.00	1.00			
S1	0.50			1.50	2.50			
S2	0.50		1.00			0.50		
S4	0.50	0.80	2.00					
S5	0.50	0.80	2.00			0.40		
H11	0.35			5.00		1.50		
H12	0.35			5.00	1.50	1.50	0.40	
H13	0.35			5.00		1.50	1.00	
H21	0.35			3.50	9.00			
H26	0.50			4.00	18.00		1.00	
T1	0.70			4.00	18.00		1.00	
T15	1.50			4.00	12.00		5.00	5.00 Co
M2	0.85			4.00	6.25	5.00	2.00	
M3	1.00			4.00	6.00	5.00	2.40	
M4	1.30			4.00	5.50	4.50	4.00	
L2	0.50			1.00			0.20	
L3	1.00			1.50			0.20	
L6	0.70			0.75				1.50 Ni
F2	1.25				3.50			

\* W, water-hardening; O, oil-hardening, cold-work; A, air-hardening, medium-alloy; D, high-carbon high-chromium, cold-work; S, shock-resisting; H, hot-work; T, tungsten-base high-speed; M, molybdenum-base high-speed; L, special-purpose, low-alloy; F, carbon-tungsten, special-purpose.

Tabel III

TABLE A. APPLICATIONS OF TOOL STEELS

Application	Suggested AISI tool-steels	Rockwell C hardness range
Arbors	L6, L2	47-54
Axle burnishing tools	M2, M3	63-67
Boring bars	L6, L2	47-54
Broaches	M2, M3	63-67
Bushings (drill jig)	M2, D2	62-64
Cams	A4, O1	59-62
Centers, lathe	D2, M2	60-63
Chasers	M2	62-65
Cutting tools	M2	62-65
Dies, blanking	O1, A2, D2	58-62
Dies, bending	S1, A2, D2	52-62
Dies, coining	S1, A2, D2	52-62
Dies, cold heading:		
Solid	W1, W2	56-62
Insert	D2, M2	57-62
Dies, hot heading	H12, H13	42-48
Dies, lamination	D2, D3	60-63
Dies, shaving	D2, M2	62-64
Dies, thread rolling	D2, A2	58-62
Die casting:		
Aluminum	H13	42-48
Form tools	M2, M3	63-67
Lathe tools	M2, T1	63-65
Reamers	M2	63-65
Shear blades:		
Light stock	D2, A2	58-61
Heavy stock	S1, S4	52-56
Rolls	A2, D2	58-62
Taps	M2	62-65
Vise jaws	L2, S4	48-54
Wrenches	L2, S1	40-50

TABLE C. HARDENING AND TEMPERING TREATMENTS FOR PRESS TOOLS

AISI Tool-steel	Preheat temp., °F	Rate of heating for hardening	Hardening temp., °F	Time at temp., min.	Quenching medium	Tempering temp., °F	Depth of hardening	Resistance to decarburizing
W1		Slow	1425-1500	10-30	Brine or water	325-550	Shallow	Best
W2		Slow	1425-1550	10-30	Brine or water	325-550	Shallow	Best
O1	1200	Very slow	1450-1500	10-30	Oil	325-500	Medium	Good
O2	1200	Very slow	1400-1475	Do not soak	Oil	325-600	Medium	Good
O7	1200	Slow	1575-1625	10-30	Oil	350-550	Medium	Good
A2	1450	Very slow	1700-1800	30	Air	350-700	Deep	Fair
A4	1250	Slow	1450-1550	15-30	Air	300-500	Deep	Very good
A5	1250	Slow	1450-1550	15-30	Air	300-500	Deep	Very good
A6	1250	Slow	1500-1600	15-30	Air	300-500	Deep	Very good
S1		Slow to 1400	1650-1750	10-30	Oil	300-600	Medium	Fair
S2		Slow	1525-1575	10-30	Brine or water	350-700		Fair
S4		Slow	1550-1650	10-30	Brine or water	350-700		Poor
S5			1600-1700		Oil	350-700	Medium	Poor
H11	1400	Slow	1800-1850	15-60	Air	900-1200	Deep	Good
H12	1400	Slow	1800-1850	15-60	Air	900-1200	Deep	Good
H13	1400	Slow	1800-1850	15-60	Air	900-1200	Deep	Good
H21	1550	Medium	2000-2200	5-15	Air, oil	1000-1200	Deep	Good
H26	1550	Medium	2000-2200	5-15	Air, oil	1000-1200	Deep	Good
T1	1500-1600	Rapid from preheat	2150-2300	Do not soak	Air, oil or salt	1025-1200	Deep	Good
T15	1500-1600	Rapid from preheat	2125-2270	Do not soak	Air, oil or salt	1000-1200	Deep	Fair
M2	1500	Rapid from preheat	2125-2225	Do not soak	Air, oil or salt	1025-1200	Deep	Poor
M3	1450-1550	Rapid from preheat	2125-2225	Do not soak	Air, oil or salt	1025-1200	Deep	Poor
M4	1450-1550	Rapid from preheat	2125-2225	Do not soak	Air, oil or salt	1025-1200	Deep	Poor
L2		Slow	1550-1700	15-30	Oil	350-600	Medium	Good
L3		Slow	1425-1500	10-30	Brine or water	300-800	Medium	Good
L3		Slow	1500-1600	10-30	Oil	300-800	Medium	Good
L6		Slow	1450-1550	10-30	Oil	300-1000	Medium	Fair
F2	1200	Slow	1525-1625	15-30	Brine or water	300-500	Shallow	Good



TABLE 13. COMPARISON OF BASIC CHARACTERISTICS OF STEELS  
USED FOR PRESS TOOLS

AISI Steel No.	Non- deforming properties	Safety in hardening	Toughness	Resistance to softening effect of heat	Wear resistance	Machin- ability
W1	Poor	Fair	Good	Poor	Fair	Best
W2	Poor	Fair	Good	Poor	Fair	Best
O1	Good	Good	Fair	Poor	Fair	Good
O2	Good	Good	Fair	Poor	Fair	Good
O7	Good	Good	Fair	Poor	Fair	Good
A2	Best	Best	Fair	Fair	Good	Fair
A4	Best	Best	Fair	Poor	Fair	Fair
A5	Best	Best	Fair	Poor	Fair	Fair
A6	Best	Best	Fair	Poor	Fair	Fair
D2	Best	Best	Fair	Fair	Good	Poor
D3	Good	Good	Poor	Fair	Best	Poor
D4	Best	Best	Poor	Fair	Best	Poor
D6	Good	Good	Poor	Fair	Best	Poor
S1	Fair	Good	Good	Fair	Fair	Fair
S2	Poor	Fair	Best	Fair	Fair	Fair
S4	Poor	Fair	Best	Fair	Fair	Fair
S5	Fair	Good	Best	Fair	Fair	Fair
H11	Best	Best	Best	Good	Fair	Fair
H12	Best	Best	Best	Good	Fair	Fair
H13	Best	Best	Best	Good	Fair	Fair
H21	Good	Good	Good	Good	Fair	Fair
H26	Good	Good	Good	Best	Good	Fair
T1	Good	Good	Fair	Best	Good	Fair
T15	Good	Fair	Poor	Best	Best	Poor
M2	Good	Fair	Fair	Best	Good	Fair
M3	Good	Fair	Fair	Best	Good	Fair
M4	Good	Fair	Fair	Best	Best	Poor
L2	Fair	Fair	Good	Poor	Fair	Fair
L3	Fair	Poor	Fair	Poor	Fair	Good
L6	Good	Good	Good	Poor	Fair	Fair
F2	Poor	Poor	Poor	Fair	Best	Fair

**Table F. Miscellaneous Mechanical and Physical Properties of Various Materials<sup>b</sup>**

Material	Modulus of Elasticity in Tension, psi	Shear Modulus of Elasticity, psi	Poisson's Ratio	Density lb/in. <sup>3</sup>	Coefficient of Thermal Expansion, in./in./°F	Thermal Conductivity Btu/ft <sup>2</sup> /°F/h.	Specific Heat Btu/lb/°F	Melting Point °F
Gray cast iron	See Table A-1	$5.5 \times 10^6$ C1.20 $8.0 \times 10^6$ C1.50	0.27	0.260	$6.7 \times 10^{-6}$	29.0	—	2150
Malleable cast iron	See Table A-1	$12.5 \times 10^6$	0.27	0.264	$5.9 \times 10^{-6}$ $- 7.5 \times 10^{-6}$ <sub>b</sub>	29.5	0.122	2250
Modular or ductile iron	See Table A-1	$9.3 \times 10^6$	0.29	0.251	$6.6 \times 10^{-6}$ $- 10.4 \times 10^{-6}$ <sub>b</sub>	19.0	—	2150
Cast alloy steels	See Table A-1	$11.3 \times 10^6$	0.30	0.283	$8.1 \times 10^{-6}$	27.0	0.105	2740
Cast carbon steels	See Table A-1	$11.3 \times 10^6$ <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.283	$8.3 \times 10^{-6}$	27.0	—	2250
Alloy cast irons	See Table A-1	$11.3 \times 10^6$ <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	0.266	$4.5 \times 10^{-6}$ $- 10.7 \times 10^{-6}$ <sub>b</sub>	—	—	2500 <sup>c</sup>
Cast stainless steels	See Table A-1	$11.5 \times 10^6$ <sup>c</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.280	$6.4 \times 10^{-6}$ $- 10.4 \times 10^{-6}$ <sub>b</sub>	8.2 - 14.5 <sup>b</sup>	0.123	2750
Plain carbon steels	$30 \times 10^6$	$11.3 \times 10^6$	0.27-0.30	0.283	$6.7 \times 10^{-6}$ $- 8.1 \times 10^{-6}$ <sub>b</sub>	27.0	0.105	2775
				0.280	$6.3 \times 10^{-6}$	11.7 - 18.4 <sup>b</sup>	0.110	2760

TABLE A<sub>1</sub> CARBON and ALLOY STEELS

## DESIGN PROPERTIES OF CARBON AND ALLOY STEELS

Material designation (AISI number)	Condition	Tensile strength		Yield strength		Ductility (percent elongation in 2 inches)	Brine hardness (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Hot-rolled	55	379	30	207	25	111
1020	Cold-drawn	61	420	51	352	15	122
1020	Annealed	60	414	43	296	38	121
1040	Hot-rolled	72	496	42	290	18	144
1040	Cold-drawn	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	35	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Hot-rolled	90	620	49	338	15	180
1050	Cold-drawn	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Hot-rolled	62	427	34	234	33	124
1117	Cold-drawn	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Hot-rolled	88	607	48	331	15	176
1137	Cold-drawn	98	676	82	565	10	198
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	351
1144	Hot-rolled	94	648	51	352	15	181
1144	Cold-drawn	100	690	90	621	10	202
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	202
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	271
1213	Hot-rolled	55	379	33	228	25	131
1213	Cold-drawn	75	517	58	340	10	158
12L13	Hot-rolled	57	393	34	234	22	134
12L13	Cold-drawn	70	483	60	414	10	148
1340	Annealed	102	703	83	434	26	207
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	231
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	361
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	441
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	571
3140	Annealed	95	653	67	462	25	187
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	231
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	46
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	531
4130	Annealed	81	558	52	359	28	154
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	411
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	481
4140	Annealed	95	653	60	414	26	197
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	231
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 700	231	1590	212	1480	13	461
4140	OQT 400	299	2090	241	1700	11	531

Tabel I

Diameter Punch	Tebal Top Plate
0 - 0.3125 in	0.5 in
0.3125 - 0.4375 in	0.625 in
0.4375 - 0.5 in	0.75 in
0.5 - 0.625 in	0.875 in
0.625 - 0.6875 in	1 in
0.6875 - 0.75 in	1.125 in
0.75 - 0.875 in	1.25 in
0.875 - 0.9375 in	1.375 in
0.9375 - 1 in	1.5 in

Sumber : Die Design Fundamentals 2<sup>nd</sup> edition, hal. 109

TABLE 1.  
CONVERSION FACTORS FROM U.S. CONVENTIONAL UNITS TO METRIC (SI) UNITS

Quantity	To convert from USCS units		Multiply by	To obtain SI unit	
	Symbol	Name		Symbol	Name
Length	in	inch	*25.4	mm	millimeter
	ft	foot	*0.3048	m	meter
Area	in <sup>2</sup>	square inch	*6.4516 × 10 <sup>-4</sup>	m <sup>2</sup>	
Volume	in <sup>3</sup>	cubic inch	1.639 × 10 <sup>-5</sup>	m <sup>3</sup>	
	gallon	US gallon	3.785 × 10 <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup>	
Time	min	minute	*60	s	second
Velocity	ft/min		*5.08 × 10 <sup>-3</sup>	m/s	
Mass	lb	pound	0.4536	kg	kilogram
	ton	short ton	0.9072	tonne	tonne
Acceleration (gravitational)	ft/sec <sup>2</sup>		*0.3048	m/s <sup>2</sup>	
	(32 ft/sec <sup>2</sup> )		* (9.80665)	m/s <sup>2</sup>	
Force	lbf (or lb)	pound force	4.448	N	newton
	tonf	ton force (2000 lb)	8.9	kN	
	kgf	kilogram force	*9.80665	N	
Stress (pressure)	lbf/in <sup>2</sup>	psi	6.895 × 10 <sup>3</sup>	Pa	pascal (= N/m <sup>2</sup> )
	ksi (or kpsi)	1000 psi	6.895	MPa	(or N/mm <sup>2</sup> )
	torr	mm Hg	133	Pa	
Torque (work)	lbf·ft	foot-pound	1.356	N·m	newton-meter
Energy (work)	Btu	British thermal unit	1055	J	joule (= N·m)
	cal	gram calorie	*4.1868	J	
Power	hp	550 ft·lb/sec	*746	W	watt (= J/s)
Viscosity	P	poise	0.1	Pa·s	(or N·s/m <sup>2</sup> )
		(dyn·s/cm <sup>2</sup> )			
Temperature interval	F	Fahrenheit	0.5555	C or K	Celsius degree or kelvin
Temperature	t <sub>c</sub>		(t <sub>c</sub> - 32) 5/9	t <sub>c</sub>	degree Celsius
	t <sub>c</sub>		t <sub>c</sub> + 273.15	t <sub>c</sub> or T	absolute degrees

Notes: Exact conversion factors are recorded with an asterisk.

The Celsius degree is often written °C to avoid confusion with C (coulomb).

Most frequently used multipliers:

	Prefix	Symbol
10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-3</sup>	milli	m
10 <sup>-6</sup>	micro	μ
10 <sup>-9</sup>	nano	n

The International Committee of Weights and Measures (CIPM) modernized the metric system in 1960. The resulting SI units are now used worldwide in the literature; all industrialized nations have already committed themselves to conversion to the International System (SI).

For a detailed discussion see, for example, *ASME Orientation and Guide for Use of Metric Units* (American Society of Mechanical Engineers, New York), or *The International System of Units* (National Bureau of Standards SP330 (SD cat. no. C13.10.330-'2), Government Printing Office, Washington, D.C.

**TABLE J. Conversions for Length, Pressure, Velocity, Volume, and Weight**

To convert from:	to:	Multiply by:
<b>Length</b>		
Centimeters	Inches	0.3937
Centimeters	Yards	0.01094
Feet	Inches	12.0
Feet	Meters	0.30481
Feet	Yards	0.333
Inches	Centimeters	2.540
Inches	Feet	0.08333
Inches	Meters	0.02540
Inches	Microns	25,400.
Inches	Millimeters	25.400
Inches	Yards	0.02778
Kilometers	Feet	3,281.
Kilometers	Miles (nautical)	0.5336
Kilometers	Miles (statute)	0.6214
Kilometers	Yards	1,094.
Meters	Feet	3.2809
Meters	Yards	1.0936
Microns	Inches	0.0000394
Microns	Meters	0.000001
Miles (statute)	Feet	5,280.
Miles (statute)	Kilometers	1.6093
Miles (statute)	Meters	1,609.34
Miles (statute)	Yards	1,760.
Miles (nautical)	Feet	6,080.2
Miles (nautical)	Kilometers	1.8520
Miles (nautical)	Meters	1,852.0
Millimeters	Inches	0.03937
Rods	Meters	5.0292
Yards	Centimeters	91.44
Yards	Feet	3.0
Yards	Inches	36.0
Yards	Meters	0.9144
<b>Pressure</b>		
Dynes per cm <sup>2</sup>	Pascals	0.1000
Grams per cm <sup>2</sup>	Ounces per in <sup>2</sup>	0.5780
Kilograms per cm <sup>2</sup>	Pounds per in <sup>2</sup>	14.223
Kilograms per cm <sup>2</sup>	Pascals	98,066.5
Kilograms per m <sup>2</sup>	Pascals	9.8066
Kilograms per m <sup>2</sup>	Pounds per ft <sup>2</sup>	0.2045
Kilograms per m <sup>2</sup>	Pounds per yd <sup>2</sup>	1.8433
Kilograms per m <sup>2</sup>	Pounds per ft <sup>2</sup>	0.06243
Ounces per in <sup>2</sup>	Grams per cm <sup>2</sup>	1.7500
Pounds per ft <sup>2</sup>	Kilograms per cm <sup>2</sup>	16.019
Pounds per ft <sup>2</sup>	Kilograms per m <sup>2</sup>	4.8824
Pounds per ft <sup>2</sup>	Pascals	47.880
Pounds per in <sup>2</sup>	Kilograms per cm <sup>2</sup>	0.0703
Pounds per in <sup>2</sup>	Pascals	6,894.76
Pounds per yd <sup>2</sup>	Kilograms per m <sup>2</sup>	0.5426
<b>Velocity</b>		
Feet per minute	Meters per second	0.00508
Feet per second	Meters per second	0.3048
Inches per second	Meters per second	0.0254
Kilometers	Meters per second	0.2778
Knots	Meters per second	0.5144

To convert from:	to:	Multiply by:
<b>Weight</b>		
Miles per hour	Meters per second	0.4470
Miles per minute	Meters per second	26.8224
<b>Volume</b>		
Cubic centimeters	Cubic inches	0.06102
Cubic feet	Cubic inches	1,728.0
Cubic feet	Cubic meters	0.0283
Cubic feet	Cubic yards	0.0370
Cubic feet	Gallons	7.481
Cubic feet	Liters	28.32
Cubic feet	Quarts	29.9222
Cubic inches	Cubic centimeters	16.39
Cubic inches	Cubic feet	0.0005787
Cubic inches	Cubic meters	0.00001639
Cubic inches	Liters	0.0164
Cubic inches	Gallons	0.004329
Cubic inches	Quarts	0.01732
Cubic meters	Cubic feet	35.31
Cubic meters	Cubic inches	61,023.
Cubic meters	Cubic yards	1.3087
Cubic yards	Cubic feet	27.0
Cubic yards	Cubic meters	0.7641
Gallons	Cubic feet	0.1337
Gallons	Cubic inches	231.0
Gallons	Cubic meters	0.003785
Gallons	Liters	3.786
Gallons	Quarts	4.0
Liters	Cubic feet	0.03531
Liters	Cubic inches	61.017
Liters	Gallons	0.2642
Liters	Pints	2.1133
Liters	Quarts	1.057
Liters	Cubic meters	0.0010
Pints	Cubic meters	0.004732
Pints	Liters	0.4732
Pints	Quarts	0.50
Quarts	Cubic feet	0.03342
Quarts	Cubic inches	57.75
Quarts	Cubic meters	0.0009464
Quarts	Gallons	0.25
Quarts	Liters	0.9464
Quarts	Pints	2.0
Grams	Kilograms	0.001
Grams	Ounces	0.03527
Grams	Pounds	0.002205
Kilograms	Ounces	85.274
Kilograms	Pounds	2.2046
Ounces	Grams	28.35
Ounces	Kilograms	0.02835
Ounces	Pounds	0.0625
Pounds	Grams	453.6
Pounds	Kilograms	0.4536
Pounds	Ounces	16.0

TABLE K. Standard Conversion Table: Measures Are Found from the Table

Multiply:	By:	To obtain:
Horsepower (boiler)	33,479	Btu per hour
Horsepower (boiler)	9,803	Kilowatts
Horsepower-hours	2547	British thermal units
Horsepower-hours	$1.98 \times 10^6$	Foot pounds
Horsepower-hours	641.7	Kilogram-calories
Horsepower-hours	$2.737 \times 10^6$	Kilogram-meters
Horsepower-hours	0.7457	Kilowatt-hours
Inches	2.540	Centimeters
Inches of mercury	0.03342	Atmospheres
Inches of mercury	1.133	Feet of water
Inches of mercury	345.3	Kilograms per square meter $kg/m^2$
Inches of mercury	70.73	Pounds per square foot
Inches of mercury	0.4912	Pounds per square inch $psi$
Inches of water	0.002459	Atmospheres
Inches of water	0.07355	Inches of mercury
Inches of water	26.40	Kilograms per square meter
Inches of water	0.5781	Ounces per square inch
Inches of water	5.202	Pounds per square foot
Inches of water	0.03813	Pounds per square inch $psi$
Kilograms	980,665	Dynes
Kilograms	2.205	Pounds
Kilograms	$1.102 \times 10^{-3}$	Tons (short)
Kilograms	$10^3$	Grams
Kilograms-calories	3.968	British thermal units
Kilograms-calories	3086	Foot pounds
Kilograms-calories	$1.558 \times 10^{-3}$	Horsepower-hours
Kilograms-calories	$1.162 \times 10^{-4}$	Kilowatt-hours
Kilogram-calories per minute	61.43	Foot pounds per second
Kilogram-calories per minute	0.09361	Horsepower
Kilogram-calories per minute	0.06972	Kilowatts
Kilograms per meter	0.6720	Pounds per foot
Kilograms per square meter	$9.878 \times 10^{-4}$	Atmospheres
Kilograms per square meter	$3.281 \times 10^{-2}$	Feet of water
Kilograms per square meter	$2.896 \times 10^{-4}$	Inches of mercury
Kilograms per square meter	0.2048	Pounds per square foot
Kilograms per square meter	$1.422 \times 10^{-2}$	Pounds per square inch $psi$
Kilograms per square millimeter $kg/cm^2$	$10^6$	Kilograms per square meter
Kiloliters	$10^3$	Liters
Kilometers	$10^3$	Centimeters
Kilometers	3281	Feet
Kilometers	$10^3$	Meters
Kilometers	0.6214	Miles
Kilometers	1094	Yards
Kilometers per hour	27.78	Centimeters per second
Kilometers per hour	54.68	Feet per minute
Kilometers per hour	0.9113	Feet per second
Kilometers per hour	0.5396	Knots
Kilometers per hour	16.67	Meters per minute
Kilometers per hour	0.6214	Miles per hour
Kilograms per hour per second	27.78	Centimeters per second per second
Kilograms per hour per second	0.9113	Feet per second per second
Kilograms per hour per second	0.2778	Meters per second per second



Multiply:	By:	To obtain:
Pounds per cubic inch	$2.768 \times 10^4$	Kilograms per cubic meter
Pounds per cubic inch	1728	Pounds per cubic foot
Pounds per foot	1.488	Kilograms per meter
Pounds per inch	178.6	Grams per centimeter
Pounds per square foot	0.01602	Feet of water
Pounds per square foot	4.883	Kilograms per square meter
Pounds per square foot	$6.945 \times 10^{-3}$	Pounds per square inch
Pounds per square inch	0.06804	Atmospheres
Pounds per square inch	2.307	Feet of water
Pounds per square inch	2.036	Inches of mercury
Pounds per square inch	703.1	Kilograms per square meter
Quadrants (angle)	90	Degrees
Quadrants (angle)	5400	Minutes
Quadrants (angle)	1.571	Radians
Quarts (dry)	67.20	Cubic inches
Quarts (liq.)	57.75	Cubic inches
Quintal, Argentine	101.28	Pounds
Quintal, Brazil	129.54	Pounds
Quintal, Castile, Peru	101.43	Pounds
Quintal, Chile	101.41	Pounds
Quintal, Mexico	101.47	Pounds
Quintal, Metric	220.46	Pounds
Quires	25	Sheets
Radians	57.30	Degrees
Radians	3438	Minutes
Radians	0.637	Quadrants
Radians per second	57.30	Degrees per second
Radians	0.1592	Revolutions per second
Radians per second	9.549	Revolutions per minute
Radians per second per second	573.0	Revolutions per minute per minute
Radians per second per second	0.1592	Revolutions per second per second
Revolutions	360	Degrees
Revolutions	4	Quadrants
Revolutions	6.283	Radians
Revolutions per minute	6	Degrees per second
Revolutions per minute	0.1047	Radians per second
Revolutions per minute	0.01667	Revolutions per second
Revolutions per minute per minute	$1.745 \times 10^{-3}$	Radians per second per second
Revolutions per minute per minute	$2.778 \times 10^{-4}$	Revolutions per second per second
Revolutions per second	360	Degrees per second
Revolutions per second	6.283	Radians per second
Square centimeters	0.1550	Square inches
Square centimeters	$10^{-4}$	Square meters
Square centimeters	100	Square millimeters
Square feet	$2.296 \times 10^{-4}$	Acres
Square feet	929.0	Square centimeters
Square feet	144	Square inches
Square feet	0.09290	Square meters
Square feet	$3.687 \times 10^{-6}$	Square miles
Square feet	3	Square yards
1		
Square feet per million per minute	8.0208	Overflow rate (ft/h)
Square inches	6.452	Square centimeters
Square inches	$6.944 \times 10^{-2}$	Square feet
Square inches	645.2	Square millimeters

Multiply:	By:	To obtain:
Square kilometers	247.1	Acres
Square kilometers	$10.76 \times 10^6$	Square feet
Square kilometers	$10^6$	Square meters
Square kilometers	0.3861	Square miles
Square kilometers	$1.196 \times 10^6$	Square yards
Square meters	$2.471 \times 10^{-4}$	Acres
Square meters	10.76	Square feet
Square meters	$3.861 \times 10^{-7}$	Square miles
Square meters	1.196	Square yards
Square miles	640	Acres
Square miles	$27.88 \times 10^6$	Square feet
Square miles	2.590	Square kilometers
Square miles	$3.098 \times 10^6$	Square yards
Square millimeters	0.01	Square centimeters
Square millimeters	$1.550 \times 10^{-9}$	Square inches
Tons (long)	2240	Pounds
Tons (long)	1.12000	Tons (short)
Tons (metric)	$10^3$	Kilograms
Tons (metric)	2205	Pounds
Tons (short)	2000	Pounds
Tons (short)	32,000	Ounces
Tons (short)	907.18486	Kilograms
Tons (short)	2430.56	Pounds (troy)
Tons (short)	0.89287	Tons (long)
Tons (short)	29166.66	Ounces (troy)
Tons (short)	0.90718	Tons (metric)
1	Area ( $\text{ft}^2$ )	Square feet per ton per 24 hours
Tons dry solids per 24 hours		
Tons of water per 24 hours	83.333	Pounds water per hour
Tons of water per 24 hours	0.16643	Gallons per minute
Tons of water per 24 hours	1.3349	Cubic feet per hour
Watts	0.05692	Btu per minute
Watts	44.26	Foot pounds per minute
Watts	0.7376	Foot pounds per second
Watts	$1.341 \times 10^{-3}$	Horsepower
Watts	0.01434	Kilogram-calories per

## Tabel konversi kekerasan

Hardness				Tensile strength		Hardness				Tensile strength		Hardness		
HV	HRB	HB	HRC	kp/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	HV	HRC	HB	kp/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	HV	HRC	HR	30N
100	57.0	95	33	325		400	40.8	300.0	130	1275	700	60.1	77.6	
110	62.0	105	36	355		410	41.8	309.5	134	1315	710	60.5	78.0	
120	67.0	114	39	380		420	42.7	319.0	137	1345	720	61.0	78.4	
130	71.0	124	43	420		430	43.6	328.5	141	1385	730	61.4	78.7	
140	75.1	133	46	450		440	44.5	338.0	144	1410	740	61.8	79.1	
150	78.8	143	49	480		450	45.3	347	147	1440	750	62.1	79.4	
160	82.1	152	52	510		460	46.1	352	150	1470	760	62.5	79.7	
170	85.0	162	55	540		470	46.9	357	153	1500	770	62.9	80.0	
180	87.3	171	58	570		480	47.7	360	156	1530	780	63.3	80.4	
190	89.6	181	62	600		490	48.4	366	160	1570	790	63.6	80.7	
200	91.8	190	65	635		500	49.1	372	164	1610	800	64.0	81.1	
210	93.7	200	68	670		510	49.8	378	168	1650	810	64.3	81.4	
220	95.5	209	71	695		520	50.5	383	172	1680	820	64.7	81.7	
230	97.0	219	74	725		530	51.1	392	176	1725	830	65.0	81.9	
240	HRC	228	77	755		540	51.7	397	180	1765	840	65.3	82.2	
250	22.2	238	80	785		550	52.3	409	184	1805	850	65.6	82.5	
260	24.0	247	84	825		560	53.0	417	188	1845	860	65.9	82.7	
270	25.6	257	87	855		570	53.6	426	193	1890	870	66.1	82.9	
280	27.1	266	90	880		580	54.1	435	198	1940	880	66.4	83.1	
290	28.5	276	94	920		590	54.7	443	203	1990	890	66.7	83.3	
300	29.8	285	97	950		600	55.2	452			900	67.0	83.6	
310	31.0	295	101	990		610	55.7	460			910	67.2	83.8	
320	32.2	304	104	1020		620	56.3	469			920	67.5	84.0	
330	33.3	314	107	1050		630	56.8	477			930	67.8	84.2	
340	34.4	323	110	1080		640	57.3	486			940	68.0	84.4	
350	35.5	333	114	1115		650	57.8				950	68.4	84.6	
360	36.6	342	117	1150		660	58.3				960	68.7	84.8	
370	37.7	352	120	1175		670	58.8				970	69.0	85.0	
380	38.8	361	123	1205		680	59.2				980	69.3	85.2	
390	39.8	370	127	1245		690	59.7				1000	69.9	85.6	

Tabel VII

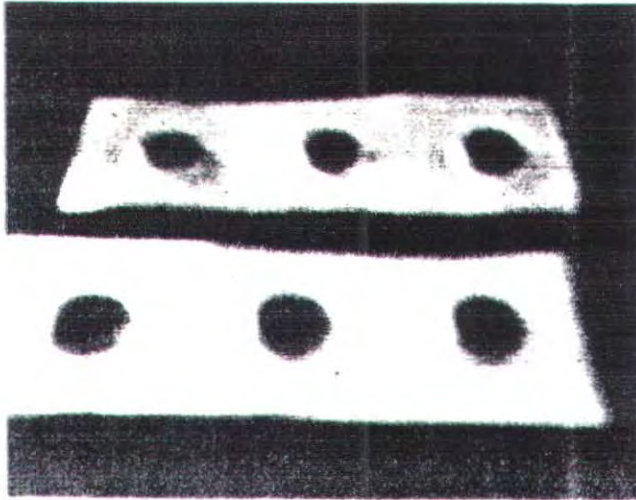
TABLE E. SHEAR STRENGTH, PSI, OF VARIOUS MATERIALS<sup>1</sup>

Ferrous Materials			
0.10 carbon steel annealed ...	35,000	Nickel steel (drawn to 800°F and water-quenched):	
0.20 " " " " ...	42,000	SAE 2320 .....	98,000
0.30 " " " " ...	52,000	SAE 2330 .....	110,000
0.50 " " " " ...	90,000	SAE 2340 .....	125,000
1.00 " " " " ...	110,000	Nickel-chromium steel (drawn to 800°F):	
Chromium-molybdenum steel; SAE 4130:		SAE 3120 .....	95,000
90,000 u.t.s.* .....	55,000	SAE 3130 .....	110,000
100,000 u.t.s. ....	65,000	SAE 3140 .....	130,000
125,000 u.t.s. ....	75,000	SAE 3280 .....	135,000
150,000 u.t.s. ....	90,000	SAE 3240 .....	150,000
180,000 u.t.s. ....	105,000	SAE 3250 .....	165,000
Nonferrous Materials			
Aluminum and alloys .....	4000-41,000	Nickel:	
		68,000 u.t.s. ....	52,300
Copper and alloys .....	22,000-48,000	120,500 u.t.s. ....	75,300
		Inconel (nickel-chromium-iron):	
Magnesium alloys .....	4000-26,000	80,000 u.t.s. ....	59,000
		90,000 u.t.s. ....	63,000
Monel metal:		100,000 u.t.s. ....	66,000
69,000 u.t.s. ....	42,900	115,000 u.t.s. ....	71,000
108,000 u.t.s. ....	65,200	140,000 u.t.s. ....	78,000
K monel:		160,000 u.t.s. ....	84,000
97,500 u.t.s. ....	63,300	175,000 u.t.s. ....	87,000
155,600 u.t.s. ....	98,700		
Nonmetallic Materials			
Asbestos board .....	5,000	Leather, rawhide .....	13,000
Cellulose acetate .....	10,000	Mica .....	10,000
Cloth .....	8,000	Paper † .....	6,400
Fiber, hard .....	18,000	Bristol board .....	4,800
Hard rubber .....	20,000	Pressboard .....	3,500
Leather, tanned .....	7,000	Phenol Fiber ‡ .....	26,000

\* u.t.s. = ultimate tensile strength.

† For hollow die, used one-half value shown for shearing strength.

‡ Blank and perforate hot.



Gambar Produk Jadi



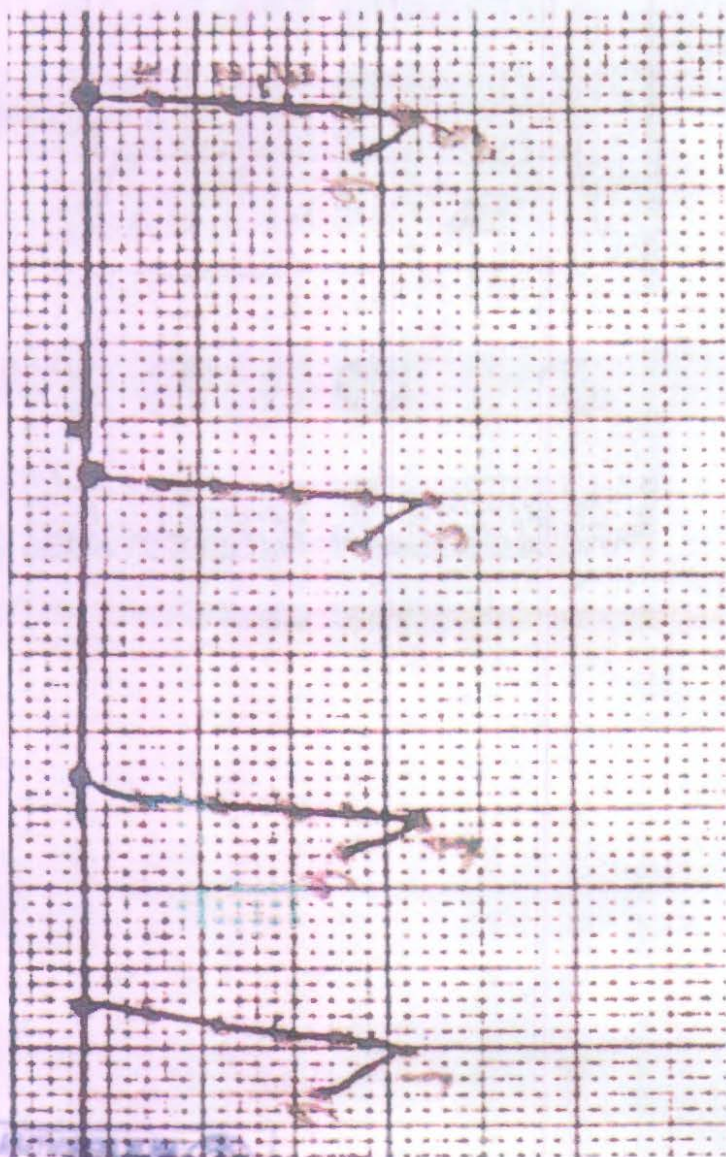
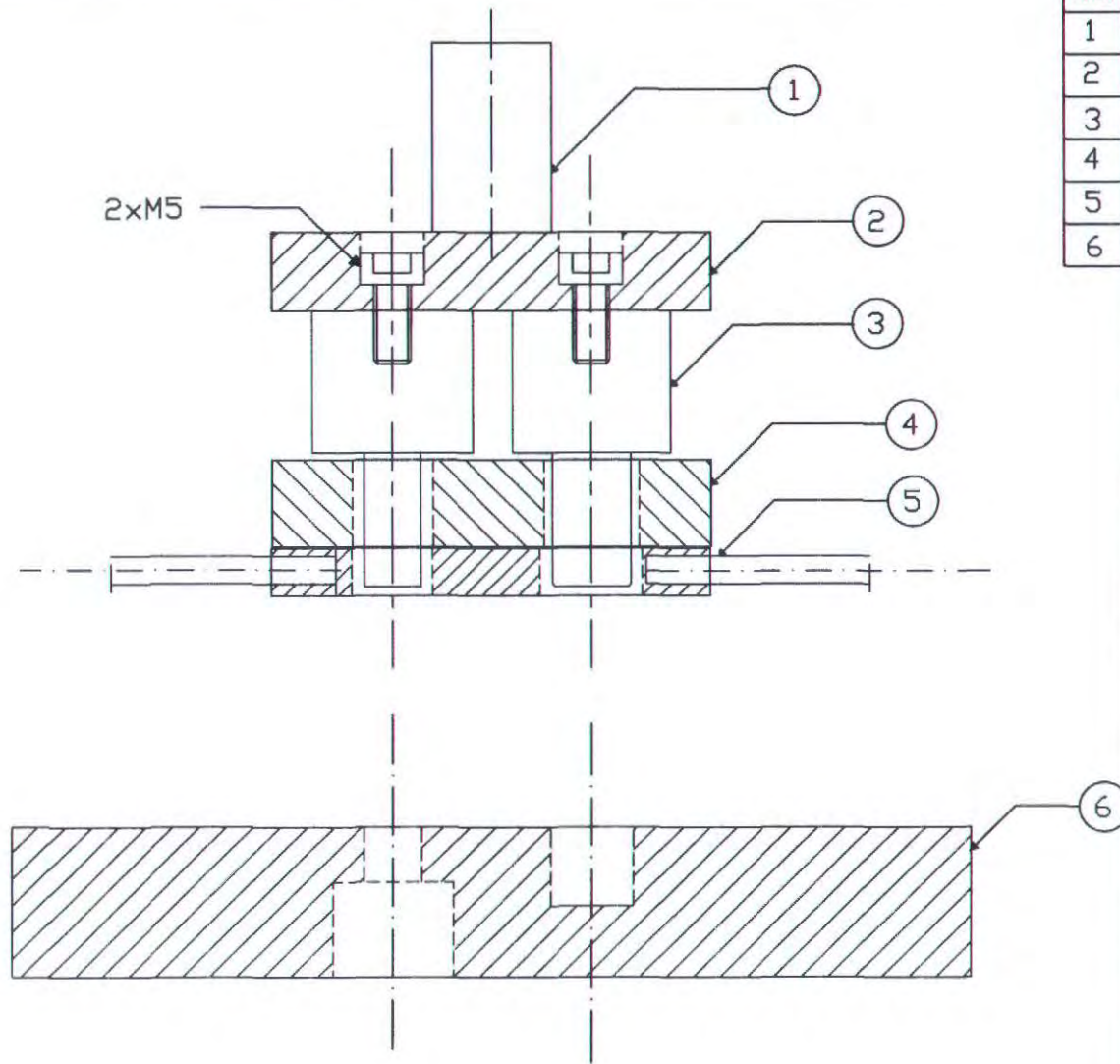


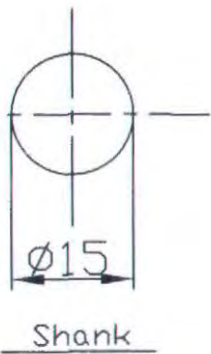
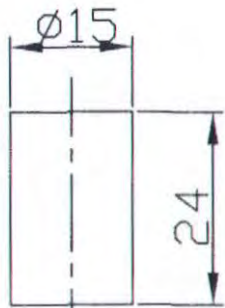
Diagram P-AL

113

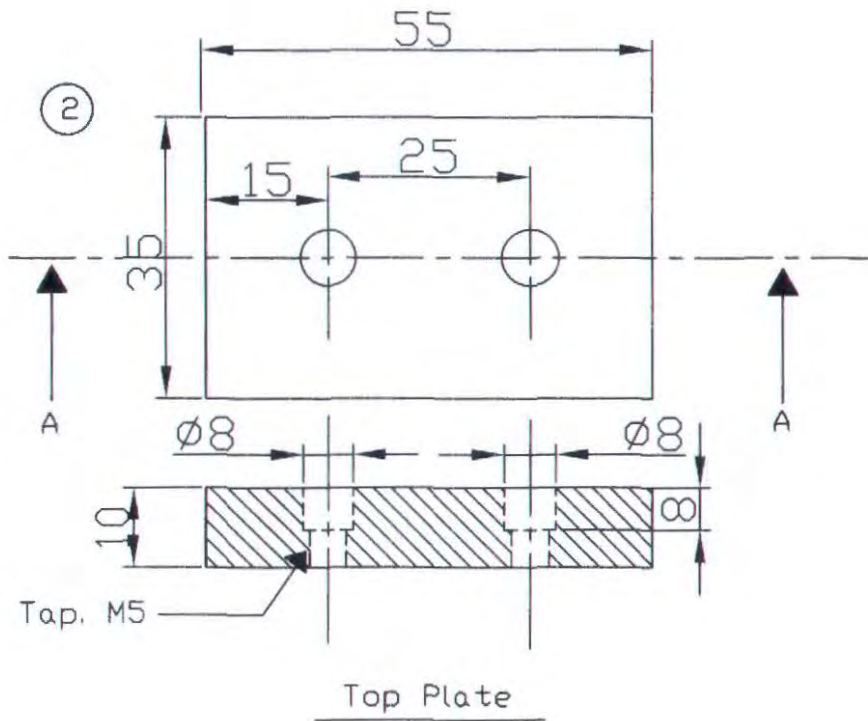


No.	Nama Bagian	Bahan	Jumlah	Catatan
1	Shank	ST 42	1	
2	Top Plate	ST 42	1	
3	Punch	SKD-12	1	
4	Karet	Urethane	1	
5	Stripper	ST 42	1	
6	Dies	SKD-12	1	

	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : HENDRA PURNA S	PERINGATAN
	SATUAN : mm	NRP : 2104 030 034	
	TANGGAL: 30-07-09	DILIHAT : Ir. WINARTO, DEA	
D3 TEKNIK MESIN FTI - ITS	PROGRESSIVE DIES		A4

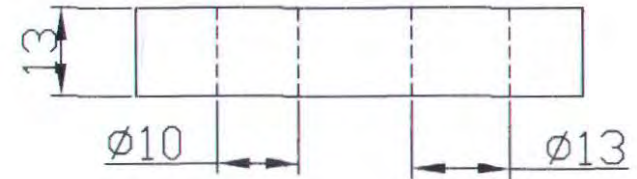
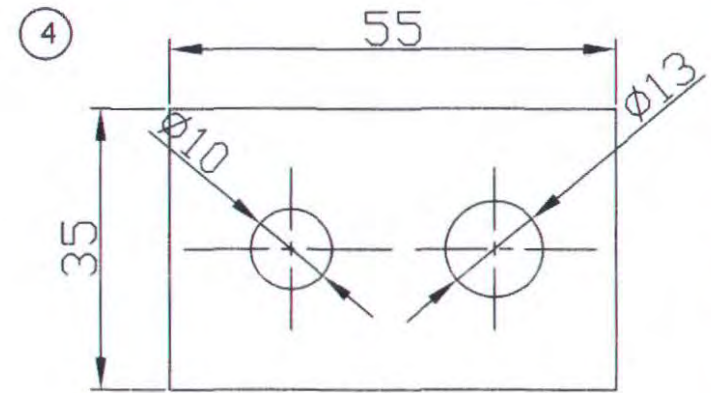


Shank



Top, M5

Top Plate



Karet



SKALA : 1 : 1

SATUAN : mm

TANGGAL : 30-01-09

DIGAMBAR : HENDRA PURNA S

NRP : 2104 030 034

DILIHAT : Ir. WINARTO, DEA

PERINGATAN

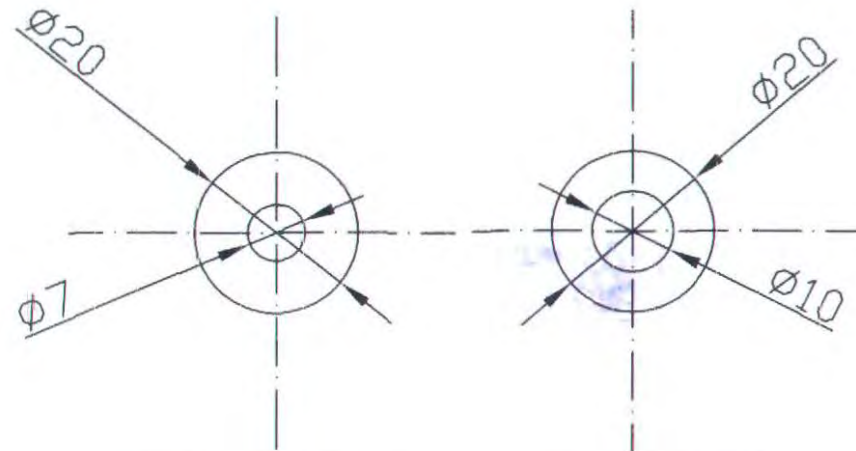
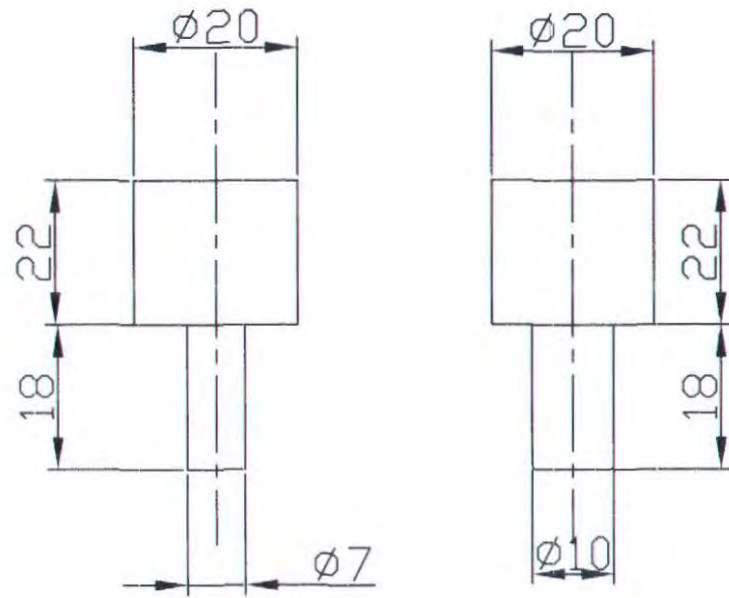
D3 TEKNIK MESIN  
FTI - ITS

PROGRESSIVE DIES

A4



3

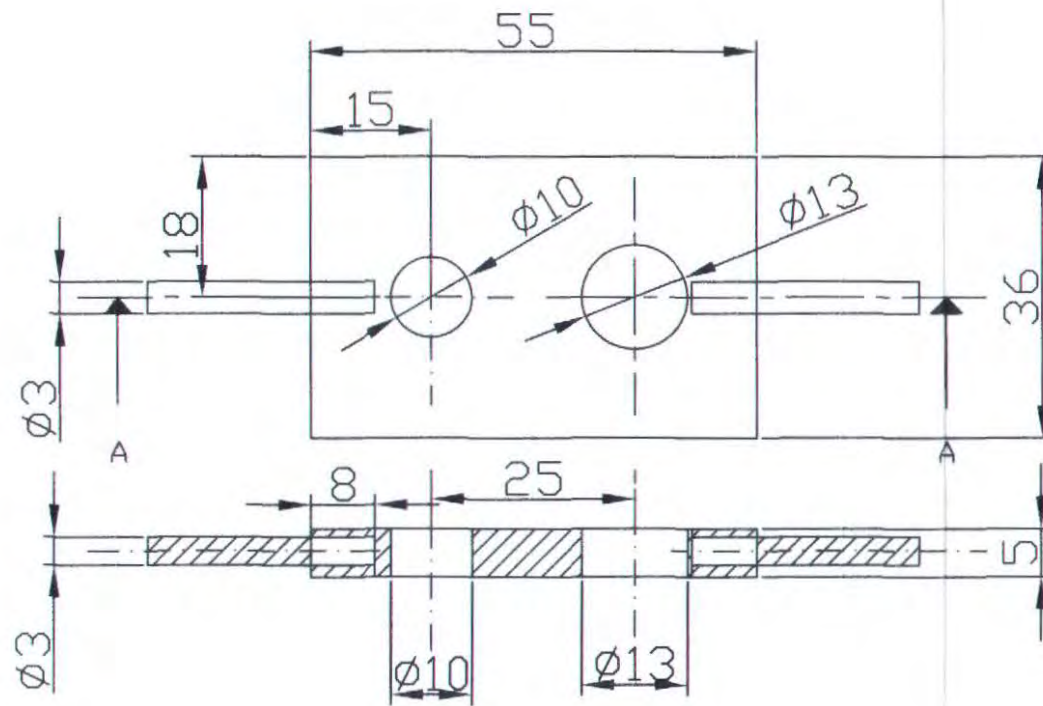


Punch Piercing

Punch Collar Drawing

	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : HENDRA PURNA S	PERINGATAN
	SATUAN : mm	NRP : 2104 030 034	
	TANGGAL : 30-01-09	DILIHAT : Ir. WINARTO, DEA	
D3 TEKNIK MESIN FTI - ITS	PUNCH		A4

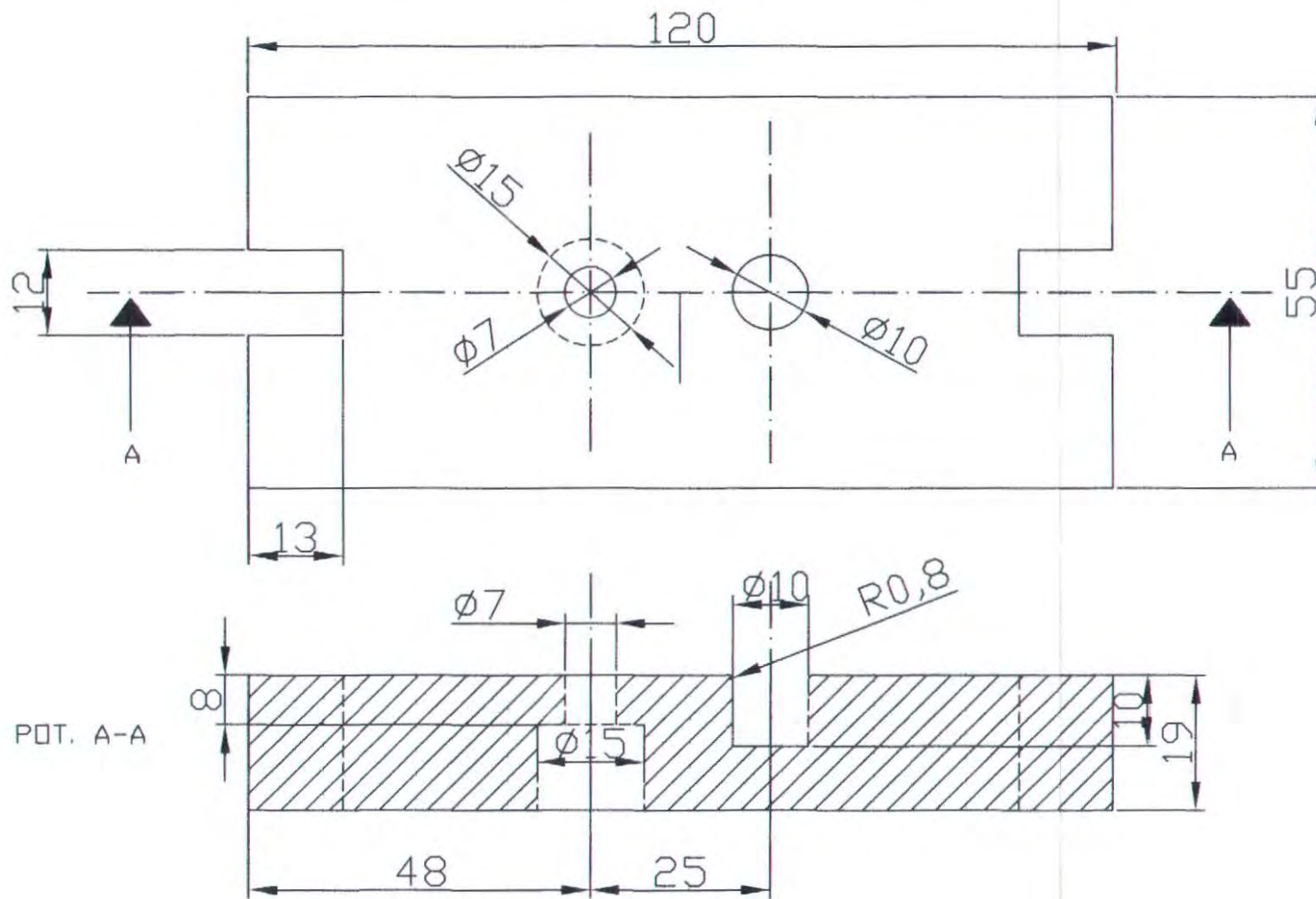
5



ITS

	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : HENDRA PURNA S	PERINGATAN
	SATUAN : mm	NRP : 2104 030 034	
	TANGGAL : 30-07-09	DILIHAT : Ir. WINARTO, DEA	
D3 TEKNIK MESIN ITS - ITS	STRIPPER		A4

6



	SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : HENDRA PURNA S	PERINGATAN
	SATUAN : mm	NRP : 2104 030 034	
	TANGGAL : 30-07-09	DILIHAT : Ir. WINARTO, DEA	
D3 TEKNIK MESIN FTI - ITS	DIES		A4

## Riwayat Penulis



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 06 April 1985 dengan nama lengkap Hendra Purna Saputra dan merupakan anak ke tiga dari tiga bersaudara dimana motto hidupnya adalah “ Jadilah dirimu sendiri dan lakukanlah yang terbaik “. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis antara lain di SDN Wonocolo I Taman Sidoarjo, SLTPN I Taman Sidoarjo, SMUN 18 Surabaya dan kemudian melanjutkan studinya di Perguruan Tinggi pada Program Studi D3 Teknik Mesin FTI – ITS Surabaya dengan mengambil bidang studi Teknik Produksi ( Manufaktur ).

Selama berkuliah di ITS, penulis aktif dalam berbagai kegiatan akademik dan kemahasiswaan baik di dalam maupun di luar Kampus. Penulis Pernah menjadi, staff Divisi KESMA (Bengkel) kepengurusan periode 2006/2007, serta pernah menjadi staff HUMAS pada Forum Mahasiswa Sidoarjo. Penulis juga telah melaksanakan Kerja Praktek di PT. PAL INDONESIA di Surabaya dan PT. Tjagrindo Mas Gresik. Selain itu, juga banyak sekali pelatihan, seminar dan event – event yang diikuti selama menjadi mahasiswa D3 Teknik Mesin FTI – ITS Surabaya.

Penulis dapat dihubungi lewat nomor telepon ( 031 ) 83096645 / 081357163607 atau via e-mail [hendronaldo\\_spj@yahoo.com](mailto:hendronaldo_spj@yahoo.com)