

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Pada jaman modern ini, seiring dengan perkembangan teknologi yang makin pesat, maka press tool merupakan perkakas yang banyak digunakan oleh kalangan industri manufacturing dan dijadikan sebagai alternatif lain untuk membuat produk yang akan dipasarkan.

Press tool erat kaitannya dengan mesin press, karena tanpa mesin press, press tool tidak dapat digunakan untuk melakukan proses-proses seperti shering, blanking, pierching dan beberapa operasi lainnya.

Press tool secara garis besar terdiri dari punch dan die yang direncanakan untuk penggerjaan tertentu. Punch merupakan bagian dari tool yang berhubungan dengan ram dari mesin press dan dapat ditekan masuk ke dalam die cavity. Die selalu tetap dan ditempelkan pada bed dari mesin press.

Die cavity ini berfungsi untuk melakukan pemotongan dengan cara menekan punch ke lubang die tersebut, keduanya harus memenuhi kelurusan sempurna untuk kelangsungan proses penggerjaan.

Pengerjaan press berkemampuan untuk berproduksi pada laju tinggi, karena waktu proses hanya terdiri dari satu stroke dari ram ditambah dengan waktu yang diperlukan untuk

pemindahan stock material. Operasi penggerjaan press biasanya dapat diselesaikan dengan sekali tekan untuk produk-produk sederhana tetapi sering memerlukan lebih dari sekali tekan.

Karakteristik dari proses penggerjaan press adalah pemakaian gaya yang besar oleh press tool pada interval waktu yang pendek, menghasilkan pemotongan atau deformasi dari material benda kerja.

Sedangkan ciri-ciri dari komponen hasil press tool adalah mempunyai kepresisan tinggi dan uniform. Sehingga dari dua faktor tersebut dapat mengurangi bahan baku dan proses manufacturingnya cukup mudah, sehingga dapat dikerjakan oleh operator yang tidak mempunyai keahlian khusus.

Juga merupakan kekhususan adalah pemakaian secara kombinasi antara baut-baut berkepala socket dan pin-pin berbentuk dowel pada konstruksi press tool yang digunakan untuk mengikat komponen-komponen die. Konstruksi built up ini berfungsi untuk memudahkan bongkar pasang dari komponen-komponen die yang memerlukan perbaikan, peninjauan kembali atau penggantian.

Dalam merencanakan press tool ada beberapa langkah yang perlu diperhatikan, agar pembuatannya dapat dipergunakan dengan baik dan efisien. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengamatan terhadap bentuk dan geometri benda kerja, karena dari sini dapat ditentukan langkah proses yang

diperlukan.

- b. Melakukan pengujian tarik terhadap material produk, sehingga dapat diketahui sifat-sifat mekanisnya.
- c. Menentukan strip lay out material, sehingga didapat faktor ekonomis dalam pemakaian material.
- d. Mengetahui kapasitas mesin pembentuk yang ada di pabrik. Apabila hal ini tidak diperhatikan, maka proses akan dapat menghasilkan produk yang tidak memenuhi persyaratan baik bentuk maupun ukurannya.
- e. Mengetahui sifat-sifat mekanis material perkakas yang digunakan.

2.2 Aluminium, Sifat dan Penggunaannya

Sifat-sifat penting yang menyebabkan dipilihnya aluminium adalah ringan, tahan korosi, pengantar listrik dan panas yang baik. Berat jenisnya hanya 2,7 sehingga walaupun kekuatannya rendah tetapi strength to weight rationya masih lebih tinggi daripada baja, karenanya banyak digunakan pada konstruksi yang harus ringan, seperti alat-alat transportasi, pesawat terbang dan lain-lain.

Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksid aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan oksid ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya), sehingga melindungi bagian yang sebelah dalam. Adanya lapisan oksid ini di satu pihak menyebabkan

tahan korosi tetapi di pihak lain menyebabkan aluminium menjadi sukar di las dan di solder (titik leburnya lebih dari 2000°C).

Aluminium komersial selalu mengandung beberapa impurity ($\pm 0,8\%$), biasanya besi, silikon, tembaga dan lain-lain. Adanya impurity ini menurunkan sifat penghantaran listrik dan sifat tahan korosi (walaupun tidak begitu besar) tetapi juga akan menaikkan kekuatannya hampir dua kali lipat dari aluminium murni. Kekuatan dan kekerasan aluminium memang tidak begitu tinggi, dapat diperbaiki dengan pemanfaatan maupun dengan heat treatment.

Sifat lain yang sangat menguntungkan pada aluminium adalah sangat mudah difabrikasi. Dapat dituang dengan cara penuangan apapun, dapat diforming dengan berbagai cara, rolling, stamping, drawing, forging, extruding dan lain-lain, menjadi bentuk yang cukup rumit sekalipun.

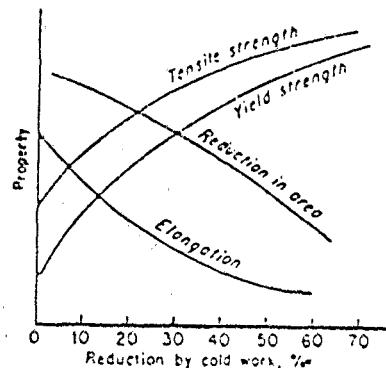
2.3 Proses Penggerjaan Dingin

Definisi dari proses penggerjaan dingin adalah suatu proses penggerjaan yang dilakukan di bawah temperatur rekristalisasi. Dalam praktek memang pada umumnya penggerjaan dingin dilakukan pada temperatur kamar, atau dengan lain perkataan tanpa pemanasan benda kerja.

Agar lebih singkat, untuk selanjutnya daerah temperatur di bawah temperatur rekristalisasi disebut saja sebagai daerah temperatur rendah. Pada kondisi ini pada logam yang

dideformasi terjadi peristiwa pengerasan regangan (strain hardening). Logam akan bersifat makin keras dan makin kuat tetapi makin getas bila mengalami deformasi. Hal ini menyebabkan relatif kecilnya deformasi yang dapat diberikan pada proses penggerjaan dingin. Bila dipaksakan adanya suatu perubahan bentuk yang besar, maka benda kerja akan retak akibat sifat getasnya.

Untuk lebih jelasnya lihat gambar 2.1 yang menunjukkan perubahan sifat mekanis yang terjadi pada proses penggerjaan dingin.



Gambar 2.1. Perubahan sifat mekanis bahan akibat proses penggerjaan dingin

Proses penggerjaan dingin memiliki beberapa keuntungan maupun kerugian, antara lain :

Keuntungan :

- Tidak diperlukan peralatan pemanas dan biaya bahan bakar.
- Logam yang mengalami penggerjaan lebih kuat.
- Toleransi produk yang diperlukan kecil.
- Permukaan produk lebih halus.

Kerugian :

- a. Energi yang diperlukan cukup besar untuk mengalami deformasi.
- b. Kemungkin untuk mengalami cacat (retak) cukup besar.
- c. Deformasi yang dihasilkan sangat terbatas.
- d. Keuletan akan menurun.
- e. Masih mengalami tegangan dalam.

Biasanya suatu logam setelah mengalami penggerjaan dingin, juga akan dilakukan proses annealing secara bertahap, untuk menghilangkan tegangan dalam yang terjadi. Selain itu juga untuk mengembalikan keuletan yang berkurang. Namun demikian proses annealing tidak harus dilakukan, tergantung dari proses yang diinginkan. Bila produk yang diinginkan tidak diperlukan keuletan yang tinggi, maka proses annealing tidak akan dilakukan, mengingat proses annealing juga memerlukan biaya yang besar.

2.4 Tegangan Alir

Dalam proses pembentukan, terhadap benda kerja harus diberikan tegangan sehingga terjadi deformasi plastis. Tahanan atau perlawanan bahan terhadap deformasi plastis disebut *tegangan alir*. Jadi tegangan alir adalah *sifat bahan yang menyatakan ketahanan material terhadap perubahan bentuk*. Istilah tegangan alir (flow stress) berasal dari pengertian tersebut yang menggambarkan adanya "aliran" logam pada saat deformasi, dari satu bentuk ke bentuk yang lain.

Agar terjadi perubahan bentuk plastis, tegangan yang diberikan harus mencapai tegangan alir material yang diproses. Dalam diagram tegangan-regangan, tegangan alir dapat dinyatakan disepanjang kurva-kurva pada daerah plastis.

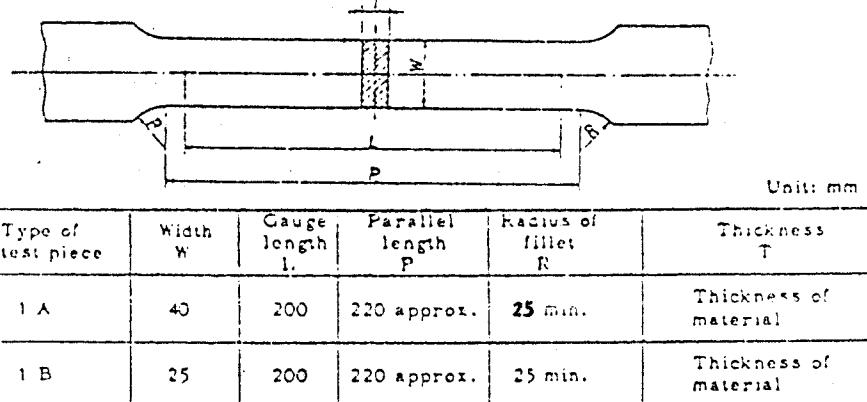
Ada baiknya kalau perencanaan proses pembentukan dibandingkan dengan perencanaan konstruksi. Suatu konstruksi diharapkan dapat menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk yang permanen. Untuk itu maka batas paling atas tegangan yang bekerja adalah batas luluh bahan (yield point).

Di lain pihak proses pembentukan memang bertujuan untuk memberikan deformasi plastis pada material, sehingga untuk itu tegangan yang diberikan harus mencapai dan melampaui batas luluh material yang diproses. Dengan lain perkataan terhadap benda kerja perlu diberikan gaya agar tegangan yang bekerja mencapai harga tegangan alir material.

Uraian diatas menunjukkan pula bahwa kekuatan material atau lebih tepatnya tegangan alir material akan turut menentukan besarnya gaya pembentukan yang diperlukan. Untuk dapat memperkirakan besarnya gaya pembentukan, salah satu data yang diperlukan adalah tegangan alir bahan yang diproses. Salah satu cara pengujian mekanik untuk mendapatkan data tegangan alir adalah uji tarik.

2.5 Uji Tarik

Spesimen uji tarik pada umumnya dibuat dengan bentuk dan ukuran yang distandardkan, misalnya menurut ASTM, JIS, BAS, AFNOR, SII, dan sebagainya. Sebagai contoh, pada gambar 2.2 ditunjukkan bentuk spesimen pelat menurut JIS.



Gambar 2.2. Spesimen uji tarik pelat menurut JIS

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

Diagram yang menggambarkan hubungan tegangan teknis terhadap regangan teknis akan sebangun dengan diagram gaya tarik terhadap perubahan panjang. Kesebangunan ini disebabkan oleh karena tegangan teknis didapat dari gaya tarik dibagi dengan luas penampang mula-mula dan regangan teknis diperoleh dari perubahan panjang dibagi dengan panjang uji mula-mula. Kedua pembagi atau penyebut adalah konstan untuk suatu spesimen.

Uji tarik biasanya menghasilkan data material sebagai berikut :

- Batas luluh (yield point)

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0} \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

- Kekuatan tarik (tensile strength)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

- Perpanjangan (elongation)

$$e = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \% \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

- Reduksi luas penampang

$$\Psi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

- Kekuatan tarik sebenarnya

$$\sigma_{us} = \sigma_u \left[\frac{L_0 - \Delta L}{L_0} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

- Perpanjangan relatif maksimum sebenarnya

$$e_s = \ln \left[\frac{L_0 - \Delta L}{L_0} \right] \quad \dots \dots \dots \quad (2.6)$$

- Modulus elastisitas

$$E = \frac{\sigma_y}{e_s} \quad \dots \dots \dots \quad (2.7)$$

dimana :

σ_y = tegangan yield (N / mm²)

σ_u = tegangan ultimate (N / mm²)

F_y = gaya tarik yield (N)

F_u = gaya tarik ultimate (N)

A_0 = luas penampang mula-mula (mm²)

e = regangan teknis (%)

L_1 = panjang spesimen setelah pengujian (mm)

L_0 = panjang spesimen mula-mula (mm)

2.6 Perencanaan Dies

2.6.1 Mesin Press

Berdasarkan power transmilling mechanism, kita mengenal jenis-jenis mesin press sebagai berikut :

- | | |
|---------------|-------------------|
| - Cam | - Rack and pinion |
| - Eccentric | - Friction screw |
| - Crank | - Hydraulic |
| - Knuck joint | - Pneumatic |

Pada single crank memberikan gerakan harmonik bolak-balik. Proses penggerjaan benda kerja biasanya terjadi dekat pada tengah-tengah langkah dimana kecepatan ram maksimum. Mesin press yang menggunakan Rack and gear digunakan untuk mendapatkan langkah (stroke) yang cukup panjang. Gerakan slidingnya lebih lambat bila dibandingkan dengan menggunakan mekanisme crank. Mekanisme yang menggunakan Hydraulik digunakan untuk mendapatkan gaya tekan yang lebih besar namun dengan kecepatan ram yang lambat, seperti pada proses untuk forming dan drawing. Pada mesin press yang menggunakan mekanisme screw gerakannya seperti pada sebuah hammer yang dijatuhkan, tetapi lebih lambat dan tanpa impact. Mekanisme yang paling umum digunakan adalah mekanisme Knuck joint, hal ini disebabkan kapasitasnya yang cukup tinggi dengan kecepatan yang juga relatif tinggi.

2.6.2 Strip Lay Out

Karena perencanaan press tool untuk produksi massal,

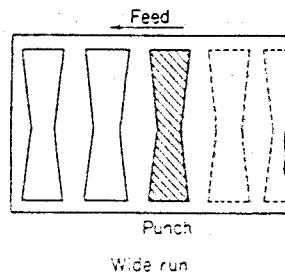
maka salah satu faktor yang besar pengaruhnya terhadap harga satuan produk adalah penggunaan material.

Untuk menghemat material langkah yang perlu diperhatikan adalah :

- Mengatur lokasi strip lay out dari materal yang dipotong dengan seefisien mungkin.
- Memperhatikan jarak antara blank yang satu dengan lainnya.
- Utilitas bahan/material.

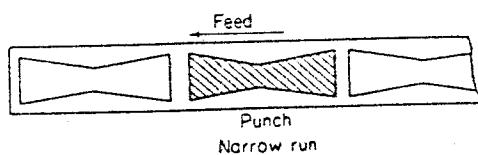
Pengaturan strip lay out ada dua macam yaitu :

- *Wide run lay out* adalah pengaturan posisi bentuk benda kerja yang akan dibuat melebar/melintang terhadap benda kerja.



Gambar 2.3 Wide run lay out

- *Narrow run lay out* adalah pengaturan posisi benda kerja yang akan dibuat membujur terhadap benda kerja .



Gambar 2.4 Narrow run lay out

2.6.2.1 Utilitas

Untuk pengaturan strip lay out hendaknya diatur sedemikian rupa agar mendapatkan utilitas material yang

tinggi dengan laju produksi yang tinggi pula.

Pengertian utilitas adalah perbandingan antara luasan total material yang terpotong (blank) dengan luasan material yang tidak terpotong.

$$U_m = \frac{A_b}{A_m} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.8)$$

dimana :

U_m = utilitas (%)

A_b = luasan total blank (mm^2)

A_m = luasan material sebelum terpotong (mm^2)

2.6.2.1 Jarak Tepi dan Antara

Selain menentukan utilitas, yang perlu diperhatikan juga adalah jarak tepi dan jarak antara blank. Bila jarak tepi dan jarak antara terlalu kecil maka akan mempengaruhi terhadap proses selanjutnya. Untuk mengatasi jarak tepi dan jarak antara diatur seoptimal mungkin sesuai dengan tabel yang ada atau melalui beberapa percobaan. Tabel 7. memperlihatkan jarak tepi dan jarak antara.

2.6.3 Press Tool

Dalam perencanaan press tool ini ada dua bagian yang saling mendukung dan tidak akan mungkin ditiadakan, baik salah satunya atau keduanya. Sebab dua bagian ini yang memegang peranan dalam pemotongan maupun pembentukan sebuah bentuk produk. Kedua bagian ini yaitu *punch* (*stempel*) yang berada di bagian atas dan bagian bawah disebut *die* (*matres*),

sedang plat yang akan diproses bergerak diantara bagian ini.

Stempel akan bergerak turun menekan plat sedang matres tidak bergerak tetapi berfungsi sebagai landasan. Begitu pula dapat terjadi sebaliknya yaitu matres bergerak naik atau stempel bergerak turun.

2.6.3.1 Klasifikasi Press Tool

Klasifikasi press tool ditinjau dari prosesnya dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

1. Proses kerjanya
2. Proses pembentukannya

2.6.3.1.1 Proses Kerja

Press tool ditinjau dari proses kerjanya dapat dikelompokkan menjadi empat katagori yaitu :

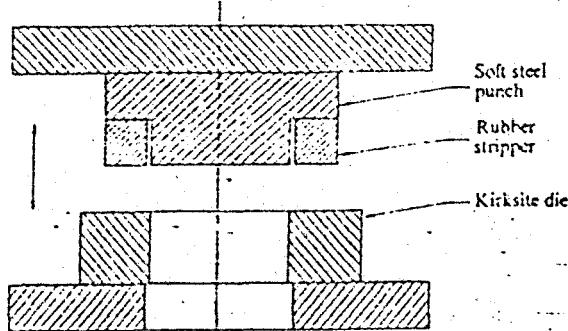
1. Simple dies
2. Compound dies
3. Combination dies
4. Progressive dies.

SIMPLE DIES

Simple dies merupakan jenis press tool yang dapat melakukan satu operasi untuk satu stasiun kerja, jadi hanya membutuhkan satu kali langkah ram mesin press dan dapat menghasilkan satu produk jadi atau setengah jadi.

Contoh penggunaannya :

- Proses blanking saja tanpa disertai dengan proses lain
- Proses pierching atau deep drawing saja



Gambar 2.5 Simple Dies

COMPOUND DIES

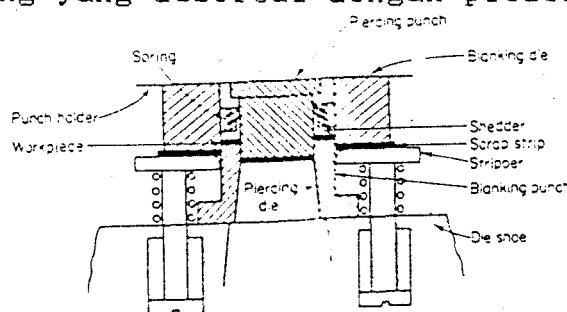
Compound dies adalah merupakan press tool dimana dapat mengkombinasikan antara satu atau lebih dari proses penggerjaan dalam satu operasi pada satu stasiun kerja.

Pada jenis ini biasanya dikenal dengan istilah *Conventional Dies* dan *Inverted Dies*.

- *Conventional Dies* adalah dies dimana bagian punch berada diatas yang menempel pada top plate dan bagian yang bergerak, sedangkan die berada dibawah dalam kondisi diam.
- *Inverted Dies* adalah bentuk dies dimana dienya berada diatas dan yang bergerak, sedangkan punch berada dibawah dalam kondisi diam.

Contoh :

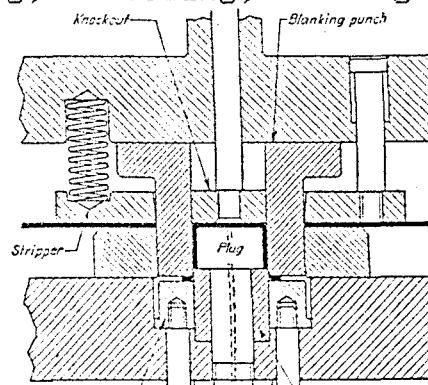
- Proses blanking yang disertai dengan proses notching



Gambar 2.6 Compound Dies

COMBINATION DIES

Combination dies hampir sama dengan compound dies, hanya dalam pengoperasiannya yang dilakukan tidak sejenis artinya proses pemotongan digabung dengan proses bukan pemotongan (drawing, embossing, bending dan lain-lain).



Gambar 2.7 Combination Dies

PROGRESSIVE DIES

Progressive dies adalah suatu dies dimana jika dua atau lebih proses penggerjaan secara berurutan dengan beberapa operasi pada stasiun kerja yang berbeda.

Pada dies jenis ini bisa terjadi satu proses yang panjang, sesuai dengan bentuk produknya. Pada jenis ini jarak satu tempat pemrosesan berikutnya harus sama dan juga menggunakan stock guide pins untuk menghentikan benda kerja dalam setiap step.

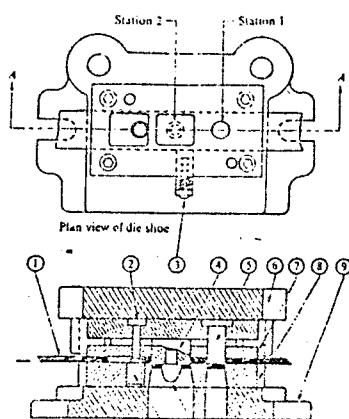
Keuntungan Progressive dies :

- Laju produksinya relatif tinggi dan memungkinkan dapat bekerja secara otomatis.
- Satu progressive dies dapat menghubungkan beberapa tool secara terpisah untuk operasi yang berbeda.

- Bentuk penggerjaan yang rumit dapat dibuat dengan membagi bentuk-bentuk yang lengkap ke dalam penggerjaan yang sederhana pada stasiun yang berbeda.

Kerugian Progressive Dies :

- Jumlah tool yang digunakan cukup banyak dan ukuran press tool cukup besar sebab ukuran meja press tool yang digunakan juga besar sehingga tidak ekonomis.
- Karena dari beberapa operasi digabung kedalam satu tool, maka pemeliharaannya akan kesulitan.
- Gaya yang dibutuhkan besar, sehingga akan membutuhkan mesin press yang mempunyai kemampuan gaya yang besar pula.



Gambar 2.8 Progressive Dies

2.6.3.1.2 Proses pembentukan

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

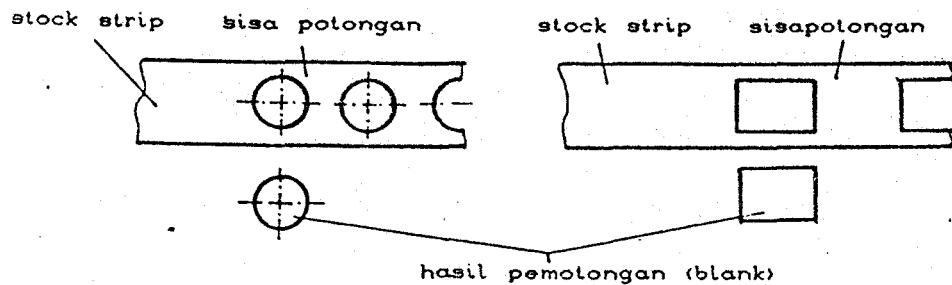
- a. Proses pemotongan / cutting tool
 - b. Proses non pemotongan / non cutting tool
- a. CUTTING TOOL

Cutting tool yaitu peralatan yang mempunyai proses pengoperasian pemotongan terhadap benda kerja.

Yang termasuk dalam proses cutting tool adalah :

BLANKING

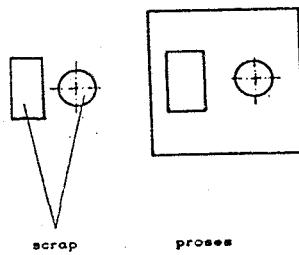
Adalah proses pemotongan plat dimana bagian yang dipotong merupakan benda yang digunakan. Bentuk yang dimanfaatkan biasanya memerlukan proses lanjut selain blanking. Pada proses ini ada dua bagian yang penting yaitu scrap dan blank. Scrap merupakan sisa plat yang tidak digunakan dan blank bagian yang digunakan. Untuk proses banyak membuang material, sehingga membutuhkan banyak perhitungan yang harus dipertimbangkan agar bisa menghemat bahan baku.



Gambar 2.9 Proses Blanking

PIERCHING

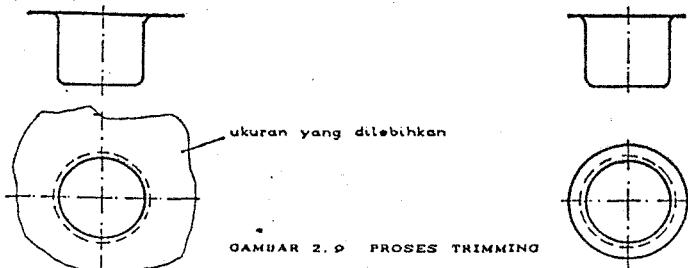
Pierching adalah proses pemotongan plat yang berfungsi untuk melubangi benda kerja agar diperoleh bentuk yang diinginkan. Misalnya berbentuk lubang bulat, oval, kotak dan sebagainya. Proses ini merupakan kebalikan dari proses blanking. Kalau pada proses pierching yang dianggap sisa adalah hasil pemotongan, sedangkan plat yang dipotong merupakan bentuk yang diinginkan.



Gambar 2.10 Proses Pierching

TRIMMING

Proses pembuangan material sisa yang tidak diperlukan lagi agar didapatkan benda kerja yang memiliki ukuran dan bentuk yang dikehendaki. Biasanya dilakukan untuk memotong material sisa pada hasil proses forging dan deep drawing.



Gambar 2.9 PROSES TRIMMING

b. NON CUTTING TOOL

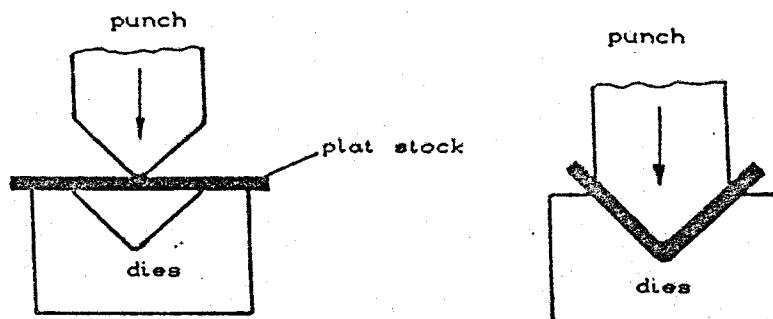
Adalah proses pembentukan bendakerja yang tidak mengalami proses pemotongan atau menghilangkan sebagian dari benda tersebut.

Yang termasuk dalam proses non cutting tool adalah :

BENDING

Adalah proses pembentukan atau pembengkokan plat dengan hasil tekukan membentuk garis lurus (segaris). Pada waktu pembengkokan plat yang dibebani gaya dari punch, akan

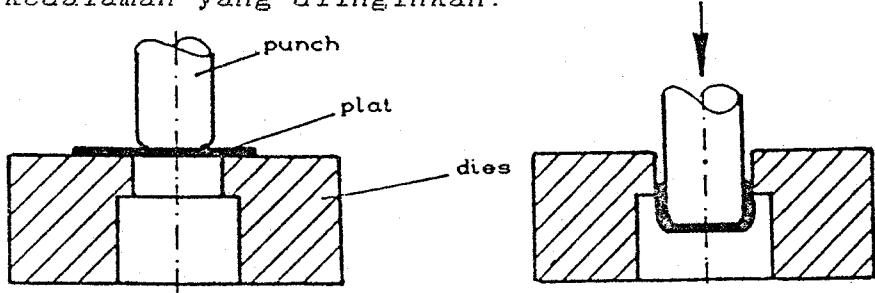
membengkok secara elastis mengikuti bentuk dari punch dan dienya. Mula-mula plat akan mendapatkan beban secara elastis selanjutnya plat mendapat beban diatas batas elastis dan perpanjangannya. Hal ini dimaksudkan bila gaya ditiadakan plat tidak akan kembali ke bentuk semula.



Gambar 2.12 Proses Bending

DEEP DRAWING

Adalah proses untuk membuat cekungan yang dalam atau berbentuk tabung dengan bentuk yang teratur maupun tidak. Plat ditarik dengan punch dan die, punch penekan digunakan untuk mengontrol perpanjangan material hingga diperoleh dimensi atau kedalaman yang diinginkan.

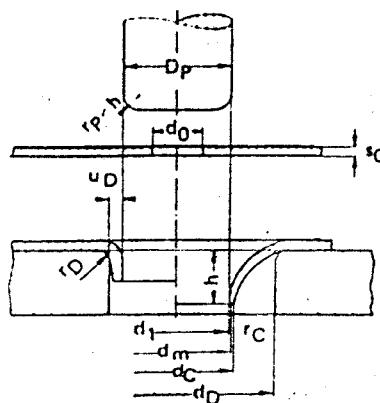


Gambar 2.13 Proses Deep Drawing

COLLAR DRAWING

Adalah proses drawing untuk membuat bentuk collar pada sheet metal. Terbentuknya collar ini karena punch menekan

lubang plat ke dalam die.



Gambar 2.14 Proses Collar Drawing

Dari macam-macam proses di atas, maka dalam perencanaan dies untuk pembuatan kondensor fin hanya membutuhkan tiga proses yaitu : blanking, pierching dan collar drawing.

2.6.3.2 Bagian-bagian dari Press Tool

Dalam perencanaan press tool, komponen-komponen yang digunakan cukup banyak, maka akan dibahas komponen-komponen yang paling utama dari press tool, antara lain : shank, top plate, back plate, punch holder, punch, die block, pilot, pillar, bushes, strippers, blank holder, bottom plate dan stopper.

SHANK

Shank adalah merupakan bagian dari press tool yang menghubungkan punch dengan ram dari mesin press. Pemasangan shank pada top plate dapat dilakukan dengan model screw. Ujung shank yang masuk pada top platenya dibuat lubang berulir.



Gambar 2.15 Shank

Ukuran dari shank ini harus disesuaikan dengan ram dari mesin press dan punch dari press tool. Penempatan shank pada posisi yang benar, dan harus berdasarkan perhitungan supaya gaya yang diperlukan untuk melakukan operasi press dapat terdistribusi merata pada semua stasiun kerja yang ada atau dengan kata lain, shank harus ditempelkan pada posisi dimana pusat semua gaya yang diperlukan berada.

Perhitungan titik berat dapat dilakukan setelah menentukan strip lay out.

Prosedur untuk menentukan letak shank adalah

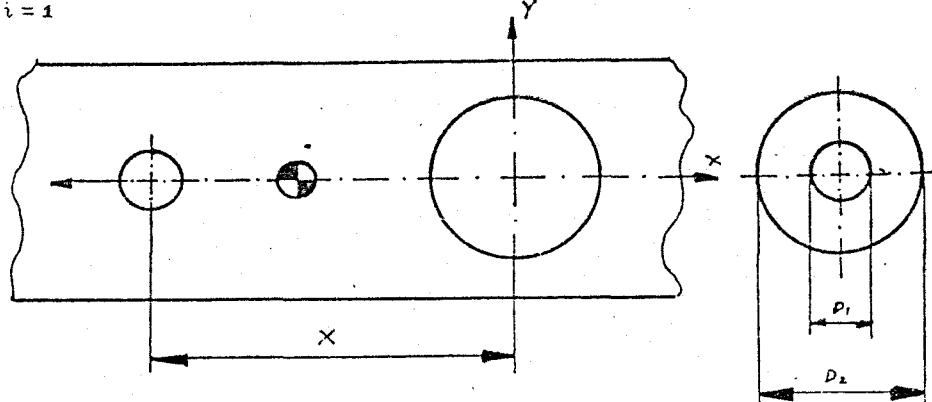
- a. Semua garis potong dari benda kerja digambarkan, sesuai dengan strip lay out.
- b. Gambar garis-garis potong tersebut dibuat sumbu saling tegak lurus (X - Y), jika gambar garis-garis potong tersebut simetris pada satu garis sumbu, maka salah satu sumbu koordinat diletakkan berimpit dengan garis sumbu simetri tadi.
- c. Tentukan panjang ($l_1, l_{1+1}, l_{1+2}, \dots, l_{1+n}$) untuk setiap elemen dari garis-garis sumbu simetri tadi.
- d. Tentukan pusat gaya berat setiap elemen.

- e. Tentukan jarak X_i sampai ke X_{i+n} dari pusat gaya berat setiap elemen i sampai elemen ke $i+n$ terhadap sumbu Y.
- f. Tentukan jarak Y_i sampai ke Y_{i+n} dari pusat gaya berat setiap elemen i sampai elemen $i+n$ terhadap sumbu X.
- g. Hitung jarak pusat gaya potong X_o terhadap sumbu Y dan Y_o terhadap sumbu X.

$$X_o = \frac{\sum_{i=1}^n l_{i+n} \cdot X_{i+n}}{\sum_{i=1}^n l_{i+n}} \dots \dots \dots \quad (2.9)$$

$$Y_o = \frac{\sum_{i=1}^n l_{i+n} \cdot Y_{i+n}}{\sum_{i=1}^n l_{i+n}} \dots \dots \dots \quad (2.10)$$

Contoh :



Dari gambar benda kerja dan strip lay out diatas, maka letak shank dapat dihitung sebagai berikut :

- Panjang pemotongan $l_1 = \pi D_1$

$$l_2 = \pi D_2$$

- Benda kerja simetris, karena itu sumbu X dilewatkan melalui sumbu simetris pada strip lay outnya seperti gambar diatas.

- $X_o = \frac{l_1 \cdot X}{l_1 + l_2}$ dan $Y_o = 0$
- Jadi letak shank adalah sejauh X_o dari titik potong sumbu X dan Y.

TOP PLATE

Top plate adalah bagian dimana shank terpasang dan juga sebagai penutup bagian atas dari punch holder. Top plate harus mampu menahan tekanan dari mesin press atau tekanan dari bagian kepala pilot dan punch yang tertanam pada punch holder. Karena itu top plate harus cukup tebal dan keras untuk menjaga supaya tidak retak atau pecah.

BACK PLATE

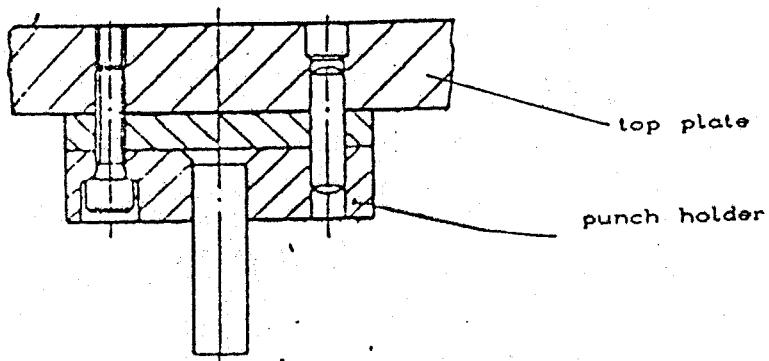
Back plate terletak antara punch holder dan top plate untuk menjaga agar kepala punch tidak ambles (digging) ke dalam top plate. Dalam keadaan dimana gaya pemotongan didistribusikan pada luas penampang melintang dari kepala punch (luas permukaan yang kontak dengan top plate) kurang dari $10 \text{ kg} / \text{mm}^2$, maka back plate tidak diperlukan.

Back plate merupakan plate yang dihardening dengan ketebalan 4 - 6 mm.

PUNCH HOLDER

Punch holder berfungsi sebagai tempat mengikat atau menempatkan punch dan back plate. Punch dapat berupa blanking punch, pierching punch dan drawing punch serta jenis yang lainnya sesuai dengan proses penggerjaan yang

dikehendaki. Material dari punch holder juga cukup kuat dan keras, bisa terbuat dari mild steel.



Gambar 2.16 Desain Punch Holder

PUNCH

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

Dalam merencanakan punch harus berdasarkan beban maksimum yang dapat diterima oleh punch. Besarnya beban yang diterima tergantung pada jenis operasi yang dilakukan.

Selain itu juga konstruksinya memungkinkan supaya mudah dilepas dari punch holder untuk dipertajam ujung potongnya atau dilakukan penggantian dengan punch yang baru.

Berikut ini akan dibahas mengenai klasifikasi punch, punch blanking dan pierching, desain punch dan shear.

KLASIFIKASI PUNCH

Pada dasarnya punch dapat diklasifikasikan kedalam tiga

kelompok yaitu :

a. Cutting punch adalah merupakan punch yang digunakan pada operasi pemotongan.

Contoh : pierching, blanking dan lain-lain

b. Non cutting punch adalah merupakan punch yang digunakan pada operasi non pemotongan.

Contoh : bending, deep drawing dan lain-lain

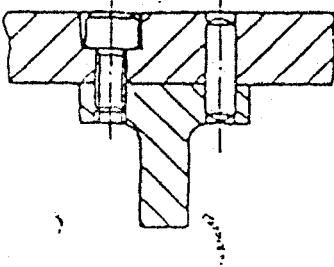
c. Hidrid punch

Contoh : proses lonvering dan lanzing.

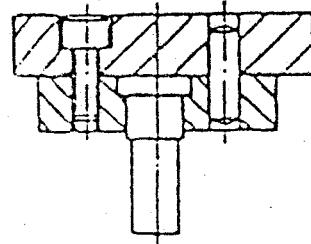
Pengklasifikasian punch dapat juga dilakukan berdasarkan metode atau cara mengikat (peng-assemblyannya) yaitu :

a. Segregated punch adalah punch yang diikat dengan dowel pin dan screw secara langsung pada top plate tanpa adanya punch holder.

b. Integrated punch adalah pemasangan punch dengan menggunakan punch holder yang diikat dengan dowel pin dan screw.



segrageted punch



integrated punch

Gambar 2.17 Model Punch

PUNCH BLANKING DAN PIERCHING

Punch untuk proses blanking dan pierching pada dasarnya

adalah sama. Pada proses blanking ukuran punch dibuat lebih kecil dari ukuran benda kerja yang akan dibuat, sedangkan pada proses pierching ukuran punch sama dengan yang dikerjakan.

- *Pada Operasi Blanking*

$$D_d = (d_n - t_b)^{+ \delta_d} \quad \text{dan} \quad D_p = (d_n - t_b - C)^{- \delta_p} \quad \dots \dots \dots (2.11)$$

dimana :

D_d = diameter blanking die (mm)

D_p = diameter blanking punch (mm)

d_n = diameter nominal benda kerja (mm)

t_b = toleransi benda kerja (mm)

C = clearance antara punch dan die (mm)

δ_d, δ_p = toleransi proses pembuatan die dan punch (mm)

- *Pada Proses pierching*

$$D_p = (d_n + t_b)^{- \delta_p} \quad \text{dan} \quad D_d = (d_n + t_b + C)^{+ \delta_d} \quad \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana :

D_p = diameter pierching punch (mm)

D_d = diameter pierching die (mm)

d_n = diameter nominal lubang pierching (mm)

Pada pemakaian dalam praktek, pemilihan harga δ_d dan δ_p harus mempertimbangkan batasan berikut :

a. $\delta_d + \delta_p < C$

b. $\delta_p = 0,5 \delta_d$

c. Klas daripada toleransi yang dibutuhkan punch dan die

DESAIN PUNCH

Langkah pertama dan mendasar pada perencanaan punch adalah tentang strength dari punch tersebut. Perhitungan terhadap tegangan yang diterima adalah berupa tegangan kompresi sebagai akibat beban yang dibutuhkan untuk melakukan operasi press.

$$\sigma_{comp.} = \frac{k_m \times l \times t \times \sigma_{us}}{A} < |\sigma|_{ijin} \dots \dots \dots (2.13)$$

dimana :

$\sigma_{comp.}$ = tegangan kompresi (kg / mm²)

σ_{ijin} = tegangan ijin dari material punch (kg/mm²)

σ_{us} = ultimate shear strength (kg / mm²)

k_m = persentasi penetrasi dari material benda kerja

l = keliling pemotongan oleh punch (mm)

t = tebal material benda kerja (mm)

A = luas penampang punch (mm²)

Jika dimisalkan l_p sebagai panjang dari punch yang mempunyai jari-jari girasi r_m . Untuk punch silinder tentunya r_m akan berharga $D_r/4$ dan momen inersia luasanya adalah I_m ; sehingga akan kita dapatkan hubungan sebagai berikut :

$$P_r = \frac{\pi^2 \times E \times I_m}{4 \times l_p^2} = k_s \times l \times t \times \sigma_{us} \dots \dots \dots (2.14)$$

dimana :

P_r = beban kritis punch (kg)

E = modulus elastisitas punch (kg / mm²)

k_s = faktor keamanan

= 2 - 3 untuk baja yang dikeraskan

l_p = panjang punch (mm)

Sehingga akan didapatkan panjang punch :

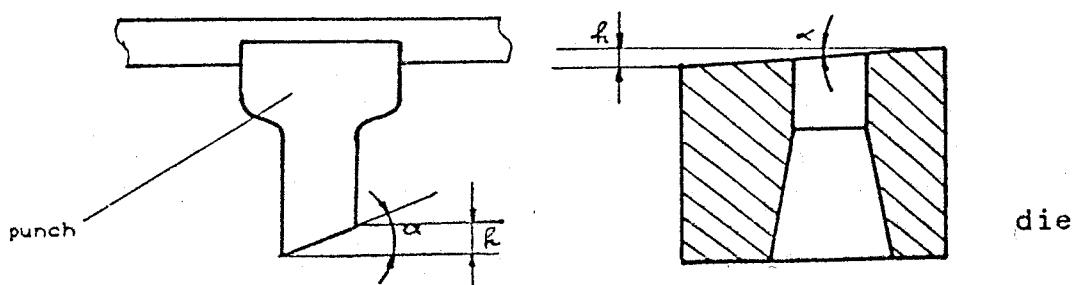
$$l_p = \left\{ \frac{(\pi^2 \times E \times I_m)}{(4 \times k_s \times l \times t \times \sigma_{us})} \right\}^{1/2}$$

$$l_p = \frac{\pi}{2} \left\{ \frac{E \times I_m}{k_s \times l \times t \times \sigma_{us}} \right\}^{1/2} \dots \dots \dots (2.15)$$

SHEAR

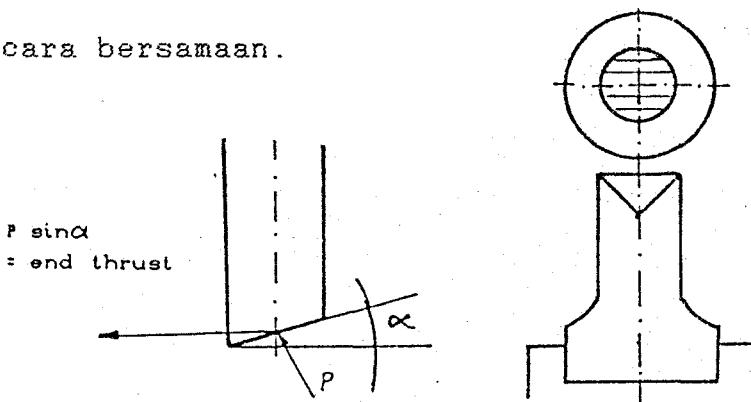
Untuk mengembalikan ketajaman dari punch dapat dilakukan dengan penggerindaan pada bidang penampangnya. Bila ketajaman punch dan die berkurang, maka gaya yang diperlukan untuk proses pemotongan akan lebih besar.

Dalam kasus dimana gaya yang dibutuhkan melebihi kapasitas mesin press, maka dapat melakukan penurunan beban dengan membuat kemiringan (inklinasi) pada bidang penampang punch atau die, inklinasi ini disebut shear. Besarnya inklinasi ini ditunjukkan oleh besarnya sudut α , yakni kemiringan terhadap bidang horizontal, atau ditunjukkan dengan ketinggian h , seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.18 Shear Angle

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

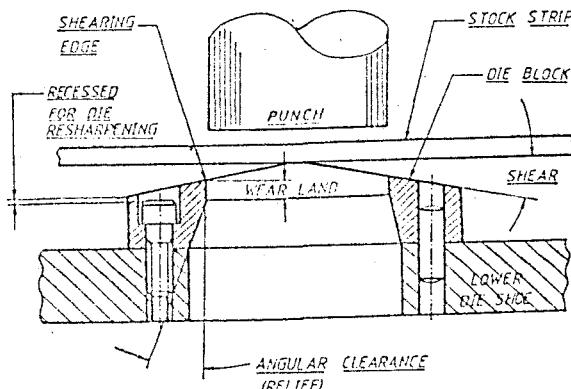


Gambar 2.19 Inklinasi pada Dua Sisi Punch

Jadi dengan inklinasi dapat dihindari terjadinya beban yang berlebihan. Tetapi dengan adanya shear pada punch akan timbul gaya lateral yang disebut *end thrust*. Untuk menghindari hal ini dapat dilakukan dengan memberi inklinasi luar ke sumbu punch, seperti terlihat pada gambar 2.19.

DIE BLOCK

Die block biasanya terbuat dari baja perkakas yang dikeraskan dengan desain terbuka untuk memungkinkan hasil blanking keluar lewat bawah die. Untuk menghindari die block tergeser dari pendukungnya (lower die shoe), maka die block harus diikat dengan baut dan dowel pin pada jarak yang saling berjauhan.



Gambar 2.20 Die Block

a. SHEAR, RELIEF ANGLE, DAN WEAR LAND

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

Relief angle atau angular clearance pada dasar die block dimaksudkan untuk memudahkan hasil blanking jatuh dengan bebas melalui bagian bawah die. Dengan besar relief anglenya $0,5^\circ$ - 1° akan memberikan ruang cukup untuk jatuhnya hasil blanking dan juga kekuatan die block akan tetap terjaga.

Wear land dimaksudkan untuk memberi bagian lebih dari ujung pemotong die block pada waktu digerinda. Ketajaman dari ujung die block akan berkurang setelah dipakai berulang-ulang. Untuk itu perlu dipertajam lagi dengan jalan menggerindanya. Bagian yang digerinda adalah bagian permukaan

dari die block. Adanya bagian wear land ini akan memberikan beberapa keuntungan yaitu :

- Setelah penggerindaan dilakukan, diameter atau keliling dari lubang die tidak berubah.
- Hasil blanking akan lebih halus, sebab pada waktu melewati bagian land ini ujung bagian pemotongan akan tergesek oleh dinding land. Besarnya angular clearance dan wear land disesuaikan dengan tebal plate yang digunakan (lihat dalam Tabel 8. di lampiran).

b. DESAIN DIE

Kekuatan atau kekakuan die block adalah merupakan suatu hal yang penting dan didasarkan pada dimensi dari die block tersebut.

Perhitungan untuk menentukan kekuatan die block didasarkan pada dimensi die block tersebut.

Ada dua cara yang dapat kita lakukan untuk menentukan dimensi dari die block, yaitu :

1. dengan formula berdasarkan bending stress maksimum.
2. berdasarkan hasil-hasil percobaan.

b.1 BENDING STRESS

Perhitungan ketebalan die dibedakan antara *circular die* dan *rectangular die*.

CIRCULAR DIE

Diasumsikan diameter luar die adalah $D_o = 2R_o$ dan diameter dalamnya D_i . Bending stress maksimum dapat dicari

dengan perhitungan dibawah ini :

$$\sigma_{bend} = \frac{1,5P_p}{H^2} [1 - \frac{2R_o}{3D_i}] < |\sigma|_{ijin} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$H = \left\{ \frac{1,5P_p}{|\sigma|_{ijin}} \left[1 - \frac{2R_o}{3D_i} \right] \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(2.17)$$

RECTANGULAR DIE

$$H = \left\{ \frac{1,5 P_p}{|\sigma|_{ijin}} \left[\frac{(a/b)^2}{1 + (a/b)^2} \right] \right\}^{1/2} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana :

H = ketebalan die (mm)

a, b = panjang dan lebar die (mm)

P_p = gaya yang diberikan oleh punch (kg)

σ_{ijin} = tegangan ijin material die (kg/mm²)

b. 2 HASIL PERCOBAAN

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

- Pilih ketebalan die dari tabel 9. berdasarkan tebal material benda kerja.
- Setelah itu kita lakukan koreksi sebagai berikut :
 - Tebal die tidak boleh kurang dari 0,3 - 0,4 inchi
 - Data pada tabel 9. dipakai untuk die berukuran kecil dengan keliling pemotongan kurang dari dua inchi. Untuk die berukuran besar, maka ketebalan die pada tabel 9. harus dikalikan dengan faktor yang tercantum pada tabel 11.
 - Data pada tabel 9. dan 11. untuk die dengan material

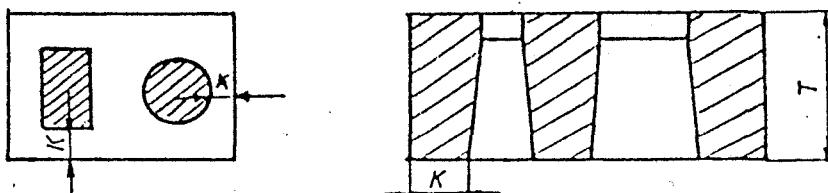
tool steel yang mengalami proses pemesinan dan perlakuan panas

- Die harus didukung oleh bottom plate yang benar-benar datar. Data pada tabel tidak dapat digunakan bila lubang die terlalu besar atau tidak ditutup oleh bottom plate

- Ketebalan die juga harus ditambahkan dengan bagian grinding clearance 0,1 - 0,2 inchi.

c. Jarak kritis K (lihat gambar 2.21) antara ujung potong dan sisi die, untuk die berukuran kecil $K = 1,5$ sampai $2,0$ kali ketebalan die. Sedangkan untuk die yang berukuran besar $K = 2,0$ sampai $3,0$ kali tebal die.

d. Langkah terakhir, ketebalan die harus dicek kembali. Luas $K \times T$ (lihat gambar 2.21) harus dapat menahan tekanan impact. Jika diletakkan pada bidang datar pada Tabel 10., impact pressure sama dengan tebal material benda kerja kali, keliling pemotongan kali ultimate shear strength material die. Jika die setelah dihitung dengan langkah pertama dan kedua tidak memberikan luasan minimum, maka tebal die harus ditambah.



Gambar 2.21 Luasan Kritis Ketebalan Die

Jarak K tidak boleh kurang dari 1,5 sampai 2 kali tebal die, luas kritis antara lubang die dengan garis batas die harus

dicek lagi dengan menggunakan Tabel 10.

PILOT

Fungsi dari pilot adalah untuk menempatkan posisi stock strip secara tepat pada die untuk proses selanjutnya. Pilot biasanya digunakan pada progressive press tool. Pilot ukurannya lebih panjang daripada punch karena sebelum punch mengenai stock strip, pilot akan masuk lebih dahulu ke dalam lubang hasil pierching untuk menempatkan posisi dari strip. Untuk memudahkan pilot memasuki lubang tanpa merusak material, maka biasanya pilot dibuat dengan bentuk menyerupai peluru.

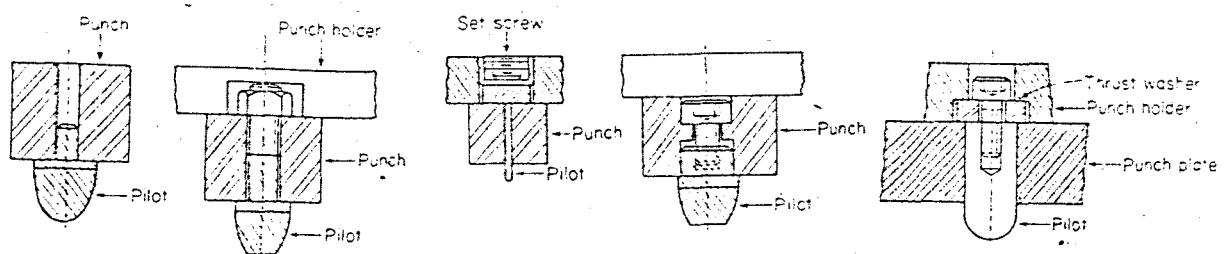
a. JENIS PILOT

Berdasarkan cara kerjanya, pilot dapat dibedakan dua bagian yaitu :

- *Direct pilots*
- *Indirect pilots*

Pada direct pilots disebut juga punch pilots, pada proses press pilotnya berada pada ujung dari punch. Pilot jenis ini biasanya digunakan pada proses pembuatan ring.

Pada indirect pilots, pilotnya akan masuk terlebih dahulu ke dalam lubang hasil pierching, setelah itu baru punch melakukan proses berikutnya.



Gambar 2.22 Jenis Pilot

b. BENTUK PILOT

Biasanya ada tiga macam bentuk pilot yang sering digunakan pada progressive tool yaitu :

- BENTUK PELURU

Pilot bentuk peluru dibedakan atas pilot dengan diameter kecil, diameter sedang, dan diameter besar.

- BENTUK KERUCUT

Untuk pilot bentuk kerucut dibedakan berdasarkan besar sudut ketirusannya. Karena itu kita mengenal pilot bentuk kerucut 10° , 15° , 30° , 45° . Bentuk kerucut dengan sudut 10° dan 15° biasanya digunakan untuk hasil pierching dengan diameter kecil sampai sedang, digunakan untuk material lunak.

Untuk yang sudutnya 30° digunakan pada hasil pierching diameter sedang sampai besar. Sedangkan pilot bentuk kerucut dengan 45° digunakan pada diameter pierching kecil dan sedang.

- BENTUK SETENGAH BOLA

Pilot dengan bentuk seperti ini biasanya digunakan untuk pierching dengan diameter kecil sampai sedang dan dengan

langkah ram yang tidak terlalu panjang.

Toleransi diameter untuk ketiga bentuk pilot (tabel 12) dalam lampiran.

PILLAR

Pillar atau guide post adalah silinder yang terbuat dari baja yang dikeraskan. Fungsi dari pillar ini untuk menghindari ketidak lurusan dari punch dan die sewaktu proses berlangsung. Banyak pillar pillar pada press tool tergantung pada ketelitian yang dibutuhkan pada pembuatan produk yang dihasilkan. Pada ujung pillar yang masuk pada bottom plate adalah suaian sesak (press fit), sedangkan yang masuk ke bushing pada bagian punch holder dan top plate adalah suaian longgar (sliding fit).

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

Diameter dari pillar yang dibutuhkan untuk press tool dapat dihitung dengan mengasumsikan pillar sebagai batang silindris yang dijepit pada ujungnya dan dibebani pada ujung yang lainnya, rumus yang digunakan adalah :

$$d^4 = \frac{64 \times F \times l^3}{3\pi \times E \times \delta} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.18)$$

dimana :

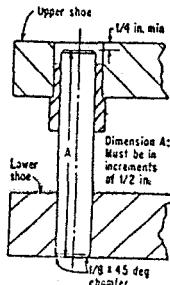
d = diameter pillar (mm)

F = beban yang diterima (kg)

δ = defleksi yang diijinkan (mm)

= 0,001 inchi = 0,0254 mm

E = modulus elastisitas bahan pillar (kg/mm²)



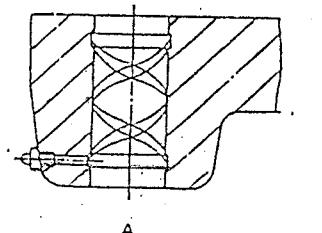
Gambar 2.23 Guide Pillar

BUSHES

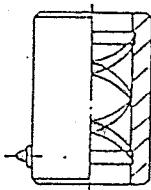
Bushes terpasang (terikat) pada top plate atau punch holder dengan suai sesak (press fit). Bushes digunakan untuk memberikan kebebasan bergerak bagi die bagian atas dengan perantaraan pillar. Bushes dan pillar harus benar-benar satu sumbu, sehingga dimanapun bushes berada sepanjang pillar (sepanjang gerakan ram) akan tetap satu sumbu. Pada perencanaan pillar dan bushes harus memperhatikan besarnya langkah ram, sehingga pada waktu die pada posisi terbuka (ram pada titik mati atas) pillar masih berada di dalam bushes.

Macam bushes ada yang menggunakan alur pelumasan, ada juga bushes tanpa alur pelumasan, tetapi memakai ball

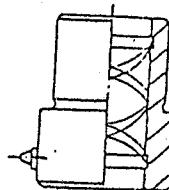
bearing. Bushes jenis ini digunakan untuk mengerjakan benda kerja yang memerlukan ketelitian yang tinggi karena akan mengurangi gesekan dengan pillar sehingga umur pemakaiannya lebih lama.



A
Guide bush as an integral part of the cast iron Top plate (Punch shoe)



B
Plain Guide bush



C
Shoulder type Guide bush

Gambar 2.24 Bushes

STRIPPERS

Setelah punch selesai mengerjakan shearing, 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 :

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

a. STRIPPING FORCE

Besarnya gaya stripper untuk mencegah supaya stock strip tidak ikut bergerak adalah 3 - 20 % dari gaya yang akan dipergunakan untuk melakukan proses press atau dengan rumus dibawah ini :

$$F_{st} = l \times t \times k_{st} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots(2.20)$$

dimana :

F_{st} = stripping force (lbs)

l = keliling total pemotongan (inchi)

t = ketebalan stock strip (inchi)

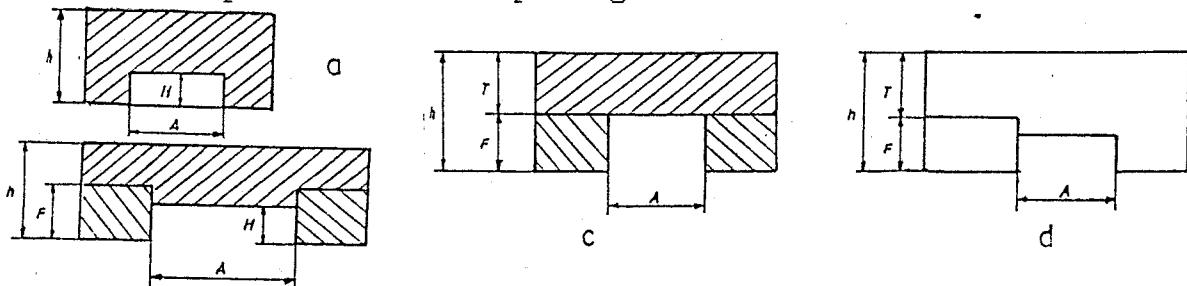
k_{st} = konstanta stripping 3000 - 3500 psi

b. STRUKTUR STRIPPER

Pada garis besarnya stripper dibedakan atas stripper tetap dan stripper bergerak. Selanjutnya bentuk-bentuk dan struktur dari stripper tersebut berkembang sesuai dengan keinginan dari perencana. Walaupun bentuk dan strukturnya berbeda tetapi fungsinya sama.

- Stripper tetap sistem terbuka.

Ada beberapa macam struktur dari stripper bentuk terbuka seperti terlihat pada gambar.



Gambar 2.25 Bentuk Stripper Terbuka

Stripper bentuk slur biasanya digunakan apabila A lebarnya kurang dari 50 mm untuk plate datar, lebar terowongannya diperbesar namun tebal stripper h lebih kecil. Pada bentuk offset (gambar C) lebar terowongannya besar dan biasa digunakan untuk produksi massal. Sedangkan pada gambar

D struktur yang demikian ini akan memudahkan untuk penggantian landasan pengarah dan penyetelan lebar terowongan.

Ukuran dari struktur stripper diatas dapat ditentukan berdasarkan tebalnya stock strip, seperti tabel 13. dalam lampiran.

- Stripper pengarah punch.

Stripper ini disebut juga sistim punch mengambang dimana bushing yang telah digerinda dimasukkan ke dalam stripper dengan suaian sesak. Stripper dipasang pada die menggunakan dowel pin berdiameter besar.

BLANK HOLDER

Tegangan kompresi yang terjadi pada flange akan menyebabkan kerutan karena adanya buckling, untuk menghindari terjadinya kerutan yang terus menerus pada deep drawing maka digunakan blank holder.

Gaya blank holder yang terjadi tergantung dari luasan kontak blank holder dengan material plat, maka beban yang terjadi adalah :

$$F_{bh} = A_{bh} \times P_{bh} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.21)$$

dimana :

$$F_{bh} = \text{beban blank holder (kg)}$$

$$A_{bh} = \text{luasan kontak blank holder (mm}^2\text{)}$$

$$P_{bh} = \text{tekanan blank holder (kg/mm}^2\text{)}$$

Tekanan yang diperlukan untuk menghindari kerutan tergantung

dari sheet material, ketebalan sheet material dan drawing ratio. Tekanan blank holder dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_{bh} = 10^{-3} C \left\{ (\beta - 1)^3 + \frac{0,005 d_o}{S_u} \right\} \times S_u \dots \dots \dots (2.22)$$

dimana :

P_{bh} = tekanan blank holder (kg/mm²)

C = konstanta 2 - 3

d_o = diameter blank (mm)

β = drawing ratio = d_o/d_i

S_u = ultimate tensile strength (kg/mm²)

BOTTOM PLATE

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

Bottom plate umumnya terbuat dari mild steel atau cast iron dan disatukan dengan die dengan menggunakan screw dan dowel pin.

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

$$t^3 = \frac{0,0284 \times q \times a^4}{E \times \delta \{ 1,056 [a/b]^5 + 1 \}} \dots \dots \dots \quad (2.23)$$

dimana :

t = tebal bottom plate (mm)

q = beban yang diterima bottom plate (kg/mm²)

b = panjang plate yang ditumpu (mm)

E = modulus elastisitas bahan bottom plate (kg/mm²)

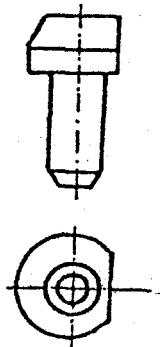
δ = defleksi yang diijinkan, 0,001 inch=0,0254 mm

STOPPER

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

a. END STOPPER

End stopper yang paling mudah dan banyak digunakan adalah end stopper yang berbentuk silindris pin. Pada jenis silinder pin ini, pada titik kontaknya dengan stock strip sering kali tidak tepat, karena bentuknya yang silindris dan permukaan pin yang digunakan dengan stock strip dibuat rata atau datar seperti terlihat dalam gambar.



Gambar 2.26 End Stopper

b. AUXILLARY STOPPER

Stopper jenis ini disebut juga *finger stopper*. Pada progressive tool posisi stock strip harus ditempatkan pada posisi yang benar pada stasiun kerja dengan operasi yang berbeda. Dengan menggunakan stopper jenis ini, setiap tingkat operasi (pada tiap stasiun kerja) membutuhkan satu stopper sehingga stock strip benar-benar berada pada posisi yang tepat.

Stopper jenis ini terpasang pada stripper atau spacer. Hal ini tidak akan menyulitkan peng-assemblyan, bila sewaktu-waktu die block perlu dipertajam sisi potongnya dan pengoperasian stoppernya adalah secara manual.

c. TRIM STOPPER / SIDE CUTTER

Stopper jenis ini berbeda dengan jenis-jenis lainnya. Pada trim stopper menggunakan punch untuk memotong bagian sisi strip dan hasil pemotongan stripnya akan berfungsi sebagai tempat untuk bagian dari side cutter. Besarnya lebar bagian sisi dari stock strip yang dipotong adalah seperti dalam tabel 14. (lihat lampiran).

Penggunaan side cutter adalah lebih aman dibanding dengan menggunakan stop pin khususnya untuk stock strip yang tipis. Penempatan side cutter pada press tool untuk mendapatkan hasil yang terbaik adalah pada tingkat pertama dari urutan-urutan proses seperti yang telah ditetapkan pada strip lay outnya.

Untuk stock strip yang cukup besar, maka untuk tetap

menjaga ketelitiannya dalam penempatan stock strip pada posisi yang tepat digunakan dua buah side cutter yang ditempatkan sejajar pada sisi yang berlawanan.

2.6.4 DIE SET

Die set yang distandarisasi terdiri dari lower shoe, upper shoe, bushing dan guide post.

Pada bottom plate dan top plate diluruskan dan dihubungkan oleh guide post (pillar) serta bushing. Jumlah pillar dan bushing bervariasi dari dua sampai empat, sesuai dengan ketelitian yang dibutuhkan dan ukuran die set.

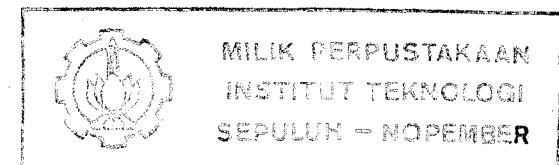
Die set diklasifikasikan menjadi tiga berdasarkan keakurasiannya, dimana keakurasiannya ditunjukkan dengan besarnya harga toleransi yang diijinkan untuk masing-masing bagian yang terpasang.

Tiga klasifikasi tersebut adalah :

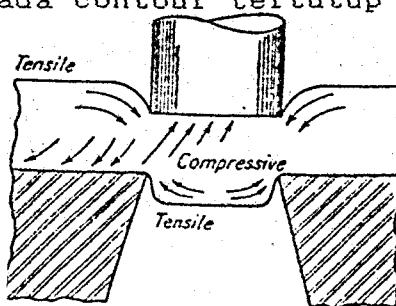
- a. Die set presisi tinggi toleransinya 0,0025 - 0,0050 mm
- b. Die set presisi sedang toleransinya 0,0050 - 0,0100 mm
- c. Die set komersial toleransinya 0,0100 - 0,0230 mm.

2.6.5 SHEARING

Pada saat alat perkakas (dies) untuk pemotongan bekerja dimana akan terjadi penekanan punch ke dalam material yang menjadi landasan adalah die, dalam proses ini akan terjadi suatu proses yang dinamakan *shearing* yaitu proses pemotongan atau pemisahan material oleh dua perkakas potong yaitu punch dan die tanpa menghasilkan geram (scrap).



Proses pemotongan (pemisahan) material dikenakan tegangan tarik dan penekanan (tensile dan compressive stress) dan bisa dilakukan pada contour tertutup dan terbuka.

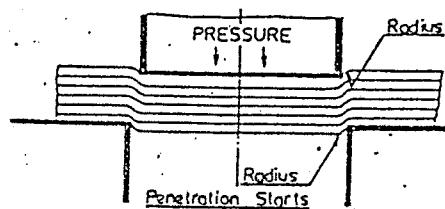


Gambar 2.27 Proses Pemotongan

Terdapat tiga tahap proses pemotongan (shearing) yang terjadi pada material :

- *Tahap Pertama*

Punch yang menerima gaya dari ram akan turun menyentuh material dan menekan kedalam die dengan gaya yang cukup besar. Material akan mulai terdeformasi dan radius kecil pada material mulai terbentuk, punch terus turun dengan tekanan yang cukup besar sampai melebihi batas elastis dari bahan sehingga terjadi deformasi plastis.

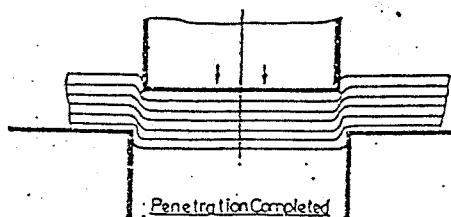


Gambar 2.28 Deformasi Plastis

- *Tahap Kedua*

Gaya dari punch menekan terus pada kedalaman tertentu, sehingga akan terjadi penetrasi. Retak pada material mulai

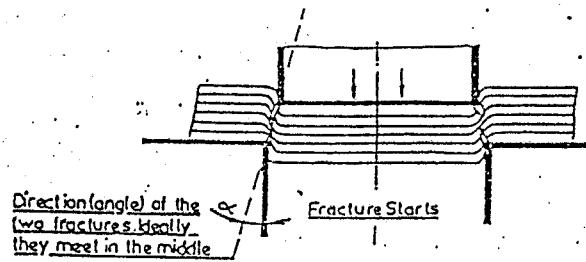
berkembang dari sisi pemotongan dan belum terjadi patah tetapi hanya ada pengurangan luasan melintang.



Gambar 2.29 Penetrasi

- Tahap Ketiga

Penetrasi dari punch akan terjadi terus sampai benda kerja mengalami patah. Untuk pemotongan yang ideal patahan akan terjadi pada bagian ujung potong die dan punch, keretakannya yang terjadi pada bagian atas dan bawah akan bertemu di tengah-tengah.



Gambar 2.30 Terjadi Patah

2.6.6 GAYA PEMOTONGAN

Dalam proses pemotongan yang banyak digunakan adalah pierching dan blanking. Adapun proses pemotongan untuk trimming digunakan untuk finishing pada proses deep drawing.

Agar pemotongan mendapatkan hasil yang baik maka faktor yang penting adalah menentukan gaya pemotongan dan besarnya clearance. Misalnya akan melakukan pemotongan plate dengan proses blanking dan pierching dengan diameter D dari stock strip dan tebalnya t, maka besarnya gaya yang dibutuhkan adalah :

$$P = \pi D \times t \times k_m \times \sigma_{us} = l \times t \times k_m \times \tau_{ut} \dots \dots \dots (2.24)$$

dimana :

P = gaya pemotongan yang dibutuhkan (kg)

l = keliling/panjang pemotongan (mm)

k_m = persentasi penetrasi dari material (%)

τ_{ut} = ultimate shear stress dari material (kg/mm²)

2.6.7 BESARNAK CLEARANCE PADA PEMOTONGAN

Untuk menentukan besarnya clearance yang diperlukan, ada dua cara yaitu :

- Berdasarkan pada penetrasi ketebalan material
- Menggunakan perhitungan rumus material.

Menentukan clearance berdasarkan persentasi ketebalan material ditunjukkan dalam tabel 15. (lihat dalam lampiran). Sedangkan menentukan clearance pada proses pemotongan berdasarkan rumus matematis adalah :

$$C = c \times t \times (\sigma_{ut})^{1/2} \text{ per sisi} \dots \dots \dots (2.25)$$

dimana :

C = besarnya clearance per sisi (mm)

c = konstanta (mm/(kg)^{1/2})

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

σ_{ut} = ultimate tensile strength material (kg/mm²)

t = tebal stock strip/material (mm)

2.6.8 GAYA COLLAR DRAWING

Bentuk dan geometri proses collar drawing ditunjukkan seperti pada gambar 2.31. Parameter-parameternya adalah :

d_0 = diameter of hole in blank

d_1 = inside diameter of collar

d_0 = outside diameter of collar

d_D = diameter of collar drawing die

d_m = mean diameter of collar

F_b = punch load due to bending of sheet material

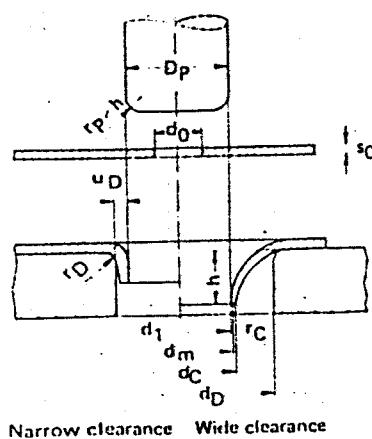
F_e = punch load due to expansion of collar diameter

h = height of collar

r_c = transition radius of collar

r_D = die radius

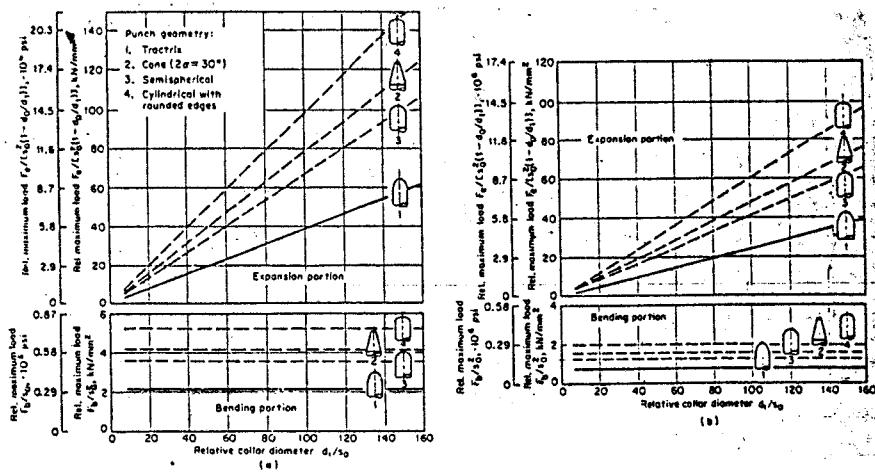
u_D = die clearance



Gambar 2.31 Diagram skematik dari collar drawing

Tinggi h dari collar dapat dihitung dengan teliti menggunakan persamaan 2.26, jika relative diameter adalah besar ($d_1 > 5S_o$), die clearance sempit ($U_D \leq S_o$) dan die radius adalah sangat kecil.

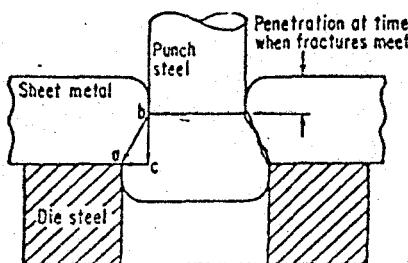
Collar drawing adalah proses non stasioner. Karena itu adalah tidak mungkin menghitung beban punch secara memuaskan dengan dasar teori plastisitas. Beban punch maximum F_{max} adalah terdiri dari komponen beban bending F_b dan komponen beban expansi F_e . Wilken telah menghitung kedua komponen tersebut berdasarkan experiment untuk berbagai bentuk punch. Hasil-hasilnya ditunjukkan pada gambar 2.32. Untuk perhitungan beban punch, kedua F_b dan F_e harus dihitung dari gambar 2.32 sesuai dengan actual sheet thickness dan hubungan d_0/d_1 .



Gambar 2.32 Komponen-komponen beban ekspansi dan bending pada collar drawing dengan die clearance sempit, $u_D = s_O$. Pada pengrajinan dengan die clearance yang besar ($u_D > 10s_O$), komponen beban bending berkurang ~ 30% dari harga yang diberikan. (a) Material-St14 (AISI 1005); pelumasan-oli mesin. (b) Material-Al99.5w (AA 1050-O).

2.6.9 GAYA HORIZONTAL / SIDE THRUST

Gaya-gaya yang terjadi pada saat proses pemotongan berlangsung bisa digambarkan sebagai vektor gaya. Secara teoritis vektor gaya pada cutting die dengan kondisi tanpa shear dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.33 Side Thrust

bc adalah vektor gaya potong vertikal

ac adalah vektor gaya potong horizontal

Dengan mengetahui gaya vertikal, tebal material, clearance dan penetrasi, maka gaya pemotongan horizontal adalah :

$$\frac{\text{clearance}}{\text{tebal plate} - \text{penetrasi}} = \frac{\text{horizontal force}}{\text{cutting force}} \dots (2.27)$$

Gaya horizontal ini akan mempengaruhi kekuatan baut pada die.

2.6.10 STRESS PADA BAUT

Baut yang berfungsi sebagai pengikat komponen-komponen dari press tool yang saling berhubungan agar tidak terjadi pergeseran. Akibat gaya horizontal yang timbul saat berlangsungnya pemotongan stock strip, maka akan terjadi tegangan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada baut.

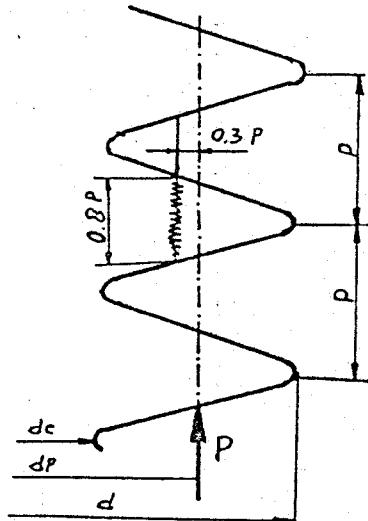
Tegangan yang terjadi adalah tegangan geser dan bending, penampang yang mengalami kerusakan adalah A - A, yang letaknya $\pm 0,3p$ dari diameter pitch dan sepanjang $\pm 0,8p$. Persamaan-persamaan yang dipakai adalah :

- Momen bending yang terjadi :

- Luasan yang menerima momen bending :

- Momen kelembaban luasan A :

$$W_b = \frac{\pi (d_p - 0,3p) (H/p \times 0,8p)^2}{6} \dots \dots \dots (2.30)$$



Gambar 2.34 Stress Baut

Jadi tegangan bending yang terjadi adalah :

$$\sigma_b = \frac{0,3p \times P}{\pi/6 \cdot (d_p - 0,3p) \cdot (H/p \times 0,8p)}^2 \dots \dots \dots \quad (2.32)$$

dimana :

$$\sigma_b = \text{tegangan bending yang terjadi (kg/mm}^2 \text{)}$$

$$P = \text{gaya luar yang bekerja pada ulir (kg)}$$

$$p = \text{pitch ulir (mm)}$$

$$H = \text{panjang bagian yang berulir (mm)}$$

$$d_p = \text{diameter pitch ulir (mm)}$$

Sedangkan tegangan geser yang terjadi adalah :

$$\sigma_s = \frac{P}{A} = \frac{P}{H/p \times 0,8p \times \pi(d_p - 0,3p)} \dots \dots \dots (2.33)$$

dimana :

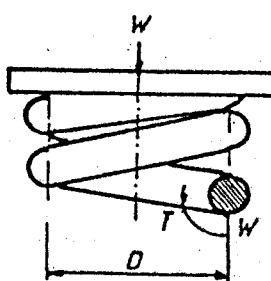
$$\sigma_s = \text{tegangan geser yang terjadi (kg/mm}^2 \text{)}$$

Karena tegangan bending dan geser bekerja bersama-sama, maka tegangan ideal yang terjadi adalah :

$$\sigma_i = (\sigma_b^2 + 3\sigma_s^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2.34)$$

2.6.11 STRESS PADA SPRING

Untuk menghitung stress yang terjadi pada spring akan menggunakan sebuah pendekatan yang menunjukkan bahwa bagian aksi dua gaya yaitu gaya geser langsung akibat gaya W dan geser tidak langsung yang ditimbulkan oleh momen puntir.



Gambar 2.35 Helical Spring

Besar gaya geser yang dihasilkan karena adanya momen puntir adalah :

$$T = W \times D/2 = \pi/16 \times P_s \times d^3$$

$$P_s = \frac{8W \times D}{\pi \times d^3} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.35)$$

dimana :

W = gaya aksial dari lilitan spring (kg)

D = diameter rata-rata lilitan spring (mm)

d = diameter kawat spring (mm)

P_s = gaya geser akibat adanya momen puntir (kg/mm^2)

Sedangkan gaya geser langsung karena adanya gaya aksial W adalah :

$$P_{sd} = \frac{W}{\pi/4 \times d^2} \dots \quad (2.36)$$

Sehingga maksimum shear stress yang terjadi pada kawat spring adalah :

$$\begin{aligned} S_s &= P_s + P_{sd} \\ &= \frac{8W \times D}{\pi d^3} + \frac{4W}{\pi d^2} \quad (\text{substitusikan } D/d = C) \end{aligned}$$

$$S_s = \frac{8W \times D}{\pi d^3} \left[1 + \frac{1}{2C} \right] \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.37)$$

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

$$\delta = \frac{8W \times C^3 \times N}{d \times G} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (2.38)$$

dimana :

δ = defleksi yang terjadi (mm)

G = modulus rigidity dari bahan (kg/mm²)

N = jumlah lilitan aktif spring

= Nα - 2, untuk jenis square end spring

Nα = jumlah lilitan total pegas.

2.6.11 SALURAN UDARA

Saluran udara ditempatkan pada punch atau die yang mana dapat berfungsi untuk mengeluarkan udara yang terjebak pada proses deep drawing.

Diameter saluran udara tergantung dari diameter punch dan dienya, untuk bentuk circular hanya dibutuhkan satu saluran, sedangkan bentuk yang tidak circular digunakan dua atau lebih saluran udara. Saluran udaranya ditempatkan pada posisi dimana udara bisa keluar dengan mudah.

BAB III

PENGUJIAN TARIK BAHAN

Untuk mengetahui sifat mekanis material/bahan sebelum proses pembentukan dilaksanakan, diperlukan pengujian tarik material. Pengujian tersebut sangat penting untuk dilaksanakan guna mengetahui sifat mampu bentuk dari material pada suatu kondisi kerja yang harus dikenakan. Pengujian dilakukan dengan menarik material yang berupa aluminium sheet dengan tebal 0,5 mm, yang merupakan bahan dasar dari pembuatan produk kondensor fin.

3.1 Tujuan Pengujian

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui batas luluh, kekuatan tarik dan perpanjangan serta reduksi penampang, sehingga dapat diketahui mampu bentuk material terhadap proses pembentukan.

3.2 Tempat dan Waktu Pengujian

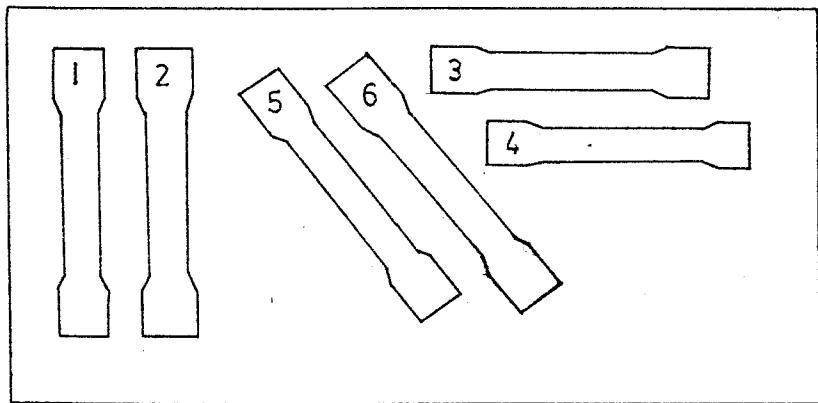
Pengujian tarik telah dilaksanakan di Laboratorium Metallurgi Teknik Mesin ITS pada tanggal 14 September 1993.

3.3 Cara Pengambilan Specimen

Karena dalam proses pembuatan kondensor fin, material mengalami tegangan dari berbagai arah, maka specimen uji

tarik diambil dalam arah vertikal, horizontal, dan menyudut.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Pengambilan Specimen

3.4 Standart Pengujian

Sesuai dengan jenis logam serta ketebalannya, maka dalam pengujian ini menggunakan standart JIS 2201 Non Ferrous.

Product		Test piece		Remark
Type	Dimensions	Proportional	Non-proportional	
Plate, Sheet, Strip	Over 40 mm in thickness	No. 1A	No. 4, No. 10	For bar form test piece
		No. 1B	—	For flat form test piece
	Over 20 mm to 40 mm incl. in thickness	No. 1A	No. 4, No. 10	For bar form test piece
		No. 1B	No. 1A	For flat form test piece
	Over 6 mm to 20 mm incl. in thickness	No. 1B	No. 1A No. 5	For flat form test piece
	Over 3 mm to 6 mm incl. in thickness		No. 5, No. 13A, No. 13B	
	Up to 3 mm incl. in thickness	—		

(13) No. 13 Test Piece. The form and dimensions of this test piece shall conform to Fig. 13.

Fig. 13.



Unit: mm

Type of test piece	Width W	Gauge length L	Parallel length P	Radius of fillet R	Thickness T	Width of gripped portion D
13 A	20	80	approx. 120	20 to 30	Thickness of material	—
13 B	12.5	50	approx. 60	20 to 30	Thickness of material	10 min.

Gambar 3.2 Standart Pengujian

3.4 Peralatan Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam percobaan uji tarik ini adalah Mesin Tarik dengan kapasitas maksimum 300 kg dan jangka sorong dengan ketelitian 0,05 mm.

3.5 Langkah-langkah Pengujian

- a. Ukur dimensi tiap-tiap specimen
- b. Specimen dipasang pada penjepit mesin uji tarik
- c. Atur skala pembebahan
- d. Pasang kertas grafik dan pena
- e. Pemberian pembebahan dengan kecepatan maksimum
- f. Selama penarikan perhatikan perubahan yang terjadi pada specimen maupun grafik
- g. Setelah patah specimen dilepas dari penjepit
- h. Kedua bagian specimen yang patah digabung kembali, untuk dilakukan pengukuran panjang specimen dan penampang melintang pada bagian yang patah.

3.6 DATA DIMENSI SPECIMEN

Tabel 3.1 Dimensi Specimen

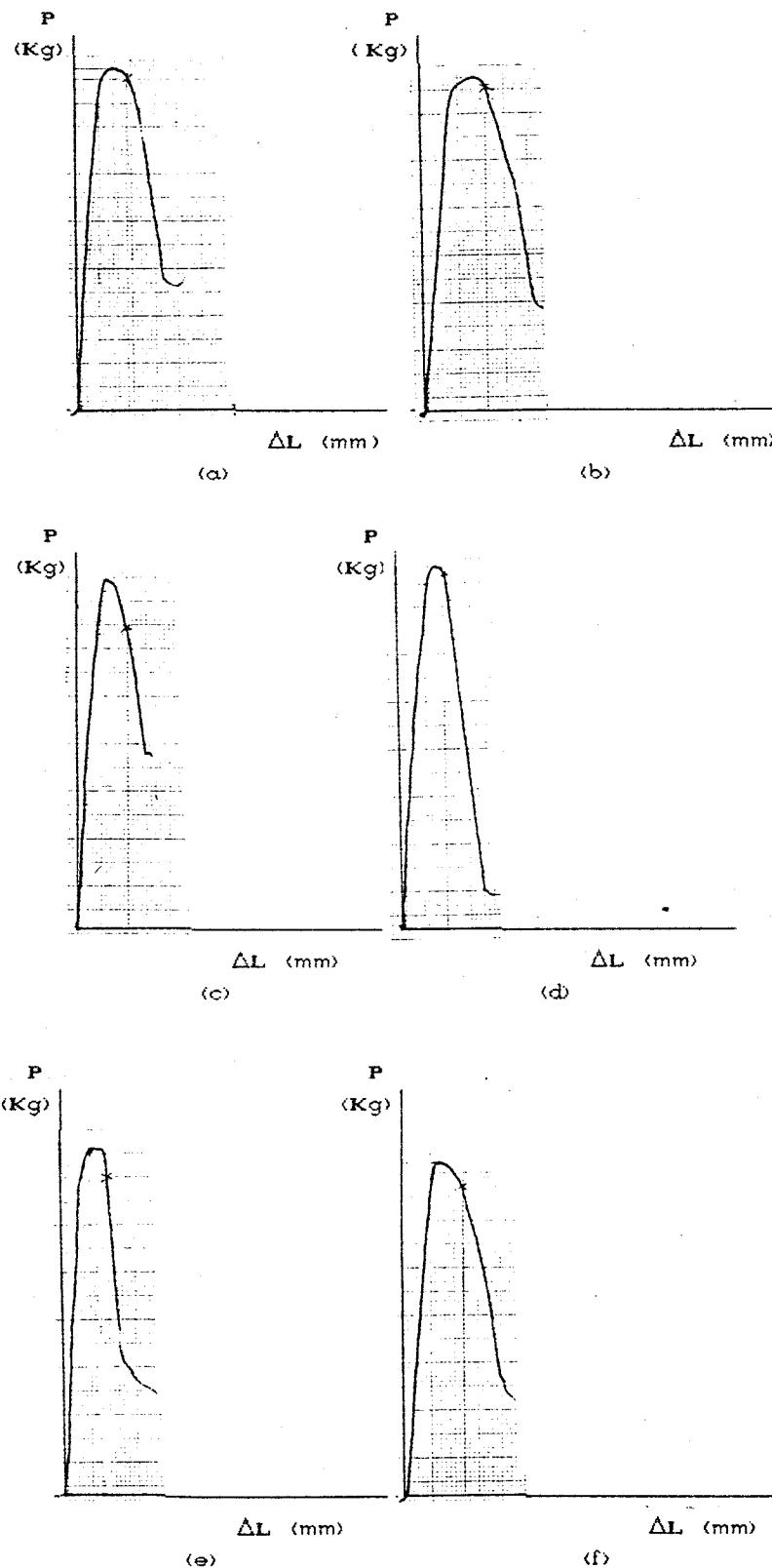
KETERANGAN	SPEC I	SPEC II	SPEC III	SPEC IV	SPEC V	SPEC VI	RATA2
Tebal (mm)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Lebar (mm)	14,65	14,45	14,65	14,50	14,45	14,50	14,53
Luas penampang ²							
AO (mm ²)	7,325	7,225	7,325	7,250	7,225	7,250	7,267
Gauge length							
Lo (mm)	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Panjang total							
Lt (mm)	183,0	183,0	183,0	183,0	183,0	183,0	183,0

3.7 DATA HASIL UJI TARIK

Tabel 3.2 Data Hasil Uji Tarik

KETERANGAN	SPEC I	SPEC II	SPEC III	SPEC IV	SPEC V	SPEC VI	RATA2
Beban lumer							
Py (Kg)	142,9	139,8	150,7	147,9	144,8	142,3	144,7
Beban maximum							
Pu (Kg)	147,0	146,0	155,0	154,0	151,0	146,5	150,0
ΔL saat patah/							
ΔL total (mm)	11,0	14,0	11,0	10,0	10,0	12,0	11,3
Gauge length se- telah patah							
L1 (mm)	51,4	51,6	51,3	51,2	51,2	51,0	51,3
ΔL setelah patah							
ΔL plastis (mm)	1,4	1,6	1,3	1,2	1,2	1,0	1,3
Tebal setelah pa- tah (mm)	0,15	0,20	0,15	0,20	0,25	0,25	0,20
Lebar setelah pa- tah (mm)	13,25	13,20	13,50	13,35	13,35	13,25	13,32
Luas penampang setelah patah ²							
(mm ²)	1,987	2,640	2,025	2,670	3,398	3,313	2,660

3.8 KURVA BEBAN P (Kg) – PERPANJANGAN ΔL (mm)



Gambar. 3.3 Kurva Beban (Kg) – Perpanjangan (mm)

(a) Specimen I (b) Specimen II (c) Specimen III (d) Specimen
IV (e) Specimen V (f) Specimen VI

3.9 ANALISA DATA DAN KURVA

Dari data pada tabel 3.1, tabel 3.2 dan kurva pada gambar 3.3 akan didapatkan data hasil uji tarik rata-rata, seperti ditunjukkan tabel 3.3 berikut :

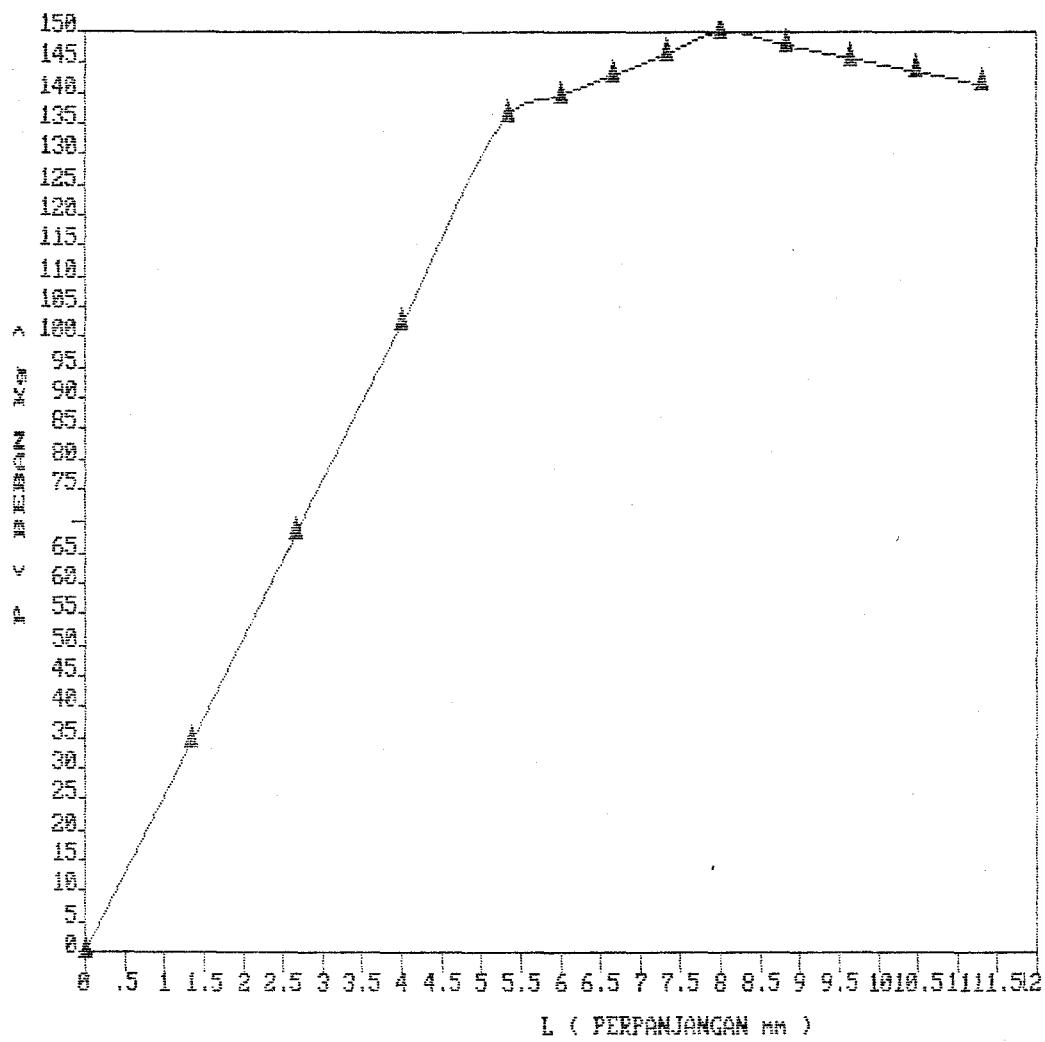
Tabel 3.3 Data Hasil Uji Tarik Rata-rata

(a)

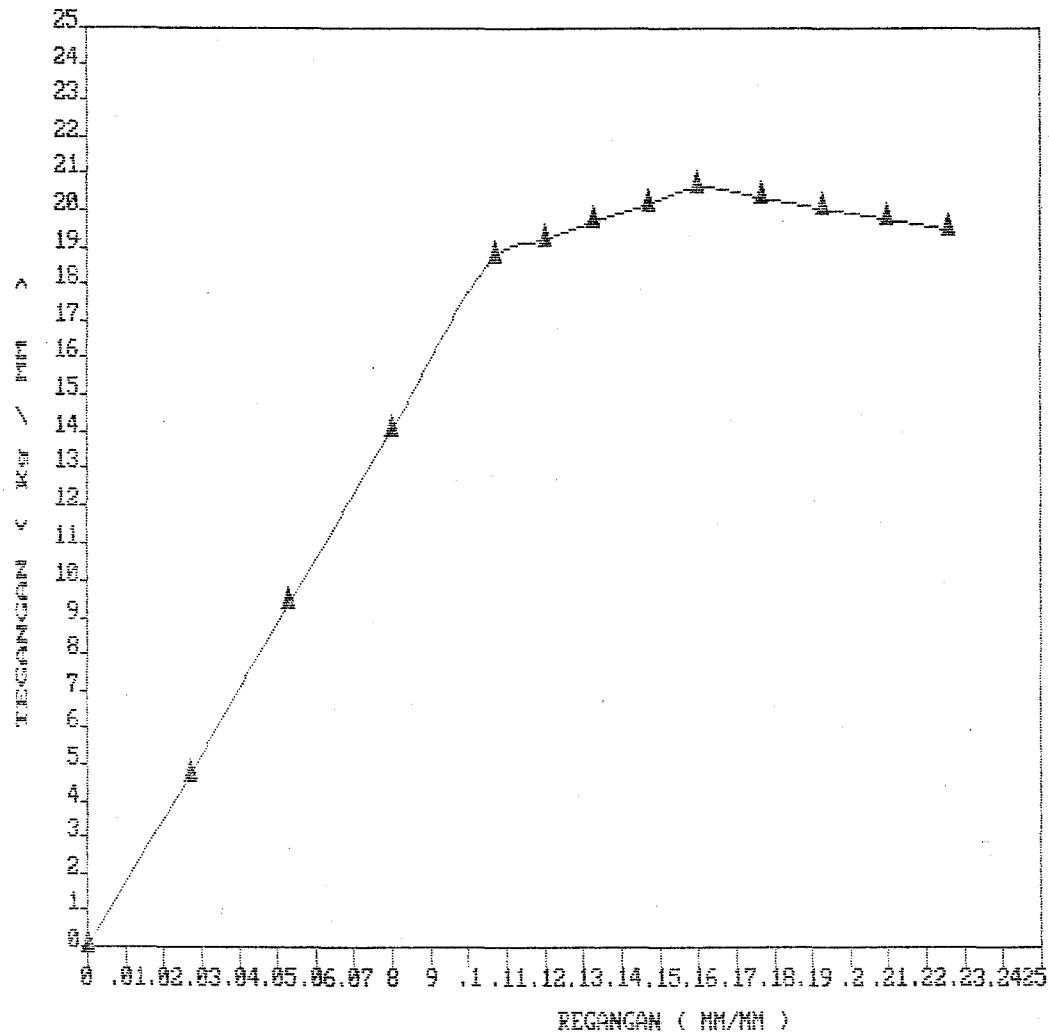
ΔL (mm)	P (Kg)	ε_t (mm/mm)	σ_t (Kg/mm ²)
0,000	0,000	0,000	0,000
1,340	34,230	0,027	4,710
2,670	68,200	0,059	9,385
4,000	102,180	0,080	14,061
5,330	136,150	0,107	18,735
6,000	139,630	0,120	19,214
6,670	143,100	0,133	19,692
7,340	146,580	0,147	20,171
8,000	150,000	0,160	20,641
8,670	147,880	0,177	20,350
9,000	145,780	0,193	20,061
10,480	143,650	0,210	19,767
11,300	141,550	0,226	19,478

(b)

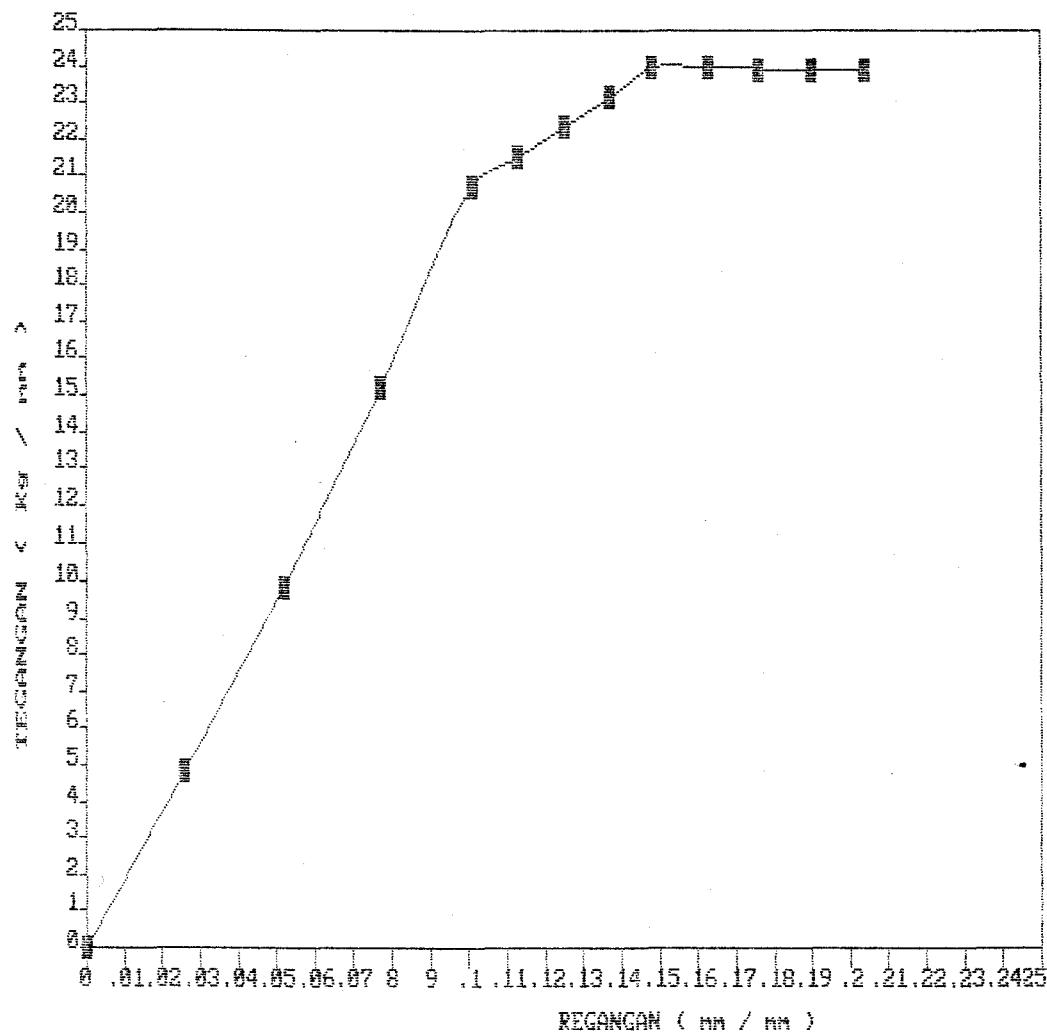
ϵ_s (mm/mm)	σ_s (Kg/mm ²)
0,000	0,000
0,026	4,836
0,052	9,886
0,077	15,186
0,101	20,732
0,113	21,520
0,125	22,319
0,137	23,132
0,148	23,944
0,163	23,943
0,176	23,933
0,190	23,910
0,204	23,880



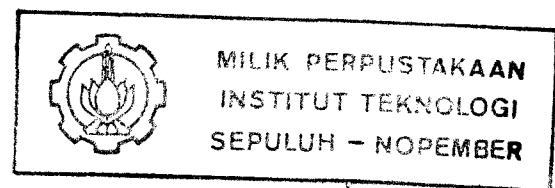
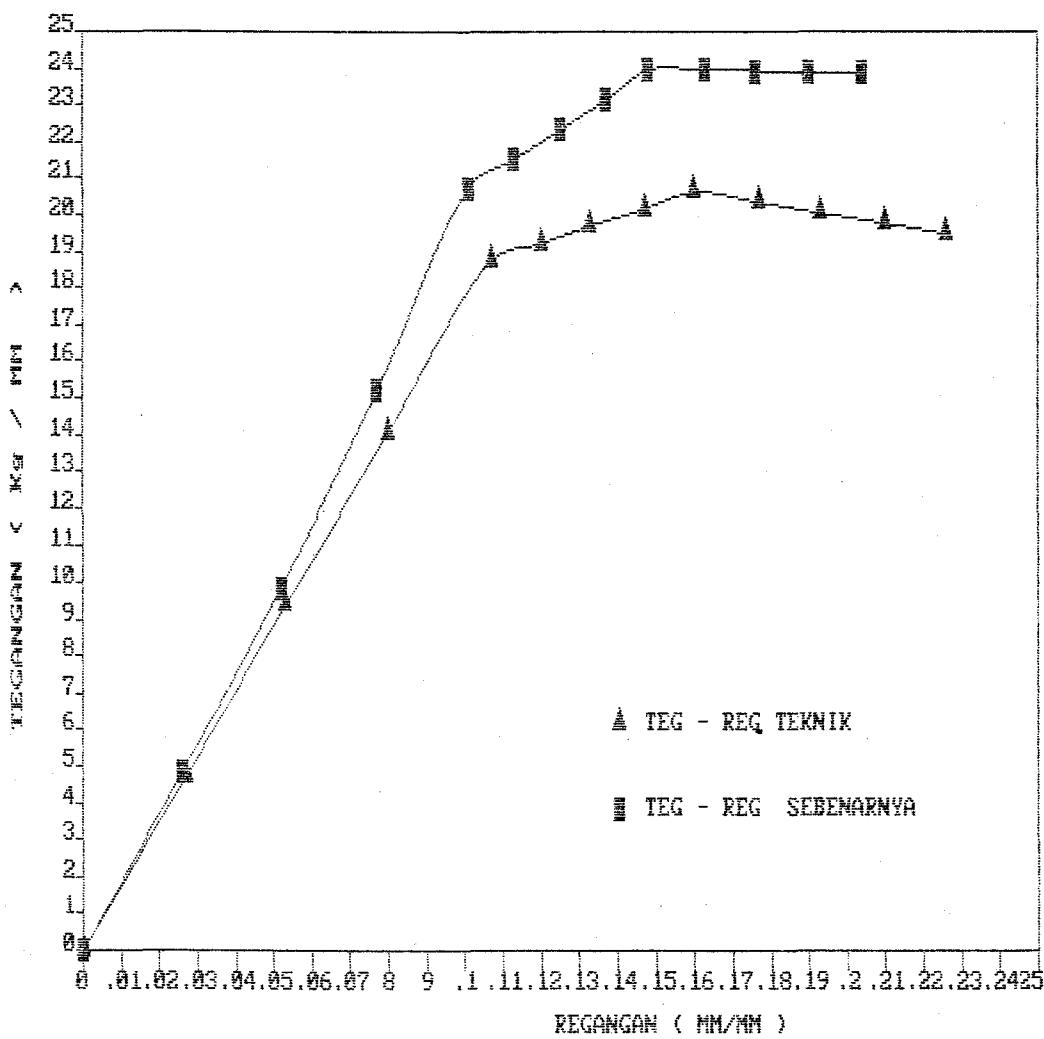
Gambar 3.4 Kurva P (kg) - ΔL (mm) Rata-rata



Gambar 3.5 Kurva tegangan - Regangan Teknik



Gambar 3.6 Kurva Tegangan - Regangan Sebenarnya



Gambar 3.7 Kurva Tegangan - Regangan Teknik

Kurva Tegangan - Regangan Sebenarnya

3.10 PERHITUNGAN SIFAT-SIFAT MEKANIS BAHAN

a) Kekuatan luluh (*yield strength*) :

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o}$$

$$= \frac{144,7}{7,267}$$

$$= 19,912 \text{ Kg / mm}^2$$

b) Kekuatan maksimum (*tensile strength*) :

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o}$$

$$= \frac{150}{7,267}$$

$$= 20,641 \text{ Kg / mm}^2$$

c) Regangan maksimum (*elongation*) :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\%$$

$$= \frac{1,3}{50} \times 100\%$$

$$= 2,6 \%$$

d) Reduksi luas penampang (*reduction of area*) :

$$\Psi = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100 \%$$

$$= \frac{(7,267 - 2,66)}{7,267} \times 100 \%$$

$$= 63,4 \%$$

e) Kekuatan maksimum sebenarnya :

$$\begin{aligned}\sigma_{us} &= \sigma_u \left[\frac{L_o + \Delta L}{L_o} \right] \\ &= 20,641 \left[\frac{50 + 1,3}{50} \right] \\ &= 21,178 \text{ Kg / mm}^2\end{aligned}$$

f) Regangan maksimum sebenarnya :

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= \ln \left[\frac{L_o + \Delta L}{L_o} \right] \\ &= \ln \left[\frac{50 + 1,3}{50} \right] \\ &= 0,0257 \text{ mm / mm}\end{aligned}$$

g) Modulus elastisitas :

$$\begin{aligned}E &= \frac{\sigma_y}{\varepsilon_s} \\ &= \frac{19,912}{0,0257} \\ &= 774,79 \text{ Kg / mm}^2\end{aligned}$$

BAB IV

ANALISA PROSES PRODUKSI KONDENSOR FIN

4.1 Tinjauan Produk

Sebelum merencanakan dies, yang perlu diperhatikan dalam melakukan perencanaan adalah mengetahui sifat-sifat dan karakteristik dari produk yang akan dibuat.

4.1.1 Bahan Produk

Bahan produk sangat penting untuk diketahui karena digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis bahan seperti kekuatan luluh, kekuatan tarik, elongation dan lain-lain yang dapat digunakan untuk merencanakan gaya yang dibutuhkan oleh mesin press.

Adapun bahan kondensor fin adalah aluminium alloy dengan ketebalan 0,5 mm. Dari data uji tarik didapat sifat-sifat mekanis bahan sebagai berikut :

- Kekuatan luluh bahan

$$\sigma_y = 19,912 \text{ kg / mm}^2$$

- Kekuatan tarik bahan

$$\sigma_u = 20,641 \text{ kg / mm}^2$$

- Elongation

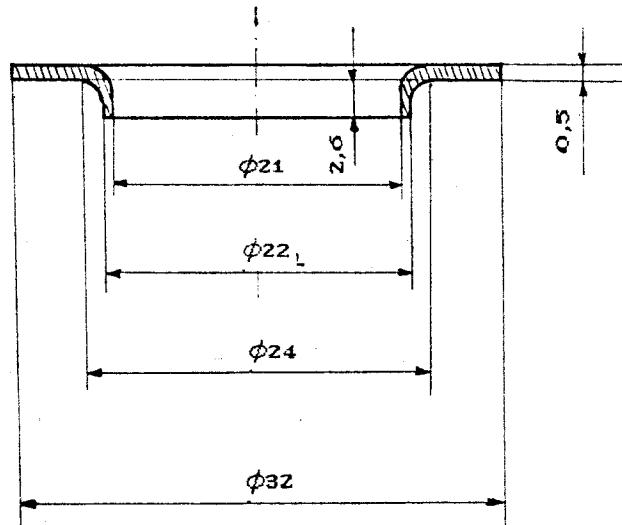
$$\epsilon = 2,6 \%$$

4.1.2 Bentuk dan Dimensi Produk

Menentukan bentuk dari produk yang akan direncanakan, digunakan untuk mengetahui urutan proses pembuatannya. Dengan mengetahui proses pembuatannya maka dapat pula menentukan jenis press tool yang akan dirancang.

Dimensi produk yang akan dirancang perlu ditentukan apakah mempunyai ukuran besar atau kecil. Hal ini penting untuk menyesuaikan dengan kapasitas mesin press yang tersedia dan besarnya press tool yang akan direncanakan.

Bentuk dan dimensi dari kondensor fin sesuai dengan standart pabrik, seperti ditunjukkan pada gambar 4.1.



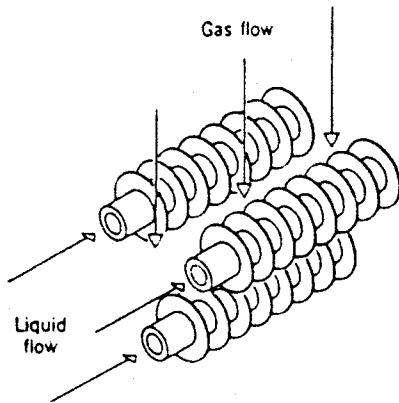
satuan : mm

Gambar 4.1 Bentuk dan Dimensi Kondensor Fin

4.1.3 Manfaat Produk

Mengetahui manfaat produk yang akan dibuat adalah perlu sekali agar kita tidak sia-sia dalam merencanakan diesnya. Demikian juga kedudukan produk bila diassembling dengan komponen lain dalam satu kesatuan, sehingga kita dapat menentukan ketelitian dari suaiian yang akan digunakan serta kekasaran permukaannya.

Kondensor fin sangat bermanfaat untuk membantu menaikkan pertukaran panas antara udara dan fluida kerja di dalam sistem kondensor. Fin-fin ini ditempelkan pada pipa-pipa kondensor, seperti ditunjukkan pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Kondensor Fin

Sesuai dengan bentuk dan fungsinya maka produk kondensor fin ini tidak begitu memerlukan kepresisian yang tinggi. Jadi untuk membuat press tool, komponen-komponen yang digunakan dapat memilih kepresisian yang sedang sehingga dapat menghemat biaya pembuatan press tool.

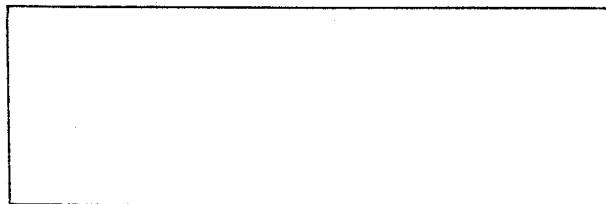
4.2 Tahapan Proses

Pembuatan kondensor fin terdiri dari beberapa tahapan proses. Langkah awal pada pembuatan kondensor fin adalah pemotongan raw material untuk mendapatkan strip material, selanjutnya strip material dikenakan proses blanking, pierching dan collar drawing dalam satu kali stroke dari ram mesin press dalam dua stasiun kerja. Langkah terakhir adalah pengecekan bentuk dan dimensi produk.

Setelah produk memenuhi syarat maka produk siap dipasangkan pada pipa-pipa kondensor.

4.2.1 Proses Tahap I

Dimana pada tahapan awal ini raw material dipotong-potong menjadi strip-strip. Panjang dan lebar strip perlu diperhitungkan sehingga pada proses selanjutnya tidak banyak menghasilkan scrap.



Gambar 4.3 Strip

4.2.2 Proses Tahap II

Pada proses tahap II dilakukan penggerjaan blanking, pierching dan collar drawing dalam satu kali langkah kerja. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan efisiensi waktu produksi dan hanya membutuhkan dua stasiun kerja.

Pada penggerjaan ini diharapkan menghasilkan produk yang mempunyai bentuk dan dimensi seperti yang distandardkan. Bentuk hasil proses tahap II ditunjukkan seperti pada gambar 4.4.

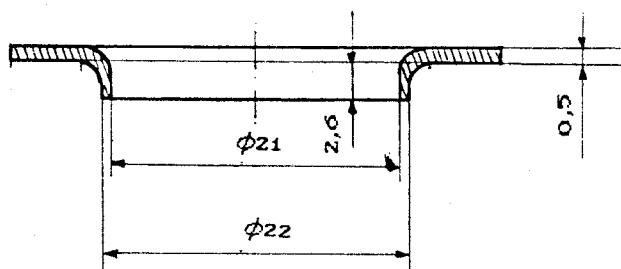
Pada proses tahap II ada 2 (dua) stasiun kerja dan dies yang digunakan adalah tipe progressive dies. Adapun tahapan proses masing-masing stasiun adalah :

Stasiun I

Pada stasiun I ada 2 (dua) proses pierching dengan diameter 17 mm dan 2 mm. Yang pertama untuk membuat lubang benda kerja agar pada stasiun II dapat dikenai proses collar drawing. Sedang pierching yang kedua yaitu dengan diameter 2 mm, gunanya untuk menempatkan posisi stopper agar proses berjalan dengan lancar, sehingga proses selanjutnya tepat pada posisi yang diinginkan.

Stasiun II

Pada stasiun II hasil proses pierching stasiun I dikenai 2 (dua) proses sekaligus yaitu proses blanking dan collar drawing.



Gambar 4.4 Bentuk Hasil Proses Tahap II

Pada penggerjaan ini diharapkan menghasilkan produk yang mempunyai bentuk dan dimensi seperti yang distandardkan. Bentuk hasil proses tahap II ditunjukkan seperti pada gambar 4.4.

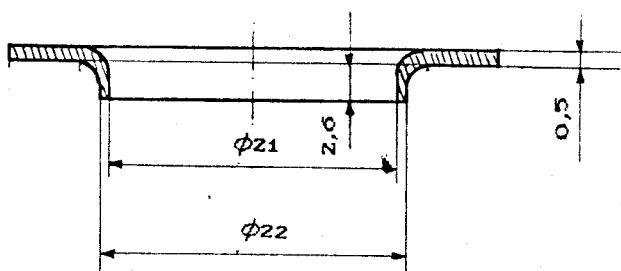
Pada proses tahap II ada 2 (dua) stasiun kerja dan dies yang digunakan adalah tipe progressive dies. Adapun tahapan proses masing-masing stasiun adalah :

Stasiun I

Pada stasiun I ada 2 (dua) proses pierching dengan diameter 17 mm dan 2 mm. Yang pertama untuk membuat lubang benda kerja agar pada stasiun II dapat dikenai proses collar drawing. Sedang pierching yang kedua yaitu dengan diameter 2 mm, gunanya untuk menempatkan posisi stopper agar proses berjalan dengan lancar, sehingga proses selanjutnya tepat pada posisi yang diinginkan.

Stasiun II

Pada stasiun II hasil proses pierching stasiun I dikenai 2 (dua) proses sekaligus yaitu proses blanking dan collar drawing.



Gambar 4.4 Bentuk Hasil Proses Tahap II

FLOW PROSES PEMBENTUKAN KONDENSOR FIN

RAW MATERIAL



TAHAP I



PROSES PEMOTONGAN



TAHAP II



STASIUN I



PROSES PIERCHING



STASIUN II



PROSES BLANKING



PROSES COLLAR DRAWING



TAHAP III



CONTROL DIMENSI



PRODUK



4.3 PERTIMBANGAN UNTUK PERENCANAAN

Dilihat dari bentuk kerja dan ukurannya, maka tahapan proses produksinya dapat ditentukan sehingga dari tahapan itu dapat juga menentukan jenis dan banyaknya press tool yang akan direncanakan.

Press tool yang akan direncanakan adalah untuk proses tahap II. Untuk menghemat waktu dan material maka jenis press tool yang cocok adalah progressive dies dengan 3 (tiga) dalam 2 (dua) stasiun kerja yang bekerjanya secara kontinu tanpa ada ruang idle waktu.

Namun pada progressive dies ini banyak menggunakan tambahan dari komponen presstool dan perencanaannya harus hati-hati karena gaya yang dibutuhkan cukup besar. Untuk mengimbangi gaya yang cukup besar maka digunakan pillar sebanyak 4 (empat) buah.

BAB V

PERENCANAAN PROGRESSIVE DIES UNTUK PROSES PRODUKSI KONDENSOR FIN

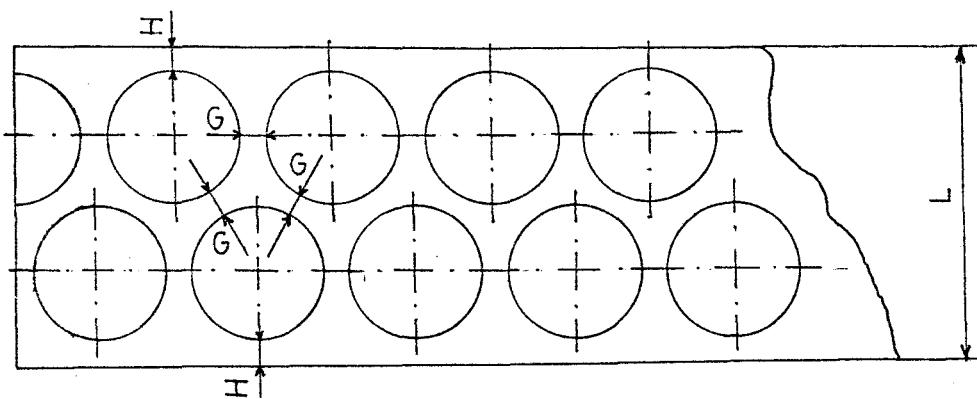
Perencanaan dies ini menggunakan progressive dies dengan 2 (dua) stasiun kerja untuk 3 (tiga) proses penggerjaan, yaitu stasiun I untuk proses pierching dan stasiun II untuk proses blanking sekaligus proses collar drawing.

*Sebelum merencanakan dan menentukan jenis mesin press yang digunakan, terlebih dahulu harus menghitung gaya-gaya yang bekerja dari ketiga proses tersebut, sehingga dengan jumlah gaya dari hasil perhitungan dapat dipertimbangkan mesin press yang digunakan.

5.1 STRIP LAY OUT

Setelah mengamati dan menganalisa dari produk yang akan dibuat dan juga dengan pertimbangan untuk meningkatkan produktivitas, maka langkah awal yang perlu diperhatikan adalah menentukan strip lay out.

Strip lay out pembuatan kondensor fin seperti ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Strip Lay Out Kondensor Fin

5.1.1 Menentukan Jarak Tepi (HD) dan Jarak Antara (GD)

Untuk menghitung jarak tepi dan jarak antara dari ketebalan produk (T) = 0,5 mm dan diameter produk (D) = 32 mm, maka perhitungannya dapat dilihat dari tabel 7. (lampiran) untuk one pass progressive dies.

Untuk $D = 32 \text{ mm} = 1,26 \text{ inchi}$ maka dalam tabel tersebut menggunakan $D = 1 - 3 \text{ inchi}$, khusus progressive dies ukuran G atau H adalah $1,25 T$, dimana $T = \text{tebal plat}$, sedangkan ukuran terkecil yang masih diijinkan adalah $1/16 \text{ inchi} = 1,59 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$, maka untuk menghemat material, ukuran G atau H diambil yang terkecil. Jarak tepi (H) dan jarak antara (G) direncanakan sebesar $H = 4 \text{ mm}$ dan $G = 3 \text{ mm}$.

5.1.2 Lebar Strip Lay Out (LD)

Lebar strip lay out ditentukan setelah mengetahui jarak tepi, jarak antara dan diameter produk.

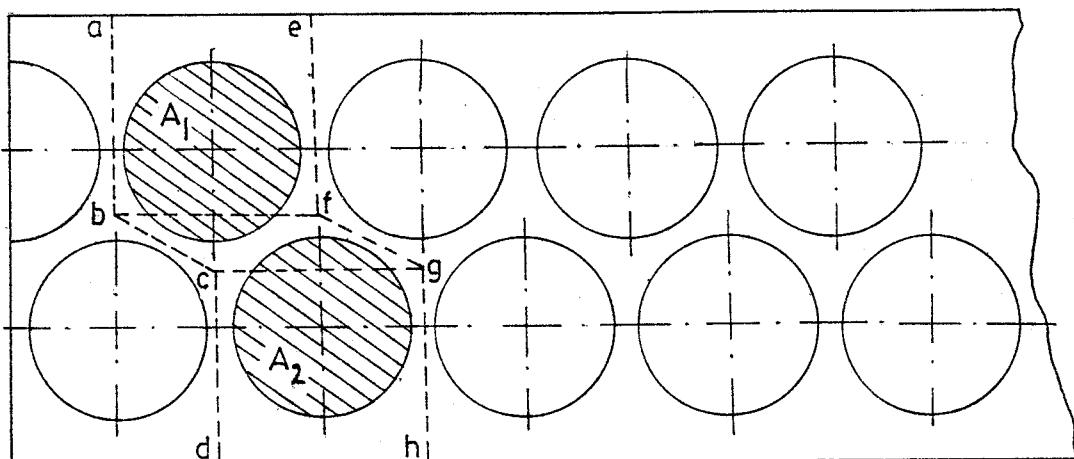
Dengan harga $H = 4 \text{ mm}$, $G = 3 \text{ mm}$ dan $D = 32 \text{ mm}$, maka :

$$\begin{aligned}
 L &= (2H + D) + \{(D + G)^2 - (0,5G + 0,5D)^2\}^{1/2} \\
 &= (2.4 + 32) + \{(32 + 3)^2 - (0,5.3 + 0,5.32)^2\}^{1/2} \\
 &= 40 + \{ 1225 - 306,25 \}^{1/2} \\
 &= 70,31 \text{ mm} \approx 70 \text{ mm}.
 \end{aligned}$$

Jadi lebar strip lay out direncanakan sebesar $L = 70 \text{ mm}$.

5.1.3 Utilitas

Utilitas adalah pemakaian dan pengaturan dari stock strip agar lebih ekonomis. Seperti pada gambar 5.2, maka utilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1.



Gambar 5.2 Menghitung Utilitas

Total luas benda kerja (A_{tot}) :

$$\begin{aligned}
 A_{tot} &= A_1 + A_2 \\
 &= 2 (\pi/4 \cdot D^2) \\
 &= 2 (\pi/4 \cdot 32^2) \\
 &= 1607,68 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Luas stock strip yang dibutuhkan (A_{stock}) :

$$A_{stock} = ((\overline{ae} \cdot \overline{ab}) + (\overline{bf} \cdot \overline{bc}) + (\overline{cg} \cdot \overline{cd}))$$

dimana :

$$\overline{ae} = D + G = 32 + 3 = 35 \text{ mm}$$

$$\overline{ab} = H + 1/2D = 4 + 1/2 \cdot 32 = 20 \text{ mm}$$

$$\overline{bf} = \overline{ae} = 35 \text{ mm}$$

$$\overline{bc} = G + D = 3 + 32 = 35 \text{ mm}$$

$$\overline{cg} = \overline{bf} = 35 \text{ mm}$$

$$\overline{cd} = H + 1/2D = 4 + 1/2 \cdot 32 = 20 \text{ mm}$$

maka :

$$\begin{aligned} A_{\text{stock}} &= \{(35 \cdot 20) + (35 \cdot 35) + (35 \cdot 20)\} \\ &= 2625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari dua perhitungan diatas maka dapat dihitung utilitasnya, yaitu :

$$U_m = \frac{A_{\text{tot}}}{A_{\text{stock}}} \times 100 \%$$

$$= \frac{1607,68}{2625} \times 100 \%$$

$$= 61,245 \%$$

Karena utilitas material diatas 50 %, maka utilitasnya cukup tinggi.

5.2 PERHITUNGAN GAYA-GAYA DAN CLEARANCE

5.2.1 Keliling Pemotongan (1)

Keliling pemotongan pada masing-masing stasiun adalah sebagai berikut :

Stasiun I

Pada stasiun I ada 2 (dua) proses pierching dengan diameter $d_1 =$

17 mm dan $d_2 = 2$ mm, maka :

$$\begin{aligned}l_1 &= \pi \cdot d_1 \\&= \pi \cdot 17 \\&= 53,38 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_2 &= \pi \cdot d_2 \\&= \pi \cdot 2 \\&= 6,28 \text{ mm}\end{aligned}$$

Stasiun II

Pada stasiun II ada 1 (satu) proses blanking dengan diameter $d_3 = 32$ mm, maka :

$$\begin{aligned}l_3 &= \pi \cdot d_3 \\&= \pi \cdot 32 \\&= 100,48 \text{ mm}\end{aligned}$$

5.2.2 Gaya Pemotongan

Gaya pemotongan yang terjadi pada masing-masing stasiun, dapat dihitung dengan persamaan 2.20 yaitu :

$$P = l \times t \times k_m \times \tau_{ut}$$

dimana :

$$\begin{aligned}t &= tebal material \\&= 0,5 \text{ mm}\end{aligned}$$

k_m = prosentase penetrasi material

~ 80 % (lihat gambar.1 terlampir)

Dari percobaan uji tarik material didapat data-data sifat mekanis material sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sigma_{ut} &= tegangan tarik maksimum \\&= 20,64 \text{ kg / mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{ut} &= \text{tegangan geser maksimum} \\ &= 0,82 \times 20,64 \\ &= 16,92 \text{ kg / mm}^2\end{aligned}$$

Maka gaya pemotongan masing-masing stasiun adalah sebagai berikut :

Stasiun I

Untuk proses pierching dengan diameter $d_1 = 17 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}P_1 &= 53,38 \times 0,5 \times 0,80 \times 16,92 \\ &= 361,28 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk proses pierching dengan diameter $d_2 = 2 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}P_2 &= 6,28 \times 0,5 \times 0,80 \times 16,92 \\ &= 42,5 \text{ kg}\end{aligned}$$

Stasiun II

Untuk proses blanking dengan diameter $d_3 = 32 \text{ mm}$:

$$\begin{aligned}P_3 &= 100,48 \times 0,5 \times 0,80 \times 16,92 \\ &= 680,05 \text{ kg}\end{aligned}$$

5.2.3 Clearance Proses Pemotongan

Besarnya clearance antara punch dan die untuk pemotongan dapat dihitung dengan 2 (dua) cara yaitu menggunakan rumus dan hasil percobaan.

Menggunakan Rumus

Rumus yang digunakan adalah persamaan 2.21 yaitu :

$$C = c \times t \times (\sigma_{ut})^{1/2} \quad (\text{mm / sisi})$$

dimana :

$$c = 0,01 \text{ mm/(kg)}^{1/2} \text{ untuk pekerjaan dengan kepresisian}$$

sedang

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

$$\sigma_{ut} = 20,64 \text{ kg / mm}^2$$

maka :

$$C = 0,01 \text{ mm / (kg)}^{1/2} \times 0,5 \text{ mm} \times (20,64 \text{ kg / mm}^2)^{1/2}$$
$$= 0,023 \text{ mm / sisi.}$$

Hasil Percobaan

Dari tabel 15. untuk material dengan tebal 0,5 mm dari paduan alumunium lunak, besarnya clearance adalah 6 - 10 % dari tebal material, sehingga akan didapatkan clearance sebesar 0,03 - 0,05 mm / sisi.

Dari hasil dua perhitungan di atas, untuk lebih amannya dari segi perencanaan maka dipilih clearance yang paling kecil yaitu 0,023 mm / sisi.

Hal ini dilakukan dengan maksud agar saat dilakukan percobaan (trial) pada press tool yang telah direncanakan dan ternyata menghasilkan produk yang cacat. Setelah diteliti ternyata clearancenya kurang besar, maka tindakannya hanya memperbesar clearance dari dimensi punch dan die.

Tetapi sebaliknya bila memilih clearance yang besar dan ternyata clearancenya terlalu besar, maka untuk memperkecil clearance akan menemui kesulitan dan kemungkinan dapat mengganti punch dan die blocknya.

5.2.4 Gaya Horizontal / Side thrust

Untuk perencanaan ini gaya horizontal yang terjadi

diabaikan, karena bentuk produk dan pemotongannya simetris. Gaya horizontal akan terjadi bila bentuk dan pemotongannya berbentuk tidak beraturan.

5.2.5 Gaya Collar Drawing

Diketahui data-data perencanaan sebagai berikut :

- $s_0 = 0,5 \text{ mm}$
- $d_1 = 21 \text{ mm}$
- $d_o = 17 \text{ mm}$
- Diasumsikan punch berbentuk Cylindrical with rounded edges.

Maka dari gambar 2.32 dapat dihitung F_b dan F_e untuk material Al 99,5 w (AA 1050 - o) dan material St 14 (AISI 1005).

Prosedur perhitungannya adalah :

1. Hitung relative collar diameter d_1 / s_0
2. Dari gambar 2.32 dengan harga d_1 / s_0 tertentu, ditarik garis lurus ke atas sampai berpotongan dengan kurva bentuk punch tertentu, kemudian ditarik garis tegak lurus ke sumbu ordinat akan didapatkan dua perhitungan untuk bagian bending dan expansion.

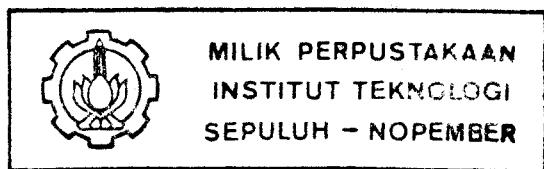
Material Al 99,5 w (AA 1050 - o)

Relative collar diameter (d_1/s_0) :

$$d_1/s_0 = 21 / 0,5$$

$$= 42$$

Bagian bending



$$\frac{F_b}{s_o^2} = 2 \text{ kN / mm}^2$$

Beban bending (F_b) :

$$F_b = 2 (\text{kN / mm}^2) \times 0,5^2 (\text{mm}^2)$$

$$= 0,5 \text{ kN} = 51,02 \text{ kg}$$

Bagian expansion

$$\frac{F_e}{[s_o^2(1 - d_o/d_1)]} = 25 \text{ kN / mm}^2$$

Beban expansi (F_e) :

$$F_e = 25 (\text{kN / mm}^2) \times [0,5^2 (1 - 17/21)] (\text{mm}^2)$$

$$= 1,1905 \text{ kN}$$

$$= 121,48 \text{ kg}$$

Total gaya yang bekerja (F) :

$$F = F_b + F_e$$

$$= 51,02 + 121,48$$

$$= 172,5 \text{ kg.}$$

Material St 14 (AISI 1005)

Relative collar diameter (d_1/s_o) :

$$(d_1/s_o) = 42$$

Bagian bending

$$\frac{F_b}{s_o^2} = 5,25 \text{ kN / mm}^2$$

Beban bending (F_b) :

$$F_b = 5,25 (\text{kN / mm}^2) \times 0,5^2 (\text{mm}^2)$$

$$= 1,3125 \text{ kN}$$

$$= 133,93 \text{ kg}$$

Bagian expansion

$$\frac{F_e}{[s_o^2 (1 - d_o/d_1)]} = 40 \text{ kN / mm}^2$$

Beban expansi (F_e) :

$$\begin{aligned} F_e &= 40 \text{ (kN / mm}^2\text{)} \times [0,5^2 (1 - 17/21)] \text{ (mm}^2\text{)} \\ &= 1,905 \text{ kN} \\ &= 194,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total gaya yang bekerja (F) :

$$\begin{aligned} F &= F_b + F_e \\ &= 133,93 + 194,36 \\ &= 328,29 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan gaya-gaya kedua material pembanding di atas, maka dapat dihitung gaya collar drawing untuk material benda kerja sebagai berikut :

Diketahui :

Material Al 99,5 (AA 1050-o)

Tegangan tarik maksimum (σ_{ut}) = 8,442 kg / mm²

Gaya collar drawing (F) = 172,5 kg

Material St 14 (AISI 1005)

Tegangan tarik maksimum (σ_{ut}) = 45,025 kg / mm²

Gaya collar drawing (F) = 328,29 kg

Maka material benda kerja (aluminium alloy 0,5 mm) yang mempunyai tegangan tarik maksimum (σ_{ut}) = 20,641 kg/mm², dengan cara intrapolasi gaya collar drawingnya adalah :

$$F = \left[\frac{(20,641 - 8,442) \text{ kg/mm}^2}{(45,025 - 8,442) \text{ kg/mm}^2} \times (328,29 - 172,5) \text{ kg} \right]$$

$$+ 172,5 \text{ kg}$$

$$= 224,45 \text{ kg.}$$

Jadi gaya collar drawing yang terjadi adalah 224,45 kg.

Total gaya yang bekerja pada semua stasiun atau gaya yang dibutuhkan untuk proses penggerjaan adalah :

$$\begin{aligned}P_{\text{tot.}} &= 2 (P_1 + P_3 + F) + P_1 \\&= 2 (361,28 + 680,05 + 224,45) + 42,5 \\&= 2576,56 \text{ kg}\end{aligned}$$

Untuk mengatasi gaya gesekan pada operasi mekanisme mesin press, perlu ditambahkan gaya sebesar 25 % dari total gaya yang terjadi, maka gaya yang bekerja menjadi :

$$\begin{aligned}P &= P_{\text{tot.}} + 0,25 \cdot P_{\text{tot.}} \\&= 2576,56 + 644,14 \\&= 3220,7 \text{ kg.}\end{aligned}$$

5.3 DESAIN DIE BLOCK

Data material die :

Material die block direncanakan memakai AISI A2. Dari tabel.1. (lampiran hal. 1) didapat kekerasannya 62 HRC. Dari gambar.2 (lampiran hal. 2) didapat konversi antara kekerasan Rockwell dengan Brinnel yaitu 62 HRC = 163 BHN dan dari gambar.3 (lampiran hal. 3) didapatkan hubungan antara kekerasan Brinnel dengan ultimate tensile strength, yaitu 163 BHN = 78 ksi = 54,89 kg / mm².

Tegangan geser material die, $\tau_{\text{ut(die)}}$:

$$\begin{aligned}\tau_{\text{ut(die)}} &= 0,82 \times 54,89 \text{ kg / mm}^2 \\&= 45,01 \text{ kg / mm}^2 \\&= 29,04 \text{ ton / in}^2\end{aligned}$$

N = 5 untuk beban impact

$$|\sigma|_{ijin} = \frac{45,01}{5} \\ = 9,002 \text{ kg / mm}^2$$

Data material stock strip :

Material aluminium alloy

Tegangan tarik maksimum, $\sigma_{ut} = 20,64 \text{ kg / mm}^2$

Tegangan geser maksimum, $\tau_{ut} = 16,92 \text{ kg / mm}^2$

Tebal stock strip = 0,5 mm = 0,0197 in.

Penentuan dimensi die block berdasarkan :

1. Bending Stress Maksimum, atau
2. Tabel Hasil Percobaan

Stasiun I

Pada stasiun I ada dua die block yang direncanakan dimensinya yaitu die untuk pierching diameter 17 mm dan 2 mm.

5.3.1 Pierching Diameter 17 mm

1. Berdasarkan Bending Stress Maksimum

Diketahui data-data perencanaan :

$$D_i = 17 \text{ mm}$$

$$D_o = 23 \text{ mm}$$

$$P_p = 361,28 \text{ kg}$$

Maka tebal die block dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.17, yaitu :

$$H = \left\{ \frac{1,5 \times P_p}{|\sigma|_{ijin}} \left[1 - \frac{2 \cdot R_o}{3 \cdot D_i} \right] \right\}^{1/2}$$

$$= \left\{ \frac{1,5 \times 361,28}{9,002} \left[1 - \frac{2 \cdot 11,5}{3 \cdot 17} \right] \right\}^{1/2}$$

$$= 5,749 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$$

Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma_{\text{bend.}} = \frac{1,5 \times P_F}{H^2} [1 - \frac{2R_o}{3D_i}]$$

$$= \frac{1,5 \times 361,28}{6^2} [1 - \frac{2 \cdot 11,5}{3 \cdot 17}]$$

$$= 8,265 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $\sigma_{\text{bend.}} < |\sigma|_{\text{ijin}}$, maka perencanaan die aman.

2. Berdasarkan Tabel Hasil Percobaan

a. Ketebalan stock strip = 0,0197 in, dari tabel.9

(lampiran hal.9) dengan extrapolasi akan didapatkan tebal die block = 0,0059 in / (ton/in²) dari tegangan geser material die, maka tebal die block :

$$T = 0,0059 \text{ in / (ton/in}^2\text{)} \times 29,04 \text{ (ton/in}^2\text{)}$$

$$= 0,171 \text{ in.}$$

b. Karena keliling pemotongan lebih dari 2 inchi, maka tebal die block harus dikalikan expansion faktor sebesar 1,25 (lihat tabel.11 lampiran hal.9). Dalam perencanaan die block didukung oleh bottom plate, maka tebal die block dapat dikurangi sampai 50 %. Demikian juga ketebalan die block harus ditambah untuk grinding allowance sebesar 0,2 in, sehingga tebal die block menjadi :

$$T = 0,171 \times 1,25 (1 - 0,50) + 0,2$$

$$= 0,307 \text{ in} = 7,8 \text{ mm}$$

c. Jarak kritis (K) antara ujung potong dengan sisi die adalah dua kali ketebalan die, sehingga :

$$K = 2 \times 0,307 \text{ in}$$

$$= 0,614 \text{ in} = 15,6 \text{ mm}$$

d. Luas bukaan kritis minimum die adalah :

$$K \times T = 0,614 \times 0,307$$

$$= 0,1885 \text{ in}^2$$

Dari tabel.10 (lampiran hal.9) dengan extrapolasi didapatkan impact pressure maksimum pada die 7,54 ton.

Impact pressure proses :

$$P_I = t \times l \times \tau_{ut}$$

$$= 0,5 \times 53,38 \times 16,92$$

$$= 451,595 \text{ kg}$$

Karena impact pressure proses < impact pressure maksimum , maka perencanaan die block aman.

Dari dua perhitungan di atas yaitu berdasarkan bending stress maksimum dan tabel hasil percobaan, maka perencanaan dimensi die block memakai tebal die terbesar agar lebih aman.

5.3.2 Pierching Diameter 2 mm

1. Bending Stress Maksimum

$$P_p = 42,9 \text{ kg}$$

$$D_o = 4 \text{ mm}$$

$$D_t = 2 \text{ mm}$$

Maka tebal die block :

$$H = \left\{ \frac{1,5 \times 42,9}{9,002} \left[1 - \frac{2,2}{3,2} \right] \right\}^{1/2}$$
$$= 2,38 \text{ mm}$$

Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma_{\text{bend.}} = \frac{1,5 \times 42,9}{2,38^2} \left[1 - \frac{2,2}{3,2} \right]$$
$$= 3,787 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $\sigma_{\text{bend.}} < |\sigma|_{ijin}$, maka perencanaan die aman.

2. Berdasarkan Tabel Hasil Percobaan

a. Ketebalan stock strip = 0,0197 in, dari tabel 9 (lampiran hal.9) dengan extrapolasi akan didapatkan tebalnya die block = 0,0059 in / (ton/in²) dari tegangan geser material die, sehingga :

$$T = 0,0059 \text{ in / (ton/in}^2\text{)} \times 29,037 \text{ ton/in}^2$$
$$= 0,171 \text{ in}$$

b. Karena keliling pemotongan kurang dari dua inchi, maka tebal die tidak dikalikan dengan expansion faktor. Dalam perencanaan die block didukung oleh bottom plate, maka tebal die dapat dikurangi sampai 50 %. Demikian juga ketebalan die block harus ditambah untuk grinding allowance sebesar 0,2 inchi, sehingga tebal die menjadi :

$$T = 0,171 (1 - 0,50) + 0,2$$
$$= 0,29 \text{ in } \approx 0,3 \text{ in}$$

c. Jarak kritis (K) antara ujung potong dengan sisi die adalah 1,5 kali ketebalan die, sehingga :

$$K = 1,5 \times 0,3$$
$$= 0,4 \text{ in}$$

d. Luas bukaan kritis minimum die adalah :

$$K \times T = 0,4 \times 0,3$$

$$= 0,12 \text{ in}^2$$

Dari tabel.10 (lampiran hal.9) dengan extrapolasi didapatkan impact pressure maksimum pada die 4,8 ton.

Impact pressure proses :

$$P_i = 0,5 \times 6,28 \times 16,92$$

$$= 53,13 \text{ kg.}$$

Karena impact pressure proses < impact pressure maksimum , maka perencanaan die aman.

Stasiun II

Pada stasiun II die block yang direncanakan adalah untuk proses blanking dan collar drawing dengan diameter 32 mm.

5.3.3 Blanking dan Collar Drawing Diameter 32 mm

1. Bending Stress Maksimum

$$P_p = 904,5 \text{ kg}$$

$$D_i = 22 \text{ mm}$$

$$D_o = 32 \text{ mm}$$

Maka tebal die block adalah :

$$H = \left\{ \frac{1,5 \times 904,5}{9,002} \left[1 - \frac{2,16}{3,22} \right] \right\}^{1/2}$$

$$= 8,8 \text{ mm}$$

Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma_{\text{bend.}} = \frac{1,5 \times 904,5}{8,8^2} [1 - \frac{2,16}{3,22}]$$

$$= 9,00199 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $\sigma_{\text{bend.}} \approx |\sigma|_{ijin}$, maka perencanaan die cukup aman.

2 Berdasarkan Tabel Hasil Percobaan

- a. Ketebalan stock strip = 0,0197 in, dari tabel.9 (lampiran hal.9.) dengan extrapolasi didapatkan tebal die block = 0,0059 in / (ton/in²) dari tegangan geser material die, sehingga :

$$T = 0,0059 \text{ in / (ton/in}^2\text{)} \times 29,02 \text{ (ton / in}^2\text{)}$$
$$= 0,171 \text{ in.}$$

- b. Keliling pemotongan sebesar 3,956 in, maka tebal die harus dikalikan dengan expansion faktor sebesar 1,50 (lihat tabel.11 lampiran hal.9). Dalam perencanaan die block didukung oleh bottom plate, maka tebal die block dapat dikurangi sampai 50 %. Demikian juga tebal die block harus ditambah untuk grinding allowance sebesar 0,2 in, sehingga tebal die block menjadi :

$$T = 0,171 \times 1,50 (1 - 0,50) + 0,2$$
$$= 0,328 \text{ in}$$

- c. Jarak kritis (K) antara ujung potong dengan sisi die adalah dua kali ketebalan die, sehingga :

$$K = 2 \times 0,328 \text{ in}$$
$$= 0,656 \text{ in}$$

- d. Luas bukaan kritis minimum die adalah :

$$K \times T = 0,656 \times 0,328$$

$$= 0,215 \text{ in}^2$$

Dari tabel.10 (lampiran hal.9) didapatkan impact pressure maksimum dengan cara extrapolasi sebesar 8,6 ton.

Impact pressure proses :

$$P_i = 0,5 \times 100,48 \times 16,92$$

$$= 850,06 \text{ kg}$$

Karena impact pressure proses < impact pressure maksimum , maka perencanaan die block aman.

Dari kedua perhitungan, yaitu berdasarkan bending stress maksimum dan tabel hasil percobaan, maka tebal die block diambil yang terbesar untuk lebih amannya.

5.4 DESAIN PUNCH

Material punch adalah sama dengan material die block yaitu AISI A2 yang mempunyai kekerasan 62 HRC = 163 BHN, dari gambar.3 (lampiran hal.3) untuk kekerasan 163 BHN sama dengan harga ultimate tensile strength sebesar 78 ksi atau sebesar $54,89 \text{ kg} / \text{mm}^2$ dan tegangan geser ultimatanya sebesar $0,82 \times 54,89 = 45,008 \text{ kg} / \text{mm}^2$.

Untuk perencanaan dies ini menggunakan punch sebanyak 5 (lima) buah yang terbagi dalam dua stasiun kerja, yaitu :

Stasiun Kerja I

- Tiga punch, untuk proses pierching diameter 17 mm dua buah dan pierching diameter 2 mm satu buah.

Stasiun Kerja II

- Dua punch untuk proses blanking dan collar drawing.

Untuk mengetahui kekuatan punch terhadap beban impact maka harus menghitung tegangan kompresi dan dibandingkan dengan tegangan ijin dari bahan punch. Untuk menghitung tegangan kompresi dapat menggunakan persamaan 2.13. Sebagai acuan perhitungan menggunakan punch yang paling kecil yaitu punch untuk proses pierching diameter 2 mm.

Dari persamaan 2.13, tegangan kompresi yang terjadi pada punch dapat dihitung sebagai berikut :

$$\sigma_{\text{comp.}} = \frac{k_m \times l \times t \times \tau_{\text{ut}}}{A}$$

Dimana :

$$k_m = 0,80 \text{ (gambar. 1 lampiran hal.2)}$$

$$l = \pi \times d$$

$$= \pi \times 2$$

$$= 6,28 \text{ mm}$$

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

$$\tau_{ut} = 16,92 \text{ kg / mm}^2$$

$$A = \pi/4 \times d^2$$

$$= \pi/4 \times 2^2$$

$$= 3,14 \text{ mm}^2$$

Maka :

$$\sigma_{comp.} = \frac{0,80 \times 6,28 \times 0,5 \times 16,92}{3,14}$$

$$= 13,54 \text{ kg / mm}^2$$

Tegangan ijin bahan punch :

$$|\sigma|_{ijin} = \frac{S_u}{N}$$

Dimana :

$$S_u = 54,89 \text{ kg / mm}^2$$

$$N = 4 \text{ untuk beban impact}$$

Maka :

$$|\sigma|_{ijin} = \frac{54,89}{4}$$

$$= 13,72 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $\sigma_{comp.} < |\sigma|_{ijin}$, maka perencanaan punch cukup aman.

Kemudian dapat dilanjutkan dengan menghitung panjang maksimum punch yang diijinkan. Untuk menghitung panjang punch tersebut menggunakan persamaan 2.15.

$$l_p = \pi/2 \left\{ \frac{E \times I_m}{k_s \times l \times t \times \tau_{ut}} \right\}^{1/2}$$

Dimana :

$$E = 2,15 \times 10^6 \text{ kg / cm}^2 = 2,15 \times 10^4 \text{ kg / mm}^2$$

$$I_m = \frac{\pi \times d^4}{64}$$

$$= \frac{\pi \times 2^4}{64}$$

$$= 0,785 \text{ mm}^4$$

$$k_s = 3 \text{ untuk baja yang dikeraskan}$$

Maka :

$$l_p = \pi/2 \left\{ \frac{2,15 \times 10^4 \times 0,785}{3 \times 6,28 \times 0,5 \times 16,92} \right\}^{1/2}$$
$$= 16,16 \text{ mm}$$

Jadi panjang punch maksimum yang diijinkan untuk punch diameter terkecil adalah 16 mm, maka panjang punch dengan diameter yang lebih besar harus menyesuaikan dengan panjang punch tersebut.

Dari perhitungan distas, maka dapat ditentukan dimensi dari lima buah punch yang direncanakan :

Stasiun Kerja I

- Dua buah punch pierching diameter 17 mm direncanakan mempunyai ukuran ($\phi \times l_p$) = (17 x 10) mm
- Satu buah punch pierching diameter 2 mm direncanakan mempunyai ukuran ($\phi \times l_p$) = (2 x 10) mm

Stasiun Kerja II

- Dua buah punch untuk blanking dan collar drawing

direncanakan mempunyai ukuran ($\phi \times l_p$) = (32 x 10) mm.

5.5 BACK PLATE

Back plate berfungsi untuk menjaga agar punch yang digunakan tidak digging ke dalam top plate. Back plate dipergunakan apabila tekanan yang disebabkan oleh punch $\geq 10 \text{ kg / mm}^2$. Sebagai acuan dalam perhitungan menggunakan diameter punch yang terkecil.

Tekanan yang disebabkan oleh punch dapat dihitung sebagai berikut :

Diketahui :

-Gaya pierching diameter 2 mm, $P = 42,5 \text{ kg}$

-Luasan kepala punch direncanakan dengan diameter 4 mm adalah $A = \pi/4 \times 4^2 = 12,56 \text{ mm}^2$

Maka :

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

$$= \frac{42,5}{12,56}$$

$$= 3,384 \text{ kg / mm}^2$$

Karena tekanan pada top plate $< 10 \text{ kg / mm}^2$, maka back plate tidak diperlukan dalam perencanaan.

5.6 BOTTOM PLATE

Bottom plate berfungsi sebagai pendukung die block, tempat terpasangnya pillar, dan terikat pada meja mesin press. Pemasangan die block pada bottom plate dapat

menggunakan pengikat baut atau dalam kondisi press fitted didalam bottom plate. Bottom plate harus mempunyai ketebalan tertentu sehingga tidak terdefleksi melebihi batas yang ditentukan.

Ketebalan minimum dari bottom plate dapat dihitung dengan persamaan 2.23, dengan asumsi sebagai plat datar yang ditumpu pada ujung-ujungnya dan dibebani merata pada permukaannya.

Data perencanaan diketahui :

- Material bottom plate mild steel
- $E = 30 \times 10^6 \text{ psi} = 21064,54 \text{ kg / mm}^2$
- Defleksi yang diijinkan, $\delta = 0,001 \text{ in} = 0,0254 \text{ mm}$
- Lebar tumpuan, $a = 176 \text{ mm}$
- Panjang tumpuan, $b = 242 \text{ mm}$
- Gaya pembebaan, $P_t = 3220,7 \text{ kg}$
- Beban per luasan (q), :

$$q = \frac{P_t}{A} = \frac{3220,7}{(176 \times 242)} = 0,0756 \text{ kg / mm}^2$$

Maka tebal minimum adalah :

$$\begin{aligned} t^3 &= \frac{0,0284 \times q \times a^4}{E \times \delta \{1,056 [a/b]^5 + 1\}} \\ &= \frac{0,0284 \times 0,0756 \times 176^4}{21064,54 \times 0,0254 \{1,056 [176/242]^5 + 1\}} \\ &= \frac{2060111,9}{649,997} \\ &= 3169,42 \text{ mm} \\ t &= 14,69 \text{ mm} \approx 15 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi tebal bottom plate minimum yang diijinkan adalah 15 mm.

5.7 TOP PLATE

Material yang digunakan top plate adalah sama dengan bottom plate yaitu mild steel. Pada top plate akan terpasang punch, guide bushing dan shank. Dimensi dari top plate direncanakan yaitu :

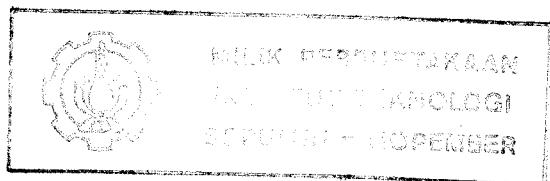
$$(p \times l \times t) = (240 \times 160 \times 18) \text{ mm.}$$

5.8 STRIPPER BAWAH

Stripper bawah direncanakan stripper bergerak dengan menggunakan pegas kompresi. Tebal stripper plate dapat dihitung dengan mengasumsikan sebagai bahan lurus yang dibebani merata pada permukaannya dan ditumpu pada kedua ujungnya.

Tebal stripper plate minimum dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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



Data perencanaan :

- Bahan stripper plate adalah mild steel
- Modulus elastisitas, $E = 30 \times 10^6 \text{ psi}$
 $= 21064,54 \text{ kg / mm}^2$
- Gaya yang bekerja :

$$P_s = 2 (P_1 + P_2) + P_3$$

$$= 2 (361,28 + 680,05) + 42,5$$

$$= 2125,16 \text{ kg}$$

- Lebar efektif stripper plate, $b = 71 \text{ mm}$
- Panjang tumpuan, $l = 160 \text{ mm}$
- Defleksi yang diijinkan, $\delta = 0,001 \text{ in} = 0,0245 \text{ mm}$

Maka :

- Beban merata per satuan luas (q) :

$$q = \frac{P_s}{A}$$

$$q = \frac{2125,16}{(160 \times 71)}$$

$$q = 0,1871 \text{ kg / mm}^2$$

- Tebal stripper plate minimum (h) :

$$h = [\frac{60 \times 0,1871 \times 160^4}{384 \times 21064,54 \times 0,0254 \times 71}]^{1/3}$$

$$h = 7,96 \text{ mm} \approx 8 \text{ mm}$$

Jadi tebal stripper plate minimum adalah 8 mm, direncanakan tebal stripper plate $h = 8 \text{ mm}$.

Perencanaan pegas kompresi stripper bawah diambil 7 % dari gaya yang dibutuhkan.

Gaya stripper, $P_{st} = 7 \% \times P_s$

$$= 7 \% \times 2125,16 \text{ kg}$$

$$= 148,76 \text{ kg}$$

Perencanaan dibutuhkan 4 (empat) pegas kompresi, sehingga :

$$W = \frac{P_{st}}{4}$$

$$= \frac{148,76}{4}$$

$$= 37,19 \text{ kg} = 364,46 \text{ N}$$

Maka pegas yang digunakan dan paling mendekati adalah dari bahan Din 17.223 Z60 / 15 x 70 (tabel 24) dengan kriteria sebagai berikut :

- $F_n = W = 367 \text{ N} = 37,45 \text{ kg}$
- $S_n = \delta = 28,9 \text{ mm}$
- Diameter kawat pegas, $d = 3 \text{ mm}$
- Diameter rata-rata lilitan pegas, $D = 15 \text{ mm}$
- $C = D / d = 15 / 3 = 5 \text{ mm}$
- Material Din 17.223 sama dengan standart JIS SWO - B Oil Tempered Spring Steel Wire, dengan tensile strength maximum, $(\sigma_u)_{\max} = 178,3 \text{ kg} / \text{mm}^2$ (tabel 28).

Angka keamanan pegas kompresi, $N = 1,5$

Maka :

- Tegangan geser yang terjadi :

$$S_s = \frac{8W \times D}{\pi \times d^3} [1 + \frac{1}{2C}]$$

$$= \frac{8 \times 37,45 \times 15}{\pi \times 3^3} [1 + \frac{1}{2 \times 5}]$$

$$= 58,31 \text{ kg} / \text{mm}^2$$

- Tegangan geser ijin bahan pegas :

$$|S_{su}|_{ijin} = \frac{0,82 \times 178,3}{1,5}$$

$$= 97,47 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $S_s < |S_{su}|_{ijin}$ maka perencanaan pegas aman.

Untuk mengikat stripper bawah menggunakan baut hexagon socket head cap screw berukuran M10.

Untuk mengecek kekuatan ulir dapat menggunakan perhitungan dengan persamaan (2.32) dan (2.33).

Data perencanaan :

- Ulir yang digunakan M10
- Panjang bagian ulir yang dibebani, $H = 8 \text{ mm}$
- Beban yang terjadi, $W = 367 \text{ N} = 37,45 \text{ kg}$
- Bahan plate adalah mild steel dengan $\sigma_u = 37 \text{ kg/mm}^2$
- Angka keamanan, $N = 4$
- Diameter pitch, $d_p = 9,026 \text{ mm}$
- pitch, $p = 1,5 \text{ mm}$

Maka :

- Tegangan bending yang terjadi :

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

$$= \frac{0,3 \times 1,5 \times 37,45}{\pi/6 (9,026 - 0,3 \times 1,5)(8/1,5 \times 0,8 \times 1,5)^2}$$

$$= 0,0917 \text{ kg / mm}^2$$

- Tegangan geser yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_s &= \frac{P}{H/p \times 0,8p \times \pi (dp - 0,3p)} \\ &= \frac{37,45}{8/1,5 \times 0,8 \times 1,5 \times \pi (8,026 - 0,3 \times 1,5)} \\ &= 0,2173 \text{ kg / mm}^2\end{aligned}$$

- Tegangan ideal yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_i &= (\sigma_b^2 + 3\sigma_s^2)^{1/2} \\ &= (0,0917^2 + 3(0,2173)^2)^{1/2} \\ &= 0,3874 \text{ kg / mm}^2\end{aligned}$$

- Tegangan ijin bahan :

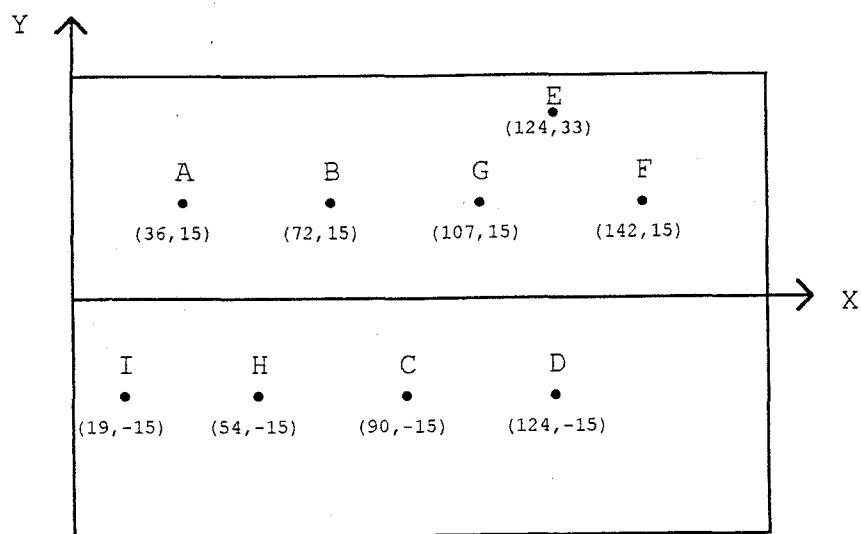
$$\begin{aligned}|\sigma_u|_{ijin} &= \frac{0,82 \times 37}{4} \\ &= 7,585 \text{ kg / mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\sigma_i < |\sigma_u|_{ijin}$ maka perencanaan ulir stripper bawah aman.

5.9 SHANK

Untuk meletakkan shank pada top plate harus menghitung titik berat dari masing-masing proses serta gaya-gaya yang bekerja. Titik berat yang terjadi pada setiap proses terletak di sumbu karena bentuk dari produknya simetris.

Jadi untuk menempatkan shank dapat dihitung sebagai berikut :



Koordinat masing-masing proses

Posisi	Koordinat		Gaya F (kg)	F x X	F x Y
	x	y			
A	36	15	904,5	32562	13567,5
B	72	15	361,28	26012,16	5419,2
C	90	-15	904,5	81405	-13567,5
D	124	-15	361,28	44798,72	-5419,2
E	124	33	42,5	5270	1402,5
F	142	15	37,45	5317,9	561,75
G	107	15	37,45	4007,15	561,75
H	54	-15	37,45	2022,3	-561,75
I	19	-15	37,45	711,55	-561,75

$$\Sigma F = 2723,86 \text{ kg}$$

$$\Sigma F x X = 202106,78 \text{ kg mm}$$

$$\Sigma F x Y = 1402,5 \text{ kg mm}$$

Maka :

- Titik berat pada sumbu X :

$$\bar{x} = \frac{\sum F_x x}{\sum F}$$

$$= \frac{202106,78}{2723,86}$$

$$= 74,2 \text{ mm}$$

- Titik berat pada sumbu Y :

$$\bar{y} = \frac{\sum F_y y}{\sum F}$$

$$= \frac{1402,5}{2723,86}$$

$$= 0,515 \text{ mm}$$

Jadi letak shank dipasang pada top plate dengan sumbu koordinat (74,2 ; 0,515).

Letak shank adalah titik dimana gaya tekan dapat terdistribusi merata. Perencanaannya digunakan bentuk silindris yang dipasang pada top plate dengan ulir sebagai pengikat. Besarnya gaya yang diterima oleh shank sama dengan besar gaya yang beroperasi pada seluruh stasiun.

Shank silindris berulir direncanakan menggunakan ukuran M20. Untuk melihat kekuatan ulir dapat dihitung sebagai berikut :

- Material shank adalah ASTM - A514

- $\sigma_u = 825 \text{ Mpa} = 82,5 \text{ kg / mm}^2$
- Angka keamanan, $N = 4$
- Gaya yang diterima, $P = 2576,56 \text{ kg}$
- Panjang bagian yang berulir, $H = 8 \text{ mm}$
- Diameter pitch ulir, $d_p = 18,375 \text{ mm}$
- Pitch ulir, $p = 2,5 \text{ mm}$

Maka :

- Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma_b = \frac{0,3 \times 2,5 \times 2576,56}{\pi/6 (18,375 - 0,3 \times 2,5)(8/2,5 \times 0,8 \times 2,5)^2}$$

$$= 5,115 \text{ kg / mm}^2$$

- Tegangan geser yang terjadi :

$$\sigma_s = \frac{2576,56}{8/2,5 \times 0,8 \times 2,5 \times \pi (18,375 - 0,3 \times 2,5)}$$

$$= 7,274 \text{ kg / mm}^2$$

- Tegangan ideal yang terjadi :

$$\sigma_i = (5,115^2 + 3 \times (7,274)^2)^{1/2}$$

$$= 13,6 \text{ kg / mm}^2$$

- Tegangan ijin bahan :

$$|\sigma_u|_{ijin} = \frac{0,82 \times 82,5}{4}$$

$$= 16,913 \text{ kg / mm}^2$$

Karena $\sigma_i < |\sigma_u|_{ijin}$ maka perencanaan ulir shank aman.

5.10 GUIDE PILLAR DAN PILOT

Untuk mendapatkan kelurusan dari proses press tool maka digunakan guide pillar sebanyak 4 (empat) buah. Guide pillar yang direncanakan mempunyai diameter masing-masing ϕ 16 mm, tanpa menggunakan alur pelumasan dan terpasang pada bottom plate dengan suaihan sesak. Dimensi guide pillar direncanakan berukuran ϕ 16 mm x 147 mm.

Guide bushes direncanakan tanpa ball bearing, karena benda kerja yang dikerjakan tidak membutuhkan kepresision yang tinggi. Guide bushes dipasang pada top plate dengan suaihan sesak. Bahan yang digunakan adalah AISI 1010 HR dengan ukuran ϕ 16 mm x 12 mm.

Agar posisi stock strip tepat berada pada punch collar drawing pada stasiun 2, maka diberi pilot yang letaknya ditengah-tengah punch collar drawing. Pilot direncanakan mempunyai ukuran ϕ 16 mm bagian ujungnya berbentuk setengah bola, sedangkan bagian ujung satunya terpasang pada punch collar drawing dengan suaihan sesak.

5.11 STOPPER DAN STRIPPER PENGARAH

Untuk menghentikan stock strip pada posisi yang diinginkan maka dipasang stopper agar pada proses selanjutnya dapat berjalan dengan lancar, terutama untuk memulai proses pembentukan yang pertama.

Karena press tool yang digunakan adalah progressive dies, maka agar plat dapat berjalan dengan lancar dan terarah

maka diberi dua stripper pengarah yang terpasang pada bottom plate dengan menggunakan baut hexagon socket head cap screw. Salah satu stripper tersebut menggunakan tiga pusher yang fungsinya untuk menekan stock strip agar tidak bergerak selama proses pembentukan berlangsung.

S.12 SALURAN UDARA

Karena proses bukan proses deep drawing sehingga tidak ada udara yang terjebak dalam die, maka tidak diperlukan perencanaan saluran udara.

BAB VI

K E S I M P U L A N

Dari uraian pada bab-bab terdahulu, maka kami dapat menarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Material Aluminium alloy sheet 0,5 mm dari uji tarik didapatkan sifat-sifat mekanis, antara lain kekuatan luluh bahan sebesar $19,912 \text{ Kg} / \text{mm}^2$, kekuatan maksimum sebesar $20,641 \text{ Kg} / \text{mm}^2$, elongation sebesar 2,6 % , dan reduksi luas penampang 63,4 %.
2. Dari bentuk dan dimensi produk maka tahapan proses yang cocok untuk dies ini adalah proses pierching untuk stasiun kerja satu dan proses blanking serta collar drawing untuk stasiun kerja dua.
3. Untuk menghemat material dan meningkatkan produksi maka strip lay out ditentukan dengan lubang segitiga samasisi (*triangle hole*) seperti ditunjukkan pada gambar 5.1, dengan perhitungan jarak tepi (H) sebesar 4 mm, jarak antara (G) sebesar 3 mm dan lebar strip lay out sebesar 70 mm.
4. Besar clearance proses pemotongan ada dua harga perhitungan yaitu dengan menggunakan rumus dan hasil percobaan (tabel), masing-masing sebesar $0,023 \text{ mm} / \text{sisi}$ dan $0,03 - 0,05 \text{ mm} / \text{sisi}$. Dari dua harga tersebut, untuk lebih amannya dari segi perencanaan lebih baik dipakai harga yang terkecil yaitu sebesar $0,023 \text{ mm} / \text{sisi}$.

5. Total gaya yang bekerja pada semua stasiun kerja atau gaya yang dibutuhkan untuk melakukan operasi press ditambah gaya untuk mengatasi gesekan pada operasi mesin press adalah sebesar 3220,7 kg.
6. Desain die block ada dua perhitungan yaitu berdasarkan bending stress maksimum dan tabel hasil percobaan, maka untuk amannya diambil harga yang terbesar yaitu berdasarkan tabel hasil percobaan. Untuk pierching diameter 17 mm tebal die sebesar 7,8 mm, pierching diameter 2 mm tebal die sebesar 7,6 mm dan untuk proses blanking serta collar drawing tebal die sebesar 8,3 mm.
7. Perhitungan kekuatan punch berdasarkan kekuatan diameter punch yang paling kecil yaitu diameter 2 mm. Panjang punch maksimum yang diijinkan untuk punch diameter terkecil adalah 16 mm, dan panjang punch dengan diameter lebih besar menyesuaikan dengan panjang punch tersebut.

lampiran hal -

abel 1.

RECOMMENDED TOOL STEELS FOR PRESS TOOLING

Application	AISI steel type*	Hardness, Rockwell C			
Blanking dies and punches (short runs).....	W2 O1 A2	57-65 58-62 58-62	Dies (embossing).....	O1 O2 A2 D2	59-61 59-61 59-61 59-61
Blanking dies and punches (long runs).....	A2 D2 M4	58-62 58-62 58-62	Dies (lamination).....	M2 D2 I4 A4 T15 D7 A7	58-62 58-62 58-62 60-62 60-62 60-62 60-62
Bending dies.....	O1 A2 D2	58-62 58-62 58-62	Dies (sizing).....	W2 M2 D2 M4	61-64 61-64 61-64 61-64
Coining dies.....	S1 W1 A2 D2 D4	52-55 58-62 58-62 58-62 58-62	Dies and punches (trimming).....	W2 A2 D2 D4 M4	57-60 57-60 57-60 57-60 57-60
Drawing dies.....	W1 or W2 O1 O6 A2 D2 D4	58-64 58-62 58-62 58-62 58-62 58-62	Punches (embossing).....	S1 S5	59-61 59-61
Dies (cold extrusion).....	D2 M4	60-64 63-65	Punches (trimming).....	W2 O1	57-60 57-60
			Punches (notching).....	W2 M2	57-60 57-60

abel 2.

HARDENING AND TEMPERING TREATMENTS FOR TOOL AND DIE STEELS*

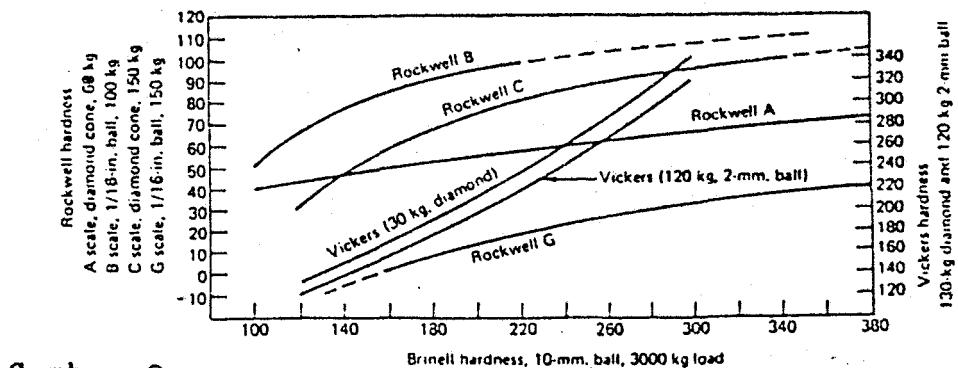
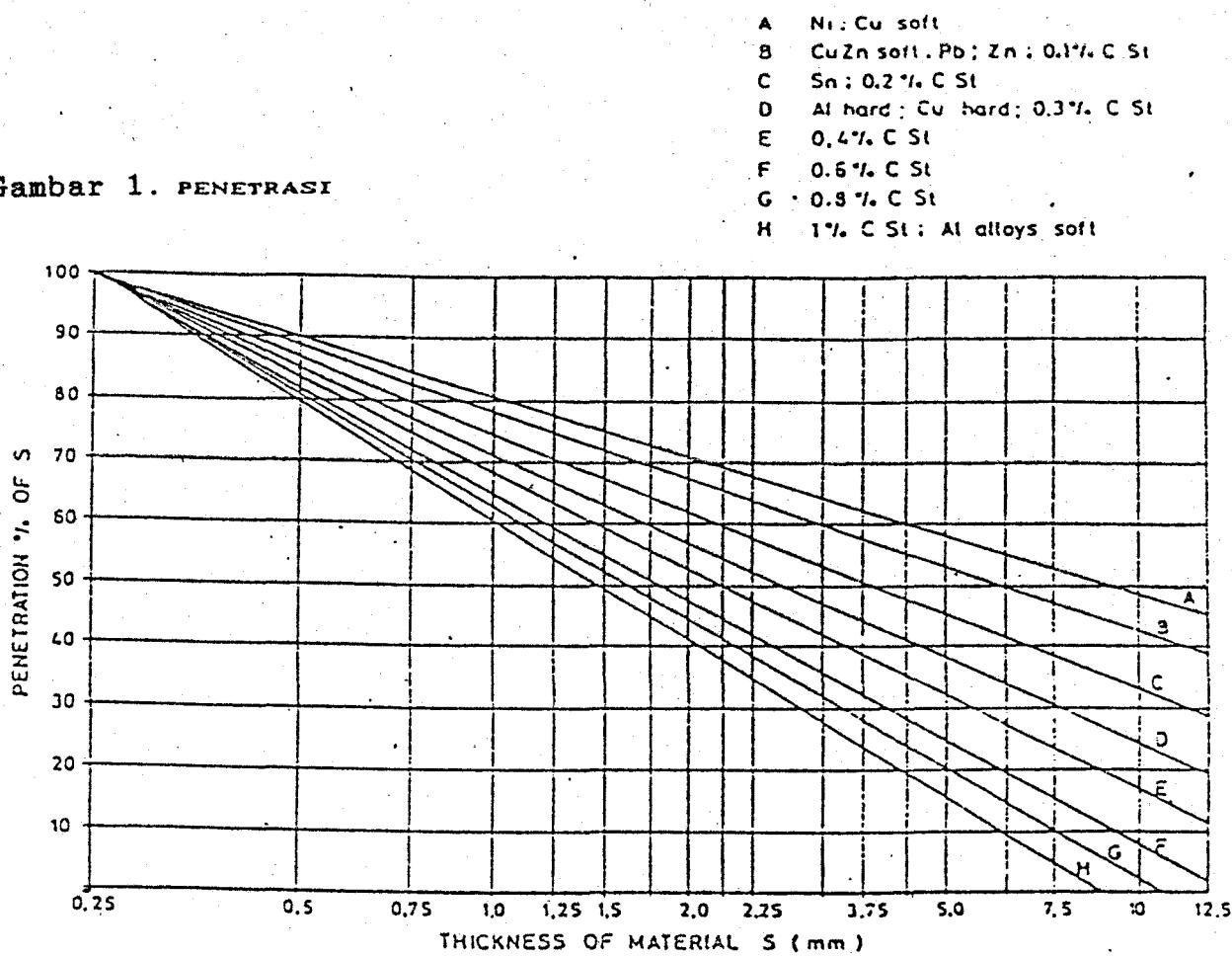
SI tool type	Preheat temp., deg F	Rate of heating for hardening	Hardening temp., deg F	Minimum time at temp., min	Quenching medium	Tempering temp., deg F	Depth of hardening	Resistance to decarb.	Maximum tempered hardness, Rockwell C
1	.....	Slow	1425-1500	15	Brine or water	325-550	Shallow	Best	64
2	.....	Slow	1425-1300	15	Brine or water	325-550	Shallow	Best	65
1	1200 or none†	Slow	1450-1500	15	Oil	325-500	Medium	Very good	62
2	1200 or none†	Slow	1400-1475	15	Oil	325-500	Medium	Very good	62
3	1200 or none†	Slow	1450-1500	30	Oil	300-600	Medium	Very good	63
2	1250	Slow	1725-1800	30	Air	350-950	Deep	Fair	62
4	1250	Slow	1500-1600	20	Air	300-800	Deep	Good	62
3	1250	Slow	1500-1600	20	Air	300-900	Deep	Good	60
7	1250	Slow	1700-1800	30	Air	300-1000	Deep	Fair	67
8	1250	Slow	1800-1850	30	Air	300-950	Deep	Low	60
10	.....	Slow	1450-1500	30	Air	300-600	Deep	Good	63
2	1450	Very slow	1500-1530	45	Air	300-950	Deep	Fair	62
3	1450	Very slow	1750-1825	45	Oil	300-950	Deep	Fair	63
4	1450	Very slow	1775-1850	45	Air	300-950	Deep	Fair	62
5	1450	Very slow	1500-1550	45	Air	300-950	Deep	Fair	63
7	1450	Very slow	1375-2000	45	Air	300-1000	Deep	Fair	67
2	.....	Slow	1650-1800	20	Oil	300-650	Medium	Fair to good	58
2	.....	Slow	1525-1575	10	Brine or water	300-800	Medium	Fair to good	60
4	.....	Slow	1600-1700	10	Brine or water	300-800	Medium	Low	60
3	.....	Slow	1600-1700	10	Oil	300-800	Medium	Low	60
.....	.....	Slow	1700-1750	20	Air or oil	400-1000	Medium	Fair	59
1	1500-1600	Rapid from preheat	2150-2300	2	Air, oil, or salt	1050-1150	Deep	Good	64
13	1500-1600	Rapid from preheat	2125-2270	2	Air, oil, or salt	1000-1150	Deep	Fair	67
11	1300	Rapid from preheat	2125-2175	2	Air, oil, or salt	1000-1150	Deep	Low	63
12	1300	Rapid from preheat	2125-2225	2	Air, oil, or salt	1025-1150	Deep	Fair	63
14	1300	Rapid from preheat	2125-2225	2	Air, oil, or salt	1025-1150	Deep	Fair	66
3	.....	Slow	1425-1600	20	Brine or oil	300-500	Medium	Good	62
2	1200	Slow	1430-1600	20	Brine or water	300-500	Shallow	Good	68

Based on AISI "Tool Steels Manual," 1955, and modified by committee.

Preheating necessary for complicated shapes and shapes of widely differing cross section.

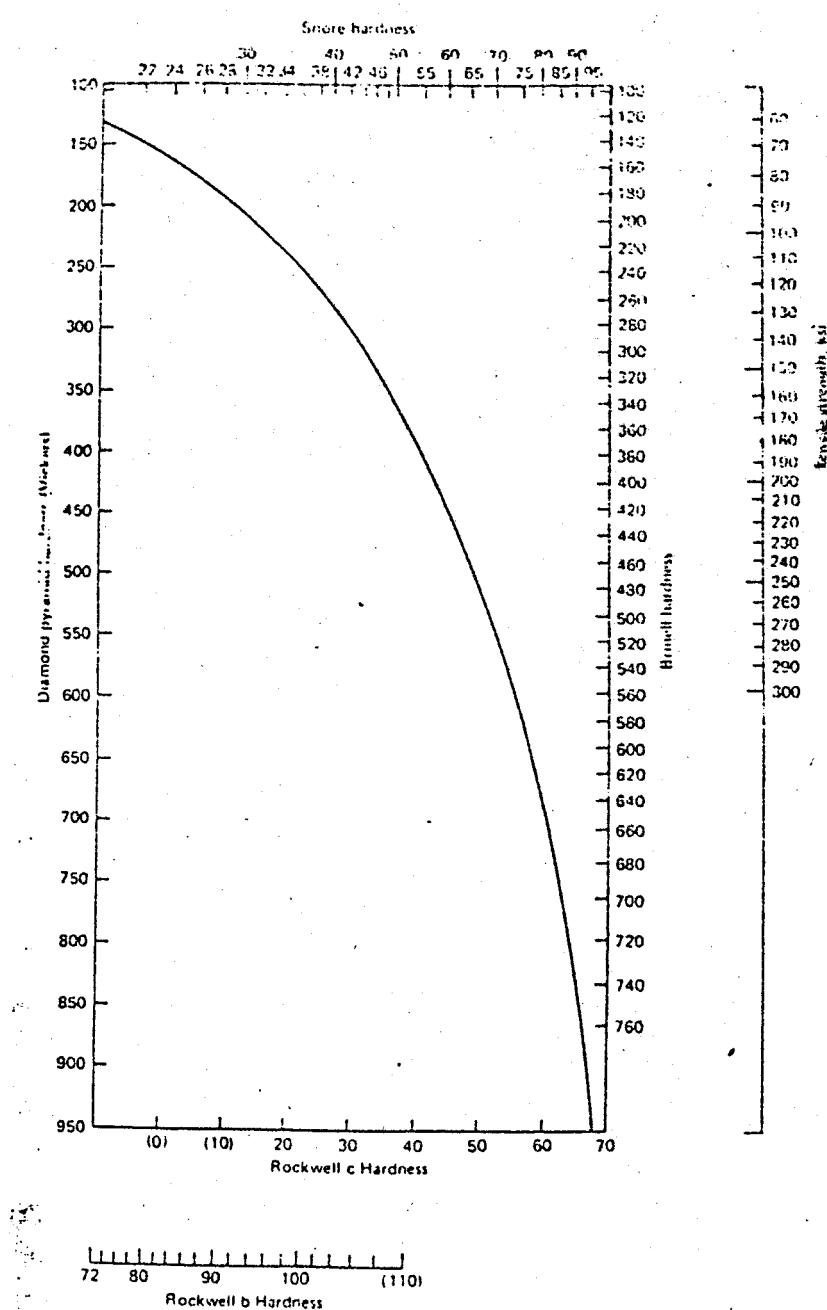
Salt-bath basis.

Gambar 1. PENETRASI



Gambar 2.

Conversion chart showing the approximate relation between Brinell, Rockwell, and Vickers hardness numbers. [Technical Editor Speaks. The International Nickel Co., Inc., New York, 1943.]



Gambar 3. Hardness conversion and relationship to the ultimate tensile stress of steel. [Courtesy of The International Nickel Co., Inc.]

Tabel 3.

ANGULAR CLEARANCE DAN WEAR LAND

TEBAL PLATE (mm)	ANGULAR CLEARANCE, β (derajat menit)	WEAR LAND (mm)
s/d 0,5	10' - 15'	3 - 5
0,5 - 1,0	15' - 20'	4 - 6
1,0 - 2,0	20' - 30'	4 - 8
2,0 - 4,0	30' - 45'	6 - 9
2,0 - 4,0	45' - 1'	7 - 10

Tabel 4.

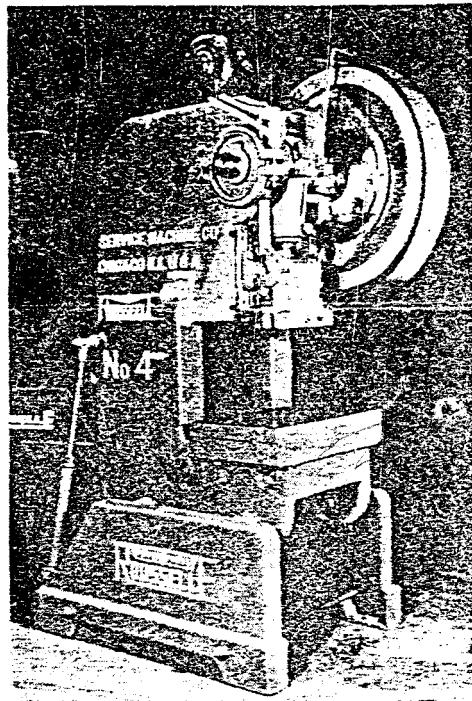
Mechanical Properties of Plain Carbon and Alloy Steels

(based on a 1 in. diameter specimen)

AISI Type	Condition	Tensile Strength, ksi	Yield Strength, ksi	Elongat. in 2 in., %	Reduction in Area, %	Hardness, BHN	Machinability (Based on 1112 = 100)
1010	HR	64	42	28	67	107	45
	CD	78	68	16	63	129	55
	CDA	64	48	28	65	131	55
	HR	65	43	36	59	143	50
1020	CD	78	66	20	55	156	65
	A	57	52	37	66	111	90
	N	64	50	36	68	131	75
	HR & turned	72	44	31	63	140	—
1030	CD	84	76	16	57	172	65
	A	67	50	31	58	126	—
	N	76	51	32	61	149	—
	HR	91	58	27	50	201	63
1040	CD	100	88	17	42	207	65
	A	75	51	30	57	149	—
	N	85	50	28	55	170	60
	HR	98	59	24	45	212	56
1045	CD	103	90	14	40	217	60
	A	90	55	27	54	174	—
	N	99	61	25	49	207	—
	HR	105	67	15	—	—	—
1050	CD	114	104	9	—	—	54
	A	92	43	24	40	187	—
	N	109	62	20	39	217	—
	HR	142	83	18	38	295	—
1095	A	95	38	13	21	192	—
	N	147	73	10	14	293	—
	HR	75	50	35	55	140	—
	CD	85	75	25	55	170	80
1118	A	65	41	35	67	131	80
	N	69	46	34	66	143	80
	CD	105	90	20	50	212	50
	A	86	61	28	58	179	50
2330	N	100	68	26	56	207	—
	CD	107	92	17	50	212	55
	A	100	61	25	51	197	55
	N	129	87	20	58	262	—
3140	HRA	86	56	29	57	183	65
	CDA	98	87	21	52	201	70
	N	97	63	26	60	197	50

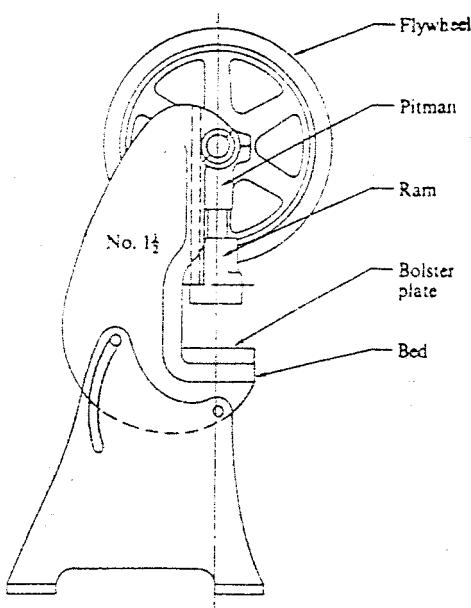
SOURCE: ASME Handbook-Material Properties, McGraw-Hill Book Co., 1954; Ryerson Data Book, Joseph T. Ryerson and Sons, Inc., 1965.

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



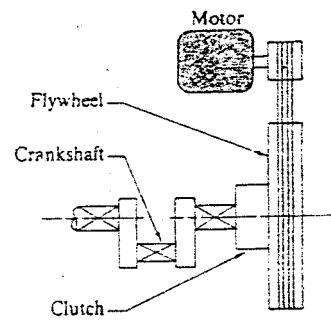
Gambar 4.

OBI press. (Service Machine Company, Inc.)



Gambar 5.

Major components of an OBI press.



(a)

Gambar 6.

Basic types of mechanical press drives: (a) nongeared



| Jantangan flywheel
= 25 mm longtulil dia.
stainless steel

Tabel 5.

TOOL AND DIE STEELS*

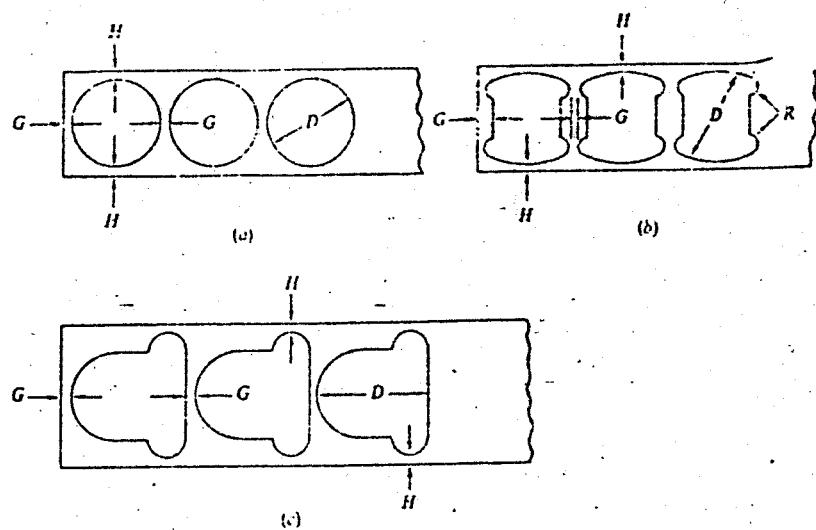
AISI steel type	Nominal composition, %							
	C	Mn	Si	W	Cr	Mo	V	Other
W1	1.00	.....	.....	.....	.....	.....	.....
W2	1.00	.....	.....	.....	.....	.....	0.25	
O1	0.90	1.00	.....	0.50	0.50	.....	.....
O2	0.90	1.50	.....	.....	.....	.....	.....
O6	1.45	.....	1.00	.....	.....	.....	0.25	
A2	1.00	.....	.....	.....	.....	5.00	1.00	
A4	1.00	2.00	.....	.....	.....	1.00	1.00	
A6	0.70	2.00	.....	.....	.....	1.00	1.00	
A7	2.25	.....	.....	1.00	5.25	1.00	4.75	
A8	0.55	.....	.....	1.25	5.00	1.25	.....
A10	1.35	1.80	1.25	.....	.....	1.50	.....	1.80 Ni
D2	1.50	.....	.....	.....	12.00	1.00	.....
D3	2.25	.....	.....	.....	12.00	.....	.....
D4	2.25	.....	.....	.....	12.00	1.00	.....
D5	1.50	.....	.....	.....	12.00	1.00	.....	3.50 Co
D7	2.35	.....	.....	.....	12.00	1.00	4.00	
S1	0.50	.....	.....	2.50	1.50	.....	.....
S2	0.50	.....	1.00	.....	.....	0.50	.....
S4	0.55	0.80	2.00	.....	.....	.....	.....
S5	0.55	0.80	2.00	.....	.....	0.40	.....
S7	0.50	.....	.....	.....	3.25	1.40	.....
T1	0.70	.....	.....	18.00	4.00	.....	1.00	
T15	1.50	.....	.....	12.00	4.00	.....	5.00	5.00 Co
M1	0.80	.....	.....	1.50	4.00	8.00	1.00	
M2	0.85	.....	.....	6.00	4.00	5.00	2.00	
M4	1.30	.....	.....	5.50	4.00	4.50	4.00	
L3	1.00	.....	.....	.....	1.50	.....	0.20	
F2	1.25	.....	.....	3.50	.....	.....	.....

TABEL C. 5 COMPARISON OF BASIC CHARACTERISTICS OF TOOL AND DIE STEELS

AISI steel type	Non-deforming properties	Safety in hardening	Toughness	Resistance to softening effect of heat	Wear resistance	Machinability
W1	Low	Fair	Good	Low	Fair	Best
W2	Low	Fair	Good	Low	Fair	Best
O1	Good	Good	Good	Low	Fair	Good
O2	Good	Good	Good	Low	Fair	Good
O6	Good	Good	Good	Low	Fair	Best
A2	Best	Best	Fair	Fair	Good	Fair
A4	Best	Best	Fair	Fair	Good	Fair
A6	Best	Best	Fair	Fair	Good	Fair
A7	Best	Best	Low	Fair	Best	Very low
A8	Good	Best	Best	Good	Good	Fair
A10	Best	Best	Fair	Fair	Good	Good
D2	Best	Best	Low	Fair	Very good	Low
D3	Good	Best	Low	Fair	Very good	Low
D4	Best	Best	Low	Fair	Very good	Low
D5	Best	Best	Low	Fair	Very good	Low
D7	Best	Best	Low	Fair	Best	Very low
S1	Fair	Good	Best	Fair	Fair	Fair
S2	Fair	Good	Best	Fair	Low	Fair
S4	Fair	Good	Best	Fair	Low	Fair
S5	Fair	Good	Best	Fair	Low	Fair
S7	Fair	Good	Best	Fair	Good	Fair
T1	Good	Good	Good	Best	Very good	Fair
T15	Good	Good	Low	Best	Best	Very low
M1	Good	Good	Good	Best	Very good	Fair
M2	Good	Good	Good	Best	Very good	Fair
M4	Good	Good	Good	Best	Very good	Fair
L3	Fair	Good	Good	Low	Fair	Good
F2	Fair	Fair	Low	Low	Good	Fair

Table 6. Mechanical Properties of Carburizing and Hardening Grade Steels*

AISI Type	Tensile Strength, ksi		Yield Point, ksi	Elongation in 2 in., %	Reduction of Area, %	Impact Strength (Izod), ft-lb	Hardness	AISI Type	Tensile Strength, ksi		Yield Point, ksi	Elongation in 2 in., %	Reduction of Area, %	Impact Strength (Izod), ft-lb	Hardness
	Plain Carbon, Carburized Steels	Alloy Steels, Hardening (Mild)†							Plain Carbon, Hardened Steels	Alloy Steels, Hardening (Mild)†					
C1015	73	46	32	71	91	149 ^b (.048")	Poor	4130 ^c	214.98	197.49	12.28	44.71	32.104	461.292 ^d	-
C1020	75	48	31	71	93	156 ^b (.046")	Poor	86.10 ^c	250.115	210.91	10.26	47.70	33.114	495.217 ^d	-
C1022	83	47	21	66	81	163 ^b (.046")	Good	1340	282.00	236.76	9.25	24.61	9.97	578.216 ^d	-
C1117	97	59	23	53	33	192 ^b (.045")	Very g.d.	3140	380.112	349.92	11.23	49.69	9.97	553.221 ^d	-
C1118	113	77	17	45	16	229 ^b (.065")	to excel.	4140 ^e	290.117	251.00	11.23	42.65	11.104	578.215 ^d	-
						Very g.d.	Very g.d.	4140 ^f	284.142	228.130	11.21	48.64	18.77	555.203 ^d	-
						to excel.	5140 ^a	278.14	228.84	8.28	28.68	9.93	534.207 ^d	-	
							8740	290.119	240.100	10.23	42.64	21.88	578.241 ^d	-	
							4150	308.128	248.117	10.20	34.60	10.77	578.263 ^d	-	
							5150	312.116	250.102	9.22	31.62	7.78	601.241 ^d	-	
							6150 ^a	315.118	270.108	7.22	17.61	14.87	601.241 ^d	-	
C1030	122.75	93.58	18.33	48.71	8.100	495.179 ^d	Fair to good	8650 ^c	262.183 ^d	262.183 ^d	11.12	41.62	9.78	555.255 ^d	-
C1040	113.89	86.62	19.33	48.68	16.72	262.183 ^d	Fair to good	9355 ^c	Fair to good	9355 ^c	2.22	4.49	3.28	601.266 ^d	-
C1050	143.96	108.61	10.30	42.63	16.53	321.192 ^d	321.192 ^d	5160 ^c	322.115	260.106	4.24	9.60	2.63	621.229 ^d	-
C1060	160.103	112.68	12.28	40.60	14.23	321.212 ^d	Must be Annealed.	4063 ^c	345.114	257.103	4.24	8.60	3.67	597.229 ^d	-
C1080	190.117	142.70	12.24	35.51	10.22	394.223 ^d	Must be Annealed.								
C1095	188.190	120.74	10.26	30.53	5.6	401.229 ^d	Good to Very good								
C1137	158.87	138.60	6.28	22.70	10.90	352.194 ^d	Very good								
C1141	237.94	188.68 ^e	7.28	58.63	9.81	461.192 ^d	Fair to very good								
C1144	128.97	91.68	17.24	35.59	7.62	277.201 ^d	Good to very good								

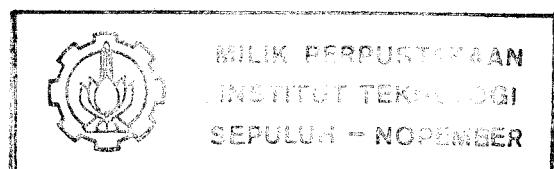


D in.	One-pass single-station dies		One-pass progressive dies	
	G or H	Smallest G or H, in.	G or H	Smallest G or H, in.
To 1	$\frac{1}{2}T^*$	$\frac{1}{2}$	T	$\frac{1}{2}$
1-3	T	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$
3-6	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$
6-10	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$
10-15	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}T$	$\frac{1}{2}$

*T = Stock thickness

Tabel 7

Scrap-web allowance between opposed curves or between curves adjacent to straight lines. (From D. E. Ostergaard, "Basic Die Making," McGraw-Hill, New York, 1963, by permission.)



Tabel 8. ANGULAR CLEARANCE DAN WEAR LAND

TEBAL PLATE (mm)	ANGULAR CLEARANCE, β (derajat menit)	WEAR LAND (mm)
s/d 0,5	10' - 15'	3 - 5
0,5 - 1,0	15' - 20'	4 - 6
1,0 - 2,0	20' - 30'	4 - 8
2,0 - 4,0	30' - 45'	6 - 9
2,0 - 4,0	45' - 1	7 - 10

Tabel 9. DIE THICKNESS PER TON OF PRESSURE

STOCK THICKNESS (in)	DIE * THICKNESS (in)	STOCK THICKNESS (in)	DIE * THICKNESS (in)
0,1	0,030	0,6	0,150
0,2	0,060	0,7	0,165
0,3	0,085	0,8	0,180
0,4	0,110	0,9	0,190
0,5	0,130	1,0	0,200

* For each ton per square in of shear strength.

Tabel 10. MINIMUM CRITICAL AREA VS IMPACT PRESSURE

IMPACT PRESSURE (TONS)	AREA BETWEEN DIE OPENING BORDER (Square in)
20	0,5
50	1,0
75	1,5
100	2,0

Tabel 11. FACTOR FOR CUTTING EDGES EXCEEDING 2 in

CUTTING PERIMETER, in	EXPANSION FACTOR
2 TO 9	1,25
9 TO 6	1,50
6 TO 12	1,75
12 TO 20	2,00
20 TO 31	2,25
31 TO 44	2,50
44 TO 60	2,75

Tabel 12. TOLERANSI DIAMETER PILOT

DIAMETER PILOT (mm)	TEBAL (mm)				
	0,2	0,4	0,8	1,5	3,0
3,0	0,05	0,08	0,13	-	-
5,0	0,08	0,13	0,20	0,25	-
6,5	0,10	0,20	0,25	0,35	-
8,0	0,12	0,20	0,25	0,40	0,65
10,0	0,13	0,20	0,30	0,50	0,75
13,0	0,15	0,25	0,38	0,75	0,80
19,0	0,15	0,25	0,40	0,80	1,00

Tabel 13. DIMENSI STRIPPER TERBUKA

DIAMETER BAUT	UKURAN LEBAR STRIPPER, A (mm)				
	< 25	25 - 50	50 - 100	100-150	150-200
M5/M6	M6/M8	M8	M10		
T, F, h	T h	T h	T F	T F	T F
TEBAL PLATE					
Sampai 0,6	9 6	9 6	4,0 3,0	6,5 3,0	8 9,0
0,6 - 1,0	9 7	4 8	5,5 3,5	7,0 3,5	9 9,5
1,0 - 1,6	4 8	5 9	6,5 4,0	8,0 4,0	10 4,0
1,6 - 2,9	6 11	7 12	8,0 5,0	10 5,0	12 5,0
2,9 - 3,5	8 14	9 15	10 6,0	12 6,0	14 6,0
3,5 - 4,5	10 17	11 18	12 7,0	14 7,5	16 7,0
	11 19	13 21	15 8,0	16 8,0	18 8,0
Struktur	Stripper Bentuk Alur		Stripper Bentuk Plate Datar (Offset)		

Tabel 14. SIDE CUTTING ALLOWANCE

MATERIAL	SHEET THICKNESS t (mm)	SIDE CUTTING ALLOWANCE s (mm)
1. Steel	0,2 - 0,4	2,5
Brass	0,4 - 0,6	1,5
bronze	0,6 - 1,0	2,0
	1,0 - 1,5	2,5
	> 1,5	1,5t
2. Copper	0,2 - 0,5	3,0
Zinc	0,5 - 1,0	2,5
Aluminium	1,0 - 1,5	2,0
	> 1,5	1,5t
3. Laminated Paper	sampai 0,4	5,0
Fiber	0,4 - 1,0	4,0
Cardboard	> 1,0	2,5

Tabel 15. Besar Clearance

STOCK MATERIAL	CLEARANCE PER SISI(C/D)
BESI MURNI	6 - 9
BAJA LUNAK	6 - 9
BAJA KERAS	8 - 12
BAJA SILIKON	7 - 11
BAJA STAINLESS	7 - 11
TEMBAGA KERAS	6 - 10
TEMBAGA LUNAK	6 - 10
BRONS	6 - 10
PERAK PUTIH	6 - 10
ALUMINUM KERAS	6 - 10
ALUMINUM LUNAK	5 - 8
PADUAN ALUMINUM KERAS	6 - 10
PADUAN ALUMINUM LUNAK	6 - 10
TIMAH HITAM	6 - 9
PADUAN	5 - 8

PT. AMES INDAH INTERNASIONAL DAN PI. MPSS

Tabel 16.

RECOMMENDED MAXIMUM REDUCTIONS FOR CUPPING*

Metal	Reduction in diam., % (max)*	Cupping ratio D/d	Strain factor $E_{s,a}$	Reduction in area, % (max)†
Aluminum alloys.....	45	1.60	1.40	28
Aluminum, heat-treatable.....	40	1.60	1.30	23
Copper, tombak.....	45	1.80	1.40	28
Brasses, high, 70/30, 63/37.....	50	2.00	1.50	33
Bronze, tin.....	50	2.00	1.50	33
Steel, low-carbon.....	45	1.60	1.40	28
Steel, austenitic stainless.....	50	2.00	1.50	33
Zinc.....	40	1.60	1.30	23

* = $100(1 - d/D)$.† = $100(1 - a/A)$:

Tabel 17.

BLANKING AND PIERCING TOLERANCES, INCHES**

Material thickness, in.	Size of blanked or pierced opening		
	Up to 3 in. wide	Over 3, up to 8 in. wide	Over 8, up to 24 in. wide
0.025	0.003	0.005	0.008
0.030	0.003	0.006	0.010
0.060	0.004	0.008	0.012
0.084	0.005	0.009	0.014
0.125	0.006	0.010	0.016
0.187	0.010	0.016	0.025
0.250	0.015	0.020	0.035

* All tolerances are plus for blanking, and minus for piercing.

Tabel 18. Steel Spring Wire. Minimum Tensile Strength, σ_{ut} ,
and ASTM Designations

<i>W & M Gage* No.</i>	<i>Diameter <i>d</i>, in.</i>	<i>Hard- Drawn, Class I. A227-64</i>	<i>Music Wire† A228-63T</i>	<i>O.i.- Tempered Class I. A221-64</i>	<i>302 Stainless Steel,† 18-8 A313-67</i>
25	0.0204	283,000	349,000	293,000	299,000
24	0.0230	279,000	343,000	289,000	294,000
23	0.0258	275,000	337,000	286,000	289,000
22	0.0286	271,000	332,000	283,000	285,000
21	0.0317	266,000	327,000	280,000	278,000
20	0.0348	261,000	323,000	274,000	274,000
19	0.0410	255,000	314,000	264,000	269,000
18	0.0475	248,000	306,000	259,000	262,000
17	0.0540	243,000	301,000	253,000	260,000
16	0.0625	237,000	293,000	247,000	255,000
15	0.0720	232,000	287,000	241,000	250,000
14	0.0800	227,000	282,000	235,000	245,000
13	0.0915	220,000	275,000	230,000	240,000
12	0.1055	216,000	269,000	225,000	232,000
11	0.1205	210,000	263,000	220,000	225,000
10	0.1350	206,000	258,000	215,000	217,000
9	0.1483	203,000	253,000	210,000	210,000
8	0.1620	200,000	249,000	205,000	205,000
7	0.1770	195,000	245,000	200,000	195,000
6	0.1920	192,000	241,000	195,000	190,000
5	0.2070	190,000	238,000	190,000	185,000
4	0.2253	186,000	235,000	188,000	180,000
1/4 in.	0.2500	182,000	230,000	185,000	175,000
5/16 in.	0.3125	174,000		183,000	160,000
3/8 in.	0.3750	167,000		180,000	140,000

*Washburn and Moen.

†Values interpolated to nearest gage size.

Tabel 19. Selected List of ISO Screw Threads

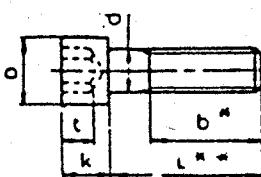
<i>Outside Diameter, mm</i>	<i>Pitch, mm</i>	<i>Pitch Diameter, mm</i>	<i>Stress Area, mm²</i>	<i>Outside Diameter, mm</i>	<i>Pitch, mm</i>	<i>Pitch Diameter, mm</i>	<i>Stress Area, mm²</i>
1.6	0.35	1.373	1.27	20	2.5	18.375	24
2	0.4	1.740	2.07	24	3	22.051	35
2.5	0.45	2.208	3.39	30	3.5	27.727	56
3	0.5	2.675	5.03	36	4	33.402	81
3.5	0.6	3.110	6.78	42	4.5	39.077	1,120
4	0.7	3.545	8.78	48	5	44.752	1,470
5	0.8	4.480	14.2	56	5.5	52.428	2,030
6	1	5.350	20.2	64	6	60.101	2,680
8	1.25	7.188	36.6	72	6	68.101	3,460
10	1.5	9.026	58.0	80	6	76.101	4,340
12	1.75	10.863	84.3	90	6	86.101	5,590
14	2	12.701	115	100	6	96.101	6,990
16	2	14.701	157				

Tabel 20. Typical Properties of Selected Materials Used in Engineering^{1,3}
(SI Units)

Material	Density, kg/m ³	Ultimate Strength			Yield Strength ^a		Modulus of Elasticity, GPa	Modulus of Rigidity, GPa	Coefficient of Thermal Expansion, 10 ⁻⁴ /°C	Ductility, Percent Elongation in 50 mm
		Tension, MPa	Compression, MPa	Shear, MPa	Tension, MPa	Shear, MPa				
STEEL:										
Structural (ASTM-A36)	7860	400	...	...	250	145	200	79	11.7	23
High-strength-low-alloy										
ASTM-A242	7860	480	...	...	345	210	200	79	11.7	21
Quenched and tempered alloy										
ASTM-A514	7860	825	...	...	690	380	200	79	11.7	18
Stainless, (302)										
Cold-rolled	7920	860	...	...	520	...	190	73	17.3	12
Annealed	7920	620	...	...	275	152	190	73	17.3	50
CAST IRON:										
Gray, 4.5% C, ASTM A-48	7200	170	650	240	...	...	70	28	12.1	0.5
Malleable, ASTM A-47	7300	340	630	330	230	...	165	64	12.1	10
ALUMINUM:										
Alloy 1100-1114 (99% Al)	2710	110	...	70	95	55	70	28	23.6	30
Alloy 2014-T6 (4.4% Cu)	2900	480	...	290	410	220	72	27	23.0	13
Alloy 6061-T6 (1% Mg)	2710	290	...	185	255	140	89	28	23.6	17
YELLOW BRASS (65% Cu, 35% Zn):										
Cold-rolled	8470	540	...	300	435	250	105	39	20	8
Annealed	8470	330	...	220	105	65	105	39	20	62
PHOSPHOR BRONZE:										
Cold rolled (S10)	8860	560	...	...	530	275	110	41	17.8	10
Spring temper (S24)	8780	840	...	...	...	...	110	...	18.4	4
MAGNESIUM ALLOY (8.5% Al)										
1800	380	...	185	275	...	45	...	28	7	
TITANIUM ALLOY (6% Al, 4% V)										
4460	900	...	...	825	...	114	...	9.5	10	
MONEL ALLOY 400 (Ni-Cu)										
Cold-worked	8830	675	...	...	580	345	180	...	13.9	22
Annealed	8830	550	...	...	220	125	180	...	13.9	46
TIMBER, air dry:^c										
Douglas fir	525	...	50	7.5	...	...	12.5	...	Varies:	...
Eastern spruce	440	...	37	6.9	...	...	9	...	3.0 to 4.5	...
Southern pine	610	...	50	9.2	...	...	11	...	...	...
CONCRETE:										
Medium strength	2320	...	28	...	...	...	25	...	10	...
High strength	2320	...	40	...	...	...	30	...	10	...
PLASTICS:										
Nylon, molded	1100	55	...	...	...	...	2	...	61	50
Polystyrene	1050	48	90	55	...	...	3	...	72	4
Rubber	910	14	...	...	...	...	...	...	162	600
Neoprene	1250	24	...	...	...	...	...	...	...	500
Granite	2770	20	240	35	...	...	70	...	7	...
Glass, 98% silica	2190	...	50	...	...	...	65	28	80	...

Tabel 21. HEXAGON SOCKET HEAD CAP SCREWS (As Per IS 2269 - 1967)

(All dimensions in mm)



Course	Fine	Size		d H13	D H13	s D12	k H13	t		b*		L**	
		Max.	Min.					b ₁	b ₂	From	To	Up to	Up to
M3	—	3	5.5	2.5	3	1.7	1.3	12	—	4	40		
M4	—	4	7	3	4	2.4	2	14	—	6	50		
M5	—	5	8.5	4	5	3.1	2.7	16	—	10	60		
M6	—	6	10	5	6	3.78	3.3	18	—	12	60		
M8	M8 x 1	8	13	6	8	4.78	4.3	22	—	14	100		
M10	M10 x 1.25	10	16	8	10	6.25	5.5	26	—	14	120		
M12	M12 x 1.25	12	18	10	12	7.5	6.6	30	—	20	120		
M16	M16 x 1.5	16	24	14	16	9.7	8.8	38	42	30	150		
M20	M20 x 1.5	20	30	17	20	11.8	10.7	46	52	40	180		
M24	M24 x 2	24	36	19	24	14	12.5	54	60	60	200		
M30	M30 x 2	30	45	22	36	18.2	17.1	64	72	60	200		
M36	M36 x 3	36	54	27	36	22.1	20.8	78	85	60	200		

Notes:

* b_1 is applicable for $L \leq 125$ mm and b_2 for $L > 125$ mm.**Where $L \leq b$, the screws are considered as fully threaded.

Lengths are: in steps of 1 between 4 and 6; in steps of 2 between 8 and 16; in steps of 5 between 20 and 90; in steps of 10 between 90 and 200.

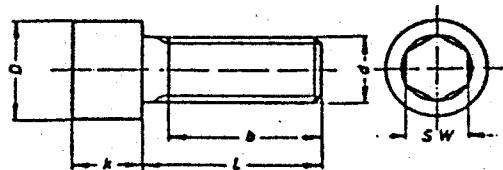
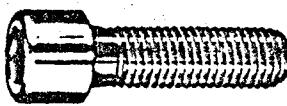
Tabel 22. CYLINDRICAL AND TAPER PINS

CYLINDRICAL PINS (IS 2393 - 1972)		TAPER PINS (IS 6688 - 1972)		HARDENED CYLINDRICAL PINS (IS 6689 - 1972)		All dimensions in mm					
d	L ₁	D	t	d	L ₁	D	t	Length l * Up to	Cylindrical pin From Upto	Taper pin From Upto	
15 TO 25° 0.8	L *	0.8	—	1.5	0.5	4	5	4	16	8	25
15 TO 25° 1.6	L *	1.6	—	2	0.6	6	6.5	6	25	10	35
15 TO 25° 3.2	L *	3.2	—	2.5	0.7	6	6.5	6	25	10	35
EDGES BROKEN				3	0.8	8	7	8	30	12	45
				4	1	11	8.5	8	45	14	55
				5	1.2	17	10.5	10	50	20	60
				6	1.5	23	13	12	60	25	90
				8	1.8	30	15	14	80	25	130
				10	2	45	17.5	20	100	30	160
				12	2.5	75	23	25	150	35	180
				16	3	110	26	30	180	40	200
				20	4	160	—	40	200	45	200
				25	—	—	—	50	200	50	200

* Lengths are: in steps of 1 between 4 and 6; in steps of 2 between 8 and 16; in steps of 5 between 20 and 80; in steps of 10 between 80 and 200;

Tabel 23.

BAUT STANDART HASCO

Z 30/...

DIN 912-8.8 (~ ISO 4762)

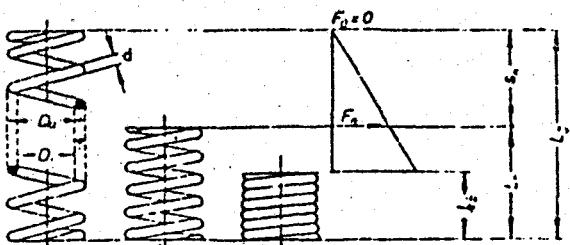
SW	D	k	b	d	L	Nr./No.
3	7	4	7,9	M 4	10	Z 30/ 4X 10
			9,9		12	Z 30/ 4X 12
			13,9		18	Z 30/ 4X 18
			17,9		20	Z 30/ 4X 20
			22,9		25	Z 30/ 4X 25
			7,6	M 6	10	Z 30/ 5X 10
4	8,5	5	9,6		12	Z 30/ 5X 12
			11,6		16	Z 30/ 5X 18
			17,6		20	Z 30/ 5X 20
			22,6		25	Z 30/ 5X 25
			22		30	Z 30/ 5X 30
			35		35	Z 30/ 5X 35
5	10	6	40		40	Z 30/ 5X 40
			7	M 8	10	Z 30/ 6X 10
			9		12	Z 30/ 6X 12
			13		16	Z 30/ 6X 18
			15		18	Z 30/ 6X 18
			17		20	Z 30/ 6X 20
			22		25	Z 30/ 6X 25
			27		30	Z 30/ 6X 30
			24		35	Z 30/ 6X 35
			40		40	Z 30/ 6X 40
			45		45	Z 30/ 6X 45
			50		50	Z 30/ 6X 50
			55		55	Z 30/ 6X 55
			60		60	Z 30/ 6X 60
			65		65	Z 30/ 6X 65
			70		70	Z 30/ 6X 70
6	13	8	12,9	M 8	16	Z 30/ 6X 16
			14,9		18	Z 30/ 6X 18
			14,9		20	Z 30/ 6X 20
			21,9		25	Z 30/ 6X 25
			26,9		30	Z 30/ 6X 30
			31,9		36	Z 30/ 6X 35
			28		40	Z 30/ 6X 40
			48		48	Z 30/ 6X 48
			60		60	Z 30/ 6X 60
			65		65	Z 30/ 6X 65
			60		60	Z 30/ 6X 60
			65		65	Z 30/ 6X 65
			70		70	Z 30/ 6X 70
			75		75	Z 30/ 6X 75
			80		80	Z 30/ 6X 80
8	16	10	11,5	M 10	16	Z 30/ 6X 100

780-880 N/mm² (80-100 kp/mm²)

SW	D	k	b	d	L	Nr./No.
8	16	10	15,6	M 10	20	Z 30/10X 20
			20,6		26	Z 30/10X 26
			25,6		30	Z 30/10X 30
			30,6		36	Z 30/10X 36
			35,5		40	Z 30/10X 40
			32		45	Z 30/10X 45
10	18	12	14,8	M 12	20	Z 30/12X 20
			19,8		26	Z 30/12X 25
			24,8		30	Z 30/12X 30
			29,8		35	Z 30/12X 35
			34,8		40	Z 30/12X 40
			36		45	Z 30/12X 45
			50		50	Z 30/12X 50
			56		60	Z 30/12X 60
			70		70	Z 30/12X 70
			80		80	Z 30/12X 80
			90		90	Z 30/12X 90
			100		100	Z 30/12X100
14	24	16	30	M 16	110	Z 30/12X110
			36		120	Z 30/12X120
			40		130	Z 30/12X130
			46		140	Z 30/12X140
			54		50	Z 30/16X 50
			54		56	Z 30/16X 60
			60		60	Z 30/16X 60
			70		70	Z 30/16X 70
			80		80	Z 30/16X 80
			90		90	Z 30/16X 90
14	24	18	100	M 18	100	Z 30/16X100
			110		110	Z 30/16X110
			120		120	Z 30/16X120
			130		130	Z 30/16X130
			140		140	Z 30/16X140
			150		150	Z 30/16X150
			160		160	Z 30/16X160

Tabel 24.
SPRING STANDARD HASCO.

Z 60/...



Material: 1.1200 (DIN 17.223), Toleranz DIN 2095/2

L _s	L _a	F _n [N]	s _n	D _a	d	D	L _c	Nr./No.
6.5	5.25	10.8	2.2	3	0.5	2	8.7	Z 60/ 2 × 8.7
7.5	6.6	38.5	3.5	3.26	0.63	11	Z 60/ 2 × 11	
10.3	9.15	-	-	5.2	-	-	15.5	Z 60/ 2 × 15.5
12.8	10.25	28.5	4.7	-	-	-	17.5	Z 60/ 2 × 17.5
7	6	32.4	2.7	-	4.8	0.8	3.2	9.7
13.5	11.6	-	6	-	-	-	19.5	Z 60/ 3.3 × 19.5
9	6.4	106	3	6	1.2	3.6	12	Z 60/ 3.6 × 12
9	7.5	44.1	3	-	-	1	4	12
24.6	20.5	-	-	9.9	-	-	34.5	Z 60/ 4 × 34.5
5.75	4.5	39.2	4.25	6.8	0.9	5	10	Z 60/ 5 × 10
9.8	9.4	-	133	7.2	7.5	1.25	17	Z 60/ 5 × 17
13.8	13.15	-	-	11.2	-	-	25	Z 60/ 5 × 25
10	9.2	136	5	8	1.4	5.2	15	Z 60/ 5.2 × 15
21	20	446	4	12	2.7	6.6	25	Z 60/ 6.6 × 25
9.3	8.4	182.5	8.7	10	1.5	7	18	Z 60/ 7 × 18
10.1	7.5	31.4	8.9	9	1	-	19	Z 60/ 7 × 19
14	13.5	31.4	8	11.2	2.1	-	20	Z 60/ 7 × 20
21.5	18.75	141	18.5	10	1.5	-	40	Z 60/ 7 × 40
15	12.75	177	10	11	1.7	7.6	25	Z 60/ 7.6 × 25
7.7	6.9	85.3	12.3	11.2	1.25	0.7	20	Z 60/ 8.7 × 20
21.1	18.15	-	43.9	-	-	-	64	Z 60/ 8.7 × 64
22	19.2	147	29	12.2	1.6	9	50	Z 60/ 9 × 50
25.3	21.5	108	29.7	12	1.5	-	55	Z 60/ 9 × 55
24.4	22.5	118	35.6	-	-	-	80	Z 60/ 9 × 60
14	13.5	216	16	13	1.8	9.4	30	Z 60/ 9.4 × 30
22.4	17.5	206	17.6	14	2	10	40	Z 60/ 10 × 40
25	22.5	245	25	-	-	-	50	Z 60/ 10 × 50
55	58	1320	18	18	4	-	83	Z 60/ 10 × 83
57	25	1330	8	19	-	11	35	Z 60/ 11 × 35
22	17.8	225	18	15.2	2.1	-	40	Z 60/ 11 × 40
19	20	220	20	-	-	-	50	Z 60/ 11 × 50
16	24.2	211	24	-	-	-	60	Z 60/ 11 × 60
12	26.3	224	28	-	-	-	70	Z 60/ 11 × 70
16	30.5	217	32	-	-	-	80	Z 60/ 11 × 80
54	34.7	211	36	-	-	-	90	Z 60/ 11 × 90
21	28.5	481	14	17.5	3	11.5	45	Z 60/ 11.5 × 45
34	31.5	471	16	-	-	-	50	Z 60/ 11.5 × 50
11	32.5	260	44	17	2.25	12.5	85	Z 60/ 12.5 × 85
9	27.5	1630	6	23	5	13	35	Z 60/ 13 × 35
23	24.5	706	12	20	3.5	-	40	Z 60/ 13 × 40
14	29.2	245	38.6	17.5	2.25	-	70	Z 60/ 13 × 70
8	46.4	1960	12	24	5.3	13	60	Z 60/ 13.4 × 60
4.4	31.5	\$110	16.5	29.5	4.1	3	50	Z 60/ 13.5 × 50
9	56	4600	11	27.8	7	13.8	70	Z 60/ 13.8 × 70

L _s	L _a	F _n [N]	s _n	D _a	d	D	L _c	Nr./No.
24	20.8	419	12	21.4	3.2	15	36	Z 60/ 15 × 36
20	16.25	294	20	20	2.5	-	40	Z 60/ 15 × 40
37.6	32.5	1180	7.4	25	5	-	45	Z 60/ 15 × 45
27.8	25.5	451	22.2	21	3	-	50	Z 60/ 15 × 50
34.7	32	342	25.3	-	-	-	60	Z 60/ 15 × 60
41.1	38	361	28.9	-	-	-	70	Z 60/ 15 × 70
47.5	41	319	32.5	-	-	-	80	Z 60/ 15 × 80
23.6	21	910	21.4	21.5	-	-	15.5	Z 60/ 15.5 × 45
21	18	811	9	25	4	17	30	Z 60/ 17 × 30
103	99	2400	33	29	6	17	136	Z 60/ 17 × 136
27.6	25	981	8.5	30	5	20	36	Z 60/ 20 × 36
27	26	803	23	28	4	-	50	Z 60/ 20 × 50
65.6	60	1450	16.4	32	6	-	82	Z 60/ 20 × 82
72.2	66	1560	19.8	-	-	-	92	Z 60/ 20 × 92
78.6	72	1670	23.4	-	-	-	102	Z 60/ 20 × 102
86.3	78	1780	26.7	-	-	-	112	Z 60/ 20 × 112
91.8	84	1890	30.2	-	-	-	122	Z 60/ 20 × 122
98.3	90	1890	33.7	-	-	-	132	Z 60/ 20 × 132
104.9	96	1920	37.1	-	-	-	142	Z 60/ 20 × 142
111.4	102	1940	40.6	-	-	-	152	Z 60/ 20 × 152
118	108	2010	44	-	-	-	162	Z 60/ 20 × 162
130	119	1930	47	-	-	-	177	Z 60/ 20 × 177
152.8	140	1700	49.2	-	-	-	202	Z 60/ 20 × 202
168.1	154	1610	51.9	-	-	-	220	Z 60/ 20 × 220
33	24.8	728	13	31	4.5	22	46	Z 60/ 22 × 46
36	32	801	34	30	4	-	70	Z 60/ 22 × 70
35.3	31.5	491	40.7	29	3.5	-	76	Z 60/ 22 × 76
47.3	40.4	1803	28.7	33.5	4.75	24	78	Z 60/ 24 × 78
41	36	1310	15	38	6	26	58	Z 60/ 26 × 58
84	80.5	1900	20	40	7	-	112	Z 60/ 26 × 112
100	87.5	1970	32	-	-	-	132	Z 60/ 26 × 132
114	101.5	1980	38	-	-	-	152	Z 60/ 26 × 152
129	115.5	1940	43	-	-	-	172	Z 60/ 26 × 172
144	129.5	1910	48	-	-	-	192	Z 60/ 26 × 192
160	136.5	1960	52	-	-	-	212	Z 60/ 26 × 212
58.6	56	2940	21.4	46	8	30	80	Z 60/ 30 × 80
45.2	42.7	4410	14.8	50	9	32	60	Z 60/ 32 × 60
98.5	91	3190	43.5	48.4	8.2	-	142	Z 60/ 32 × 142
138	127	3050	44	49.6	8.8	-	182	Z 60/ 32 × 182
152.4	140	3300	47.6	50	9	-	200	Z 60/ 32 × 200
171.3	157	3400	50.7	50.4	9.2	-	222	Z 60/ 32 × 222
209.9	192	3260	52	51	9.5	-	262	Z 60/ 32 × 262
76.6	71.2	1920	23.4	53	9.5	34	100	Z 60/ 34 × 100
35	34	1820	15	58	8	42	50	Z 60/ 42 × 50

Tabel 25.

Classification	Symbol	Remarks
Class 1	SPCC	For general use
Class 2	SPCD	For deep drawing
Class 3	SPCE	For extra deep drawing

Tabel 26.

Classification	Symbol	Chemical Composition					Unit: %
		C	Si	Mn	P	S	
Class 1	SPCC	0.12 or less	—	0.50 or less	0.040 or less	0.045 or less	
Class 2	SPCD	0.10 or less	—	0.45 or less	0.035 or less	0.035 or less	
Class 3	SPCE	0.08 or less	—	0.40 or less	0.030 or less	0.030 or less	

4. Mechanical Property

4.1 Tensile Strength, Elongation and Non-aging. The tensile strength, elongation and non-aging of steel sheets and steel strip as annealed and skin-rolled shall be based on Table 4.

Tabel 27.

Classification	Tension test Distinction by nominal thickness mm Symbol	Tensile strength kg/mm ²	Elongation %						Tension test piece
			0.25 or more than 0.40	0.40 or less than 0.60	0.60 or less than 1.0	1.0 or less than 1.6	1.6 or less than 2.5	2.5 or more	
			(28 min.)	(32 min.)	(34 min.)	(36 min.)	(37 min.)	(38 min.)	
Class 1	SPCC	(28 min.)	(32 min.)	(34 min.)	(36 min.)	(37 min.)	(38 min.)	(39 min.)	No. 5 in the direction of rolling
Class 2	SPCD	28 min.	34 min.	36 min.	38 min.	39 min.	40 min.	41 min.	
Class 3	SPCE	28 min.	36 min.	38 min.	40 min.	41 min.	42 min.	43 min.	

Tabel 28. Oil Tempered Spring Steel Wire*

SWO-A	JIS G 3506-Hard Steel Wire Rods, Class 4 or Class 5			
SWO-B	JIS G 3506-Hard Steel Wire Rods, Class 5 or Class 6			

Wire dia.	Tensile strength kg/mm ²			
	Class A		Class B	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
2.0	165	180	175	190
2.3	160	175	170	185
2.6	160	175	170	185
2.9	155	170	165	180
3.2	150	165	160	175
3.5	150	165	160	175
4.0	145	160	155	170
4.5	140	155	150	165
5.0	135	150	145	160
5.5	130	145	140	155
6.0	130	145	140	155
6.5	130	145	140	155
7.0	125	140	135	150
8.0	125	140	135	150
9.0	125	140	135	150
10.0	120	135	130	145
11.0	120	135	130	145
12.0	120	135	130	145

Remarks: For the wires of intermediate diameter, the value for the nearest larger size shall be used.

Label 29.

JIS-Wires

Japanese Industrial Standards			Applicable foreign standards	
Std. No.	Title	Material symbol	Std. No.	Title
JIS G 3533	Barbed wire		DIN 177-1967 ASTM A 121-66	Steel wire (iron wire), drawn Spec. for zinc-coated (galvanized) steel barbed wire
JIS G 3536	Uncoated stress-relieved wire and strand for prestressed concrete	SWPC1, SWPC2, SWPC7	ASTM A 416-68 ASTM A 421-65 BS 2691-1969 BS 3617-1963	Spec. for uncoated seven-wire stress-relieved strand for prestressed concrete Spec. for uncoated stress-relieved wire for prestressed concrete Steel wire for prestressed concrete Stress relieved 7-wire strand for prestressed concrete
JIS G 3551	Welded wire mesh		ASTM A 185-69	Spec. for welded steel wire fabric for concrete reinforcement
JIS G 3537	Galvanized steel wire strands		BS 1221-1964 ASTM A 475-66T ASTM A 363-65 BS 163(1)-1943	Steel fabric for the reinforcement of concrete Spec. for zinc-coated steel wire strand (tentative) Spec. for zinc-coated overhead ground wire strand Galvanized steel wire strand for signalling purposes Part 1 Galvanized steel wire strand
JIS G 3560	Oil tempered spring steel wire	SWO-A, SWO-B	ASTM A 229-66 BS 1429-1948 DIN 17223-1964(2)	Spec. for oil-tempered steel spring wire Annealed steel wire for oil-hardened and tempered springs Round spring wire, quality specifications; quenched and tempered spring wire and quenched and tempered valve spring wire made of unalloyed steels
JIS G 3561	Oil tempered valve spring steel wire	SWO-V	ASTM A 230-68 BS 1429-1948 DIN 17223-1964(2)	Spec. for carbon-steel valve spring quality wire Annealed steel wire for oil-hardened and tempered springs Round spring wire, quality specifications; quenched and tempered spring wire and quenched and tempered valve spring wire made of unalloyed steels