# RANCANG ULANG *PUNCH-DIES* UNTUK PEMBUATAN *OUTLET PIPE* I DI PT. IONUDA SURABAYA

**Pandri Pandiatmi**
Teknik Mesin, Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62 Mataram
Tlp: 0370-636087
E-mail : pandri_pandiatmi@yahoo.com

***Abstract***

*In the preparation process of outlet pipe I type 316N, an imperfect shape occurs when it is combined with its part/ Base on the analysis conducted, springback on forming process occurs so that it makes the size of diameter of outlet pipe improper after combined with its partsThere are several methods that can be used to eliminated springback, but for this case, a graphical approach is conducted to calculate the addition of punch-dies geometry as the compensation of springback. Punch-dies reconstruction for preparation process outlet pipe I by inserting material springback factor, dies radius ($Rd_o$)=19.14mm and punch radius ($Rp_o$) = 17.92 mm.*

***Keywords :*** *punch, dies, springback,, forming process*

## PENDAHULUAN

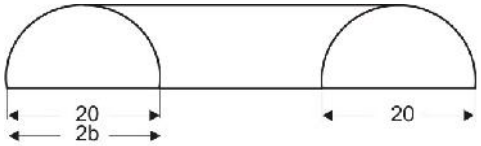
PT. Ionuda merupakan industri yang bergerak dalam bidang pembuatan pipa knalpot dan *shock absorber*. Salah satu komponen yang diproduksi adalah *outlet pipe* I, yang mana proses pembuatannya melalui proses bending.

*Outlet pipe* I ini berupa 2 buah lengkungan setengah lingkaran (bagian atas dan bawah) yang ditangkupkan. Pembuatan *outlet pipe* I meliputi proses *forming, triming* I dan *triming* II. Mula-mula 2 lembaran plat dengan ukuran tertentu masing-masing dibentuk pada mesin press dengan die berbentuk setengah lingkaran. Kemudian dilakukan *triming* I pada sisi-sisi pipa dengan pola tertentu sebagai tempat sambungan las-lasan, dilanjutkan dengan *triming* II pada bagian dengan pipa. Terakhir 2 bagian lembaran yang telah dibentuk tersebut disatukan dengan sambungan las-lasan.

Selama ini dalam proses pembuatan *outlet pipe*, pihak produsen melakukan *trial and error* untuk mendapatkan ukuran diameter *outlet pipe* yang sesuai. Hal ini tentu saja akan merugikan produsen baik dari segi tenaga, biaya maupun waktu.

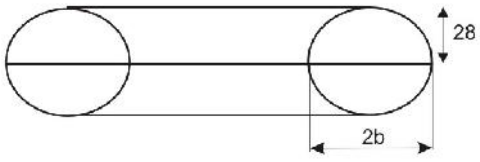
Latar belakang ini menjadi landasan bahwa diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahui penyebab terjadinya *springback* yang tidak diperhitungkan dalam perancangan proses. Serta penyebab terjadinya keausan *punch-dies* yang tidak meata yang disebabkan oleh pemakaian material.

Berdasarkan uraian penyebab cacat pada produk *outlet pipe* I diatas maka dapat digambarkan sebagai berikut:



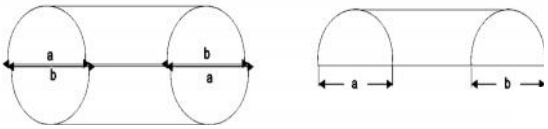

**Gambar 1 -** *Springback* pada Produk

Outlet pipe I merupakan bagian setengah lingkaran yang ditangkupkan, sehingga ketika ditangkupkan akan menghasilkan bentuk produk seperti gambar 2, dimana bentuk produk *outlet pipe* I tidak bulat sempurna.




**Gambar 2** - Cacat Produk Pengaruh *Springback*

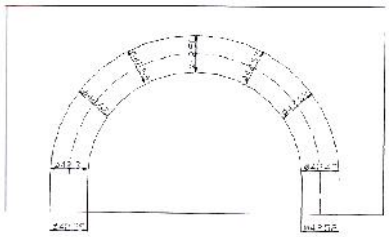
Sedangkan untuk




**Gambar 3 -** Cacat Produk Pengaruh Keausan *Punch-dies*

Karena kedua bagian setengah lingkaran yang ditangkupkan tersebut dibentuk pada *punch-dies* yang sama, sehingga saat ditangkupkan akan bentuk produk seperti gambar 3b.

Pengukuran keausan pada *dies* dilakukan setelah digunakan untuk produk yang ke-5000. Data pengukuran keausan tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 4.

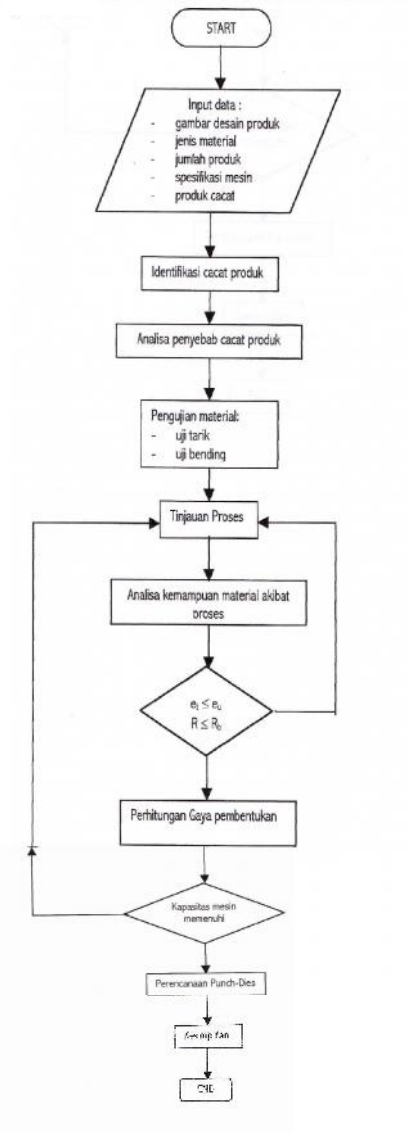


**Gambar 4 -** Data Pengukuran *Dies* Setelah Pemakaian Produk ke-5000

## METODE PENELITIAN

Sesuai dengan lingkup permasalahan dalam perencanaan *punch-dies* untuk pembuatan *outlet pipe* I, secara garis besar langkah kerja yang akan dikerjakan dapat dikelompokkan menjadi:

a. Tahap pengumpulan data
   Data yang diperlukan untuk proses ini adalah gambar kerja produk, jenis material kerja yang digunakan, jumlah produk yang direncanakan, Spesifikasi dari mesin yang akan digunakan, dan dimensi produk cacat
b. Tahap pengujian material benda kerja
   Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik dan bending
c. Tahap analisa gaya pembentukan
   Gaya pembentukan yang dimasaksud yaitu gaya untuk pembentukan profil sesuai dengan desain produk.
*d.* Tahap perencanaan bentuk dan dimensi *punch-dies*
   Tahapan ini meliputi: perencanaan radius *punch-dies* dan perencanaan *die-clearence*
e. Tahap pemilihan material *punch-dies*
   Dalam pemilihan *punch* dan *dies* didasarkan pada: ketahanan material *punch* dan *dies* terhadap gaya pembentukan dan keausan.




**Gambar 5 -** Diagram Alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Hasil Uji Tarik*

Data hasil uji tarik terhadap 3 spesimen uji pada arah pengambilan spesimen yang berbeda, dimana posisi:

1. Membujur (searah pengerolan)
2. Menyilang (arah 45$^o$ pengerolan)
3. Melintang (tegak lurus pengerolan)

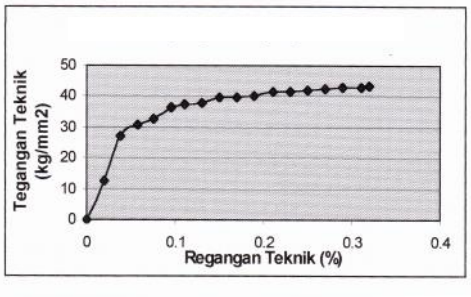
**Tabel** 1. Hasil Uji Tarik

| No | Data | Posisi 1 | Posisi 2 | Posisi 3 | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Tebal spesimen (t-mm) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | Luas penampang (Ao-mm$^2$) | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 3 | Gauge length (Lo-mm) | 49 | 48.5 | 50.2 | 49.23 |
| 4 | Panjang spesimen (Lt-mm) | 299 | 299 | 299 | 299 |
| 5 | Beban luluh (Py-kN) | 8.82 | 8.82 | 8.82 | 8.82 |
| 6 | Beban maksimum (Pu-kN) | 13.2 | 13.3 | 13.2 | 13.23 |
| 7 | ΔL saat patah (mm) | 16 | 15.5 | 16 | 15.83 |
| 8 | Tebal setelah patah (mm) | 0.85 | 0.78 | 0.8 | 0.81 |
| 9 | Luas setelah patah ($A_l$-mm$^2$) | 20.12 | 18.24 | 23.98 | 20.78 |
| 10 | Panjang setelah patah ($L_l$-mm) | 65 | 65 | 66.2 | 65.4 |
| 11 | ΔL Plastis (mm) | 14.1 | 13.6 | 12.84 | 13.51 |

### *Data Tegangan-Regangan Teknik*

Data tegangan regangan teknik dapat dilihat pada tabel 2.

Data tegangan regangan teknik kemudian diplotkedalam grafik tegangan regangan teknik seperti yang terlihat pada gambar 6.



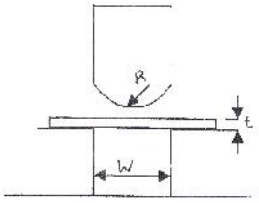

**Gambar 6 -** Grafik Tegangan Regangan Teknik

Dari data hasil uji tarik di dapat sifat-sifat mekanik material, yaitu:

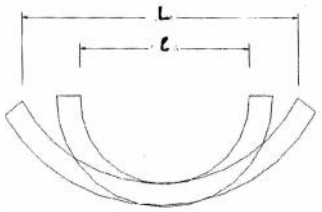
1. Kekuatan Luluh Material ( *yield strength*), $\sigma_y$ sebesar 29.22 kg/mm$^2$.
2. Kekuatan Tarik Maksimum ( *tensile strength*), $\sigma_u$ sebesar 43.83 kg/mm$^2$.
3. Perpanjangan (elongation), $\varepsilon$ sebesar 32.85%.
4. Reduksi penampang (reduction of area), ϑ sebesar 38.13%.

### *Hasil Uji Bending*

Pengujian dilakukan pada tiga buah material dan dilakukan dengan menggunakan metode *pressing bend* [1]. Metode ini dilakukan dengan cara spesimen diletakkan diatas 2 penyangga dan bending *tool* diletakkan tepat dibagian tengah spesimen. Geometri *punch dies* adalah W= 53.95 mm, $R_{punch}$ = 25.6 mm. Metode *pressing bend* dan pengukuran *springback* dapat dilihat di gambar 7 dan 8.




**Gambar 7 -** Metode *Pressing Bend*




**Gambar 8 -** Pengukuran *Springback*

Harga L dari material dapat ditabelkan seperti pada tabel 2.

**Tabel 2**. Hasil Uji Bending

| Keterangan | L (mm) |
|---|---|
| Spesimen I | 56.94 |
| Spesimen II | 56.75 |
| Spesimen III | 56.56 |

Sehingga didapatkan $L_{rata\text{-}rata}$ = 56.74 mm.

### *Springback Ratio*

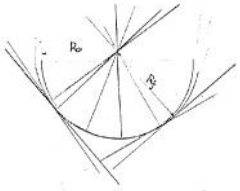
Dari pengujian bending diketahui $R_o$ = 53.95-2x tebal plat = 25.97 mm. Untuk mendapatkan harga $R_f$, dilakukan pendekatan secara grafis seperti gambar 9,

sehingga didapatkan harga $R_f$ = 29 mm, sehingga *springback ratio* [2] didapatkan:

$$K = \frac{R_o + \frac{1}{2}s}{R_f + \frac{1}{2}s}$$

$$= \frac{25.97 + \frac{1}{2}x1}{29 + \frac{1}{2}x1}$$

$$= 0.92$$



**Gambar 9 -** Pendekatan Secara Grafis

**Analisa Penyebab Cacat Pada Pembuatan *Outlet Pipe* I**

*Outlet pipe* I berupa 2 buah lengkungan setengah lingkaran ( bagian atas dan bawah) yang ditangkupkan. Pembuatan *outlet pipe* I di PT. Ionuda Surabaya meliputi *forming*, *trimming* I, *trimming* II. Ketiga proses tersebut dilakukan di mesin *hydraulic press*[1].

Dalam pembuatan *outlet pipe* I ini, seringkali didapatkkan produk cacat, yaitu ketidaktepatan ukuran diameter *outlet pipe* saat ditangkupkan. Berdasarkan analisa pada produk yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan karena terjadinya *springback* pada produk *outlet pipe* yang tidak diperhitungkan dalam perancangan proses.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengeliminir pengaruh *springback*. Metode yang biasa digunakan adalah metode *overbending* dan *overloading* [3]. Kedua alternatif tersebut diatas tidak dapat diterapkan pada kasus ini karena pada metode *overbending* dilakukan dengan membengkokkkan jari-jari lengkungan lebih kecil dari yang diinginkan, sehingga ketika terjadi *springback*, bagian tersebut masih mempunyai jari-jari yang sesuai dengan yang diinginkan. Hal ini tentu sja akan berpengaruh pada geometri *punch-dies* yang direncanakan, dimana pada bagian atas *dies* mengalami pengecelian jari-jari yang akan mengakibatkan kesulitan dalam mengeluarkan produk *dies*.

Sedangkan untuk metode *overloading*, dari analisa terhadap gaya pembentukan untuk membentuk profil *outlet pipe* I profil dibutuhkan pembebanan hanya sebesar 825.175 kg sedangkan mesin press yang ada memiliki kapasistas 80 ton dan 100 ton sehingga metode *overloading* tidak dapat diterapkan pada kasus ini.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada kasus ini dilakukan pendekatan secara matematis untuk menghitung besarnya penambahan geometri *punch-dies* sebagai kompensasi *springback*, sehingga diharapkan produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

**Analisa Radius Bending Minimum**

Untuk menghindari adanya cacat akibat pembendingan yang tidak dikehendaki maka perlu diperhitungkan radius bending minimum$R_{b\ min}$. Radius bending minimum menyatakan kemampuan material pada proses bending yang dipengaruhi *ductility*. Pada material yang getas (*brittle*), kemampuan material dibatasi karena terjadinya *fracture* [4], sedangkan material *ductile* dibatasi terjadinya *necking.* Berdasarkan kriteria *necking* didapatkan radius minimum $R_{b\ min}$ adalah 9.2 mm.

**Perencanaan Radius Pembendingan**

Radius *punch-dies* dan *clearance* merupakan geometri yang dipengaruhi dimensi profil yang dihasilkan. Berdasarkan gambar desain produk dimana pada produk yang diinginkan radius sebesar 42.7 mm, maka perlu direncanakan besarnya radius pembendingan pada saat pembentukan. Diketahui bahwa material mempunyai sifat *springback* dengan rasio *springback* sebesar 0.92, maka besarnya radius pada saat pembentukan dapat dihitung berdasarkan persamaan:

$$K = \frac{\alpha_0}{\alpha_i} = \frac{R_o + \frac{1}{2}s}{R_i + \frac{1}{2}s}$$

$$R_o = \frac{s}{2}\left[K\left(\frac{2R_i}{s}+1\right)-1\right]$$

$$= \frac{1}{2}\left[0.92\left(\frac{2x21.35}{1}+1\right)-1\right]$$

$$= 19.14 \text{ mm}$$

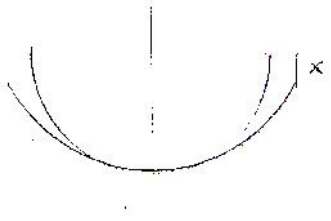
**Analisa Gaya Pembentukan dan Perencanaan *Clearance***

Besarnya gaya yang dibutuhkan untuk membuat profil U yang diinginkan berdasarkan persamaan gaya pembentukan didapatkan $P_b$ ( gaya pembentukan) sebesar 852.175 kg.

Berdasarkan persamaan *clearance* dengan s sebesar 1 mm didapatkan besarnya *clearance* yang harus diberikan agar gesekan dapat diatasi adalah $U_D$ sebesar 1.22 mm.

**Analisa Rancangan *Punch-Dies***

Dimensi *punch-dies* tergantung pada karakteristik s*pringback* material benda kerja sehingga geometri *punch-dies* yang telah diketahui harus ditambahkan dengan 3.515 mm (harga x berdasarkan pendekatan matematis sesuai gambar 10), dimana harga tersebut didapatkan dari suatu pendekatan matematis, melalu persamaan keliling lingkaran seperti pada gambar 10 [6]. Pendekatan tersebut adalah sebagai berikut:




**Gambar 10 -** Pendekatan Matematis

Sedangkan untuk mengeliminir pengaruh *springback* pada bagian sirip outlet pipe I, maka permukaan *punch-dies* harus memiliki kemiringan sebesar $15^o$, harga tersebut didapatkan dari pengukuran sudut antara garis yang menyinggung lingkaran saat pembebanan dihilangkan.

**Pemilihan Material *Punch-Dies***

Pemilihan material *punch-dies* harus memiliki criteria sebagai berikut[4]:

1. Material harus memiliki ketangguhan terhadap gaya pembentukan, sehingga tidak terjadi deformasi yang menyebabkan perubahan dimensi *punch-dies.*
2. Material, terutama bagian yang mengalami kontak langsung material benda kerja, hatrus memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari kekerasan material kerja serta memperhatikan jumlah produksi yang akan dibuat, untuk mencegah terjadinya keausan yang mengakibatkan perubahan dimensi profil.

**Perhitungan Luasan Bidang Kerja**

Untuk menentukan jenis material *punch-dies*, maka perlu dihitung tegangan material dalam menerima gaya pembentukan. Oleh karena itu perlu dihitung luasan yang menerima gaya tersebut, sehingga dapat diketahui kekuatan material minimal dalam menerima gaya. Dibawah ini adalah tabel luasan bidang kerja masing-msing bagian *punch-dies* sesuai dengan kontruksinya[6].

**Tabel 3**. Luasan Bidang Kerja *Punch-Dies Outlet Pipe* I terhadap Gaya Pembentukan

| Nama Bagian | Bidang Tekan ($mm^2$) |
|---|---|
| *Punch* | 200236 |
| *Dies* | 200236 |

**Perhitungan Tegangan Tekan**

Besarnya gaya tekan digunakan untuk menentukan jenis material, dimana gaya yang bekerja pada luasan bidang kerjanya.

Tegangan tekan dihitung berdasarkan gaya yang bekerja pada suatu bidang tekan dari kontruksi *punch-die*s. Hasil perhitungan tegangan tekan adalah sebagai berikut:

**Tabel 4**. Tegangan Tekan Akibat Gaya pembentukan pada *Punch-Dies Outlet Pipe* I

| Nama Bagian | Tegangan Tekan ( kg/mm$^2$) |
|---|---|
| *Punch* | 0.00425 |
| *Dies* | 0.00425 |

**Pemilihan Material**

Berdasarkan perhitungan tegangan tekan yang terjadi maka material yang dipilih sebagai punch dan dies adalah AISI *steel type* A2 dengan tegangan ijin material 24.6 kg/mm$^2$[5].

**Pemilihan Pelumasan**

Biasanya material kerja berupa plat, pada proses produksinya telah dilapisi pelumas/minyak yang berfungsi mengurangi gesekan antara plat itu sendiri saat proses handling dan mencegah terjadinya karat sewaktu penyimpanan, sehingga kerusakan plat dapat dihindari.

Pada plat yang terbuat dari *stainless steel*, dimana produk material tersebut terdapat lapisan pelumas/minyak juga berfungsi untuk mencegah terjadinya goresan akibat gesekan dengan *punch-dies* yang mengakibatkan menurunnya kemampuan strain dari material kerja yang akhirnya akan merusak produk. Sehingga dipilih cairan pelumas *oil base lubricant*s jenis *chlorinated oil* [5].

**KESIMPULAN**

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan analisa perhitungan ulang perencanaan *punch-dies* untuk pembuatan outlet pipe I maka diperoleh yang dihasilkan lebih dimensi:
   *Dies*: $Rd_0$ = 19.14
   *Punch*: $RP_o$ – (tebal plat+*clearance*) = 17.92 mm
2. Untuk menghindari cacat produk karena keausan *punch-dies*, berdasarkan perhitungan tegangan tekan dan tegangan geser maka material yang dipilih adalah AISI *steel type* A2.

**DAFTAR PUSTAKA**


[1] Lange & Kurt., 1985, *Handbook of Metal Forming*, McGraw-Hill Book Co, New York.

[2] Schey, John A., 1987*, Introduction To Manufacturing Process*, 2nd edition, McGraw-Hill Inc, New York.

[3] Kalpakijan, Serope., 1997, *Manufacturing Process for Engineering Materials*, 3rd edition, Addison Wesley Longman Inc.

[4] Niebel, Benjamin W., 1989, *Modern Manufacturing Process engineering*, McGraw-Hill.

[5] JAPANESE STANDART ASSOCIATION, (JIS HANDBOOK), 1986, *Ferrous Material and Metalurgy.*

[6] Gum, Charles B., 1964, *Die design Handbook*, 2nd edition, McGraw-Hill Book Co, New York.

[7] Dieter, George W., 1986, Mechanical Metallurgy, 3rd edition, McGraw-Hill Inc.