

ANALISIS PENGARUH VARIASI SUDUT DAN RADIUS PUNCH PADA PROSES BENDING PELAT STAINLESS STEEL

Masbin Dahlan¹⁾, Ridwan Jamaludin²⁾, Muh. Nurul Haq Amaluddin³⁾

^{1),2),3)}Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar

Email : masbin.dahlan@atim.ac.id

Abstrak

Proses bending adalah proses deformasi secara plastik dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan dengan pembentukan pelat lembaran melalui tekanan punch dan die pembentuk. Pada proses *bending*, pembuatan *punch* dan *die* yang baik bertujuan untuk menghindari *springback* yang terlalu besar. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi *punch* dan *die* pada proses *bending* pelat *stainless steel* tebal 1 mm. Teknik pengumpulan data menggunakan alat *press tool* laboratorium. Variasi sudut punch yang digunakan adalah 80°, 85°, dan 90° dengan sudut target bending adalah 90°. Variasi radius punch yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, dan 6 mm. Sedangkan sudut die yang digunakan tetap yaitu 90°. Spesimen *stainless steel* memiliki dimensi 100 x 50 mm dengan ketebalan 1 mm.. Spesimen *stainless steel* memiliki dimensi 100 x 50 mm dengan ketebalan 1 mm. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka semakin besar pula sudut *springback* yang dihasilkan pada ketebalan pelat *stainless steel* 1 mm. Semakin besar radius *punch* maka semakin besar pula *springback* yang dihasilkan.

Kata Kunci: Sudut *punch*, *Press tool*, Radius *punch*, Sudut *bending*, *Springback*.

Abstrak

Bending is the process of plastically deforming a metal about a linear axis with little or no change in surface area by forming sheet plates under punch pressure and forming dies. In the bending process, making good punch and die aims to avoid too large springback. The purpose of this study was to analyze the effect of punch and die variations on the bending process of a 1 mm thick stainless steel plate. The data collection technique uses a laboratory press tool. The variations of the punch angle used are 80°, 85°, and 90° with the target bending angle being 90°. The variations of the punch radius used are 2 mm, 4 mm, and 6 mm. While the die angle used remains 90°. The stainless steel specimen has dimensions of 100 x 50 mm with a thickness of 1 mm. The stainless steel specimen has dimensions of 100 x 50 mm and a thickness of 1 mm. From this study, it can be concluded that the greater the punch angle, the greater the springback angle produced at a thickness of 1 mm stainless steel plate. The greater the punch radius, the greater the resulting springback.

Keywords: *Punch angle*, *Press tool*, *Punch radius*, *Bending angle*, *Springback*.

PENDAHULUAN

Proses pembentukan pelat logam pada industri permesinan berkembang cukup pesat khususnya pada proses *bending*. Proses *bending* adalah proses deformasi secara plastik dari logam terhadap sumbu linier dengan hanya sedikit atau hampir tidak mengalami perubahan luas permukaan dengan pembentukan pelat lembaran melalui tekanan *punch* dan *die* pembentuk.

Dalam proses penekukan terjadi pemuluran atau peregangan pada sumbu bidang

neutralnya sepanjang daerah teukan yang menghasilkan garis tekuk yang lurus [1]. *Bending* adalah proses merubah pelat logam pada alat *press* dengan cara pelat dipress oleh *punch* sampai terbentuk bendingan sesuai bentuk *die*. Pada proses pembuatan *punch* dan *die* untuk proses *bending* memerlukan perencanaan dan perhitungan yang benar. Proses perencanaan pembuatan *punch* dan *die* yang baik bertujuan untuk menghindari *springback* yang terlalu besar. Dalam proses *bending* terdapat beberapa parameter yang

mempengaruhi hasil *springback* antara lain radius *punch* dan *die*, sudut *punch* dan *dies*, *clearance* antara *punch* dan *die*, kondisi gesekan baik *statis* dan *dinamis*, ketebalan plat, *modulus elastis*, dan dimensi material [2].

Pada penelitian ini material bending yang di gunakan adalah *Stainless steel*. *Stainless steel* merupakan material pelat yang banyak digunakan dalam industri rumah tangga dan transportasi [3]. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi *punch* dan *die* pada proses bending pelat *stainless steel* tebal 1 mm.

METODE PENELITIAN

1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menggunakan alat *press tool* laboratorium. Variasi sudut *punch* yang digunakan adalah 80°, 85°, dan 90° dengan sudut target *bending* adalah 90°. Variasi radius *punch* yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, dan 6 mm dengan langkah *punch* (*punch travel*) 19 mm. Sedangkan sudut *die* yang digunakan tetap yaitu 90°. Spesimen *stainless steel* memiliki dimensi 100 x 50 mm dengan ketebalan 1 mm. Sebelum dilakukan pembendingan spesimen terlebih dahulu diuji tarik untuk mengetahui nilai kekuatan Tarik.

Pengujian Tarik dan *bending* dilakukan dengan menggunakan mesin *Universan Testing Machine* (UTM) Merek Galdabini Tipe PM 100.dan kelengkapannya. Pengukuran sudut *bending* dan *springback* dilakukan setelah eksperimen *bending* dengan spesimen *stainless stell* dengan mesin UTM. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran sudut *bending* dan *springback* yaitu busur bilah kecermatan 5 menit.

2. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data menggunakan pendekatan metode kuantitatif. Sebelum melakukan eksperimen *bending* terlebih dahulu melakukan perhitungan *springback* secara teoritis.

Kemudian hasil perhitungan secara teoritis dibandingkan dengan data hasil eksperimen uji *bending stainless steel*. Data hasil perhitungan teoritis dan pengujian dijabarkan menggunakan grafik dan dideskripsikan.

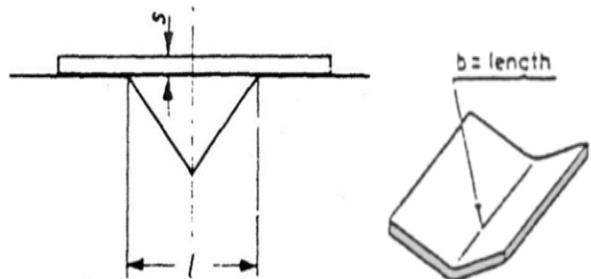
3. Gaya Tekuk

Besarnya gaya tekuk yang terjadi dihitung dari persamaan:

$$Mb = \frac{F \cdot I}{4} \text{ dan } Mb = W \cdot \sigma b \rightarrow W = \frac{b \cdot s^2}{6}$$

Dari kedua persamaan diatas maka besarnya gaya tekuk adalah [4]:

$$F = \frac{2 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma b}{3 \cdot I} = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma b}{I}$$



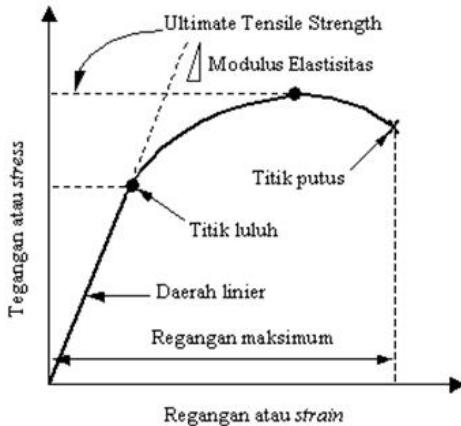
Gambar1. Gaya Tekuk

Dimana :

F	= Gaya tekuk	(N)
b	= Lebar tekukan	(mm)
s	= Tebal pelat	(mm)
σ_b	= Tegangan bengkok bahan	(N / mm ²)
Mb	= Momen bengkok	(N.mm)
l	= Lebar alur 'V'	(mm)

4. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah metode yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana kekuatan tarik suatu bahan. Kekuatan tarik ditentukan dengan menarik sebuah bahan sampai putus. Pada pengujian tarik akan muncul kurva hubungan tegangan dan regangan, yaitu sebagai berikut [5]:



Gambar 2. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan dalam Pengujian Tarik

a. Tegangan Tarik (σ)

Adapun rumus kekuatan tarik maksimum adalah sebagai berikut [6]:

$$\sigma = \frac{P}{A_o}$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik (N/mm^2)

P = Beban maksimum (N)

A_o = Luas penampang awal (mm^2)

b. Elongation

Elongation adalah perbandingan antara pertambahan panjang L terhadap panjang mula-mula (L_o). Secara spesifik dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [7]:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_o} = \frac{l_f - l_o}{l_o} \times 100\%$$

Dimana:

ϵ = elongation (%)

Δl = perpanjangan (mm)

l_f = panjang setelah patah

l_o = panjang awal (mm)

c. Yield Strength

Kekuatan luluh (*yield strength*) merupakan titik yang menunjukkan perubahan dari deformasi elastis ke deformasi plastis. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut [8]:

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

Dimana:

Y_s = Kekuatan luluh (N/mm^2)

F_y = Beban pada saat luluh (N)

A_o = Luas penampang mula-mula (mm^2)

d. Reduction of Area

Reduksi penampang (z) merupakan persentase pengecilan penampang terbesar terhadap penampang asal dan dituliskan dengan persamaan [9] :

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

Dimana:

Z = Reduksi penampang (%)

A_o = Luas penampang asal (mm^2)

A_u = Luas penampang di tempat yang putus (mm^2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dengan tujuan di dalam penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh variasi *punch* dan *die* pada proses *bending* pelat *stainless steel* tebal 1 mm dengan fokus pengamatan pada *springback bending* v. Variasi sudut *punch* yang digunakan adalah 80°, 85°, dan 90° dengan sudut target *bending* adalah 90° [10]. Variasi radius *punch* yang digunakan adalah 2 mm, 4 mm, dan 6 mm dengan langkah *punch* (*punch travel*) 19 mm.

1. Kekuatan tarik

Berdasarkan hasil uji tarik, maka kekuatan tarik untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm adalah:

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{l \times t}$$

$$\sigma = \frac{13.000 \text{ N}}{20 \text{ mm} \times 1\text{mm}}$$

$$\sigma = 650 \text{ N/mm}^2$$

2. Kekuatan ulur (*Yield Strength*)

Berdasarkan hasil uji tarik, maka kekuatan ulur untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm adalah:

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o}$$

$$Y_s = \frac{F_y}{A_o} = \frac{F_y}{l \times t}$$

$$Y_s = \frac{12500 \text{ N}}{20 \text{ mm} \times 1\text{mm}}$$

$$Y_s = 625 \text{ N/mm}^2$$

3. Elongation

Berdasarkan hasil uji tarik, maka *elongation* untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm adalah:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_f - l_o}{l_0} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{(67 \text{ mm} - 50 \text{ mm})}{50 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$\varepsilon = 34\%$$

4. Reduction of Area

Berdasarkan data hasil uji tarik, maka reduksi penampang untuk spesimen uji pelat *stainless steel* ketebalan 1 mm adalah:

$$A_u = w_i \times t_i$$

$$A_u = 20 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$$

$$A_u = 19 \text{ mm}^2$$

$$Z = \frac{A_o - A_u}{A_o} \times 100\%$$

$$Z = \frac{20 - 19}{20} \times 100\%$$

$$Z = 5\%$$

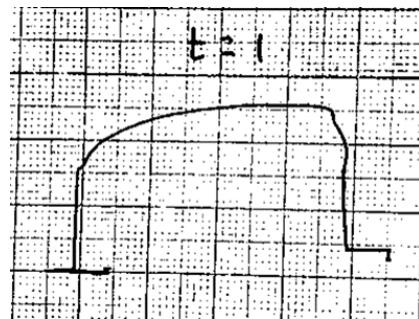
5. Data Hasil Pengujian Tarik

Berdasarkan pengujian tarik spesimen *stainless steel*, maka didapatkan data kekuatan tarik,

kekuatan ulur (*yield*), regangan/ elongasi, *persentation reduction of area* seperti berikut:

Tabel 1. Hasil Uji tarik Material Stainless Steel

Uji Tarik	Hasil Uji Tarik
Kekuatan Tarik Maksimum (Mpa)	650
Tegangan Yielding (N/mm ²)	625
Regangan (%)	34
Reduksi Penampang (%)	5



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Tarik Dengan Mesin UTM

6. Gaya Pembebaan

Perhitungan besar gaya tekuk adalah sebagai berikut:

$$\sigma_b = 0,8 \sigma_t$$

$$\sigma_b = 0,8 \times 650 = 520 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil perhitungan tegangan bengkok tersebut, maka;

$$F = \frac{0,7 \cdot b \cdot s^2 \cdot \sigma_b}{I}$$

$$F = \frac{0,7 \times 50 \text{ mm} \times 1^2 \times 520 \text{ N/mm}^2}{44}$$

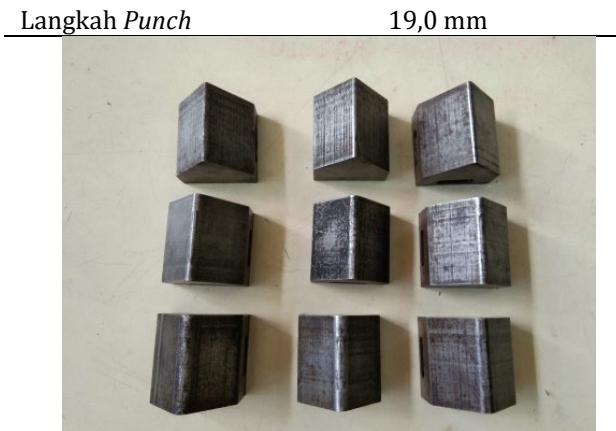
$$F = 413,636 \text{ N}$$

7. Data Hasil Pengujian Bending

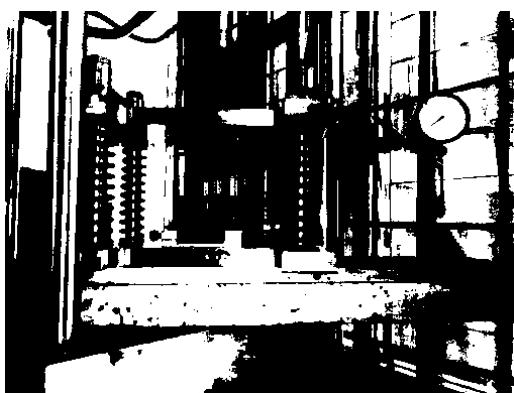
Pada proses *bending* v menggunakan parameter sebagai berikut:

Tabel 2. Parameter *Bending V*

Parameter Proses	Nilai		
Radius Punch	2 mm	4 mm	6 mm
Sudut Punch	80°	85°	90°
Sudut Die		90°	



Gambar 4. Variasi Sudut dan Radius *Punch*



Gambar 5. Alat Bantu *Die Set Press Tool*

Adapun data hasil pengujian *bending* dengan parameter diatas dapat disajikan pada table sebagai berikut:

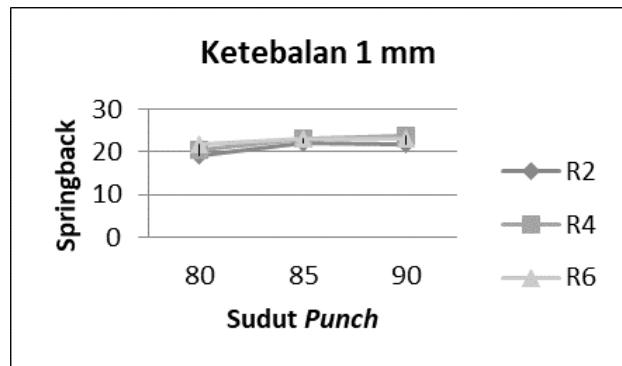
Tabel 3. Pengujian Bending Stainless Steel

Radius <i>Punch</i> (mm)	Sudut <i>Punch</i> (°)	Sudut <i>Bending</i> (°)	Springback (°)
2	80	109°	19
4	80	109°10'	19.16
6	80	111°20'	21.33
2	85	112°40'	22.66
4	85	113°15'	23.25
6	85	112°35'	22.58
2	90	108°20'	18.33
4	90	112°25'	22.41
6	90	113°5'	23.08

8. Springback yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius *Punch*

Adapun penyajian data hasil eksperimen *bending V* pelat stainless steel dalam bentuk grafik untuk hubungan antara *springback*

dengan radius *punch* didapatkan seperti pada gambar berikut:

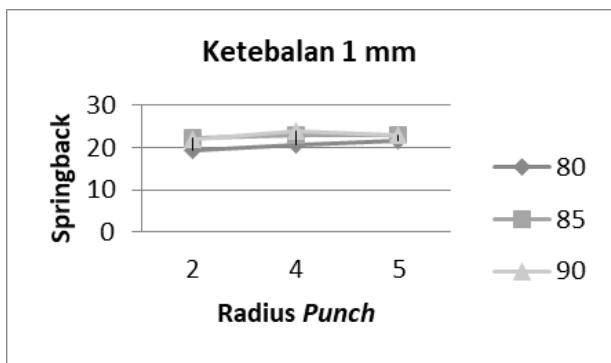


Gambar 6. Grafik *Springback* yang Dihasilkan Terhadap Variasi Radius *Punch*

Berdasarkan gambar 4.13 untuk *springback* yang dihasilkan terhadap variasi radius *punch* menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka semakin besar pula sudut *springback* yang dihasilkan pada ketebalan pelat 1 mm. Pada ketebalan 1 mm dan sudut *punch* 80°, 85°, 90° diperoleh sudut *spingback* secara berturut-turut sebesar 19.19°, 22.22°, 21.83° untuk radius *punch* 2°, sudut *springback* 20.5°, 22.97°, 23.75° untuk radius 4°, dan sudut *springback* 21.61°, 23°, 22.97° untuk radius 6°.

9. *Springback* yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut *Punch*

Adapun penyajian data hasil eksperimen *bending V* pelat stainless steel dalam bentuk grafik untuk hubungan antara *springback* dengan sudut *punch* didapatkan seperti pada gambar berikut:



Gambar 7. Grafik *Springback* yang Dihasilkan Terhadap Variasi Sudut *Punch*

Berdasarkan grafik 4.2 untuk springback yang dihasilkan terhadap variasi radius punch menunjukkan bahwa semakin besar radius punch maka semakin besar pula springback yang dihasilkan pada ketebalan 1 mm. Pada ketebalan 1 mm dan sudut punch 80° , 85° , 90° diperoleh sudut springback secara berturut-turut sebesar 19.19° , 22.22° , 21.83° untuk radius punch 2° , sudut springback 20.5° , 22.97° , 23.75° untuk radius 4° , dan sudut springback 21.61° , 23° , 22.97° untuk radius 6° .

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Perancangan *Press Tool* sebagai slat sambu *bending v* untuk material *stainless steel* dapat disimpulkan bahwa sudut *punch* dan radius *punch* yang terbaik dihasilkan mendekati 90° untuk material *stainless steel* ketebalan 1 mm yaitu sudut *punch* 80° dengan radius *punch* 2 mm. Semakin besar sudut *punch* maka semakin besar pula sudut *springback* yang dihasilkan pada ketebalan pelat *stainless steel* 1 mm. Semakin besar radius *punch* maka semakin besar pula *springback* yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Suyuti, M. Iswar, R. Nur, and E. Erniyanti, “Desain Konstruksi Press Tool Sebagai Alat Bending Bentuk V Dengan Garis Bending Max. 300mm,” *J. Sinergi Jur. Tek. Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 48, 2019, doi: 10.31963/sinergi.v17i1.1592.
- [2] M. T. H. E. Press, T. Of, and A. I. R. Bending, “Designing and Manufacturing the Press,” vol. 19, no. 3, pp. 139–144, 2019.
- [3] A. R. Ramadhani, “Pemanfaatan Mesin Hidrolik Press Untuk Alat Bantu Potong Plat Logam,” 2021.
- [4] E. A. P. Elvys Abadi Palinggi and Y. B. Yamar Bara, ““Modifikasi Mesin Bending Plat Sistem Hidrolik.” Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2021.
- [5] A. Sastranegara, “Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam,” *Situs Inf. Mek. Mater. dan manufaktur*, 2009.
- [6] A. R. Rahman, “Analisa Tegangan Tarik Pada Bahan Komposit Dengan Menggunakan Serat Tali Packing,” 2017.
- [7] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, “Plastics and Composite Materials: Forming and Shaping,” *Manuf. Eng. Technol. 6th ed.; Kalpakjian, S., Schmid, SR, Eds*, pp. 484–524, 2010.
- [8] W. Hidayat, “Klasifikasi dan Sifat Material Teknik Serta Pengujian Material,” 2019.
- [9] M. Nafi and I. Wahid, “Pengaruh Variasi Temperatur dan Reduksi Penampang pada Pembuatan Al-Abu Dasar Batubara terhadap Laju Keausan,” *J. Mesin Nusant.*, vol. 2, no. 2, pp. 89–98, 2019.
- [10] M. A. Suyuti, R. Nur, and M. Iswar, “PENGARUH GEOMETRI PUNCH TERHADAP SPRINGBACK PADA PROSES AIR BENDING UNTUK MATERIAL BAJA KARBON RENDAH St. 37,” in *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 2019, vol. 4, no. 1, pp. 21–25.