

Pengaruh Sudut Punch dan Ketebalan Pelat terhadap Springback pada Bending V

Rusdi Nur^{1*}, Muhammad Arsyad Suyuti², Muh. Reza B.³ dan Misbahuddin⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*rusdinur@poliupg.ac.id

Abstract: The bent plate is inseparable from the phenomenon that determines the size of the resulting bending angle. This phenomenon is called springback. Springback is a condition that occurs on a sheet plate when bending is done where after the punch load is removed the bent sheet plate has a tendency to return to its original form. Mini brake bending V tool with a hydraulic jack system produces springback of 1-5 degrees for punch angle 85° radius 2.5 mm and carbon steel material St 42 at thickness 3, 4 and 5 mm. Therefore, this study was conducted to find out how the influence of punch angle and plate thickness on springback. The limitation problem in this study is the thickness of the plates used 2 and 4 mm. The type of method used is bending V bottoming with a die angle of 90°, the punch angle used is 80°, 85°, and 90°, the punch radius used is 2, 4 and 6 mm, and the plate material used is carbon steel. The research method starts from designing die set, punch and die test aids, and making test specimens, then bending test, bending angle and springback measurements are carried out. Based on the research conducted, the greater the punch angle, the smaller springback produced and the thicker the plate, the smaller springback produced tends to be smaller, where the smallest springback is obtained on a plate thickness of 6 mm with a punch angle of 90° 4 mm radius obtained -0.31°.

Keywords: Bending, Plate, Punch Radius, Springback, Punch Angle

Abstrak: Pelat yang melalui proses tekuk (bending) tidak terlepas dari fenomena yang menentukan besar kecilnya sudut bending yang dihasilkan. Fenomena ini disebut springback. Springback adalah kondisi yang terjadi pada lembaran pelat saat pengerjaan bending dilakukan dimana setelah beban punch dihilangkan maka lembaran pelat yang ditekuk memiliki kecenderungan untuk kembali ke bentuk asal. Alat mini brake bending V dengan sistem dongkrak hidrolik menghasilkan springback sebesar 1-5 derajat untuk sudut punch 85° radius 2.5 mm dan material baja karbon St 42 pada ketebalan 3, 4 dan 5 mm. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh sudut punch dan ketebalan pelat terhadap springback. Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu tebal pelat yang digunakan 2 dan 4 mm. Jenis metode yang digunakan yaitu bending V bottoming dengan sudut die 90°, sudut punch yang digunakan yaitu 80°, 85°, dan 90°, radius punch yang digunakan yaitu 2, 4 dan 6 mm, serta bahan pelat yang digunakan yaitu baja karbon. Metode penelitian yang dilakukan dimulai pada perancangan alat bantu uji die set, punch dan die, serta pembuatan spesimen uji, kemudian dilakukan pengujian bending, pengukuran sudut bending dan springback. Berdasarkan penelitian yang dilakukan semakin besar sudut punch maka springback yang dihasilkan semakin kecil dan semakin tebal pelat maka springback yang dihasilkan cenderung semakin kecil, dimana springback terkecil diperoleh pada tebal pelat 6 mm dengan sudut punch 90° radius 4 mm diperoleh -0.31°.

Kata kunci : kata kunci1; kata kunci2; kata kunci3 (minimal 3 kata kunci (font 9))

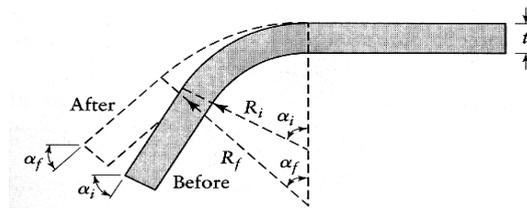
I. PENDAHULUAN

Pada suatu proses *bending* terutama proses *bending V* sering terjadi fenomena yang mempengaruhi sudut *bending* pelat setelah proses penekukan. Sudut *bending* setelah proses tekuk menjadi lebih besar atau lebih kecil dari sudut yang diinginkan. Fenomena ini disebut *springback*. *Springback* adalah kondisi yang terjadi pada lembaran pelat saat pengerjaan *bending* dilakukan dimana setelah beban *punch* dihilangkan maka lembaran pelat yang ditekuk memiliki kecenderungan untuk kembali ke bentuk asal. Menurut Kazan [1], *Springback* merupakan sebuah parameter penting dalam mendesain peralatan dan memperoleh geometri *part* yang diinginkan. Selain itu, ketika merancang *die bending* perlu mempertimbangkan *springback* yang terjadi setelah pembebanan. Karakteristik *springback* berbeda, tergantung pada jenis material. *Springback* terjadi dengan semua jenis proses pembengkokan,

pada saat penekanan (*press*), *folding*, *roll forming* dan *roll bending* [2]. Oleh karena itu, prediksi *springback* merupakan persoalan yang sangat serius dalam *sheet metal forming*.

Dalam memenuhi kebutuhan teknologi tepat guna pada industri pengerjaan pelat dan pabrikasi pengelasan, maka Zulfikar (2013) mengembangkan alat *mini brake bending V* dengan sistem dongkrak hidrolik [3]. Dari hasil perancangan dan pembuatan mesin tekuk V tersebut masih terdapat hambatan dalam mendapatkan dimensi *punch* dan *die* yang tepat sehingga dapat mengurangi *springback* hasil penekukan pelat. Dari hasil pengembangan alat tekuk tersebut masih diperoleh *springback* sebesar 1-5 derajat untuk sudut *punch* 85° radius 2.5 mm dan material baja karbon St 42 pada ketebalan 3, 4 dan 5 mm.

Springback dapat terjadi pada semua proses penekukan, tetapi pengamatan yang paling mudah yaitu pada hasil penekukan. Jari-jari lengkungan (R_i) lebih kecil sebelum beban dihilangkan dibanding jari-jari lengkungan (R_f) setelah beban dihilangkan. *Springback* dapat dihitung menggunakan persamaan [4]:



Gambar 1. *Springback* pada Proses Bending

$$K_s = \frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{(2.R_i/T) + 1}{(2.R_f/T) + 1}$$

$$\frac{R_i}{R_f} = 4 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right) - 3 \left(\frac{R_i Y}{ET} \right) + 1$$

Dimana K_s = faktor *Springback*, α_f = Sudut pada pelat yang ditekuk ($^\circ$), α_i = Sudut *die* ($^\circ$)
 R_f = Radius pada Pelat, R_i = Radius *Punch*, Y = Kekuatan ulur (N/mm^2), E = Modulus Elastisitas (MPa), dan T = Tebal Pelat (mm).

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang selama enam bulan, mulai dari bulan Pebruari sampai Juli. Adapun pelaksanaannya dimulai dari mengdesain proses pembuatan *punch* dan *die* yang dilaksanakan di Laboratorium Cad Cam, membuat *die set V*, *punch* dan *die* di Laboratorium CNC dan bengkel mekanik, membuat spesimen uji yang dilakukan di laboratorium CNC, pengujian *bending*, pengukuran sudut *bending* dan *springback* yang dilakukan di Laboratorium Mekanik.

B. Detail Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mesin gergaji potong, mesin bubut, mesin *Universal Testing Machine (UTM)*, mesin *milling CNC*, busur bilah kecermatan 5 menit, mistar insut, bahan yang digunakan yaitu pelat baja karbon dengan ketebalan 2 dan 4 mm, pelat baja karbon ketebalan 15 mm, baja karbon persegi pejal ukuran 60x60 mm, pegas tekan, mur dan baut.

Spesimen yang akan dibuat terdiri dari tiga jenis, yaitu spesimen uji tarik untuk pelat ketebalan 2 dan 4 mm, spesimen uji tarik untuk bahan *punch* dan *die*, serta spesimen uji kekerasan untuk bahan *punch* dan *die*. Pembuatan spesimen uji tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *mill CNC*. Setelah itu, dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum suatu material.

Adapun spesimen uji pengujian kekerasan dilakukan menggunakan *Hardness Test Affri System Series 206 EX*.

Setelah diperoleh hasil kekuatan bahan dari pengujian tarik maupun pengujian kekerasan, maka selanjutnya dilakukan pembuatan *die set, punch* dan *die* di mesin *milling CNC*. *Punch* yang dibuat sebanyak 9 buah dengan variasi sudut dan radius yang berbeda, sedangkan *die* sebanyak 1 buah dengan sudut 90° radius 10 mm. Setelah *punch* dan *die* selesai dikerjakan di mesin *milling CNC*, maka selanjutnya dilakukan *hardening* guna meningkatkan kekerasan bahan agar pada saat pengujian *bending punch* dan *die* tidak terjadi keausan. Adapun pembuatan bahan uji yang berukuran 100 x 50 mm dilakukan pada mesin gergaji potong.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Sebelum pengujian *bending* dilakukan, bahan uji terlebih dahulu dilakukan uji tarik demi mengetahui kekuatan tariknya. Setelah itu, diketahui kekuatan *yielding* untuk bahan uji pelat ketebalan 2 dan 4 mm masing-masing yaitu 365 N/mm² dan 447.5 N/mm². Setelah dilakukan pengujian tarik, maka dilakukan pengujian *bending* untuk mengetahui nilai *springback* yang dihasilkan. Hal ini dilakukan di Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang [5]. Pengujian dilakukan untuk masing-masing ketebalan pelat dengan jumlah bahan uji sebanyak 54 buah, dimana setiap variasi ketebalan pelat dilakukan tiga kali pengujian. Berdasarkan kekuatan *yielding* ketiga jenis ketebalan pelat bahan tersebut, maka nilai *springback* yang dihasilkan secara teoritis untuk pelat ketebalan 2 mm dengan menggunakan *punch* sudut 80° radius 2 mm yaitu:

$$\frac{R_i}{R_f} = 4\left(\frac{R_i Y}{ET}\right) - 3\left(\frac{R_i Y}{ET}\right) + 1 \frac{2}{R_f} = 4\left(\frac{2 \times 365}{200000 \times 2}\right) - 3\left(\frac{2 \times 365}{200000 \times 2}\right) + 1$$

$$R_f = 1.99636$$

$$\frac{\alpha_f}{\alpha_i} = \frac{(2R_i/T) + 1}{(2R_f/T) + 1} \quad \frac{\alpha_f}{80} = \frac{(2 \times 2/2) + 1}{(2 \times 1.99636/2) + 1}$$

$$\alpha_f = 80.097^\circ$$

$$\text{Springback} = \alpha_f - \text{Sudut Die}$$

$$\text{Springback} = 80.097^\circ - 90^\circ = -9.903^\circ$$

Berdasarkan hasil perhitungan *springback* diatas, maka hasil yang diperoleh untuk masing-masing ketebalan pelat yaitu:

Tabel 1. Nilai *Springback* yang dihasilkan Secara Teoritis pada Pelat Ketebalan 2 mm

Tebal Pelat 2 mm				
Radius <i>Punch</i> (mm)	Sudut <i>Punch</i> (°)	Sudut <i>Die</i> (°)	<i>Springback</i> Teoritis (°)	<i>Springback</i> Eksperimen (°)
2	80	90	-9.90	7.08
	85	90	-4.90	7.78
	90	90	0.11	5.97
4	80	90	-9.77	8.25
	85	90	-4.75	9.00
	90	90	0.26	6.72
6	80	90	-9.62	8.08
	85	90	-4.60	7.39
	90	90	0.42	7.42

Tabel 2. Nilai *Springback* yang Dihasilkan Secara Teoritis pada Pelat Ketebalan 4 mm

Tebal Pelat 4 mm				
Radius <i>Punch</i> (mm)	Sudut <i>Punch</i> (°)	Sudut <i>Die</i> (°)	<i>Springback</i> Teoritis (°)	<i>Springback</i> Eksperimen (°)
2	80	90	-9.96	-7.45
	85	90	-4.95	-5.06
	90	90	0.05	2.69
4	80	90	-9.88	-4.83
	85	90	-4.87	-5.33
	90	90	0.13	-2.00
6	80	90	-9.80	-2.86
	85	90	-4.79	-4.56
	90	90	0.23	1.03

Springback yang dihasilkan secara eksperimen untuk masing-masing variasi *punch* dan ketebalan pelat yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. *Springback* yang Terjadi dari Hasil *Bending* Pelat dengan *Punch Stroke* Maksimum 20 mm untuk Radius *Punch* 2 dan 4 mm.

Radius <i>Punch</i> (mm)	Tebal Pelat 2 mm			Tebal Pelat 4 mm		
	Sudut <i>Punch</i> (°)	<i>Springback</i> (°)	Beban (N)	Sudut <i>Punch</i> (°)	<i>Springback</i> (°)	Beban (N)
2	80	7.08	7533	80	-7.45	48167
	85	7.78	7533	85	-5.06	37567
	90	5.97	17267	90	2.69	15200
4	80	8.25	7300	80	-4.83	37467
	85	9.00	6667	85	-5.33	42333
	90	6.72	6403	90	-2.00	45133
6	80	8.08	7533	80	-2.86	35000
	85	7.39	7533	85	-4.56	44833
	90	7.42	8467	90	1.03	33800

Selain nilai *springback* dari hasil pengujian *bending*, diperoleh juga besar gaya pembebanan yang dibutuhkan terhadap ketebalan pelat untuk masing-masing variasi *punch*. Adapun hasilnya yaitu sebagai berikut:

Tabel 5. Hubungan Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dengan Beban yang Terjadi untuk Sudut *Punch* 80°.

Radius <i>Punch</i> (mm)	Tebal Pelat 2 mm			Tebal Pelat 4 mm		
	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Springback</i> (°)	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Springback</i> (°)
2	4	3100	7.08	4	8400	-7.45
	8	3800		8	10600	
	12	4200		12	10600	
	16	4300		16	10600	
	20	7500		20	48900	
4	4	3300	8.25	4	8500	-4.83
	8	4100		8	10300	
	12	4500		12	10900	
	16	4600		16	10900	

61 Rusdi Nur, Muhammad Arsyad Suyuti, Muh. Reza B, Misbahuddin. Pengaruh Sudut Punch dan Ketebalan Pelat terhadap Springback pada Bending V

	20	7500		20	35400	
6	4	3500	8.08	4	8400	-2.86
	8	4000		8	10000	
	12	4200		12	10800	
	16	4200		16	10800	
	20	7200		20	36700	

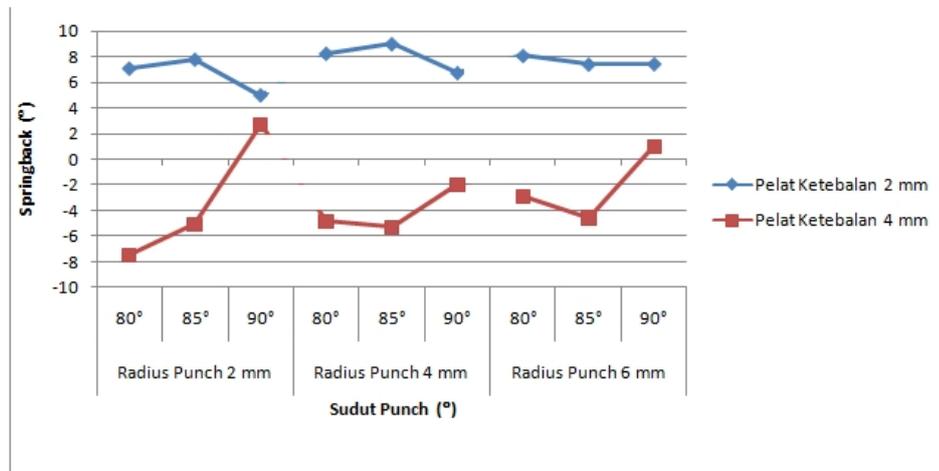
Tabel 6. Hubungan Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dengan Beban yang Terjadi untuk Sudut *Punch* 85°.

Radius <i>Punch</i> (mm)	Tebal Pelat 2 mm			Tebal Pelat 4 mm		
	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Sprinback</i> (°)	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Springback</i> (°)
2	4	3000	7.78	4	8300	-5.06
	8	3600		8	10500	
	12	4100		12	11500	
	16	4600		16	11600	
	20	8400		20	50800	
4	4	3000	9.0	4	8700	-5.33
	8	3800		8	10200	
	12	4100		12	10700	
	16	4300		16	10700	
	20	5000		20	46000	
6	4	3000	7.39	4	8700	-4.56
	8	3600		8	10400	
	12	4000		12	11100	
	16	4100		16	11100	
	20	7400		20	44100	

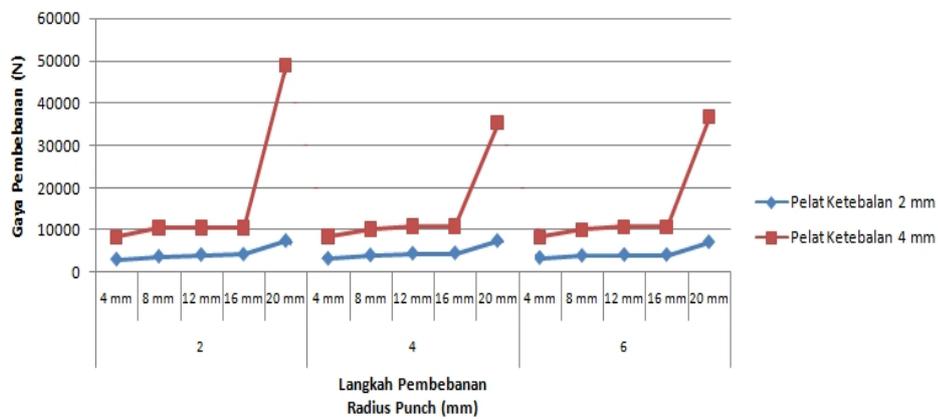
Tabel 7. Hubungan Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dengan Beban yang Terjadi untuk Sudut *Punch* 90°

Radius <i>Punch</i> (mm)	Tebal Pelat 2 mm			Tebal Pelat 4 mm		
	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Sprinback</i> (°)	<i>Punch Stroke</i> (mm)	Beban (N)	<i>Springback</i> (°)
2	4	3100	5.97	4	8500	2.69
	8	3800		8	10400	
	12	4200		12	11200	
	16	4200		16	11300	
	20	18600		20	20200	
4	4	2900	6.72	4	8700	-2.00
	8	2600		8	10300	
	12	3100		12	10900	
	16	3200		16	24000	
	20	13100		20	45000	
6	4	3400	7.42	4	8700	1.03
	8	4200		8	10500	
	12	4700		12	11400	
	16	4800		16	11700	
	20	8500		20	34100	

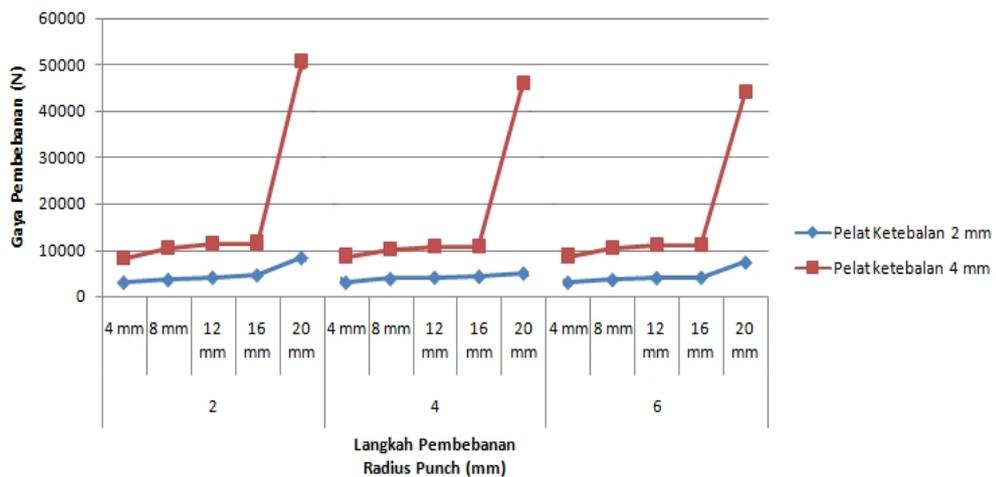
Hasil yang diperoleh dari pengujian *Bending* dibuat dalam bentuk grafik garis sebagai berikut:



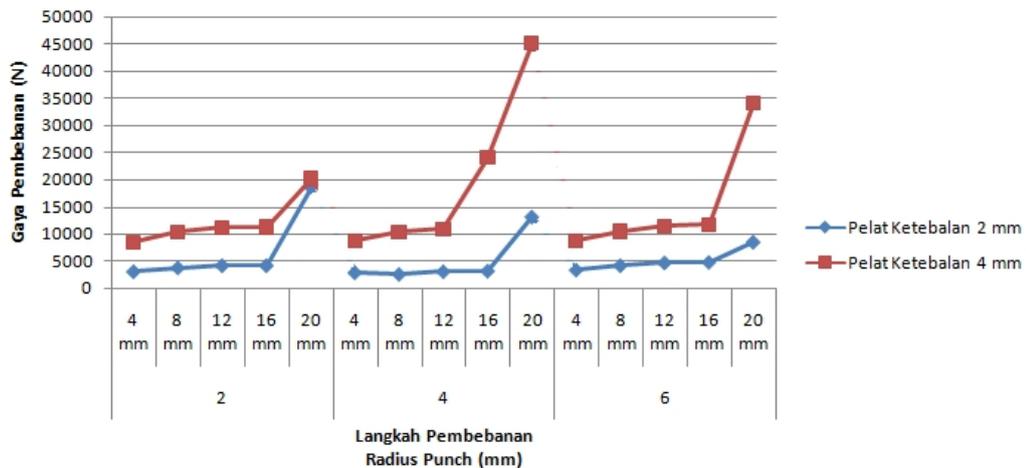
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Sudut *Punch* dengan *Springback* untuk Masing-Masing Radius *Punch*



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dan Gaya Pembebanan pada *Punch* Sudut 80° untuk berbagai Jenis ketebalan Pelat



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dan Gaya Pembebanan pada *Punch* Sudut 85° untuk berbagai Jenis ketebalan Pelat



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Panjang Langkah (*Punch Stroke*) dan Gaya Pembebanan pada *Punch* Sudut 90° untuk berbagai Jenis ketebalan Pelat

B. Pembahasan

Data pada tabel 4 pada radius *punch* 2 mm ketebalan pelat 2 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 7.08°; 7.78°; dan 5.97°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil dimana *springback* yang terjadi positif. Pada radius *punch* 2 mm ketebalan pelat 4 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar -7.45°; -5.06°; dan 2,69°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif dan positif. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif.

Data pada tabel 4 pada radius *punch* 4 mm ketebalan pelat 2 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 8.25°; 9.00°; dan 6.72°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi positif. Pada radius *punch* 4 mm ketebalan pelat 4 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar -4.83°; -5.33°; dan -2,00°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif.

Data pada tabel 4 pada radius *punch* 6 mm ketebalan pelat 2 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar 8.08°; 7.39°; dan 7.42°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi positif. Pada radius *punch* 6 mm ketebalan pelat 4 mm dengan sudut 80°, 85°, dan 90° diperoleh sudut *springback* secara berturut-turut sebesar -2.86°; -4.56°; dan 1.03°. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka sudut *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif dan positif. Berdasarkan gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung kecil, dimana *springback* yang terjadi negatif dan positif.

Tabel 5, 6, dan 7 serta gambar 2, 3, dan 4 menunjukkan hubungan antara panjang langkah *punch* (*punch stroke*) terhadap beban. Pada sudut *punch* 80°, 85° dan 90° terlihat bahwa pengaruh radius *punch* tidak signifikan terhadap perubahan beban pada saat proses penekukan dan beban hanya banyak dipengaruhi oleh ketebalan pelat. Semakin tebal pelat maka semakin besar beban yang didapatkan. Demikian pula setiap penambahan panjang langkah *punch* menunjukkan bahwa beban juga semakin

bertambah dan beban maksimum proses *bending* terjadi pada saat langkah pembendingan mencapai 20 mm. Beban maksimum pada langkah penekukan 20 mm ini bukan merupakan kekuatan *bending* maksimum pelat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data hasil eksperimen *bending-V* pelat dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang dihasilkan cenderung semakin kecil dan semakin tebal pelat maka *springback* yang dihasilkan cenderung semakin kecil, dimana *springback* terkecil diperoleh pada tebal pelat 4 mm dengan sudut *punch* 90° radius 6 mm diperoleh 1.03°.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Kazan, M. Firat, and A. E. Tiryaki, "Prediction of springback in wipe-bending process of sheet metal using neural network," *Materials & design*, vol. 30, no. 2, pp. 418–423, 2009.
- [2] S. GmbH. and S. GmbH, *Metal forming handbook*. Springer Science & Business Media, 1998.
- [3] A. M. Zulfikar, "Rancang Bangun Alat Bending Pelat dengan Sistem Hidrolik," makassar, 2013.
- [4] Z. Damián-Noriega, R. Pérez-Moreno, S. A. Villanueva-Pruneda, V. M. Domínguez-Hernández, J. P. A. Puerta-Huerta, and C. Huerta-Muñoz, "A new equation to determine the springback in the bending process of metallic sheet," in *ICCES: International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences*, 2008, vol. 8, no. 1, pp. 25–30.
- [5] M. A. Suyuti, "Perancangan Alat dan Perkakas Bantu Produksi II," makassar, 2007.