

PENGARUH GEOMETRI PUNCH TERHADAP *SPRINGBACK* PADA PROSES *AIR BENDING* UNTUK MATERIAL BAJA KARBON RENDAH St. 37

Muhammad Arsyad Suyuti¹⁾, Rusdi Nur²⁾, Muh. Iswar³⁾
^{1,2,3)} Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Bending is a very basic metal forming process that is generally used to form components or products from sheet metal plates in the manufacturing industry such as in the production of cars, airplanes, home furnishings and electronic components. The bending process consists of three types, namely air bending, wipe die bending and V-die bending. In the bending process to achieve the desired bending angle, there is a springback phenomenon that needs special attention. The purpose of this study was to analyze the effect of punch geometry on springback in the air bending process. The sheet metal material used is low carbon steel St. 37 thickness of 3 mm. The punch geometry that is varied is the punch angle 85°, 87.5°, and 90° while the punch radius is 1.0 mm, 1.5 mm and 2.0 mm. The constant parameters are air bending V-die angle 85°, die groove width 33 mm and punch stroke 14.5 mm. In this experiment using universal testing machine (UTM) which functions as a press machine. The results showed that the more punch angles increased, the springback increased. Springback values obtained for all variations of the punch geometry parameters are 0.14° to 6.75°. The best springback is obtained at a punch angle of 87.5° and a punch radius of 1.5 mm with the resulting springback of 4.83° so that the bending angle formed is 89.83° thus the difference with the desired bending angle (90°) is -0.17.

Keywords: *Springback*, air bending, *punch angle*, *punch radius*, *sheet metal* and *low carbon steel*

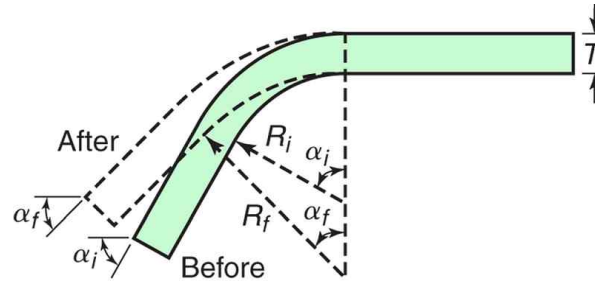
1. PENDAHULUAN

Sheet metal forming merupakan salah satu metode klasik dan tradisional pada pengerjaan logam dalam proses manufaktur yang digunakan secara luas dalam industri pabrikan logam dan salah satu diantaranya adalah proses *bending*. *Bending* adalah proses *metal forming* yang sangat dasar dan umumnya digunakan untuk komponen dari lebaran pelat. Sehingga *bending* juga merupakan proses penting dalam industri manufaktur yang banyak diterapkan dalam produksi mobil, pesawat terbang dan komponen elektronik [1]. Proses *bending* terdiri dari tiga tipe yaitu *air bending*, *wipe die bending* dan *V-die bending*. *Air bending* yang juga dikenal sebagai pembengkokan bebas adalah cara yang paling umum untuk membengkokkan lembaran logam karena fleksibilitasnya. Dalam *air bending*, sudut *bending* dibentuk dengan mengarahkan *punch* ke lembaran logam dan dibentuk oleh cetakan *die* yang terbuka [2]

Dalam proses bending khususnya proses *air bending* terdapat fenomena yang berpengaruh terhadap sudut *bending* pelat setelah gaya tekuk *punch* dilepaskan dimana sudut bending dapat terjadi perubahan menjadi lebih besar atau lebih kecil dari yang diharapkan yang biasa disebut *springback* [3]. Sedangkan menurut Ali Jabbari mengatakan bahwa *springback* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pemulihan elastis lembaran logam setelah operasi pembengkokan selesai [4]. *Springback* dapat didefinisikan sebagai perubahan bentuk yang digerakkan secara elastis karena adanya deformasi yang terjadi selama pelepasan beban eksternal. Ini adalah fenomena fisik yang kompleks terutama diatur oleh kondisi tegangan yang diperoleh pada akhir deformasi [5]. Dalam membending material pelat *springback* merupakan hal yang sangat penting diperhatikan karena akan berpengaruh pada sudut bending yang dihasilkan. *Springback* yang terjadi pada setiap proses *bending* akan berbeda-beda tergantung karakteristik jenis material yang dibending. Oleh karena itu dalam proses *bending* untuk mendapatkan sudut *bending* sesuai yang diinginkan maka parameter-parameter dalam proses *bending* termasuk geometri *punch* dan *die* perlu dirancang dengan baik. Sehingga dalam *sheet metal forming* prediksi *springback* adalah persoalan yang sangat serius. Menurut Kumar. A terdapat banyak parameter yang mempengaruhi *springback* diantaranya sifat mekanik material, ketebalan lembaran pelat, sudut *punch*, radius *punch*, radius *die*, sudut *die* dan clearance antara *punch* dan *die*. Yang dimaksud sifat mekanik yaitu kekuatan tarik maksimum, elastisitas, dan kekerasan bahan [6]. Sedangkan menurut M.S. Buang parameter proses bending yang berpengaruh terhadap *springback* yaitu radius *die*, radius *punch*, lebar alur V *die* dan langkah *punch* pada berbagai variasi sudut tekuk [1].

¹ Korespondensi penulis: Muhammad Arsyad Suyuti, Telp. 081341573347, muhammadarsyadsuyuti@poliupg.ac.id

Karena *springback* merupakan parameter penting dalam perancangan perkakas dan mendapatkan geometri bagian yang diinginkan, sehingga prediksi *springback* adalah masalah yang cukup besar dalam pembentukan lembaran logam. Meskipun *springback* terjadi pada semua proses penekukan, namun yang paling mudah diamati adalah pada hasil penekukan. *Springback* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [7]:



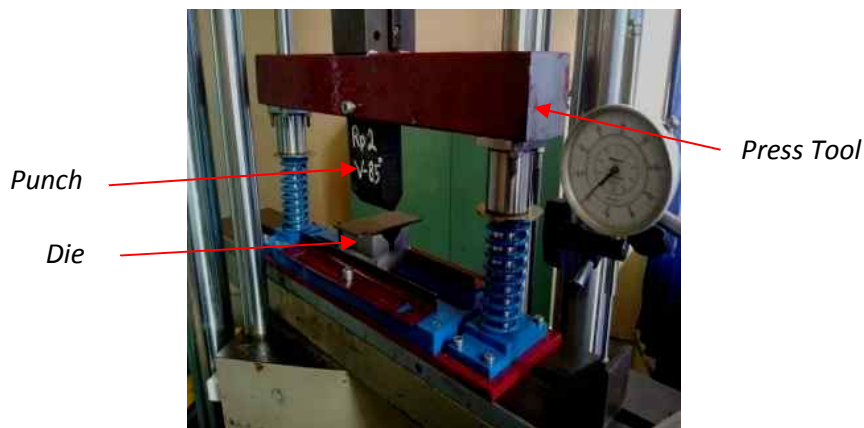
Gambar 1. *Springback* pada *Bending*

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

Dimana: α_f = sudut pada pelat yang ditekuk ($^\circ$), α_i = sudut *die* ($^\circ$), R_f = radius pada pelat (mm), R_i = radius *punch* (mm), Y = kekuatan ulur (N/mm^2), E = modulus elastisitas (MPa), T = tebal pelat (mm).

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini eksperimen dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Bahan dan Metrologi Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) Merek Galdabini Type PM 100 dengan kapasitas beban maks. 100 KN. Mesin UTM berfungsi sebagai mesin press untuk menekan *press tool*. Radius *punch* dan sudut *punch* yang dipasang pada *press tool* bervariasi. Pada gambar 2 berikut ini menunjukkan eksperimen proses tekuk dapat yang dilakukan:



Gambar 2. Eksperimen menggunakan *press tool* yang dipasang pada mesin UTM

Logam yang digunakan pada eksperimen ini yaitu jenis baja karbon rendah St.37. Adapun sifat mekanis material pelat baja karbon rendah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2 berikut ini:

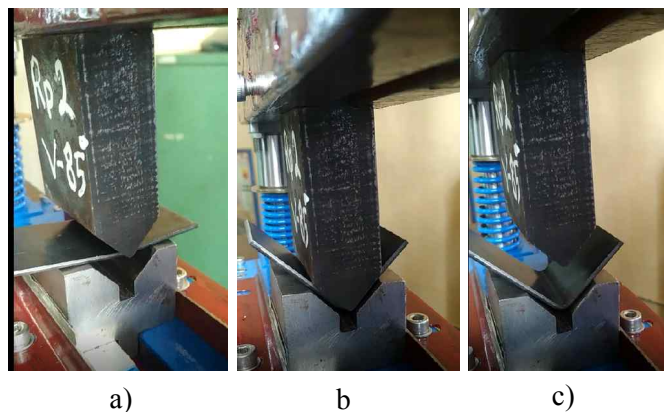
Table 2. Sifat mekanis baja karbon rendah St. 37

Kuat Tarik (N/mm^2)	Batas Ulur (N/mm^2)	Regangan (%)
389.33	322.66	31.25

Variasi parameter proses penekukan yang digunakan dalam eksperimen dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Variasi parameter dalam eksperimen

Parameter Yang Digunakan Dalam Eksperimen		
Parameter konstan		
Lebar pelat	Ws (mm)	60
Panjang garis tekuk pelat	Ls (mm)	60
Tebal pelat	Ts (mm)	3.0
Lebar die	Wd (mm)	33
Langkah punch	(mm)	14.5
Sudut die (V bending air)	(°)	85
Parameter tidak konstan		
Sudut punch	(°)	85°, 87.5°, 90°
Radius punch	rp (mm)	1.0, 1.5, 2.0

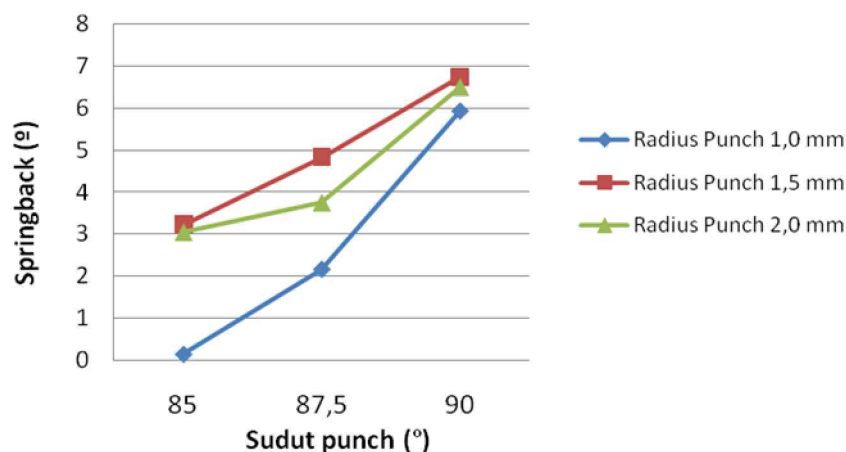


Gambar 3. Proses Air Bending: a) Awal pembebanan, b) Akhir pembebanan, c) Setelah pembebanan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Sudut Punch

Grafik pada gambar 4 berikut ini menunjukkan pengaruh sudut punch terhadap springback hasil eksperimen pada proses bending air menggunakan pelat baja karbon St. 37 ketebalan 3.0 mm dan garis bending 60 mm.



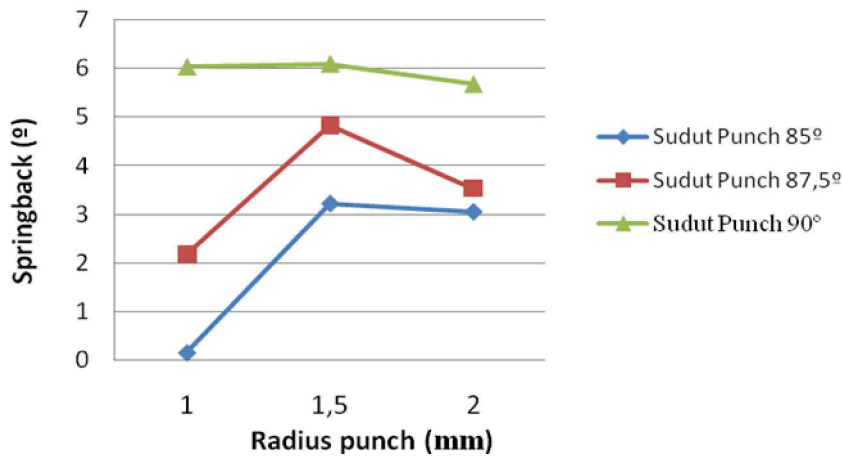
Gambar 4. Pengaruh sudut punch terhadap springback

Dari grafik hubungan sudut punch dengan springback pada gambar 4 diatas memperlihatkan bahwa semakin besar sudut punch maka springback yang terjadi juga semakin besar. Dalam eksperimen ini sudut die bending air konstan yaitu 85° dan sudut bending diharapkan tercapai yaitu 90°. Nilai springback terkecil diperoleh

pada sudut *punch* 85° dan radius *punch* 1.0 mm sedangkan nilai *springback* terbesar diperoleh pada sudut *punch* 90° dan radius *punch* 1.5 mm. Besar nilai *springback* yang dicapai pada semua variasi parameter geometri *punch* yaitu 0.14° s.d 6.75°. Sudut *bending* terbaik yang mendekati 90° diperoleh pada sudut *punch* 87.5° dan radius *punch* 1.5 mm dengan *springback* 4.83° sehingga sudut *bending* yang terbentuk 89.83° dan penyimpangan sudut *bending* yang terjadi sebesar -0.17°.

3.2. Pengaruh Radius *Punch*

Sedangkan grafik pada gambar 5 berikut ini menunjukkan pengaruh radius *punch* terhadap *springback* hasil eksperimen *bending air* pada material pelat baja karbon St. 37 dengan tebal 3.0 mm dan garis *bending* 60 mm.



Gambar 5. Pengaruh radius *punch* terhadap *springback*

Sedangkan berdasarkan grafik hubungan radius *punch* dengan *springback* pada gambar 5 diatas memperlihatkan bahwa kecenderungan nilai *springback* terbesar terjadi pada radius *punch* 1.5 mm sedangkan radius *punch* 1.0 mm dan 2.0 mm menghasilkan *springback* cenderung lebih kecil dibandingkan dengan radius *punch* 1.5 mm. Nilai *springback* yang dihasilkan untuk semua variasi parameter *punch* yaitu 0.14° s.d 6.75°. Sudut *bending* terbaik diperoleh pada sudut *punch* 87.5° dan radius 1.5 mm dengan *springback* 4.83°, sudut *bending* yang terbentuk 89.83° dan penyimpangan sudut *bending* yang terjadi sebesar -0.17°.

Pada eksperimen sebelumnya Muhammad Arsyad Suyuti dkk. dengan memvariasikan parameter: sudut *punch* 80°, 85°, dan 90°, radius *punch* 2.0 mm, 4.0 mm dan 6.0 mm, *die* tipe *bottoming* dengan sudut 90°, jenis material pelat St. 52 ketebalan 6 mm dihasilkan *springback* yang umumnya negatif dengan nilai -9.97° s.d 0.14° [8]. Pada penelitian lainya Muhammad Arsyad Suyut dkk dengan parameter *punch* dan *die* yang sama, namun jenis dan tebal material berbeda yaitu material pelat baja karbon St.60 (kuat tarik maks, 608.750 MPa, tebal 4.0 mm) *springback* yang terjadi umumnya negatif berarti sudut *bending* yang terbentuk kurang dari 90° dan terdapat beberapa parameter *springback* yang dihasilkan positif yang berarti sudut *bending* yang terbentuk lebih besar dari 90° [9]. Dan yang terakhir Muhammad Arsyad Suyuti dkk melakukan penelitian untuk jenis material baja ASTM A36 (kuat tarik maks. 416.062 Mpa) ketebalan 2.0 mm dengan parameter proses *bending* yang sama diatas maka diperoleh besar *springback* hasil *bending* yang terjadi sebesar 5.97° s.d 8.25° [10]. Hasil penelitian tersebut mengkonfirmasi beberapa jurnal yang menyebutkan bahwa beberapa faktor yang berpengaruh terhadap *springback* diantaranya sudut *punch* dan radius *punch* serta faktor-faktor lainnya seperti sudut *die*, radius *die*, jenis material dan ketebalan pelat [1, 6, 11 &12,]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis sudut *bending* pada eksperimen ini, maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Geometri *punch* baik sudut *punch* maupun radius *punch* berpengaruh signifikan terhadap *springback* hasil pembending pelat.
2. Hasil eksperimen *air bending* ini untuk sudut *die* 85°, panjang langkah 14.5 mm dan material baja St. 37 ketebalan 3 mm menunjukkan bahwa semakin besar sudut *punch* maka *springback* yang terjadi cenderung semakin besar pula.

3. Sudut hasil *bending* yang mendekati sudut 90° diperoleh pada sudut *punch* 87.5° dan *radius* 1.5 mm dengan yang terjadi *springback* sebesar 4.83° sehingga sudut *bending* yang terbentuk $89,83^\circ$ dengan penyimpangan sudut *bending* sebesar -0.17° .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Buang MS, Abdullah SA, Saedon J. Effect of die and punch radius on springback of stainless steel sheet metal in the air v-die bending process. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. 2015 Jun;8:1322-31.
- [2] Gupta TR, Payal HS. Effect of Die and Punch Geometry on Spring Back in Air Bending of Electroalvanized CR4 Steel. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2017;12(11):2792-7.
- [3] Kazan R, Fırat M, Tiryaki AE. Prediction of springback in wipe-bending process of sheet metal using neural network. *Materials & design*. 2009 Feb 1;30(2):418-23.
- [4] JABBARIa AL, SHOKOOHI SS. SPRINGBACK REDUCTION IN SHEET METAL BENDING PROCESS. *Indian J. Sci. Res*. 2014;1(2):400-3.
- [5] Samuel M. Experimental and numerical prediction of springback and side wall curl in U-bendings of anisotropic sheet metals. *Journal of Materials Processing Technology*. 2000 Sep 29;105(3):382-93.
- [6] Kumar A, Viswanath P, Mahesh K, Swati M, Kumar PM, Abhijit A, Singh S. Prediction of springback in V-bending and design of dies using finite element simulation. *International Journal of Materials and Product Technology*. 2010 Jan 1;39(3-4):291-301.
- [7] Kalpakjian S. *Manufacturing Engineering & Technology Access Code*. Prentice Hall; 2009.
- [8] Suyuti MA, Nur R. The Influence of Punch Angle on the Spring Back during V-Bending of Medium Carbon Steel. In *Advanced Materials Research 2015 (Vol. 1125, pp. 157-160)*. Trans Tech Publications.
- [9] Suyuti MA, Nur R, Iswar M. SPRINGBACK HASIL PROSES TEKUK BENTUK “V” “PELAT BAJA KARBON St. 60 KETEBALAN 4 mm. In *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2018 Dec 30*.
- [10] Suyuti MA, Iswar M, Nur R. Effect of Punch Parameters on Springback for Mild Carbon Steel in A V-Shape Bending Process. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019 Jun (Vol. 541, No. 1, p. 012015)*. IOP Publishing.
- [11] Ng CH, Lai CF, Yahaya SN, Shamsudin S, Ahmad SN, Sharrifuddin F. Effect of initial blank temperature in hot press forming towards 22MnB5 springback failure. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*. 2019 Jun 28;13(2):5137-49.
- [12] Suyuti, M. A. (2015). Rancang Bangun Sempel *Press Tool* untuk *Bending V Bottoming*. *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, 13(2).

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada: 1). Kemenristekdikti atas dana desentralisasi program penelitian dan pengabdian masyarakat tahun 2019 yang telah diberikan. 2). Direktur dan Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memberikan kesempatan untuk mengikuti program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini. 3) Semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat memenuhi tujuan yang diharapkan dan dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, khususnya bagi industri yang banyak melakukan proses pabrikan untuk pembentukan logam (*metal forming*) khususnya proses bending. Akhirnya kepada Allah-lah kami serahkan semuanya, semoga segala aktivitas kita dinilai-Nya sebagai ibadah dan mendapatkan amal jariah dari-Nya. Amin !!!