Mekanika: Jurnal Teknik Mesin
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Volume 11, Nomor 2, Desember, 2025

PENENTUAN FAKTOR TEKUK K=0,4 UNTUK OPTIMALISASI PERHITUNGAN BLANK *V-BENDING* PELAT SPHC

Frid Forghanjaya[1], Priya Darmanto[2], Dwi Irawan[3], Asroni[4]
[1,2] Program Studi Teknologi Manufaktur, Politeknik Tunas Garuda
Kota Budaya Uluan Nughik, Tulang Bawang Barat, Lampung.
[3,4] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro
Jl. Ki Hajar Dewantara No.116, Iringmulyo, Metro Timur, Kota Metro, Lampung.
email: forghan@ptg.ac.id

ABSTRAK

Proses *V-bending* merupakan salah satu metode pembentukan pelat yang paling luas digunakan dalam industri manufaktur. Salah satu kendala yang sering ditemukan adalah ketidakakuratan dalam menentukan panjang bentangan awal (L_0), yang mengakibatkan deviasi dimensi produk setelah proses tekuk. Penelitian ini bertujuan menganalisis faktor tekuk (k) pelat SPHC pada 5 variasi ketebalan (1; 1,5; 2; 2,5 dan 3 mm) dan dua jenis lebar V-die (24 mm dan 40 mm) menggunakan mesin *hydraulic press brake* YSD PPTK 100/30 dengan metode *partial bending*. Parameter X dan Y ditentukan secara eksperimental untuk menghasilkan sudut tekuk 90° dan dimensi kanal U 30×60×30 mm. Nilai k dihitung berdasarkan rumus panjang bentangan awal. Hasil menunjukkan bahwa nilai k berada pada kisaran 0,37–0,45, dengan nilai optimum 0,4. Pengaruh ketebalan material terhadap k relatif kecil, sedangkan pengaruh lebar V-die lebih signifikan terhadap radius dalam. Penelitian ini memberikan referensi faktor tekuk k yang lebih akurat untuk meningkatkan presisi proses bending pelat SPHC.

Kata kunci: *V-bending, faktor tekuk, SPHC, lebar V-die, partial bending*

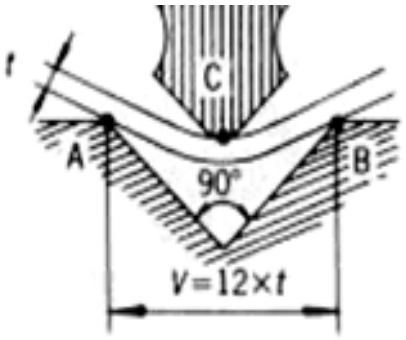
PENDAHULUAN

V-bending adalah proses fundamental dalam manufaktur *sheet metal*. Namun, penentuan panjang *blank* awal yang akurat tetap menjadi tantangan industri. Ketidakakuratan perhitungan sering memaksa operator melakukan *trial and error* , yang membuang waktu dan material, sehingga menurunkan efisiensi produksi. Akurasi perhitungan *blank* bergantung pada faktor tekuk (k). Namun, literatur memberikan nilai 'k' yang sangat bervariasi. Eary dan Reed, merekomendasikan nilai 0,4 [1], sedangkan sumber lain, Pahole, menyarankan 0,33 [2]. Beberapa sumber lain memberikan nilai k mengacu pada rasio radius terhadap tebal pelat. Produsen mesin press Aida dan Vukota, memberikan rentang yang lebih luas antara 0,32 hingga 0,475 [3] dan antara 0,23 hingga 0,5 [4].

Nilai teoritis tersebut sering gagal di aplikasi nyata karena tidak memperhitungkan kondisi mesin spesifik, material SPHC yang umum, dan parameter proses di lantai produksi. Penelitian ini bertujuan menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik. Tujuan spesifiknya adalah mengetahui parameter bending (parameter X dan Y) yang tepat untuk pembuatan bentuk kanal U dan menentukan nilai k yang valid secara eksperimental untuk pelat SPHC pada 5 variasi ketebalan dan 2 jenis V-die, menggunakan mesin *hydraulic press brake* YSD PPTK 100/30. Kebaruan penelitian ini adalah penyediaan nilai faktor k eksperimental yang dapat

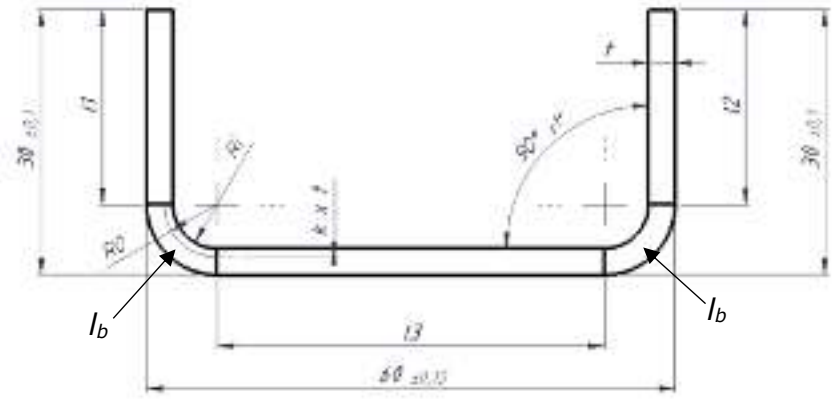
langsung diterapkan pada mesin spesifik untuk menghilangkan kebutuhan *trial and error* di lantai produksi. Penelitian sebelumnya menggunakan material St.37 dengan ketebalan 3, 4, 6, 8, dan 10 mm, serta lebar sampel 20, 40, dan 60 mm, menghasilkan kesimpulan bahwa untuk radius punch untuk R ≥ 6t, faktor tekuk adalah 0,5 dan tidak ada penipisan material pada semua spesimen uji. Sedangkan untuk radius punch R < 6t, faktor tekuk kurang dari 0,5 dan bervariasi tergantung pada rasio radius dalam benda kerja terhadap ketebalan material [5].

Proses *bending* pada penelitian ini menggunakan metode *partial bending*, dimana pada proses ini benda kerja bersinggungan dengan *punch* dan die hanya sebagian, yaitu pada tiga tempat saja [6]. Metode ini memungkinkan pembuatan benda kerja dengan sudut tekuk yang bervariasi meskipun menggunakan 1 jenis *punch* dan *die* saja. Dengan mengatur parameter Y mesin *hydraulic press brake* YSD PPTK 100/30 maka akan didapatkan sudut 90°±1°.



Gambar 1. Ilustrasi Proses *Partial Bending* [6]

Untuk mencari nilai faktor tekuk *k* digunakan benda uji hasil tekuk dengan ukuran seperti pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Gambar Kerja kanal U 30x60x30

Di awal, panjang bentangan (***Lo)*** dihitung menggunakan persamaan 1 dengan nilai faktor tekuk *k* mengacu pada Tabel 1 [3]:

$$L_0 = l_1+l_2+l_3+\pi\,(r_i+kt) \quad (1)$$

Dimana :

L_0 = panjang bentangan awal (mm)
l_1 = panjang flens 1(mm)
l_2 = panjang flens 2 (mm)
l_3 = panjang flens 3 (mm).

l_b= panjang bagian yang mengalami tekuk dengan radius R_0 (mm)
r_i = radius tekuk dalam (mm)
k = faktor tekuk mengacu Tabel 1
t = tebal pelat (mm)

Tabel 1. Nilai Faktor Tekuk *k* untuk sudut bending 90° pada material *mild steel* [3]

ri/ t	0.1	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
k	0.32	0.35	0.38	0.42	0.455	0.47	0.475

Besar r_0 merupakan besar r_i ditambah persentase jarak sumbu netral pada tebal material t, sehingga jika persentase jarak diwakili dengan ***k*** x ***t*** maka dapat ditulis persamaan berikut:

$$r_0 = r_i + k \text{ x } t \tag{2}$$

Selanjutnya nilai $\boldsymbol{l_b}$ dapat ditulis ke dalam persamaan 3 berikut:

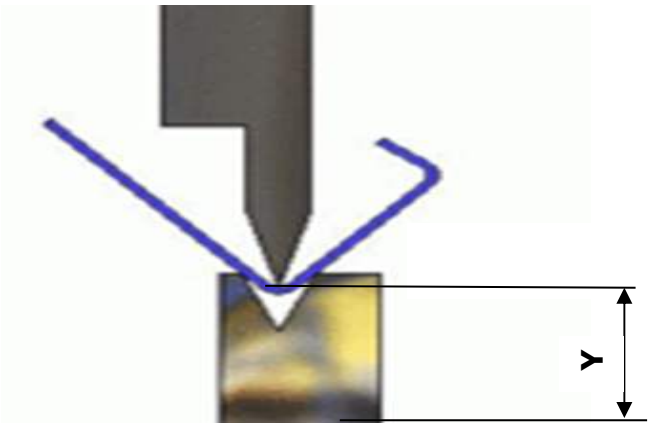
$$\boldsymbol{l_b} = ½ \text{ x } \pi \ (r_i + k \text{ x } t) \tag{3}$$

Mengacu persamaan 1, maka besar faktor tekuk ***k*** dapat dihitung dengan persamaan 4 di bawah ini :

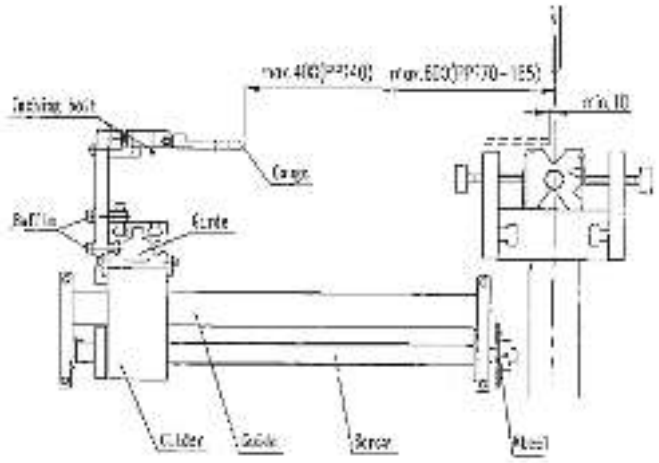
$$k = [\left\{ \frac{L0 - (l_1 + l_2 + l_3)}{\pi} \right\} - r_i] \text{ / t} \tag{4}$$

PROSEDUR EKSPERIMEN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Material uji adalah pelat SPHC (JIS G3131) dengan 5 variasi ketebalan (1, 1.5, 2, 2.5, dan 3 mm). Proses *V-bending* dilakukan menggunakan *Hydraulic Press Brake* YSD PPTK 100/30 dengan satu jenis *punch* (ujung punch memiliki radius R1) dan dua variasi lebar V-die (24 mm dan 40 mm). Dua jenis benda uji disiapkan untuk penelitian ini. Pelat berukuran 60x20xtebal digunakan untuk mencari parameter Y, yang ditentukan secara eksperimental untuk menghasilkan sudut tekuk 90°±1°. Memakai nilai parameter Y dan benda uji berukuran sama, dicari nilai parameter X secara eksperimental untuk menghasilkan benda uji dengan sudut tekuk 90°±1° dan jarak 30±0,1mm.

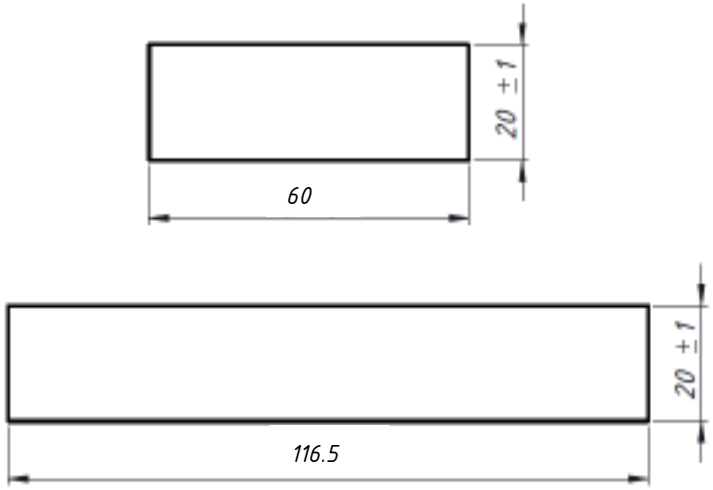


Gambar 3. Ilustrasi parameter Y yang mengatur gerakan turunnya punch.



Gambar 4. Ilustrasi sistem pengaturan *backgauge* pada mesin YSD [7]

Setelah diperoleh nilai parameter Y dan X, dilakukan proses *V-bending* memakai parameter tadi untuk membuat bentuk kanal U 30x60x30mm. Proses ini memakai benda uji ke-2 berupa pelat berukuran 116,5x20xtebal. Pengukuran sudut diukur menggunakan *bevel protractor*, dimensi benda uji memakai caliper, dan ukuran radius dalam (*ri*) diukur menggunakan *radius gage*.



Gambar 5. Pelat benda uji (a) Untuk proses mencari parameter X&Y (b) Untuk proses mencari nilai faktor tekuk *k*

Perhitungan faktor tekuk (*k*) dilakukan setelah diperoleh benda uji dengan semua ukuran yang diperlukan yaitu dimensi *L1, L2, L3*, dan r_i dengan besar sudut 90° ± 1°. Menggunakan data–data tadi dan persamaan 2, maka dapat dihitung dan ditentukan nilai faktor tekuk (*k*) yang tepat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Y harus ditentukan di awal proses tekuk karena menentukan besar sudut tekuk yang dihasilkan. Faktor ketebalan pelat dan lebar V-*die* yang digunakan akan mempengaruhi besar parameter Y. Agar diperoleh sudut tekuk yang presisi yaitu 90°±1°, maka dilakukan pengujian untuk nilai parameter Y dengan interval 0,1mm. Tabel 2 menampilkan nilai parameter Y terpilih untuk membuat sudut tekuk 90°±1°.

Tabel 2. Nilai Parameter Y untuk membuat sudut 90°±1° pada 5 ketebalan pelat dan 2 jenis lebar V-Die

No.	*Tebal Pelat*	*Lebar V-Die 24mm*		*Lebar V-Die 40mm*	
		Parameter Y	*Sudut tekuk (°)*	*Parameter Y*	*Sudut tekuk (°)*
1	1 mm	80,9	89,75	72,4	90,08
2	1,5 mm	81,8	90,0	73,8	89,83
3	2 mm	82,3	90,25	74,3	90,0
4	2,5 mm	83,4	90,08	75,8	90,0
5	3 mm	83,8	89,75	76,5	89,83

Parameter X berfungsi untuk menentukan jarak bending yang dihasilkan. Setelah didapatkan nilai Y optimal, maka parameter X yang tepat untuk suatu jarak tekuk baru dapat dicari. Dimensi hasil bending berukuran 30mm dijadikan acuan dalam pengujian untuk mendapatkan parameter X yang optimal. Data-data pengujian untuk menemukan parameter X terangkum dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Nilai Parameter X untuk membuat hasil tekuk berdimensi 30mm pada 5 ketebalan pelat dan 2 jenis lebar V-Die

No.	*Lebar V-Die*	*Tebal Pelat*	*Parameter Y*	*Sudut tekuk (°)*	*Parameter X*	*Dimensi bending (mm)*	*Koreksi*
1	24 mm	1 mm	80,5	90,0	29,2	30,00	-0,8
2	24 mm	1,5 mm	81,8	89,92	28,9	30,00	-1,1
3	24 mm	2 mm	82,3	90,25	28,8	30,00	-1,2
4	24 mm	2,5 mm	83,4	89,83	28,2	30,06	-1,8
5	24 mm	3 mm	83,8	89,58	27,9	30,02	-2,1
6	40 mm	1 mm	72,6	89,75	28,7	30,04	-1,3
7	40 mm	1,5 mm	73,8	89,42	28,3	30,02	-1,7
8	40 mm	2 mm	74,4	90,42	28,2	29,96	-1,8
9	40 mm	2,5 mm	75,5	90,5	27,9	30,04	-2,1
10	40 mm	3 mm	76,5	90,0	27,3	30,02	-2,7

Kolom *Koreksi* pada tabel di atas menunjukkan selisih antara nilai parameter X dikurangi besar dimensi L_1 yang diinginkan (30 mm). Nilai ini selanjutnya dapat digunakan sebagai referensi awal untuk menentukan besar parameter X untuk pengerjaan dengan dimensi L_1 yang berbeda.

Setelah diperoleh parameter Y dan X yang optimal, dilanjutkan pembuatan benda uji berbentuk kanal U 30x60x30mm seperti pada Gambar 2 menggunakan variasi panjang bentangan awal L_0. Dari hasil pengujian tersebut dicatat nilai L_1, L_2, L_3, r_i, kemudian dihitung besar faktor tekuk *k* yang terjadi. Berikut ini adalah contoh perhitungan faktor tekuk *k* salah satu benda uji menggunakan persamaan 4 untuk tebal pelat 1mm dan lebar V-die 24mm :

L_0 = panjang bentangan awal = 116,7 mm.
r_i = radius tekuk dalam = 3,15 mm

t = tebal pelat = 1,1 mm (aktual)
L_1 = panjang hasil tekuk 1 = 30,2 mm (hasil pengukuran)
L_2 = panjang hasil tekuk 2 = 30,2 mm (hasil pengukuran)
L_3 = panjang hasil tekuk 3 = 61,8 mm (hasil pengukuran)
$l_1 = l_2$ = panjang flens 1
= L_1 - r_i - t
= 30,2-3,15-1,1 = 25.95 mm
l_3 = panjang flens 3
= L_3 - $2r_i$ – 2t
= 61,8 – 2x3,15 – 2x1,1
= 61,8 – 6,3 – 2,2 = 53,3mm

maka besar faktor k adalah

$$k = [\left\{\frac{L_0 - (l_1+l_2+l_3)}{\pi}\right\} - r_i] \text{ / t}$$

$$= [\left\{\frac{116,7 - (25,95+25,95+53,3)}{\pi}\right\} - 3,15] \text{ / } 1,1$$

$$= 0,46$$

Dalam penelitian ini terdapat 10 kelompok untuk 5 ketebalan pelat dan 2 jenis lebar V-die, dimana tiap kelompok dilakukan pengujian 3kali. Memakai cara perhitungan yang sama maka untuk kelompok tebal pelat 1mm dan lebar V-die 24mm diperoleh besar faktor tekuk *k* seperti pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Perhitungan faktor tekuk *k* untuk proses tekuk 90° pada lebar V-*die* 24 mm dan tebal pelat 1 mm

No Benda Uji	*Lo (mm)*	*Sudut tekuk 1(°)*	*Sudut tekuk 2(°)*	L_1 *(mm)*	L_2 *(mm)*	L_3 *(mm)*	r_i *(mm)*	*k*
1	116,7	90,08	90,25	30,2	30,2	61,8	3,15	0,46
2	116,4	90,42	90,17	30,0	30,1	62,2	3,15	0,35
3	116,5	89,00	89,50	30,2	30,0	61,7	3,15	0,49
						Nilai rata-rata *k*		0,44

Demikian pula dilakukan cara perhitungan yang sama untuk ketebalan pelat yang lain dengan variasi lebar v-*die* 24 mm dan 40 mm, sehingga dihasilkan 6 buah faktor tekuk *k* seperti pada Tabel 5. Diperoleh nilai faktor tekuk berkisar 0,37 sampai 0,44 untuk lebar V-die 24mm, sedangkan lebar V-die 40mm berkisar 0,37 sampai 0,45. Hal ini menunjukkan lebar V-die tidak berpengaruh terhadap nilai faktor tekuk *k*. Pada penelitian ini diperoleh nilai rata-rata faktor tekuk sebesar 0,4.

Pada Tabel 5 telah dicatat juga nilai r_i (radius dalam) pada proses pengujian ini yang besarnya berkisar 3,15 sampai 3,75mm untuk lebar V-die 24mm. Sementara nilai r_i untuk lebar 40mm berkisar antara 5,4 sampai 6,25mm. Data tidak membentuk trend mengikuti ketebalan pelat. Hal tersebut menunjukkan besar radius dalam hasil tekuk memakai punch yang sama tidak dipengaruhi oleh ketebalan pelat, namun nilainya dipengaruhi oleh lebar V-die yang

digunakan. Menggunakan 2 jenis lebar V-die terlihat bahwa semakin besar lebar V-die maka semakin besar radius dalam yang terbentuk hasil proses V bending.

Tabel 5. Nilai Faktor Tekuk *k* Untuk Proses Tekuk 90° Pada Lebar V-*Die* 24 mm Dan 40 mm Untuk 5 Jenis Ketebalan Pelat

No.	*Tebal pelat (mm)*	*V-Die 24*			*V-Die 24*		
		r_i *(mm)*	r_i */t*	*k*	r_i *(mm)*	r_i */t*	*k*
1	1	3,15	3,15	0,44	5,65	5,65	0,45
2	1,5	3,6	2,40	0,37	5,75	3,83	0,43
3	2	3,35	1,68	0,38	5,95	2,98	0,37
4	2,5	3,4	1,36	0,40	5,4	2,16	0,41
5	3	3,75	1,25	0,41	6,25	2,08	0,40
			k rata-rata V-die 24 =	0,40		*k rata-rata V-die 40 =*	0,41
	k rata-rata V-die 24 dan 40 =					0,4	

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil menentukan parameter proses dan faktor tekuk (*k*) untuk *V-bending* pelat SPHC pada *Hydraulic press brake* YSD PPTK 100/30. Berikut adalah kesimpulan penelitian ini :

1) Parameter Y dan X memerlukan kalibrasi spesifik untuk tiap ketebalan pelat dan lebar V-die, dimana data referensinya telah didapat untuk 5 ketebalan dan 2 jenis V-die.
2) Temuan paling signifikan untuk nilai faktor tekuk (*k*) yang direkomendasikan adalah 0,4. Nilai ini terbukti konsisten dan tidak banyak dipengaruhi oleh variasi ketebalan pelat (1-3 mm) dan lebar V-die (24 & 40 mm) dalam penelitian ini.
3) Lebar V-die berpengaruh signifikan terhadap radius dalam (r_i) yang dihasilkan.

Temuan ini dapat diterapkan di industri untuk menghilangkan proses *trial and error* dalam penentuan panjang *blank* , sehingga meningkatkan efisiensi produksi. Penelitian lanjutan disarankan untuk rentang ketebalan pelat yang lebih besar dan material selain SPHC.

REFERENSI

[1] D. F. Eary and E. A. Reed, *Techniques of Pressworking Sheet Metal: An Engineering Approach to Die Design*, 2nd ed. Prentice Hall, 1974.

[2] J. B. I. Pahole, S. Bonifarti, M. Ficko, B. Vaupotic, S. Kovacic, “Bending of sheet metal of complicated shapes (for 90o angle and more) in combined tools,” *J. Achiev. Mater. Manuf. Eng.*, vol. 16, no. 1–2, pp. 88–93, 2006.

[3] Aida Engineering ltd., *Aida Press Handbook*, 3rd ed. Japan: Aida Engineering ltd., 1992.

[4] V. Boljanovic, *Sheet Metal Forming Processed and Die Design*. 2014.

[5] M. E. Abid, M. M. Zabit, M. A. NIWIR, and M. A. Hamel, "Bending of Sheet Metal (st37) Using 90 Degree to Estimate Blank Dimensions," vol. 2, no. 1, pp. 23–28, 2015.
[6] A. S. M. W. R. Association, *The ABC of Bending Tools*. Japan 1986: Machinist Publishing Co., Ltd., 1986.
[7] L. Hubei Tri-Ring Metal-Forming Equipment CO., *Manual Book Hydraulic Press Brake YSD PPTK 100/3*. Hubei Tri-Ring Metal-Forming Equipment CO.,Ltd., 2012.