



PENDAMPINGAN PROGRAM PENINGKATAN KETERAMPILAN TEKNIK PEMBENTUKAN LOGAM DI KELOMPOK USAHA KECIL DI KABUPATEN BEKASI

Sukarman^{1*}, Karyadi², Dodi Mulyadi³, Khoirudin⁴, Nazar Fazrin⁵, Tomas Irfani⁶, Nana Rahdiana⁷, Ade Suhara⁸
^{1,2,3,4,5,6,7,8}Universitas Buana Perjuangan Karawang, Karawang.
Email : sukarman@ubpkarawang.ac.id

Abstract

The material manufacturing process involving the deep drawing process is often challenging in small and medium industries. That is due to the many complicated parameters that must be overcome during the process. The deep drawing is a complex steel forming process because it involves blank dimensions, dimension/height ratio (D/H ratio), and die/punches tolerance (D/P allowance). Failure to identify blank dimensions and D/H ratio will result in defects in the production process, such as tears and wrinkles. This service aims to help MSMEs overcome common failures in production processes involving deep drawing. This community service article discusses technology dissemination to small business groups (UKM) for the deep drawing process in producing R-ornament #3D40x40 components involving these three variables. R-ornament #3D40x40 is produced using SPCC-SD material with a thickness of 0.8 mm. The participatory action research (PAR) method approach assists MSMEs in optimizing blank dimensions, D/H ratio, and D/P allowance simultaneously with partners. Identification of a D/P allowance of 1.41 mm has eliminated wrinkle defects in the product. Identifying deep drawing parameters has helped MSMEs overcome the production process so that tearing and wrinkle defects do not occur.

Keywords: Deep drawing, D/H ratio, D/P allowance, Metal forming, small and medium enterprises

Abstrak

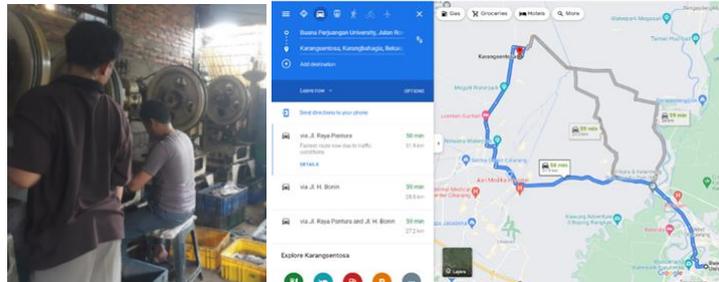
Proses pembuatan bahan yang melibatkan proses *deep drawing* sering menjadi tantangan di industri kecil dan menengah. Hal ini disebabkan oleh banyaknya parameter yang rumit untuk diatasi selama proses tersebut. Proses *deep drawing* merupakan salah satu pembentukan baja yang rumit karena melibatkan dimensi blank, rasio dimensi/tinggi (*D/H ratio*), dan toleransi die/punch (*D/P allowance*). Kegagalan dalam mengidentifikasi dimensi blank dan *D/H ratio* akan berdampak pada proses produksi yang cacat, seperti robek dan kerut. Tujuan pengabdian ini adalah membantu UMKM dalam mengatasi kegagalan umum yang terjadi pada proses produksi yang melibatkan proses *deep drawing*. Artikel pengabdian kepada masyarakat ini membahas diseminasi teknologi kepada kelompok usaha kecil (UKM) untuk proses *deep drawing* pada produksi komponen *R-ornament #3D40x40* yang melibatkan ketiga variabel tersebut. *R-ornament #3D40x40* diproduksi menggunakan material SPCC-SD dengan ketebalan 0,8 mm. Pendekatan metode *participatory action research* (PAR) digunakan untuk membantu UMKM dalam mengoptimalkan dimensi blank, *D/H ratio*, dan *D/P allowance* secara simultan bersama mitra. Identifikasi *D/P allowance* sebesar 1,41 mm telah berhasil menghilangkan cacat kerut pada produk. Identifikasi parameter-parameter *deep drawing* telah membantu UMKM mengatasi proses produksi sehingga tidak terjadi cacat robek dan kerut.

Kata Kunci: Deep drawing, D/H ratio, D/P allowance, Pembentukan baja, Small and medium enterprises

1. PENDAHULUAN

Artikel ini membahas tentang pendampingan program peningkatan keterampilan teknik pembentukan logam di kelompok usaha kecil di Kabupaten Bekasi, khususnya mitra kami, Bengkel Isalindo, yang terletak di Desa Karangsentosa, Kecamatan Karangbahagia, Kabupaten Bekasi. Desa Karangsentosa merupakan salah satu dari delapan desa di Kecamatan Karangbahagia, dengan luas wilayah 4,78 km² dan terdiri dari 15 RW dan 65 RT. Bengkel Isalindo Jaya Teknik adalah bengkel mekanik yang memproduksi berbagai komponen berbahan baja melalui proses *shearing*, *blanking*, *bending*, *piercing*, dan *trimming*. Bengkel Isalindo Jaya Teknik adalah usaha keluarga dan termasuk dalam kelompok usaha kecil menengah (UKM) yang saat ini memiliki sekitar 4 karyawan.

Sebagian besar karyawan berasal dari masyarakat sekitar dengan tingkat pendidikan Sekolah Dasar (SD) dan Sekolah Menengah Pertama (SMP). Proses produksi di Bengkel Isalindo Jaya Teknik menggunakan beberapa mesin *power press* dengan penggerak mekanik. Proses *deep drawing* yang umumnya dilakukan menggunakan mesin *power press* hidrolik sering mengalami kendala saat dilakukan menggunakan mesin *power press* dengan penggerak mekanik (Rahardja et al., 2020). Lokasi kegiatan pengabdian dan proses kerja pembentukan baja menggunakan mesin *power press* mekanik di bengkel mitra ditunjukkan pada Gambar 1.

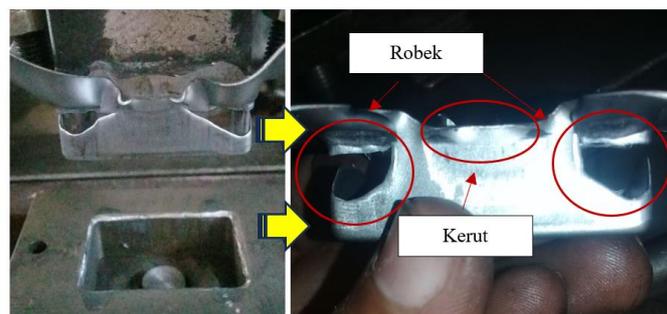


Gambar 1. Mesin *Power Press* Pada *Metal Forming* di Bengkel Isalindo dan Peta Lokasi Desa Karangsentos, Kec. Karangbahagia, Kab. Bekasi, Jawa Barat

Proses *deep drawing* adalah salah satu proses pembentukan logam (Gautam et al., 2018). Pada proses pembentukan logam, material logam diproses menjadi bentuk tertentu melalui penerapan gaya dan tekanan (Sukarman et al., 2021). *Deep drawing* adalah teknik pembentukan lembaran logam dengan cara ditarik secara mekanis ke dalam cetakan. Proses ini menghasilkan perubahan bentuk pada material, dan dilakukan dengan menggunakan serangkaian cetakan (Badr et al., 2015). Pada proses *deep drawing*, daerah flens mengalami tegangan tarik radial dan tegangan tekan tangensial, yang dapat menyebabkan kerutan pada flens karena adanya tekanan lingkaran (Ghosh, 1988). Penggunaan blank holder dapat membantu menghindari kerutan dengan memfasilitasi aliran material yang terkontrol ke dalam radius die (Kusnadi et al., 2022).

Metal forming adalah metode pembentukan logam yang mengubah material logam menjadi bentuk yang diinginkan dengan menerapkan gaya dan tekanan (Phanitwong et al., 2013). Meskipun demikian, proses ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain biaya produksi yang tinggi, konsumsi energi yang besar, dan risiko terjadinya cacat pada produk akhir (Sukarman et al., 2024). Selain itu, beberapa jenis logam sulit untuk dibentuk menggunakan teknik *metal forming*, sehingga memerlukan proses yang lebih kompleks. Teknologi *metal forming* logam, atau *sheet metal processing*, adalah salah satu teknologi manufaktur tertua (Taylan & Tekkaya, 2012). Teknologi *Metal forming* telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa dekade terakhir. Proses pembentukan logam mencakup berbagai aspek, termasuk pemotongan, pembentukan, dan perakitan (Choudhury & Ghomi, 2014).

Berbeda dengan pengabdian masyarakat sebelumnya, artikel pengabdian masyarakat ini berfokus pada salah satu solusi untuk mengatasi kegagalan proses komponen yang disebabkan oleh kurangnya pemahaman mitra dalam teknik *metal forming*. Kegagalan proses komponen yang umum terjadi, khususnya yang diproses melalui *deep drawing*, adalah cacat robek. Gambar 2 menunjukkan contoh cacat robek yang terjadi pada komponen yang diproses menggunakan *dies* dan *punch* oleh mitra. Program Kemitraan Masyarakat (PKM) menyajikan peningkatan dalam teknik pembentukan logam pada mitra melalui pendekatan metode *participatory action research* (PAR). Pendekatan PAR bertujuan untuk melibatkan mitra secara aktif dalam proses pemecahan masalah agar solusi yang diajukan menjadi lebih relevan dengan kebutuhan mitra dan dapat diterapkan secara berkelanjutan (Abdulah et al., 2021).



Gambar 2. Contoh Proses *Square Deep Drawing* Yang Mengalami Kegagalan di Mitra

2. METODE PELAKSANAAN

Mitra utama dalam kegiatan diseminasi teknologi *deep drawing* adalah Bengkel Stamping Isalindo dan dua pelaku usaha kecil di sekitar mitra utama, yaitu Desa Karangsentos, Kecamatan Karangbahagia. Kegiatan utama dimulai pada bulan Juli hingga Desember 2023. Sedangkan kegiatan *monitoring* dan konsultasi menyesuaikan dengan kebutuhan mitra. Kegiatan pendekatan *PAR* yang berhubungan dengan *metal forming* melibatkan beberapa tahapan. Secara umum, penerapan metode *PAR* yang digunakan dapat dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tahapan Penerapan Metode *PAR* Pada Pembuatan R-Ornament #3D40x40 Menggunakan Proses *Square Cup Drawing*.

No	Tahapan Penerapan	Identifikasi <i>PAR</i> *	Sekema <i>PAR</i>
1	Identifikasi dan proses pembuatan R-ornament #3D40x40.	P1	
2	Perencanaan kolaboratif dan identifikasi material	P2	
3	Pengenalan, platihan dan <i>workshop</i> proses <i>square cup drawing</i> .	A1	
4	Pendampingan produksi R-ornament #3D40x40	A2	
5	Refleksi dan penyempurnaan proses	A3	
6	Publikasi hasil riset dan pengalaman	R	

Catatan: P= *participatory*; A= *actions*; R= *research*;

2.1. Pendekatan partisipatif (*participatory*)

Pertama-tama, tim melakukan pendekatan partisipatif (*participatory*) dengan melakukan *focus group discussion (FGD)* bersama mitra untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang muncul selama proses *deep drawing*. Tujuannya adalah agar solusi yang diajukan dapat diterima oleh mitra. Tim kemudian mengidentifikasi permasalahan signifikan yang memengaruhi proses *deep drawing*. Gambar 3 menunjukkan proses pelaksanaan *FGD*.



Gambar 3. Diskusi Teknologi *Metal Forming* Untuk Pengembangan Proses *Deep Drawing*

2.2. Pendekatan Tindakan (*Action*)

Tahapan kedua dalam metode *PAR* adalah pendekatan *action*. Langkah yang dilakukan dalam pendekatan melalui *action* yang melibatkan mitra, tim bersama mitra mendiskusikan tindakan-tindakan yang perlu diambil untuk mengatasi permasalahan di bengkel mekanik *stamping* dan *metal part* mitra. Ini termasuk sosialisasi/*training* tentang *basic metal forming* dan *deep drawing*, serta *workshop* pembuatan *dies* untuk *deep drawing*.

2.3. Pendekatan Penelitian (*Research*)

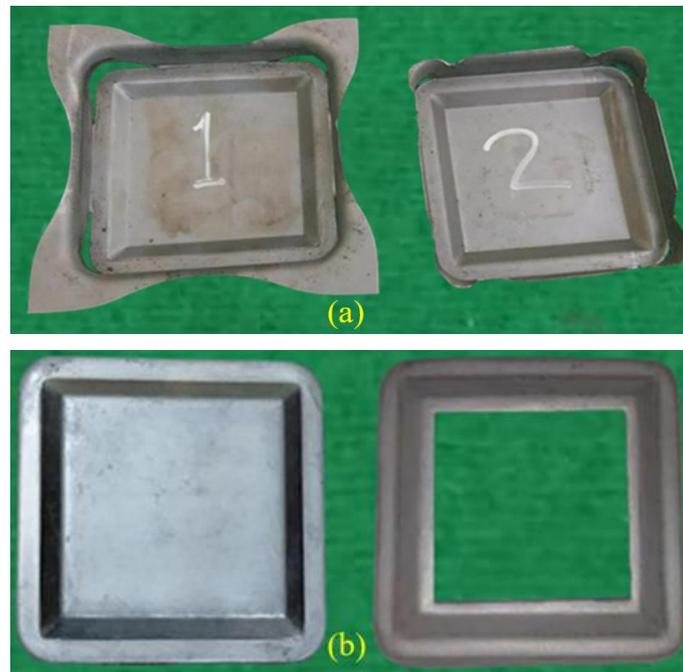
Kegiatan pendekatan *research* melibatkan pelatihan tentang pembuatan *dies* untuk *deep drawing* dengan memahami parameter-input yang signifikan. Selain itu, penelitian juga terkait dengan pemilihan material yang akan digunakan dalam desain *dies* untuk *deep drawing*, dengan memperhatikan sifat-sifat mekanik material yang sesuai. Pada bagian ini akan dijelaskan tahapan pelaksanaan kegiatan, termasuk lokasi, waktu, latar belakang peserta, dan jumlah peserta. Metode kegiatan mencakup metode dan materi yang disampaikan. Pendekatan *research* yang dipilih meliputi pelatihan/pelatihan terkait penerapan dan perhitungan rasio *deep*

drawing (Özek & Bal, 2008; Şen et al., 2021), serta peningkatan pemahaman terhadap parameter penting dalam proses *deep drawing* dan konsultasi/pendampingan/mediasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Proses *Metal Forming*

Proses metal forming untuk square cup drawing merupakan teknik pembentukan logam yang digunakan untuk membuat produk dengan bentuk cekungan persegi (*square cup*) dari lembaran logam (LeSar & LeSar, 2013). Ini adalah proses yang mengubah lembaran logam menjadi bentuk cekungan dengan sudut yang lebih tajam, mirip dengan cekungan pada wadah atau wajan. Pada pengabdian ini, proses *metal forming* untuk *square cup drawing* digunakan untuk pembuatan *ornamen* kotak pagar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Produk Hasil Proses Drawing: (a) Produk Cacat Sebelum Diseminasi, (b) Produk Setelah Diseminasi *Metal Forming*

Proses ini melibatkan beberapa langkah sebagai berikut:

- **Persiapan Material:** Lembaran logam yang dipilih harus sesuai dengan ketebalan dan jenis logam yang diperlukan untuk produk akhir. Ini melibatkan pemilihan material yang tepat, sering kali baja atau logam lain yang memiliki sifat yang dapat diubah dengan mudah saat ditarik.
- **Pembuatan *Dies* (Cetakan):** Pembuatan cetakan atau *dies* yang sesuai dengan bentuk yang diinginkan untuk *square cup*. Dies ini akan memberikan bentuk pada logam saat proses pembentukan.
- **Penarikan Logam:** Lembaran logam ditempatkan di atas cetakan dan kemudian ditarik ke dalam cetakan menggunakan tekanan yang cukup untuk membentuk cekungan persegi. Tekanan ini dapat diberikan dengan menggunakan press atau mesin khusus lainnya (Bruschi et al., 2014; Osakada et al., 2011).
- **Pemantauan Proses:** Penting untuk memantau proses ini secara cermat untuk memastikan logam terbentuk sesuai dengan dimensi dan toleransi yang diinginkan. Pemantauan juga membantu dalam menghindari kerusakan pada logam atau cetakan.
- **Pascaproses:** Setelah logam terbentuk dengan bentuk *square cup* yang diinginkan, dilakukan tahap pascaproses seperti pembersihan, penyelesaian akhir, atau inspeksi kualitas sebelum produk siap untuk digunakan atau dijual.

3.2. Sifat-Sifat Mekanik Material

Beberapa material yang digunakan dalam proses *square cup drawing* antara lain: bahan utama SPCC-SD (JIS G 3141, 2005) (Effiandi et al., 2022) dengan ketebalan 0.65-8.0 mm; komponen seperti *base plate*, *lower*, dan *upper shoes* menggunakan material SPHC (Khoirudin et al., 2023; Standards, 2010), serta material *dies/punch*

menggunakan SKD-11 (Altan, 1998; STANDARD, 2015). ifat-sifat mekanik dari material-material tersebut terdokumentasi dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sifat-Sifat Mekanik Material Mengacu Pada Standar Internasional

Material	UTS	YS (N/mm ²)	EL (%)	Hardness (HRC)	References
SPCC-SD	Min. 270	Max. 240	Min. 37	-	JIS G 3141
SPHC	Min 270	Max. 240	Min. 45.2	-	JIS G 3131
Alloy steel SKD-11*	-	-	-	55	JIS G 4404

UTS=Ultimate tensile strength, YS= yield strength, EL= Elongations, *Alloy steel SKD 11 (JIS G4404) ekuivalen dengan T30402-D2 (ASTM A 681-8)

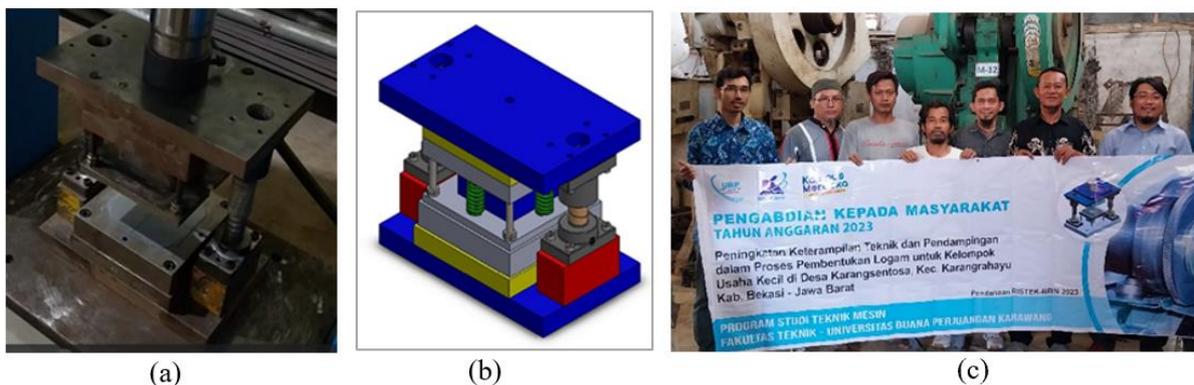
R-ornamen #3D40x40 akan dibuat dari baja SPCC-SD (JIS G 3131) dengan ketebalan 0.8 mm. Proses produksinya mencakup *shearing*, *blanking*, *deep drawing*, dan *piercing*. Proses *shearing*, *blanking*, dan *piercing* bekerja pada daerah fraktur, sementara proses *deep drawing* bekerja pada area deformasi plastis (Osakada et al., 2011). Berdasarkan ini, dibutuhkan material yang tangguh dan lentur untuk proses pembuatan. Oleh karena itu, SKD-11 dipilih untuk pembuatan *dies* dan *punch*, sedangkan SPHC dipilih untuk aplikasi komponen pendukungnya.

3.3. Hasil diseminasi teknologi Pembentukan logam

Hasil diseminasi teknologi pembentukan logam mengacu pada penyebaran dan implementasi teknologi terkini yang terkait dengan proses pembentukan logam ke dalam UMKM. Desain teknologi pembentukan logam yang difokuskan pada pendekatan *dies* dan *punch allowance* telah diseminasi kepada mitra, yang dapat dilihat pada Tabel 3. Sementara itu, hasil pengembangan konsep *dies* dan *punch allowance* disajikan pada Gambar 5.

Tabel 3. Ukuran Kelonggaran *Died* dan *Punch*

Tebal material (mm)	Ukuran kelonggaran pada jenis proses drawing		
	Cupping	Redrawing	Sizing Draws
≤0.38	1.07 - 1.09	1.08 - 1.10	1.04 - 1.05
0.41 - 1.27	1.08 - 1.10	1.09 - 1.12	1.05 - 1.06
1.29 - 3.18	1.10 - 1.12	1.12 - 1.14	1.07 - 1.09
≥3.2	1.12 - 1.14	1.15 - 1.20	1.08 - 1.10



Gambar 5. Diseminasi Teknologi *Deep Drawing*: (a) Foto *Dies* Dan *Punch* Untuk Proses *Drawing*, (b) Desain *Dies* Dan *Punch*, (c) Foto Kunjungan Tim PAR ke Bengkel Isalindo Jaya Teknik

3.4. Teknologi pembentukan logam (*metal forming*)

Proses penyebaran teknologi pembentukan logam melibatkan penjelasan mengenai teknik dan perhitungan ulang untuk menghasilkan *dies* dan *punch allowance* (Phanitwong et al., 2013). Teknik *dies* dan *punch allowance* diilustrasikan melalui berbagai contoh desain *dies* dan *punch* pada proses *square* atau *cup deep drawing* (Shafaat et al., 2011). Selain itu, pada tahap ini juga diperkenalkan konsep dimensi optimum *blank material* yang dapat diterapkan untuk pengembangan di masa depan. Hasil produk, desain, dan kunjungan TIM PAR disajikan pada Gambar 5(c).

3.5. Pengaturan *dies/punch* proses *deep drawing*

Tahap implementasi pengabdian masyarakat ini adalah praktik proses *square cup drawing* pada produksi *R-ornament #3D40x40*. Perhitungan *dies/punch* dilakukan untuk menghitung kebutuhan tonase mesin press. Pelatihan dan praktik diseminasi teknologi pembentukan logam untuk pemberdayaan ekonomi usaha kecil dan menengah dilaksanakan di laboratorium mesin produksi Universitas Buana Perjuangan Karawang, diikuti oleh mitra. Dengan menggunakan hasil perhitungan nilai F_u , maka kebutuhan tonase mesin dapat dihitung sebagai berikut (Sukarman et al., 2024):

$$m = \frac{F_u}{g \times 1000} = \frac{80721.4 \text{ N}}{9.82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1000} = 8.22 \text{ Ton} \text{ atau jika } R_u \text{ material sekitar } 320 \text{ N/mm}^2 \text{ maka nilai } m \text{ yang didapatkan sekitar } 9.74 \text{ Ton}$$

3.6. Pendampingan dan Evaluasi

Dalam konteks penggunaan mesin *power press* untuk menguji kemampuan *dies* dan *punch* dalam produksi *deep drawing* (Rahardja et al., 2020) (Abdulah et al., 2021). Hasil uji coba menunjukkan bahwa gaya *deep drawing* yang dihasilkan memenuhi kapasitas mesin *power press* yang tersedia di mitra. Uji coba ditampilkan pada Gambar 6.a, sedangkan penyerahan *dies* hasil diseminasi ditampilkan pada Gambar 6.b. Pendampingan dilakukan untuk menerapkan strategi dan program diseminasi teknologi *metal forming* pada proses *deep drawing* untuk memproduksi *R-ornament #3D40x40*. Tujuan pendampingan adalah untuk memastikan desain *input* mampu menghasilkan *output* sesuai dengan spesifikasi yang dibuat.



Gambar 6. Pendekatan Metode PAR: (a) Proses *Setting Dies* Dan *Punch*, (b) Penyerahan *Dies* Dan *Punch*.

4. SIMPULAN

Program diseminasi teknologi *metal forming* telah membuktikan keberhasilannya dalam meningkatkan efisiensi proses *metal forming* di Bengkel Isalindo, sebuah UMKM di Kabupaten Bekasi. Melalui diseminasi ini, mitra berhasil mengembangkan teknik *deep drawing*, khususnya dalam proses *cup drawing*. *Dies* dan *punch* yang dirancang untuk produksi *R-ornament #3D40x40* dibuat dengan perhitungan *deep drawing* yang tepat, sehingga berhasil mencegah kegagalan seperti keretakan pada produk. Selain itu, tim juga melakukan perhitungan yang akurat terkait gaya *deep drawing* untuk memastikan sesuai dengan kapasitas mesin *power press* yang tersedia di mitra. Berdasarkan hasil perhitungan ini, tim memberikan rekomendasi penggunaan mesin dengan kapasitas 25–30-ton, yang telah teruji dalam percobaan di laboratorium Universitas Buana Perjuangan Karawang. Keseluruhan hasil menunjukkan bahwa pendekatan kolaboratif antara akademisi dan praktisi dapat efektif meningkatkan kapabilitas teknis dan kualitas produksi UMKM dalam industri pembentukan logam. Proses pendampingan intensif, pelatihan, dan penerapan teknologi terbaru dalam pembuatan *dies* dan *punch* telah memberikan dampak positif yang signifikan. Mitra berhasil meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi tingkat kegagalan produksi berkat peningkatan pemahaman tentang teknik *deep drawing* dan penggunaan alat-alat yang tepat. Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara akademisi dan praktisi dapat menghasilkan solusi inovatif yang relevan dengan kebutuhan pasar lokal. Penerapan konsep *dies* dan *punch allowance* serta pemilihan material yang tepat untuk proses pembentukan logam menjadi kunci keberhasilan dalam meningkatkan kualitas dan daya saing produk bengkel UMKM.

Ucapan Terima Kasih

Author mengucapkan terima kasih kepada Ristek Dikti yang telah mendanai diseminasi teknologi *metal forming* melalui kontrak nomor: 020/SP2H/PPM/LL4/2023, 01/LPPM/PKM/VII/2023. Terima kasih juga kami ucapkan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi pada program diseminasi teknologi *metal forming*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdulah, A., Sukarman, S., Jatira, J., Rajab, D. A., Anwar, C., Heryana, G., . . . Riswandi, M. A. (2021). Penggabungan proses blanking dan piercing: Diseminasi teknologi metal forming untuk pemberdayaan ekonomi usaha kecil dan menengah. *Community Empowerment*, 6(6), 978-986.
- Altan, T. (1998). *Metal Forming Handbook*: Springer Verlag Berlin.
- Badr, O. M., Rolfe, B., Hodgson, P., & Weiss, M. (2015). Forming of high strength titanium sheet at room temperature. *Materials and Design*, 66(PB), 618-626. doi:10.1016/j.matdes.2014.03.008
- Bruschi, S., Altan, T., Banabic, D., Bariani, P. F., Brosius, A., Cao, J., . . . Tekkaya, A. E. (2014). Testing and modelling of material behaviour and formability in sheet metal forming. *CIRP Annals*, 63(2), 727-749. doi:10.1016/j.cirp.2014.05.005
- Choudhury, I. A., & Ghomi, V. (2014). Springback reduction of aluminum sheet in V-bending dies. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 228(8), 917-926. doi:10.1177/0954405413514225
- Effiandi, N., Mulyadi, M., Fardinal, F., Alfian, B., Nofriadi, N., Nur, I., & Yetri, Y. (2022). WORKSHOP PENGELASAN UNTUK PEMUDA PUTUS SEKOLAH DI KELURAHAN LAMBUNG BUKIT KECAMATAN PAUH PADANG. *DULANG Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 2(1). doi:<https://doi.org/10.33504/dulang.v2i01.192>
- Gautam, V., Raut, V. M., & Kumar, D. R. (2018). Analytical prediction of springback in bending of tailor-welded blanks incorporating effect of anisotropy and weld zone properties. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 232(4), 294-306. doi:10.1177/1464420715624261
- Ghosh, S. K. (1988). Handbook of metal forming. In (Vol. 16, pp. 353-356).
- JIS G 3141. (2005). JIS G 3141 Cold-reduced carbon steel sheets and strips. In.
- Khoirudin, K., Sukarman, S., Rahdiana, N., Suhara, A., & Fauzi, A. (2023). Optimization of S-EDM Process Parameters on Material Removal Rate Using Copper Electrodes. *Jurnal Polimesin*, 21(1), 17-20.
- Kusnadi, R., Abdulah, A., Rizkiyanto, M., Amir, A., Sukarman, S., & Setiawan, D. (2022). Analysis of the Springback Phenomenon of the Material Aluminium Alloy 6063-T5 With Punch Angle Variation. *Jurnal Teknik Mesin Mechanical Xplore (JTMMX)*, 3(1), 34-39.
- LeSar, R., & LeSar, R. (2013). Materials selection and design. *Introduction to Computational Materials Science*, 269-278. doi:10.1017/cbo9781139033398.015
- Osakada, K., Mori, K., Altan, T., & Groche, P. (2011). Mechanical servo press technology for metal forming. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 60(2), 651-672. doi:10.1016/j.cirp.2011.05.007
- Özek, C., & Bal, M. (2008). The effect of die/blank holder and punch radiuses on limit drawing ratio in angular deep-drawing dies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 40(11-12), 1077-1083. doi:10.1007/s00170-008-1435-3
- Phanitwong, W., Sontamino, A., & Thipprakmas, S. (2013). Effects of part geometry on spring-back/spring-go feature in U-bending process. *Key Engineering Materials*, 549, 100-107. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.549.100
- Rahardja, I. B., Rahdiana, N., Mulyadi, D., Sumanto, S., Ramadhan, A. I., & Sukarman, S. (2020). ANALISIS PENGARUH RADIUS BENDING PADA PROSES BENDING MENGGUNAKAN PELAT SPCC-SD TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO. *01(01)*, 1-10.
- Şen, N., ÇOLAKOĞLU, İ., & TaŞDEMİR, V. (2021). Investigation of deep drawing of square cups using high-strength DP600 and DP800 sheets. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 5, 378-385. doi:10.30939/ijastech..995381
- Shafaat, M. A., Abbasi, M., & Ketabchi, M. (2011). Investigation into wall wrinkling in deep drawing process of conical cups. *Journal of Materials Processing Technology*, 211(11), 1783-1795. doi:10.1016/j.jmatprotec.2011.05.026
- STANDARD, J. G. J. I. (2015). JIS G 4404 Alloy Tool Steels. In: JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD.
- Standards, J. I. (2010). Hot-rolled mild steel plated, sheet and strip. In *JIS G 3131*. Japan.
- Sukarman, S., Karyadi, K., Mulyadi, D., Mucharrom, F., Nurdin, A., Hakim, A., . . . Ulhakim, M. T. (2024). The Square cup deep drawing: Technology transfer from experts to increase production in small and medium enterprise (SME) groups. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 4(1), 38-49. doi:10.31603/mesi.10298
- Sukarman, S., Khoirudin, K., Murtalim, M., Mulyadi, D., & Rahdiana, N. (2021). Evaluasi Desain Bejana Bertekanan pada Radiator Cooling System Menggunakan Material SPCC-SD. *Rekayasa: Journal of Science and Technology*, 14(1), 10-16.
- Taylan, A., & Tekkaya, A. E. (2012). Sheet Metal Forming Fundamental. In *Sheet Metal Forming Fundamental*.