

Pengembangan Desain Teknologi Mesin *Roller Bending* untuk Besi *Square Hollow*

Eko Saputra*, Carli, Sunarto, Ali Sai'in

Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Semarang,
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H., Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah, Indonesia 50275

*E-mail: eko.saputra@polines.ac.id

Diajukan: 08-11-2024; Diterima: 01-12-2024; Diterbitkan: 21-12-2024

Abstrak

Kebutuhan mesin roller bending yang mampu melakukan bending dalam jumlah banyak meningkat imbas dari peningkatan jumlah rumah yang membutuhkan jasa dibidang tralis. Beberapa penelitian di bidang roller bending telah menciptakan mesin roller bending dengan satu stasiun roller. Padahal kebutuhan mesin roller bending yang mampu melakukan bending dalam kapasitas banyak diperlukan. Oleh karena hal itu, penelitian tentang mesin roller bending dengan kapasitas besar diperlukan. Dengan melakukan langkah-langkah penelitian pengembangan atau riset and development (R&D), maka ditargetkan terciptanya mesin roller bending hasil penelitian pengembangan. Tujuan penelitian ini adalah pengembangan mesin roller bending dari rancangan sebelumnya agar bisa diperoleh mesin yang lebih efektif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mesin dapat memproduksi lebih banyak 4x lipat dan menghasilkan hasil kerutan yang lebih baik yaitu muncul pada radius pengerolan 1000 mm.

Kata kunci: mesin roller bending; R&D; square hollow; tralis

Abstract

The need for roller bending machines capable of bending in large quantities has increased due to the increasing number of houses requiring services in the trellis sector. Several studies in the field of roller bending have created roller bending machines with one roller station. In fact, the need for roller bending machines capable of bending in large capacities is needed. Therefore, research on roller bending machines with large capacities is needed. By taking steps for research and development (R&D), it is targeted to create a roller bending machine resulting from research and development. The purpose of this study is to develop a roller bending machine from the previous design so that a more effective machine can be obtained. The results of this study show that the machine can produce 4 times more and produce better wrinkle results, which appear at a rolling radius of 1000 mm.

Keywords: roller bending machine; R&D; square hollow; tralis

1. Pendahuluan

Kebutuhan masyarakat akan eksterior rumah semakin bertambah karena makin banyaknya jumlah orang yang membutuhkan tempat tinggal. Oleh karena itu, kebutuhan jasa bengkel tralis untuk membuat eksterior rumah seperti pembuatan pagar rumah juga meningkat. salah satu pekerjaan untuk pembuatan pagar rumah dan lainnya adalah bending besi pipa *hollow* atau *square hollow* (SH). Proses bending besi SH dapat dilakukan secara konvensional atau secara modern. Banyak usaha mikro kecil menengah (UMKM) yang bergerak dibidang produksi pembuatan eksterior rumah yang masih menggunakan metode konvensional dalam hal bending besi SH. Metode konvensional untuk bending besi SH adalah dengan memotong sebagian (merobek) SH yang kemudian dilanjutkan dengan pengerolan secara manual.

Penelitian tentang mesin *bending roller* telah diteliti oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pada tahun 2018, Nurcahyo dkk., telah melakukan penelitian dengan objek besi pipa *hollow*, dimana penelitian ini menghasilkan mesin *roll bending portable* berpenggerak motor listrik 1 Hp [1]. Dilanjutkan pada tahun 2019, Fernando dkk., melakukan penelitian serupa dengan menciptakan mesin bending pipa *starbus/hollow* dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 2 mm bertenaga motor listrik 1 Hp [2]. Rusnadi dkk juga melakukan penelitian tentang bending pipa berdiameter 1 inch yang ditenagai motor listrik 0.63 Hp yang dilakukan pada tahun 2020 [3]. Dilanjutkan ditahun 2022, Fadila dkk melakukan pengembangan mesin *roller bending* untuk objek besi SH ukuran 20 mm x 20 mm dan 30 mm x 30 mm bertenaga motor listrik 2 Hp [4].

Baru-baru ini penelitian tentang pengamatan permukaan besi SH akibat *bending roller* telah dilakukan pada tahun 2023 [5]. Ukuran besi SH yang dijadikan penelitian adalah 20 mm x 20 mm dan 40 mm x 40 mm. Hasil yang ditampilkan adalah kondisi kerutan pada permukaan besi SH. Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menggunakan mesin *roller bending* yang terdiri dari 3 *roller*. Mesin ini secara kapasitas hanya mampu untuk melakukan sekali proses dalam sekali waktu pengerjaan. Jadi secara efektifitas alat ini kurang bisa mengakomodasi pekerjaan yang banyak dalam sekali waktu pengerjaan. Padahal dalam praktiknya, mesin yang bisa melakukan bending dalam jumlah banyak dalam satu waktu sangat diperlukan. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menambah jumlah stasiun *roller* agar kapasitas produksi dapat meningkat.

Tujuan penelitian ini adalah pengembangan mesin *roller bending* dari rancangan sebelumnya agar bisa diperoleh mesin *roller bending* yang lebih efektif dengan menambah jumlah stasiun *roller*. Mesin yang dibuat juga diharapkan dapat mengatasi permasalahan kerutan yang terjadi akibat pengerolan mesin sebelumnya.

2. Material dan metodologi

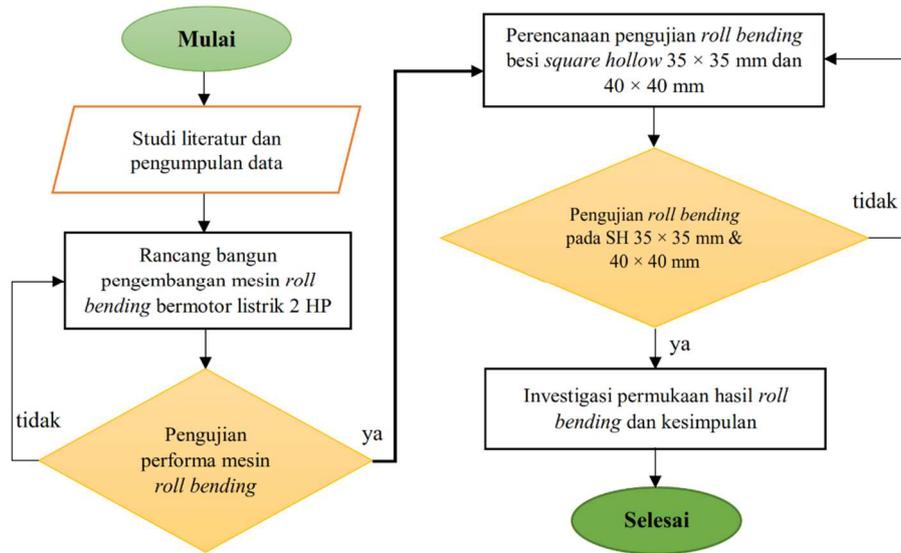
2.1. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan saat ini merupakan jenis penelitian pengembangan atau *research and Development (R&D)* yang arah dan tujuannya adalah untuk mengembangkan suatu produk baru atau untuk menyempurnakan produk yang telah ada sebelumnya. Penelitian R&D juga merupakan metode penelitian yang menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitasnya [6]. Gambar 1 merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian pengembangan mesin *roller bending* menurut Sugiyono [6].



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian R & D [6]

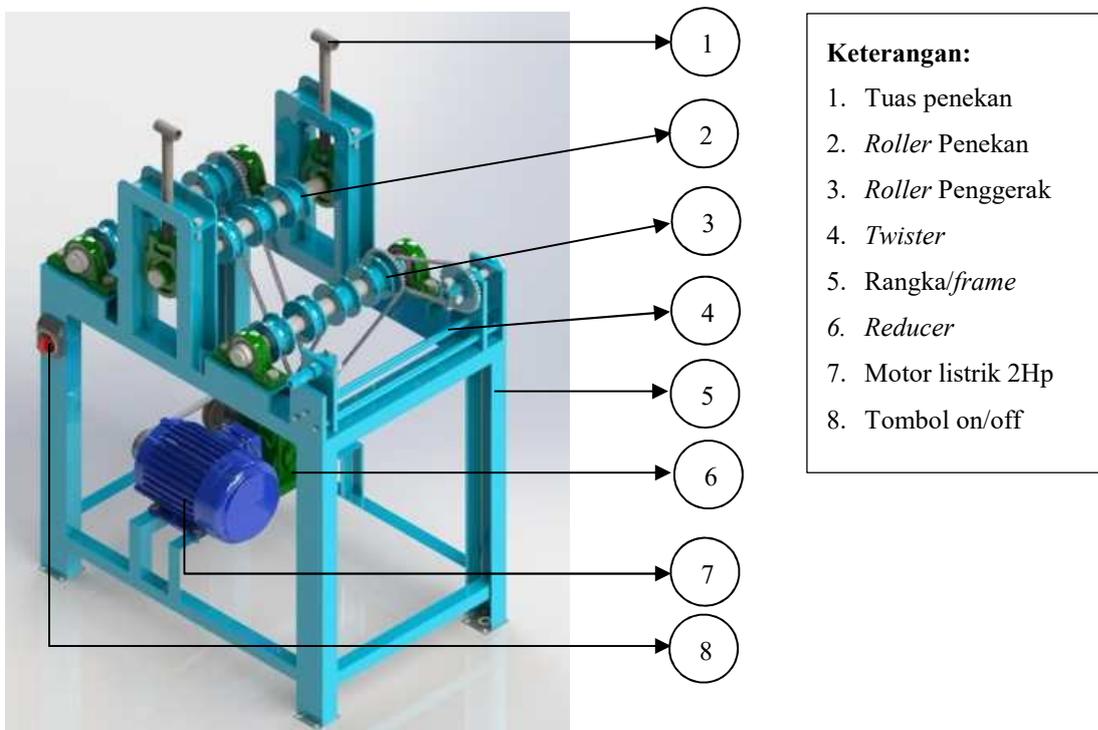
Penelitian pengembangan yang sedang dilakukan sekarang ini tidak seluruhnya mengikuti langkah-langkah penelitian R&D, namun hanya sampai pada tahap uji coba produk. Potensi dan masalah diperoleh dari kajian literatur yang kemudian dilakukan desain produk berdasarkan permasalahan-permasalahan yang ditemukan pada desain sebelumnya. Setelah desain produk selesai, kemudian dilakukan pembuatan prototipe mesin *roller bending* hasil dari pengembangan desain sebelumnya. Kemudian prototipe tersebut dilakukan pengujian performa mesin *roller bending* sebagai validasi desain. Kemudian prototipe dilakukan uji coba dengan melakukan uji bending pada objek besi SH ukuran 35 mm x 35 mm dan 40 mm x 40 mm. selanjutnya dilakukan pengamatan hasil bending tersebut untuk melihat kualitas permukaan produk hasil bending. Diagram alir dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

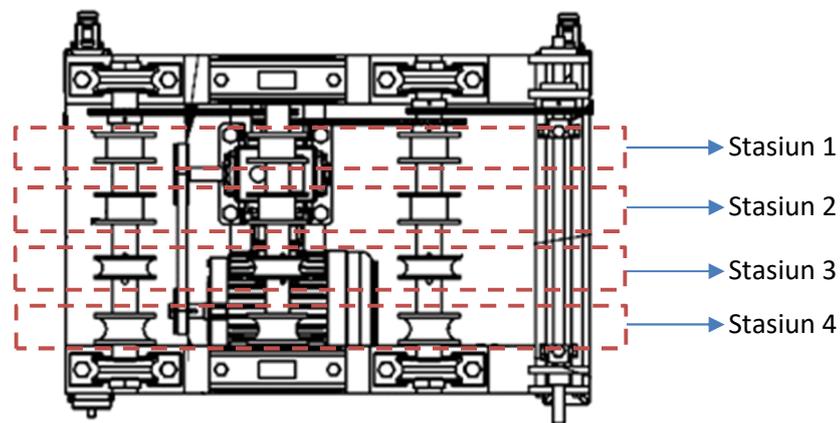
2.2. Rancang bangun mesin *roller bending* dan bahan yang digunakan

Desain tiga dimensi (3D) dari mesin *roller bending* hasil pengembangan sekarang dapat dilihat pada Gambar 3. Proses perancangan mesin *roller* ini berdasarkan pada hasil kajian pustaka dan melalui prosedur perancangan yang baku [7, 8, 9]. Pemilihan elemen mesin juga disesuaikan dengan kebutuhan-kebutuhan mesin yang mempertimbangkan aspek standar elemen mesin [10, 11, 12]. Hal ini dilakukan agar hasil yang diperoleh dapat menyelesaikan permasalahan dari desain sebelumnya dengan menekankan kualitas pada sisi teknis dan sisi ekonomis [9]. Gambar 3 menunjukkan komponen-komponen dari mesin *roller bending*.



Gambar 3. Desain mesin *roller bending*

Urutan langkah penggunaan mesin *roller bending* ini diawali dengan besi SH dimasukkan kedalam roller penggerak (3), kemudian turunkan roller penekan (2) dengan memutar tuas penekan (1) hingga menyentuh permukaan besi SH untuk membentuk radius kelengkungan, tekan tombol switch control (8) untuk menggerakkan roller penggerak, sehingga motor listrik (7) dapat berputar dan putarannya direduksi menggunakan speed reducer (6), kemudian dari speed reducer daya akan diteruskan ke poros penggerak menggunakan sprocket dan rantai sebagai transmisi. Saat proses pengerolan besi SH, turunkan roller penekan secara perlahan dengan cara memutar tuas penekan untuk mendapatkan radius yang diinginkan, setelah selesai melakukan pengerolan kemudian *roller* penekan dinaikkan kembali hingga benda kerja SH dapat dilepas. Konsep penekanan bending ini juga sama dengan konsep penekanan tekuk hidrolik yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya [13-14]. Bahan benda kerja besi untuk SH yang dipakai adalah jenis *mild steel* dengan modulus elastisitas $E = 100.000 \text{ MPa}$ dan koefisien gesek statis bahan antara baja pada baja $\mu_s = 0,74$, ketebalan 1,6 mm. Posisi stasiun *roller bending* dapat dilihat pada Gambar 4 jika dilihat dari pandangan atas mesin. penambahan jumlah stasiun digunakan untuk meningkatkan efektifitas waktu produksi, sehingga produktivitas meningkat bagi UMKM.



Gambar 4. Pembagian stasiun roller bending dilihat dari atas mesin

2.3. Pengujian yang dilakukan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa desain sebagai langkah validasi desain [6]. Proses pengujian adalah proses uji coba guna menentukan keberhasilan alat atau mesin yang dirancang sesuai dengan fungsi dan tujuan dari pembuatan alat atau mesin tersebut. Proses pengujian dilakukan dengan cara mengoperasikan mesin, mengamati proses pengerolan, mencatat hasil pengujian dan melakukan analisis hasil pengerolan. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh kedalaman bending terhadap radius kelengkungan dan kondisi permukaan hasil *roll bending*. Pada pengujian mesin roller bending dengan benda kerja SH ini menggunakan parameter pengujian yaitu radius pengerolan sebesar 2000 mm, 1500 mm, 1000 mm, dan 750 mm dengan bahan uji SH35 dan SH40, dimana rangkuman parameter pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter pengujian *roller bending* pada besi SH

No	Kode	Ukuran (mm)	Target Radius kelengkungan (mm)
1	SH35	35 x 35	2000, 1500, 1000, 750
2	SH40	40 x 40	

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil pengujian *roll bending*

Tabel 2 dan 3 menunjukkan hasil pengujian dari mesin *roller bending* untuk SH35 dan SH40 dengan panjang 2000 mm. Dalam Tabel 2 dan 3, ditunjukkan hubungan radius akibat pengerolan dan kedalaman penekanan *roller bending*. Tabel 2 dan 3 juga menunjukkan nilai radius bending dari besi SH35 dan SH40 akibat pengerolan. Kedalaman penekanan *roller bending* berdampak pada terbentuknya radius kelengkungan dan hasil kelengkungan produk SH.

Tabel 2. Data Pengujian hasil pengerolan besi SH35

No.	Radius (mm)	Kedalaman Penekanan (mm)	Hasil Pengerolan
1.	2000	10	
2.	1500	23	
3.	1000	36	
4.	750	43	

Tabel 3. Data Pengujian Hasil Pengerolan besi SH40

No.	Radius (mm)	Kedalaman Penekanan (mm)	Hasil Pengerolan
1.	2000	10	

No.	Radius (mm)	Kedalaman Penekanan (mm)	Hasil Pengerolan
2.	1500	23	
3.	1000	36	
4.	750	43	

3.2. Analisis permukaan benda kerja hasil pengujian

Setelah pengujian dilakukan, untuk mengetahui kondisi permukaan benda kerja besi SH akibat pengerolan maka bisa dilakukan pengamatan secara visual pada permukaan hasil pengerolan. Hasil pengamatan permukaan benda kerja akibat pengerolan bending dari benda kerja dengan jenis SH5 dan SH40 ditampilkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Data Pengujian Hasil Pengerolan besi SH35

No.	Radius (mm)	Tampilan Permukaan	Hasil Pengamatan
1.	2000		Hasil pengerolan masih sangat baik dan tidak terdapat kerusakan
2.	1500		Hasil pengerolan masih sangat baik dan tidak terdapat kerusakan

No.	Radius (mm)	Tampilan Permukaan	Hasil Pengamatan
3.	1000		Hasil pengerolan baik namun ada sedikit kerusakan berupa gelombang (kerut) pada radius dalam
4.	750		Hasil pengerolan cukup baik namun terdapat kerusakan berupa gelombang (kerut) pada radius dalam

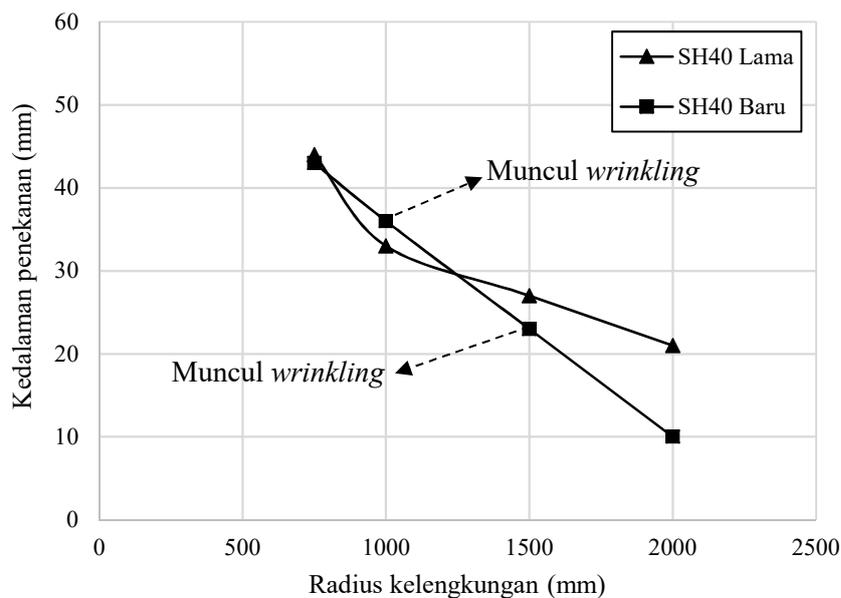
Tabel 5. Data pengujian hasil pengerolan SH40

No.	Radius (mm)	Tampilan Permukaan	Hasil Pengamatan
1.	2000		Hasil pengerolan sangat baik dan tidak terdapat kerusakan
2.	1500		Hasil pengerolan sangat baik dan tidak terdapat kerusakan
3.	1000		Hasil pengerolan baik namun ada sedikit kerusakan berupa gelombang (kerut) pada radius dalam

No.	Radius (mm)	Tampilan Permukaan	Hasil Pengamatan
4.	750		Hasil pengerolan cukup baik namun terdapat kerusakan berupa gelombang (kerut) pada radius dalam

3.3. Pembahasan hasil pengujian

Fenomena alami yang muncul pada pekerjaan roll bending adalah kerutan atau *wrinkling* [15, 16]. Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian bending besi SH40 hasil penelitian sebelumnya [5] dan penelitian sekarang. Hasil ini memperlihatkan hubungan antara kedalaman penekanan bending terhadap radius kelengkungan yang mampu dibentuk pada besi SH. Berdasarkan Gambar 4, jika dihubungkan dengan hasil pengamatan permukaan akibat pengerolan pada Tabel 5 maka diperoleh kesimpulan bahwa besi SH40 sekarang mampu membentuk radius kelengkungan sampai pada radius 1000 mm dengan kondisi permukaan yang masih baik namun ada sedikit kerusakan berupa gelombang kerut (*wrinkling*) pada radius dalam. Artinya produk hasil pengerolan sampai radius 1000 mm masih layak digunakan. Sedangkan, kondisi permukaan pada besi SH40 dengan radius 750 mm sudah ada kerusakan *wrinkling* berupa gelombang pada radius dalam. Pada tahap ini, *wrinkling* yang terjadi sudah mulai mengganggu proses pengerolan selanjutnya. Akan tetapi jika dibandingkan dengan hasil bending pada penelitian sebelumnya [5], hasil bending sekarang lebih baik. *Wrinkling* pada permukaan besi SH40 penelitian sebelumnya sudah mulai muncul pada radius 1500 mm. Sebagai tambahan, bahwa dengan penambahan jumlah 4 stasiun pengerolan, maka jumlah penerolan yang bisa dihasilkan meningkat 4x lipat dari sebelumnya yang hanya satu stasiun pengerolan.



Gambar 4. Grafik pengujian bending

4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengembangan mesin *roller bending* untuk besi SH telah dilakukan. Penelitian ini dimulai dari studi literatur untuk mendapatkan data-data *roller bending*, rancang bangun mesin *roller bending*, pengujian *roll bending* pada variasi ukuran besi SH yang kemudian dilakukan pengamatan pada permukaannya. Penelitian ini menghasilkan mesin *roller bending* bertenaga motor listrik 2HP dengan 4 stasiun *roller bending*. Mesin *roller SH* ini digunakan untuk mengerol besi SH35 dan SH40 berbahan mild steel. Ketebalan besi SH adalah 1,6 mm dan radius yang bisa dibuat mulai dari radius kelengkungan 2000 mm sampai 750 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa radius kelengkungan yang dapat dibuat paling kecil adalah 750 mm untuk besi SH35 dan SH40, dengan kondisi permukaan kelengkungan yang masih baik dengan sedikit kerutan namun masih bisa dipertimbangkan untuk bisa digunakan. Sedangkan pada SH40 penelitian sebelumnya menghasilkan radius kelengkungan yang dapat dibuat paling kecil adalah 750 mm, dengan kondisi permukaan kelengkungan yang memiliki kerutan besar. Sehingga dapat disimpulkan mesin *roller bending* sekarang lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya dari sisi jumlah produk dan kualitas produk yang dihasilkan.

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih kepada PM yang telah mendanai penelitian kompetitif tahun 2024.

Daftar Pustaka

- [1] Nurcahyo, Y.E., Ellianto, M.S.D., 2018, Rancang Bangun Mesin Roll Bending Portable, *Teknika: Engineering and Sains Journal*, Vol. 2, No. 2, hal. 109-114.
- [2] Fernando, R., Duskiardi, Iman S., 2019. Perancangan alat bending pipa starbus/ hollow (50 mm x 50 mm x 2 mm). *Jurnal Fakultas Industri Universitas Bung Hatta: Vol 13, No. 2.*
- [3] Rusnadi, Intang, A., Angkasa, A., Santoso, R.B., 2020. Perancangan Mesin Bending untuk Pipa Berdiameter Satu Inch Menggunakan Metode Roll Bending. *Teknika: Jurnal Teknik*, Vol. 7, No. 1, hal. 49-56.
- [4] Fadila, A., Justang, Munadhil, M.F., Kido, M.I., Sunding, A., 2022. Pengembangan Mesin Roll pada Besi Hollow. *Jurnal Tematis*, Vol. 3, No. 2, hal. 29-49.
- [5] Saputra, E., Carli, Hartono, Sunarto, Sai'in, A. 2023, Investigation Permukaan Besi Square Hollow Hasil Pengerollan menggunakan Teknologi Mesin Roller Bending, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 18, No. 1, hal. 65-74.
- [6] Sugiyono, 2019. *Metode Penelitian & Pengembangan (Research and Development/R&D)*. Alfabeta, Bandung.
- [7] Creswell, J.W., Reswell, J.D., 2022. *Research Design; Qualitative, Quantitative, & Mixed Methods Approaches*. Sage, Los Angeles.
- [8] Cross, N., 2021. *Engineering Design Methods Strategies for Product Design: 4thed*. NY: John Wiley & Sons, Ltd.
- [9] Budynas, R., Nisbett, K., 2014. *Shigley's Mechanical Engineering Design: Tenth Edition*. McGraw-Hill Education
- [10] Khurmi, J.D., Gupta, J.K., 2005. *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing House LTD: New Delhi.
- [11] Mott, R.L., Vavrek, E., Wang, J., 2018. *Machine Element in Mechanical Design*. New Jersey: Pearson Edu., Inc.
- [12] Sularso, K. S. 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [13] Carli, Hartono, Daryadi, Sunarto, Sai'in, A. 2022. Rancang Bangun Press Tool Alat Bantu Pemetong Strip Plat dengan Menggunakan Mesin Tekuk Hidrolik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 17, No. 1, hal. 133-138.
- [14] Shan, T., Yuli, L, He, Y., 2013. Effect of geometrical parameters on wrinkling of thin-walled rectangular aluminium alloy wave-guide tubes in rotary-draw bending. *Chinese J. Aeronaut*, Vol. 26, Issue 1, Hal. 242-248.

- [15] Nakajima, K., Utsumi, N., Saito, Y., Yoshida, M., 2020. Deformation Property and Suppression of Ultra-Thin-Walled rectangular Tube in Rotary Draw Bending. *Metals*, Vol. 10, No. 8, hal. 1-16.
- [16] Cornelissen, R., Maljaars, J., Hofmeyer, H., 2021. Buckling and Wrinkling of Rectangular Hollow Sections Curved in Three-Point-Roll Bending. *The International Journal of Advanced manufacturing Technology*, Vol. 112, No. 7-8, hal. 2091-2107.