

## Pengembangan Desain Mesin Pengerolan Besi Pejal dengan Sistem Penggerak Ganda untuk Aplikasi Bengkel Skala Menengah

Muhammad Arsyad Suyuti<sup>1\*</sup>, Baso Nasrullah<sup>2</sup>, Agung Sarira Tular<sup>3</sup>,  
Gilang Ramadhan<sup>4</sup>, Tutut Ida War Tamar<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia  
\* E-mail korespondensi: muh.assuyuti@poliupg.ac.id

**Abstract:** This study aims to develop the design of a solid steel rolling machine with a dual drive system for medium-scale workshop applications. The research method includes literature study, machine design using CAD software, structural simulation, prototype fabrication, and performance testing. The developed machine is equipped with two drive systems, namely manual operation and a 3 kW three-phase electric motor to provide operational flexibility. Simulation results indicate that the main structural components have adequate safety factors, with maximum stress values below the tensile strength limit of the material. Performance testing shows that the machine is capable of rolling solid steel bars with diameters of 8–16 mm and strip plates with thicknesses of 2–4 mm. The outer circle diameter deviation remains within the tolerance limit of  $\pm 5$  mm, and the average processing time per unit is less than 9 minutes, indicating improved production efficiency compared to manual methods. The compact design and simple transmission system also provide ease of maintenance and lower construction costs.

**Keywords:** rolling machine, solid round bar, strip plate, mechanical design, simulation, prototype..

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain mesin pengerolan besi pejal dengan sistem penggerak ganda untuk aplikasi bengkel skala menengah. Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan mesin menggunakan perangkat lunak CAD, simulasi struktur, pembuatan prototipe, serta pengujian kinerja alat. Mesin yang dikembangkan menggunakan dua sistem penggerak yaitu manual dan motor listrik tiga fasa berdaya 3 kW untuk memberikan fleksibilitas operasional. Hasil simulasi menunjukkan bahwa komponen utama memiliki faktor keamanan yang memadai dengan nilai tegangan maksimum masih berada di bawah batas kekuatan tarik material. Pengujian kinerja menunjukkan bahwa mesin mampu mengerol besi pejal berdiameter 8–16 mm dan pelat strip dengan ketebalan 2–4 mm. Penyimpangan diameter lingkaran luar berada dalam batas toleransi  $\pm 5$  mm dengan waktu pengerjaan rata-rata kurang dari 9 menit per unit, sehingga menunjukkan peningkatan efisiensi dibandingkan metode manual. Selain itu, desain mesin yang kompak dan sistem transmisi yang sederhana memberikan kemudahan dalam perawatan serta menekan biaya konstruksi.

**Kata Kunci:** mesin pengerolan, besi pejal, plat strip, desain mekanik, simulasi, prototipe

### I. PENDAHULUAN

Proses pengerolan logam merupakan salah satu teknik manufaktur yang umum digunakan di industri logam untuk membentuk material menjadi profil tertentu, seperti lengkungan atau silinder, melalui deformasi plastis yang dikendalikan oleh gaya tekan. Proses ini banyak diterapkan mulai dari bengkel skala kecil hingga industri manufaktur besar karena kemampuannya mempertahankan integritas struktur material sekaligus menghasilkan deformasi permanen dengan tingkat presisi yang baik [1]. Efektivitas proses pengerolan sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter teknis, seperti kedalaman penekanan, kecepatan putaran roll, serta karakteristik material yang dikerjakan [2].

Seiring meningkatnya permintaan terhadap produk logam dengan kualitas tinggi dan toleransi dimensi yang ketat, kebutuhan akan mesin pengerolan yang efisien dan ekonomis menjadi semakin penting [3]. Dalam kondisi persaingan industri manufaktur yang semakin kompetitif, produktivitas dan efisiensi proses produksi menjadi faktor yang sangat menentukan [4]. Oleh karena itu, pengembangan mesin pengerolan yang inovatif dan mudah digunakan menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi proses pembentukan logam. Salah satu alternatif yang dapat dikembangkan adalah alat bending

portable yang mampu mempercepat proses pengerolan dengan waktu produksi yang lebih singkat serta kemudahan penggunaan di lapangan [5]. Proses perancangan alat tersebut perlu mempertimbangkan berbagai variabel teknis sehingga dapat menghasilkan beberapa konsep desain yang sesuai dengan kebutuhan pengguna [6].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan mesin pengerolan dengan pendekatan desain yang berbeda. Salah satu penelitian mengusulkan sistem penekan berbasis hidrolik yang mampu menghasilkan gaya tekan yang besar, namun memiliki kelemahan pada biaya operasional dan perawatan yang relatif tinggi [7]. Penelitian lainnya mengembangkan mesin pengerolan dengan penggerak motor listrik yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi energi serta kestabilan proses pengerolan [8]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa pengaturan kedalaman penekanan secara presisi dapat mencegah terjadinya cacat permukaan yang berpotensi menyebabkan proses pengerjaan ulang (rework) [9]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perancangan mesin pengerolan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara performa teknis, kemudahan perawatan, serta efisiensi biaya.

Di lingkungan Politeknik Negeri Ujung Pandang, beberapa penelitian juga telah dilakukan terkait pengembangan mesin pengerolan. Salah satu penelitian merancang mesin rol dengan sistem vertikal yang mampu mengerol pipa segi empat dan bulat, namun memiliki keterbatasan pada fleksibilitas dies penekan yang sulit diganti [10]. Penelitian lain mengembangkan mesin rol pipa menggunakan sistem hidrolik jack dan transmisi gear sprocket yang mampu mengakomodasi berbagai ukuran pipa, namun memiliki kompleksitas desain yang cukup tinggi sehingga menyulitkan proses perawatan [11]. Selain itu, terdapat pula penelitian yang mengembangkan alat bantu pengerolan untuk besi pejal sebagai solusi kebutuhan bengkel fabrikasi logam, khususnya dalam pembuatan maupun perbaikan alat pertanian [12]. Meskipun demikian, sebagian besar alat pengerolan yang tersedia di pasaran masih memiliki harga yang relatif tinggi serta kompleksitas teknis yang menyulitkan penggunaannya pada industri skala kecil.

Berdasarkan kajian literatur tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat kebutuhan akan mesin pengerolan yang memiliki desain lebih sederhana, fleksibel, dan ekonomis namun tetap mampu memenuhi kebutuhan teknis dalam proses pengerolan logam. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah kombinasi sistem penggerak manual dan motor listrik, sehingga mesin dapat dioperasikan sesuai dengan kondisi kebutuhan dan ketersediaan sumber daya listrik [13]. Desain mesin semacam ini berpotensi untuk diterapkan pada bengkel fabrikasi logam skala kecil hingga menengah, khususnya dalam pengerjaan besi pejal bulat dan plat strip [14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan desain konstruksi mesin pengerolan besi yang dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis, dengan struktur yang lebih ringkas, biaya produksi yang lebih rendah, serta kemudahan dalam perawatan. Proses perancangan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CAD untuk menganalisis kekuatan rangka dan gaya tekan yang bekerja pada sistem pengerolan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian fungsional di bengkel untuk mengevaluasi kinerja alat yang dikembangkan [15]. Inovasi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih ekonomis dan praktis bagi pelaku industri kecil dan menengah dalam proses pengerolan logam.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian rekayasa (*engineering research*) yang berfokus pada pengembangan produk teknis berupa mesin pengerolan besi. Pendekatan ini memungkinkan perancangan dan pengujian prototipe secara langsung untuk mengevaluasi performa, keandalan, dan efisiensi alat di lingkungan kerja nyata. Metode ini dilaksanakan melalui tahapan-tahapan sistematis yang meliputi studi literatur, perancangan desain, pemilihan material, proses fabrikasi, perakitan, serta pengujian dan evaluasi hasil.

### A. Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal dimulai dengan studi literatur guna mengidentifikasi konsep dasar pengerolan logam, parameter teknis utama, dan pendekatan desain mesin yang telah diterapkan dalam penelitian sebelumnya. Studi ini mencakup kajian terhadap gaya tekan, efisiensi transmisi tenaga, kecepatan putar, serta risiko deformasi dan cacat produk. Literatur seperti karya Pachange dkk. (2019), Patrick EA dkk. (2019), dan Saputra (2023) memberikan referensi penting dalam menentukan batasan rancangan dan solusi desain yang efisien.

Selain itu, dilakukan identifikasi kebutuhan di bengkel pabrikan logam skala kecil yang menjadi target pengguna utama. Aspek fleksibilitas operasional, kemudahan perawatan, dan keterjangkauan biaya menjadi dasar penyusunan spesifikasi awal mesin [16].

### B. Perancangan Konseptual dan Desain Teknis

Desain akhir mempertimbangkan efisiensi ruang, kemudahan dalam proses manufaktur, serta fleksibilitas penggunaan, terutama dalam Berdasarkan hasil kajian awal, dilakukan penyusunan desain konseptual mesin dengan mempertimbangkan dua sistem penggerak: manual dan motor listrik 3 fasa berdaya 3 kW. Perancangan difokuskan pada tiga komponen utama: sistem rangka, sistem penggerak, dan mekanisme penekan. Proses perancangan menggunakan cad software untuk memodelkan struktur mesin secara tiga dimensi. Simulasi dilakukan terhadap gaya tekan maksimum sebesar 21.000 N untuk memastikan kekuatan struktur rangka dan komponen utama. Parameter seperti *safety factor*, distribusi tegangan (*stress*), dan deformasi (*displacement*) dianalisis untuk memastikan desain mampu menahan beban kerja baik normal maupun maksimum [17]. kondisi bengkel dengan keterbatasan ruang dan daya.

### C. Pemilihan Material dan Proses Fabrikasi

Material utama yang digunakan adalah baja profil u (unp65) untuk rangka, serta baja karbon rendah (*mild steel*) untuk komponen-komponen yang mengalami gaya tekan. Pemilihan ini didasarkan pada sifat mekanik seperti modulus elastisitas, kekuatan tarik, dan ketahanan deformasi sebagaimana ditunjukkan dalam hasil simulasi.

Fabrikasi dilakukan di Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang, melalui proses pemotongan, pengelasan, pengeboran, dan permesinan. Proses ini dilakukan sesuai spesifikasi teknis hasil perancangan, dengan pengawasan ketat untuk menjamin kesesuaian antara desain dan hasil produksi.

### D. Perakitan dan Penyusunan Prototipe

Tahap selanjutnya adalah perakitan seluruh komponen mesin sesuai urutan sistem kerja. Perakitan meliputi pemasangan rol utama, pengaturan posisi *gear box* dan motor listrik, serta instalasi batang ulir sebagai mekanisme penekan. Perakitan dilakukan secara bertahap untuk memastikan keterpaduan antara sistem penggerak dan struktur rangka.

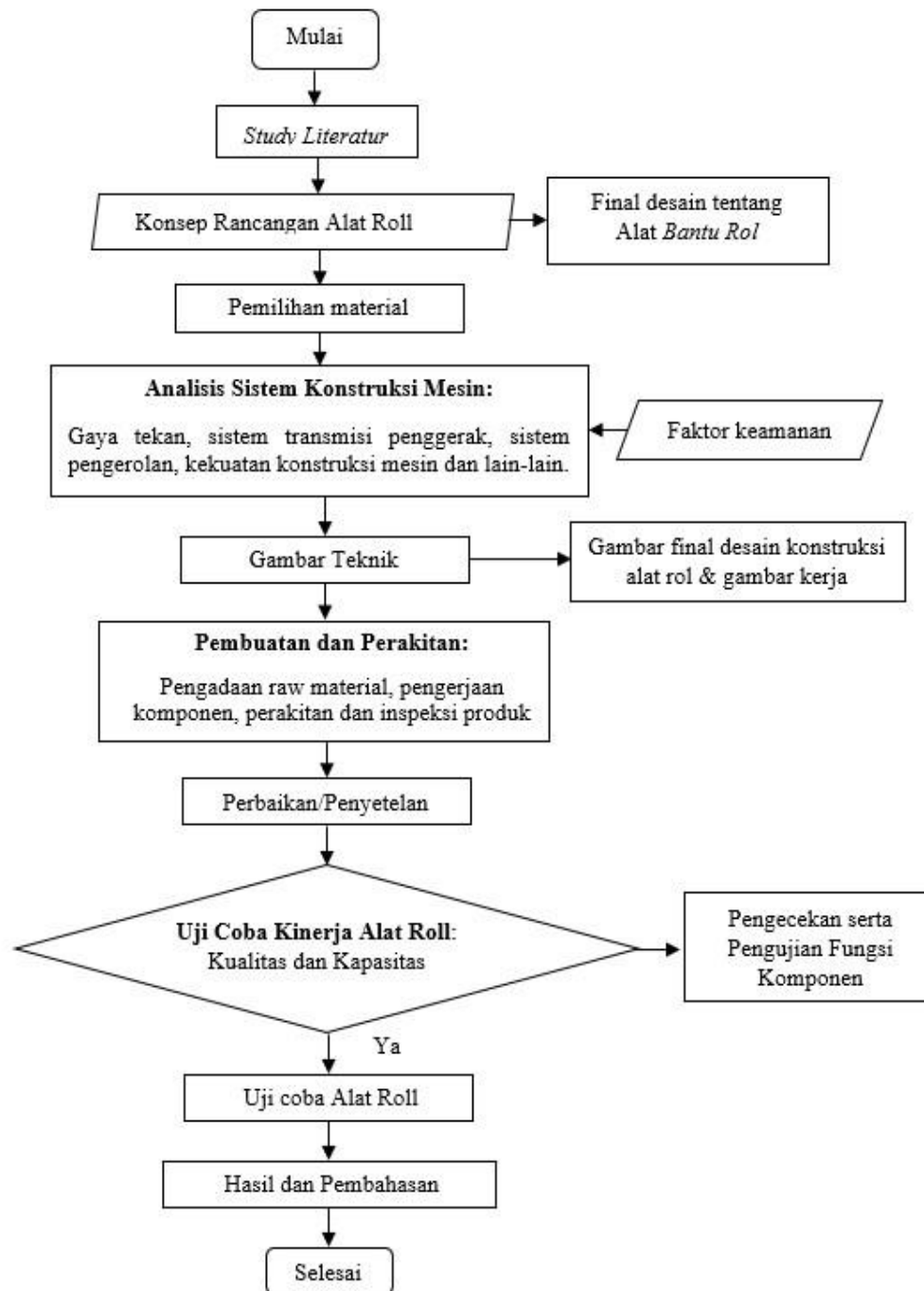
Setelah perakitan, dilakukan penyesuaian awal untuk menyelaraskan posisi komponen dan mengurangi risiko ketidaksejajaran mekanis. Prototipe yang telah selesai menjadi dasar pengujian fungsional.

### E. Pengujian Kinerja dan Evaluasi

Pengujian dilakukan secara langsung di bengkel terhadap dua jenis material: besi pejal bulat ( $\varnothing 16$  mm) dan plat strip (4×25 mm). Pengujian difokuskan pada parameter presisi hasil pengerolan, waktu pengerjaan, dan konsistensi dimensi lingkaran yang dihasilkan. Hasil pengujian dibandingkan dengan target desain (diameter lingkaran luar 740 mm). Selain pengukuran fisik, dilakukan evaluasi terhadap waktu pengerjaan rata-rata dan performa mesin saat dioperasikan dalam mode semi otomatis maupun manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata deviasi dimensi berada dalam toleransi  $\pm 5$  mm dari target, dengan waktu produksi di bawah 9 menit per unit, yang menunjukkan efisiensi signifikan dibanding metode manual.

## F. Diagram Alir Metodologi

Untuk mempermudah pemahaman terhadap alur kerja penelitian, metode ini divisualisasikan dalam bentuk diagram alir. Setiap kotak pada diagram menggambarkan tahapan utama, mulai dari studi literatur hingga penyusunan laporan akhir. Panah antar kotak menunjukkan urutan proses yang logis dan hubungan antartahap. Diagram ini juga dilengkapi dengan keterangan tambahan terkait input, output, dan tujuan dari tiap fase penelitian.



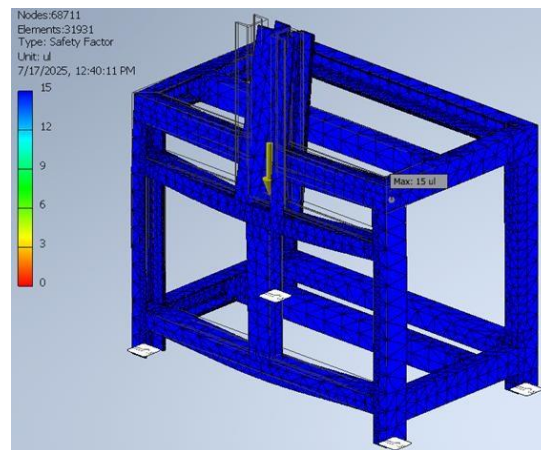
Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Pengembangan Mesin Pengerolan Besi

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini mencakup proses simulasi desain, pembuatan prototipe, dan evaluasi kinerja mesin dalam konteks operasional. Seluruh proses dilakukan secara terstruktur, mulai dari perancangan hingga evaluasi hasil akhir, dengan pendekatan berbasis pengujian langsung dan analisis simulatif menggunakan cad software.

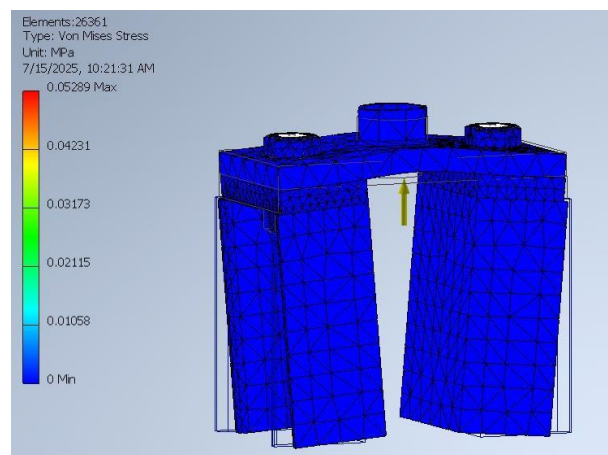
#### A. Hasil Simulasi Desain

Simulasi dilakukan untuk memverifikasi kekuatan struktur mesin dan meminimalkan risiko kegagalan saat pengoperasian. Material yang digunakan dalam simulasi adalah *mild steel* (baja karbon rendah), dengan beban maksimum yang disimulasikan sebesar 21.000 N. Parameter yang dianalisis meliputi faktor keamanan (*safety factor*), tegangan maksimum (*stress*), dan deformasi (*displacement*) pada elemen struktural utama.



Gambar 2. Hasil Simulasi *Safety Factor* pada Rangka Mesin

Gambar 2 menunjukkan hasil simulasi nilai *safety factor* pada rangka mesin. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh bagian struktur rangka berada pada rentang berwarna biru yang menandakan bahwa tidak ada bagian struktur yang mengalami kondisi kritis.



Gambar 3. Hasil Simulasi *Stress* pada Penyangga Ulir

Gambar 3 memperlihatkan distribusi tegangan maksimum yang terjadi jauh dibawah batas maksimum yang ditahan oleh material berdasarkan spesifikasi bahan yang digunakan.

Tabel 1. Sifat Mekanik dan Termal Material *Mild Steel* yang Digunakan dalam Simulasi

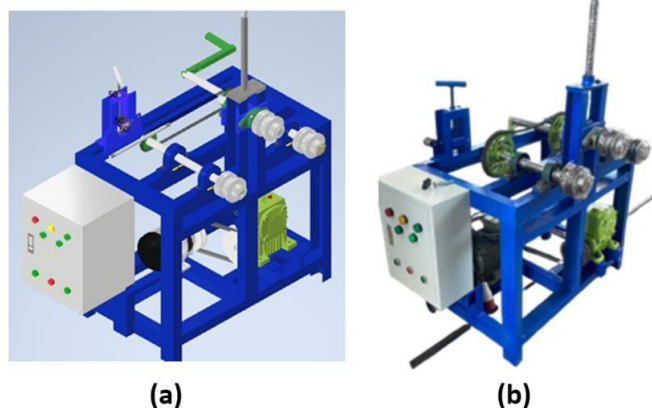
| Propertis                 | Imperial (AS)               | Nilai dalam Satuan Metrik (SI) |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Density                   | 490.059 lbm/ft <sup>3</sup> | 7,850 kg/m <sup>3</sup>        |
| Young's Modulus           | 31,908.302 ksi              | 220 GPa                        |
| Poisson's Ratio           | 0.275 (unitless)            | 0.275                          |
| Yield Strength            | 30.023 ksi                  | 207 MPa                        |
| Ultimate Tensile Strength | 50.038 ksi                  | 50.038 ksi                     |
| Thermal Conductivity      | 45.000 W/(m·K)              | 45.000 W/(m·K)                 |
| Linear Expansion          | 0.0000216 /°F               | $\sim 12 \times 10^{-6}$ /°C   |
| Specific Heat             | 0.480 J/(kg·K)              | 0.480 J/(kg·K)                 |

Tabel 1 merangkum sifat mekanik material yang digunakan dalam simulasi. Dengan modulus elastisitas sebesar 220 GPa dan tegangan luluh 207 MPa, material *mild steel* terbukti sesuai untuk kebutuhan desain mesin.

### B. Hasil Perancangan dan Pembuatan Mesin

Desain mesin telah direalisasikan dalam bentuk prototipe lengkap dengan tiga subrakitan utama: struktur rangka, sistem penggerak, dan sistem penekan. Rangka utama menggunakan enam batang baja profil u (unp65) yang disusun dan dilas untuk membentuk struktur kokoh.

Sistem penggerak menggunakan motor listrik tiga fasa berdaya 3 kW yang terhubung dengan *gear reducer* dan transmisi rantai. Sementara itu, mekanisme penekan mengandalkan batang ulir yang dapat disetel untuk menyesuaikan tekanan terhadap benda kerja. Pendekatan ini memberikan kestabilan selama proses pengerolan serta fleksibilitas dalam penyesuaian terhadap berbagai dimensi material.

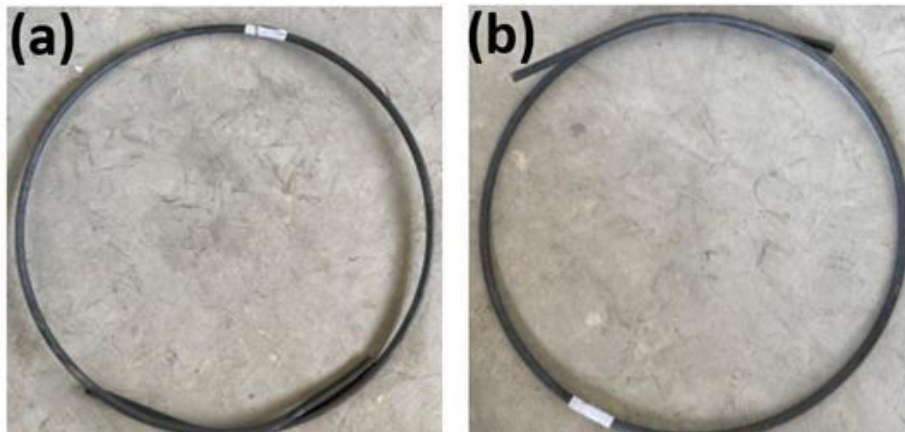


Gambar 4. Visualisasi Model dan Prototipe Mesin Pengerolan Besi: (a) Desain CAD; (b) Hasil Pembuatan

Gambar 4(a) menampilkan model desain CAD mesin dalam bentuk tiga dimensi. Desain ini mengakomodasi kebutuhan fungsional sekaligus kemudahan perakitan. Gambar 4(b) menunjukkan hasil pembuatan fisik mesin yang telah dilengkapi dengan sistem penggerak dan panel kontrol.

### C. Hasil Uji Kinerja Prototipe

Pengujian kinerja mesin dilakukan secara langsung di Bengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan menggunakan dua jenis material uji: besi pejal berdiameter 16 mm dan pelat strip berukuran 4×25 mm. Target utama adalah pembentukan lingkaran dengan diameter luar 740 mm melalui proses pengerolan semi otomatis.



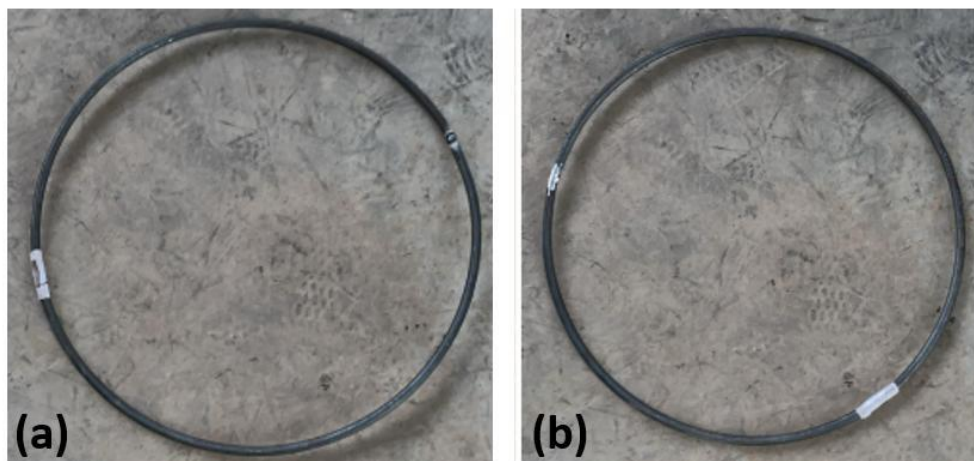
Gambar 5. Bentuk Awal Lingkaran Besi Pejal Hasil Pengerolan Semi Otomatis Sebelum Proses Pengelasan

Tabel 2. Hasil Pengujian Dimensi Pengerolan Semi Otomatis Diameter Luar 740 mm

| No                  | Target Ukuran Lingkaran | Ukuran Hasil Pengerolan Sebelum Pengelasan (mm)                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | Rata-rata Lingkaran (mm) | Waktu Proses Pengelasan | Ket Gambar |
|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
|                     |                         | Posisi Pengukuran                                                                 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                          |                         |            |
|                     |                         |  |  |  |  |                          |                         |            |
| 1                   | 740 mm                  | 745                                                                               | 750                                                                               | 750                                                                               | 745                                                                               | 747,5                    | 8'30"                   | 5 (a)      |
| 2                   | 740 mm                  | 740                                                                               | 745                                                                               | 745                                                                               | 745                                                                               | 743,8                    | 8'31"                   | 5 (b)      |
| Rata-rata lingkaran |                         |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 740,1                    | Rata-rata waktu = 8'54" |            |

Tabel 2 menyajikan hasil pengukuran dimensi sebelum pengelasan. Rata-rata diameter lingkaran yang dihasilkan adalah 740,1 mm, dengan waktu pengerjaan rata-rata 8 menit 54 detik per unit. Nilai ini berada dalam toleransi  $\pm 5$  mm dari target, sehingga dapat disimpulkan bahwa mesin mampu menghasilkan hasil pengerolan yang presisi.

Setelah tahap pengelasan dilakukan untuk menyatukan ujung-ujung batang, hasil akhir diamati kembali. Gambar 6 menunjukkan bentuk lingkaran setelah pengelasan. Pengukuran ulang dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh pengelasan terhadap dimensi akhir.



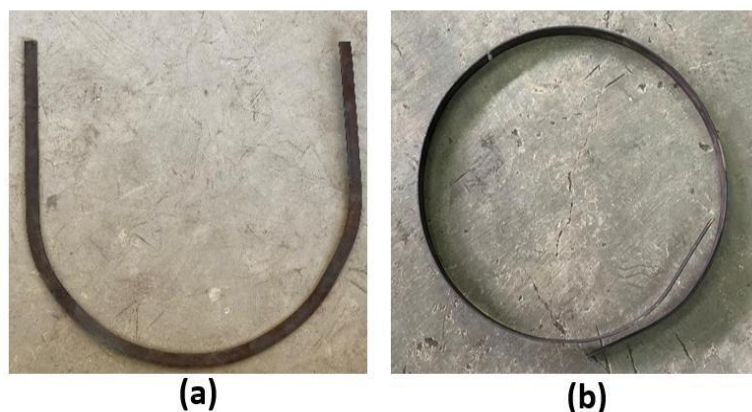
Gambar 6. Hasil Akhir Lingkaran Besi Pejal Berdiameter Luar 740 mm Setelah Proses Pengerolan dan Pengelasan

Berdasarkan Gambar 6, yang memperlihatkan tampilan visual hasil pengerolan semi otomatis besi pejal dalam bentuk lingkaran dengan target diameter luar 740 mm setelah melalui proses pengelasan. Data hasil pengukuran tersebut dirangkum dalam Tabel 3, yang menyajikan informasi terkait ukuran lingkaran pada beberapa titik pengukuran dan waktu yang dibutuhkan untuk proses pengelasan masing-masing sampel. Evaluasi ini bertujuan untuk mengukur konsistensi dimensi setelah pengelasan serta keandalan mesin dalam mempertahankan bentuk dan ukuran setelah proses penyambungan dilakukan.

Tabel 3. Hasil Setelah Pengelasan Dimensi Pengerolan Semi Otomatis Diameter Luar 740 mm

| Tabel 3: Hasil Sebelum Pengelasan Dimensi 1 Pengelasan Semi Otomatis Diameter Luar 740 mm |                         |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                          |                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------|
| No                                                                                        | Target Ukuran Lingkaran | Ukuran Hasil Pengerolan Sebelum Pengelasan (mm)                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | Rata-rata Lingkaran (mm) | Waktu Proses Pengelasan | Ket Gambar |
|                                                                                           |                         | Posisi Pengukuran                                                                 |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                          |                         |            |
|                                                                                           |                         |  |  |  |  |                          |                         |            |
| 1                                                                                         | 740 mm                  | 740                                                                               | 738                                                                               | 739                                                                               | 738                                                                               | 738,8                    | 2'30"                   | 4.15 (a)   |
| 2                                                                                         | 740 mm                  | 740                                                                               | 743                                                                               | 744                                                                               | 739                                                                               | 741,5                    | 2'45"                   | 4.15 (b)   |
| Rata-rata lingkaran                                                                       |                         |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | 740,1                    | Rata-rata waktu = 2'37" |            |

Tabel 3 mencatat hasil pengukuran setelah proses pengelasan. Rata-rata diameter lingkaran berada pada 740,1 mm, menghasilkan diameter lingkaran yang tidak melebihi batas toleransi  $\pm 5$  mm.



Gambar 7. Hasil Pengerolan Lingkaran pelat: (a) semi otomatis, (b) manual

Berdasarkan Gambar 7, yang memperlihatkan perbandingan hasil visual antara proses pengerolan lingkaran pelat menggunakan metode semi otomatis (a) dan metode manual (b) dengan diameter target 395 mm. Untuk melengkapi pengamatan tersebut, Tabel 4. menyajikan data hasil pengerolan besi plat strip dengan ketebalan 4 mm, termasuk dimensi akhir lingkaran yang terbentuk serta parameter proses pengerolannya.

Tabel 4. Hasil Pengerolan Besi Plat Strip Tebal 4 Mm

| No | Gambar   | Waktu Pengerolan | Radius Luar (mm) | Radius Dalam | Keterangan    |
|----|----------|------------------|------------------|--------------|---------------|
| 1  | 4.1. (a) | 3.13 menit       | 310mm            |              | Semi Otomatis |
| 2  | 4.2. (b) | 4.13 menit       | 395 mm           | 570 mm       | Manual        |

Pengujian pada material besi plat strip dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mesin pengerolan dalam membentuk material datar dengan ketebalan 4 mm menjadi bentuk lengkung atau lingkaran.

Gambar 7 memperlihatkan hasil visual dari dua metode pengerolan, yaitu secara semi otomatis (a) dan manual (b), sedangkan data lengkap hasil pengukuran ditampilkan dalam Tabel 4.

#### D. Pembahasan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain mesin memenuhi kriteria kekuatan struktural dengan nilai safety factor yang tinggi serta tegangan maksimum yang masih berada jauh di bawah batas kekuatan tarik material yang digunakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa struktur rangka mesin memiliki kemampuan yang memadai untuk menahan beban kerja selama proses pengerolan dan berpotensi digunakan dalam operasi berulang dalam jangka waktu yang lama. Analisis kekuatan struktur melalui simulasi berbasis CAD merupakan langkah penting dalam perancangan mesin karena dapat memprediksi distribusi tegangan dan deformasi sebelum proses fabrikasi dilakukan, sehingga risiko kegagalan struktur dapat diminimalkan [17].

Dari sisi operasional, hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa mesin mampu membentuk lingkaran dari besi pejal maupun pelat strip dengan tingkat ketelitian dimensi yang baik. Penyimpangan diameter lingkaran luar yang dihasilkan berada dalam rentang toleransi  $\pm 5$  mm, yang masih dapat diterima dalam proses pengerolan pada skala bengkel pabrikan logam. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi sistem penekan ulir dan mekanisme rol mampu memberikan tekanan yang cukup stabil selama proses pembentukan material. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pengaturan tekanan dan mekanisme rol yang tepat sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil pengerolan serta dapat meminimalkan cacat permukaan pada material yang dibentuk [9].

Selain itu, penggunaan sistem penggerak ganda, yaitu penggerak manual dan motor listrik, memberikan fleksibilitas operasional yang lebih baik. Sistem ini memungkinkan mesin tetap dapat digunakan pada kondisi bengkel yang memiliki keterbatasan sumber daya listrik. Pendekatan desain semacam ini juga sejalan dengan konsep pengembangan mesin untuk industri kecil dan menengah yang menekankan pada fleksibilitas penggunaan serta efisiensi operasional [13].

Dari aspek konstruksi, desain mesin yang relatif ringkas dengan dimensi tinggi 71 cm, lebar 60 cm, dan panjang 50 cm memberikan kemudahan dalam mobilitas serta proses perawatan. Penggunaan batang ulir sebagai mekanisme penekan serta sistem transmisi sederhana dengan gear reducer juga berkontribusi terhadap kemudahan pemeliharaan dan mengurangi kompleksitas mekanisme mesin. Prinsip desain mesin yang sederhana namun fungsional merupakan salah satu pendekatan yang banyak diterapkan dalam pengembangan peralatan manufaktur untuk bengkel skala kecil, karena dapat meningkatkan keandalan sekaligus menekan biaya operasional dan perawatan [3].

Secara keseluruhan, hasil simulasi dan pengujian menunjukkan bahwa mesin pengerolan besi yang dikembangkan memiliki kinerja yang baik dari sisi kekuatan struktur, ketelitian hasil pengerolan, serta fleksibilitas operasional. Oleh karena itu, mesin ini dapat dinyatakan layak secara teknis untuk digunakan pada proses pengerolan besi pejal maupun pelat strip pada bengkel pabrikan logam skala kecil hingga menengah.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, simulasi, dan pengujian, mesin pengerolan besi pejal dengan sistem penggerak ganda berhasil dikembangkan dan memenuhi kriteria teknis untuk aplikasi bengkel skala menengah. Hasil simulasi menunjukkan struktur mesin aman digunakan dengan nilai tegangan di bawah batas kekuatan material. Pengujian kinerja menunjukkan bahwa mesin mampu mengerol besi pejal berdiameter 8–16 mm dan pelat strip dengan ketelitian dimensi yang masih berada dalam toleransi  $\pm 5$  mm. Dengan sistem penggerak manual dan motor listrik, mesin ini memberikan fleksibilitas operasional serta efisiensi dalam proses pengerolan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur, R., & Suyuti, M.A. (2018). *Perancangan mesin-mesin industri*. Deepublish
- [2] Goltom, Galuh. 2019. *Rancang Bangun Mesin Roll Plat Skala Home Industry*. Dalam jurnal Teknik Mesin. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [3] Suyuti, M. A., Nur, R., & Iswar, M. (2020). *Perancangan Alat Proses Tekuk (Teori Dan Aplikasi)*. Deepublish.
- [4] Nur, R., & Suyuti, M. A. (2020). Mini Press Tool as Learning Practical: Designing, Manufacturing, and Analysis. *Journal of Industrial Engineering & Management Research*, 1(2), 9-14.
- [5] Wisnujati, A., & Yusuf, M. (2021). Rancang Bangun dan Uji Kinerja Mesin Bead Roller untuk Perbaikan Bodi Kendaraan. *Rekayasa*, 14(1), 114-120.
- [6] Suyuti, M. A., Iswar, M., & Nur, R. (2019, December). Effect of punch angle and punch radius on bend angle through air V-bending of sheet metal. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2187, No. 1, p. 030002). AIP Publishing LLC.
- [7] Rohan Pachange, arravin Patil, Naveen Naik. 2019. "Design and Fabrication of Manual Roller Bending Machine". *International Research Journal of Engineering and Technology*.
- [8] Patrick EA, Joseph Konas. 2019. "Design and Fabrication of a three- Rolls Plate Bending Machine". *Innovative System and Design Engineering Journal*.
- [9] Eko Saputra. 2023. "Investigasi Permukaan Besi Square Hollow Hasil Pengerollan menggunakan Teknologi Mesin Roller Bending". *Jurnal Rekayasa Mesin Polines*.
- [10] Ambari, M., & Arif, M. N. (2014). *Pengembangan Mesin Rol Pipa Sistem Vertikal* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang).
- [11] Tangkemanda, A., Rasak, A. H., Febriyanto, F., Renaldy, F., & Erfin, M. (2021). Rancang Bangun Mesin Rol Bending Pipa Besi. *J. Tek. Mesin Sinergi*, 19(1), 97-105.
- [12] Suyuti, M. A., & Susanto, T. A. (2016). Rancang Bangun Mesin Rol Besi Pejal Untuk Pembuatan komponen Alat Pertanian. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang*, 14(1).
- [13] Nur, R., & Suyuti, M. A. (2017). *Pengantar sistem manufaktur*. Deepublish.
- [14] M. A. Suyuti, R. Nur, M. Iswar, dan E. Erniyanti, (2019). Desain Konstruksi Press Tool Sebagai Alat Bending Bentuk V Dengan Garis Bending Max. 300 mm, *Jurnal Teknik Mesin SINERGI*, vol. 17, no. 1, hlm. 48–56.
- [15] M6. A. Suyuti, R. Nur, dan M. Iswar, (2020) Rancang Bangun Press Tool Untuk Alat Bending Pelat Tipe Die V Air Bending, *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, hlm. 39–44.
- [16] Ir Ikram, M. T., Suyuti, M. A., Amrullah, S. T., Muttaqin, A. N., Uswatul Hasanah Mihdar, M. T., Nur, R., & ST, S. (2024). *Gambar Teknik Dasar*. Nas Media Pustaka.
- [17] Dullah, M. J., Suyuti, M. A., Sudarman, M., Mariam, M., & Arham, M. A. (2020). Desain dan analisis alat bending v sistem hidro pneumatik. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 17(2), 168-178.