

Fabrikasi Rangka Alat Pencetak Piring Dari Pelepah Pinang Berbasis Sistem Kontrol Elektro Pneumatik

Marzuki¹, Samsul Bahri^{2*}, Sariyusda³, Nawawi Juhan⁴, Hamdani⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

e-mail: ¹ marzuki@pnl.ac.id, ^{2*} samsul_bahri@pnl.ac.id

Abstrak

Sebagai komponen struktural utama, rangka pada alat pencetak piring dari pelepah pinang berfungsi sebagai tulang punggung mekanis dari seluruh unit sistem elektro pneumatic dan sitem pemanas. Penelitian ini bertujuan untuk merancang serta memfabrikasi rangka yang kokoh, aman, dan ergonomis sehingga mampu menjamin stabilitas proses pengepresan pelepah pinang menjadi piring biodegradable. Metode penelitian meliputi Desain rangka menggunakan software CAD, pemilihan material konstruksi, perhitungan pembebanan statis dan dinamis, pembuatan gambar kerja, proses pemesinan, pengelasan SMAW, serta perakitan komponen. Material baja ASTM A36 dipilih karena memiliki kekuatan tarik dan kelenturan yang memadai untuk menahan beban tekan dan panas. Hasil analisis menunjukkan tegangan maksimum pada rangka sebesar 182,7 MPa, masih di bawah batas luluh material dengan faktor keamanan 1,29. Dimensi akhir rangka adalah 680 × 688 × 1460 mm, sesuai dengan desain yang direncanakan. Proses fabrikasi melibatkan pemotongan, penggerindaan, pengeboran, milling, dan pengelasan SMAW. Estimasi waktu total fabrikasi adalah 17.5 jam yang terdiri dari waktu pemesinan 6 jam dan waktu pengelasan atau perakitan 6 jam dan waktu pengecatan 5.5 Jam. Uji fungsional membuktikan bahwa rangka mampu menopang seluruh sistem pneumatik dan unit pemanas tanpa deformasi signifikan, serta memungkinkan pergantian mold secara praktis. Dengan demikian, rangka hasil fabrikasi dinyatakan layak untuk mendukung produksi piring dari pelepah pinang yang ramah lingkungan dan dapat menjadi alternatif pengganti plastik sekali pakai.

Kata kunci—1;Desain Rangka, 2;Fabrikasi Rangka, 3;Proses Pemesinan, 4;Proses Pengelasan, 5; Proses Perakitan

Abstract

As the primary structural component, the frame of the areca palm sheath plate-forming machine functions as the mechanical backbone of the entire electro-pneumatic system and the heating unit. This study aims to design and fabricate a frame that is strong, safe, and ergonomic in order to ensure the stability of the pressing process that transforms areca palm sheaths into biodegradable plates. The research method includes frame design using CAD software, selection of construction materials, calculation of static and dynamic loading, preparation of working drawings, machining processes, SMAW welding, and component assembly. ASTM A36 steel was selected due to its adequate tensile strength and ductility to withstand both compressive and thermal loads. The analysis results show that the maximum stress on the frame is 182.7 MPa, which remains below the yield strength of the material, with a safety factor of 1.29. The final frame dimensions are 680 × 688 × 1460 mm, in accordance with the planned design. The fabrication process involved cutting, grinding, drilling, milling, and SMAW welding. The estimated total fabrication time is 17.5 hours, consisting of 6 hours of machining, 6 hours of welding or assembly and 5.5 hours of painting. Functional testing demonstrated that

the frame can support the entire pneumatic system and heating unit without significant deformation, while also allowing practical mold replacement. Therefore, the fabricated frame is considered feasible to support the production of environmentally friendly areca-sheath plates as a sustainable alternative to single-use plastics.

Keywords—1; *Frame Design*, 2; *Frame Fabrication*, 3; *Machining Process*, 4; *Welding Process*, 5; *Assembly Process*

1. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan akibat akumulasi limbah plastik telah mendorong berbagai inisiatif pengembangan produk ramah lingkungan, salah satunya adalah piring biodegradable berbahan dasar pelepah daun Pinang. Provinsi Aceh memiliki potensi besar dalam pemanfaatan pelepah pinang dengan luas perkebunan Pinang mencapai 45.044 hektare, yang memproduksi 364.856.400– 405.396.000 pelepah daun pertahun dengan berat mencapai 91,214 hingga 135,132 ton pertahun [1]. Namun petani belum memanfaatkan pelepah Pinang secara maksimal untuk menambah penghasilan mereka [2],[3]. Padahal, pelepah Pinang sangat memungkinkan dikembangkan menjadi produk yang bernilai ekonomis dan sangat ramah lingkungan untuk dijadikan sebagai produk yang bernilai tambah seperti wadah atau piring [4], [5], [6].

Piring berbahan pelepah Pinang telah terbukti sebagai alternatif biodegradable yang menggantikan plastik. Namun, masih terbatasnya alat pencetak piring dengan sistem yang efisien dan stabil menjadi kendala. Desain dan fabrikasi rangka sebagai struktur utama dari mesin pencetak berperan vital dalam memastikan performa, presisi, dan kestabilan termal selama proses pencetakan [7], [8], [9]. Oleh karena itu, pengembangan alat ini menjadi signifikan dalam mendukung industri hijau berbasis teknologi tepat guna [2],[10], [11],[12], [13].

Penelitian sebelumnya ditahun 2024 telah menghasilkan produk Mold dan Dies untuk pencetak piring dari pelepah Pinang, sehingga keberlanjutannya membutuhkan desain dan fabrikasi rangka sebagai tempat danudukan Mold dan Dies beserta tempat untuk penempatan sistem kontrol temperatur, pemanas dan Elektro Pneumatik [2], [3]. Desain dan fabrikasi rangka alat pencetak piring membutuhkan pendekatan rekayasa struktur yang mempertimbangkan beban statis maupun dinamis, serta kondisi lingkungan kerja [8]. Rangka harus mampu menahan tekanan dari sistem pengepres serta beban dari elemen pemanas tanpa terjadi deformasi signifikan yang dapat memengaruhi presisi hasil cetakan [7], [8], [9]. Oleh karena itu, diperlukan desain awal yang tepat dan akurat dengan menggunakan software CAD (*Computer Aided Design*) seperti *Solidworks* untuk memastikan bahwa desain telah memenuhi kriteria dan dimensi yang diinginkan [14],[15],[16]. Lebih lanjut, permodelan dan perhitungan serta simulasi dapat dilakukan dengan Finite Element Analysis (FEA) untuk mengetahui distribusi tegangan dan defleksi pada setiap titik kritis [17],[18].

Rangka merupakan salah satu komponen mesin yang di desain dengan tingkat keamanan dan ketangguhan yang tinggi sebagaiudukan atau penopang komponen-komponen yang bekerja saling mendukung, menguatkan dan terintegrasi [17], [17], [18], [19], [20], [21]. Kesalahan desain dan pemilihan material akan menyebabkan struktur rangka tidak aman, dan kesalahan fabrikasi akan menyebabkan fungsional dan kinerja rangka mengalami kegagalan. Sebagai komponen struktural utama, rangka pada mesin pencetak piring dari pelepah pinang berfungsi sebagai tulang punggung mekanis dari seluruh unit. Fungsinya sangat krusial karena:

- Menopang beban kerja dari seluruh sistem, mulai dari aktuator, sistem pemanas, cetakan, hingga sistem kontrol elektronik.

- Menjaga presisi geometris dan alignment antar komponen selama proses kerja, yang sangat penting untuk menjaga kestabilan dimensi hasil cetakan.
- Menyediakan fondasi termal yang stabil untuk sistem kontrol temperatur. Deformasi termal pada rangka akibat konduksi atau radiasi panas akan mempengaruhi akurasi suhu, efisiensi energi, dan kualitas produk.
- Memberikan daya tahan terhadap beban dinamis, terutama saat aktuator hidrolik atau pneumatik bekerja dalam siklus berulang.
- Menjamin keamanan dan ergonomi, termasuk aspek keselamatan pengguna dan kemudahan pemeliharaan.

Perhitungan beban dan analisa kekuatan rangka secara umum tahapannya mengikuti urutan-urutan sebagai berikut, yaitu;

- Perhitungan berat media: dalam hal ini sebelum mencari beban serta analisa kekuatan rangka maka perlu mencari berat beban. Dengan tujuan untuk mendapatkan hasil perhitungan atau hasil berat yang menopang pada rangka, maka dari itu perlu ada pengukuran berat silinder pneumatic DAC.
- Perhitungan Beban Statis: merupakan perhitungan torsi, tegangan, dan defleksi pada rangka media yang terkait dengan desain rangka dan bahan rangka.
- Analisa Kekuatan Rangka: merupakan pengambilan keputusan apakah bahan yang digunakan rangka dalam perhitungan memenuhi persyaratan atau tidak.

Setiap rangka bangunan mesin/alat akan menerima beban dan tegangan. Beban merupakan muatan yang diterima atau mengenai suatu struktur/konstruksi/komponen yang harus diperhitungkan sedemikian rupa sehingga nantinya struktur/konstruksi/komponen tersebut dipastikan aman dan tangguh. Jenis beban yang diterima oleh elemen mesin sangat beragam, dan biasanya merupakan gabungan dari beban dirinya sendiri dan beban yang berasal dari luar [17], [18], [19], [20], [21], [22].

Proses fabrikasi merupakan kegiatan manufaktur dan perakitan seluruh struktur pendukung dari alat pencetak piring yang meliputi proses perancangan, pembuatan, dan perakitan struktur rangka mekanik yang berfungsi sebagai kerangka utama (*main frame*) dari mesin alat pencetak piring, di mana mekanisme kerja pencetakannya digerakkan oleh sistem elektro pneumatik.

Proses pemesinan (*Machining process*) merupakan proses manufaktur yang digunakan untuk membentuk dan memodifikasi komponen logam atau bahan lain dengan cara menghilangkan material dalam bentuk geram (*chip*) menggunakan alat potong [23]. Untuk rangka bangunan mesin, proses pemesinan bertujuan mencapai ketepatan geometris, kehalusan permukaan, dan toleransi dimensi yang tinggi. Dalam konteks rangka bangunan mesin, proses pemesinan tidak hanya berfokus pada pembuatan bentuk dasar, tetapi juga penyempurnaan permukaan presisi pada titik-titik kritis seperti sambungan mekanis, interface motor, housing bearing, dan komponen aktuator.

Pemesinan adalah proses manufaktur industri yang banyak digunakan di mana cairan pemotongan sering memainkan peranan penting dalam hal kualitas dan efisiensi pemesinan karena fungsi pelepasan pelumas, pendinginan, dan chipnya [24]. Pemesinan kering atau hampir kering sering dianggap sebagai strategi yang efektif untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses pemotongan [25].

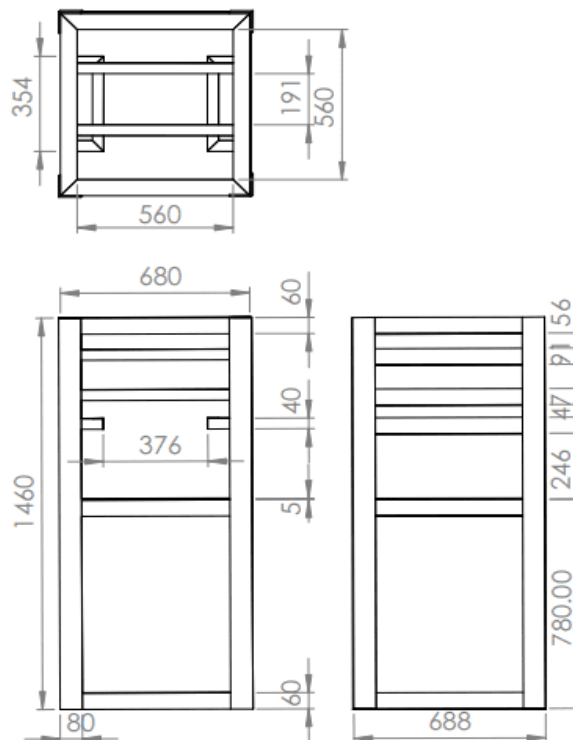
Proses perakitan (*Assembly process*) rangka senantiasa dilakukan untuk memastikan semua komponen pendukung rangka menyatu dengan komponen rangka utama, dimana semua struktural rangka benar-benar kaku dan tangguh [8]. Oleh karena itu proses perakitan dengan menggunakan teknologi dan proses pengelasan menjadi pilihan utama, karena memiliki banyak keunggulan dan keuntungan [26],[27],[28],[29].

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah melakukan Fabrikasi Rangka alat Pencetak Piring dari Pelepah Pinang yang menggunakan sistem kontrol Elektro Pneumatik dan kemudian memfabrikasi komponen-komponen utama dan pendukung dengan kemudahan pergantian Punch dan Dies sehingga menjadi produk yang layak uji dan berhasil memproduksi piring dari pelepah Pinang. Hasil penelitian sebelumnya telah berhasil membuat alat pencetak piring manual (*Plate mold*) dimana proses penekanannya masih menggunakan dongkrak hidrolik menggunakan tangan untuk memompa begitu juga pada saat melepaskan produk. Alat disini hanya bisa membuat piring dengan bentuk bulat saja, belum bervariasi dan belum bisa diganti-ganti dengan variasi punch dan dies. Oleh karenanya diperlukan desain dan fabrikasi struktur rangka yang sesuai, aman dan tangguh untuk mendukung kinerja dari sistem kontrol dan sistem mekanis peralatan. Struktur rangka dan komponen-komponen pendukung rangka pada penelitian ini didesain dan difabrikasi untuk mendukung sistem elektro pneumatik.

2. METODE PENELITIAN

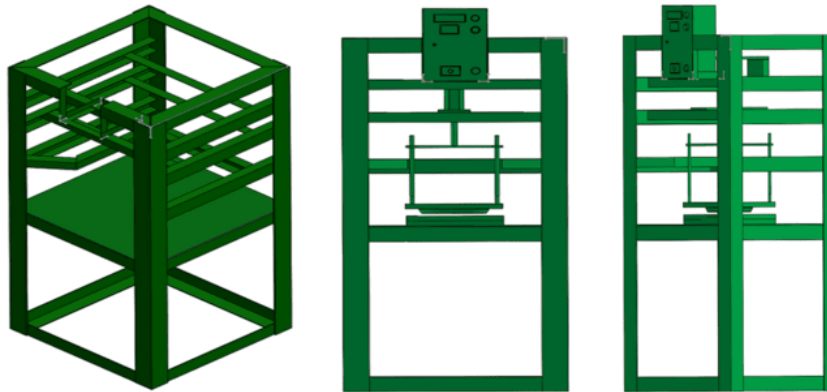
2.1 Desain Rangka Utama

Bahan atau material rangka disyaratkan harus rigid, kuat, dan kokoh. Selain itu, material rangka harus aman pada suhu operasional di atas 100 °C. Untuk alasan tersebut, maka material rangka haruslah berbahan logam besi, sehingga dalam hal ini material rangka yang dipilih adalah besi ASTM A36. Adapun dimensi rangka yang direncanakan adalah 680 x 688 x 1460 mm (PxLxT) sesuai dengan gambar desain 1. Untuk konstruksi rangka utama menggunakan besi profil siku dan untuk komponen pendukung sistem elektro pneumatik menggunakan besi profil U.



Gambar 1 Desain Rangka

Penggunaan software CAD 3 dimensi dari komponen-komponen penyusun rangka selanjutnya dapat dilakukan proses assembly atau perakitan. Proses assembly ini merupakan virtual reality dimana aspek constrain, kesejajaran, dan ketegaklurusan menjadi dasar pertimbangan kesuksesan proses assembly. Gambar 2 menunjukkan hasil dari proses assembly rangka utama menggunakan software Solidworks 2023.

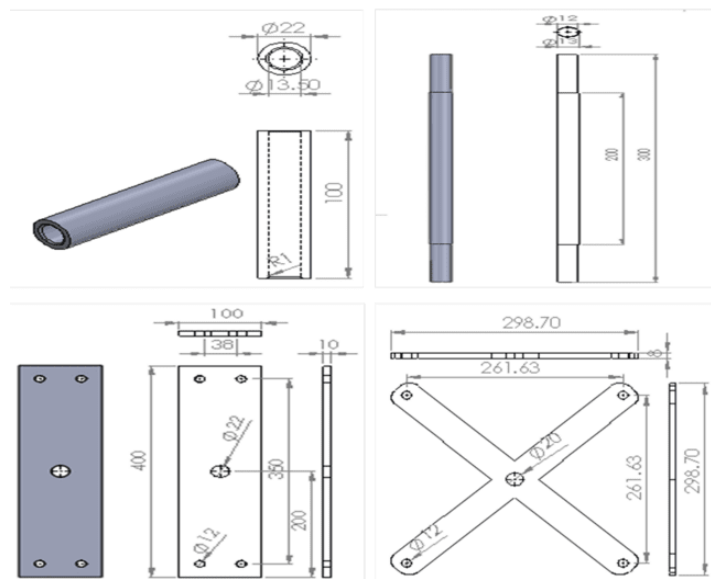


Gambar 2 Hasil Assembly Rangka Utama

Selanjutnya assembly alat pencetak piring dapat dilakukan setelah semua komponen-komponen penyusun di attach/ditempatkan pada rangka.

2.2 Desain Komponen-Komponen Pendukung

Komponen pendukung yang dimaksudkan disini adalah komponen-komponen yang konstruksinya terhubung secara langsung kerangka utama ataupun terhubung untuk penempatan sistem elektro pneumatic, sistem heater dan punch. Adapun komponen-komponen pendukung antara lain adalah plate penempat sislinder DAC, plate penutup sistem heater, batang dan slider penghubung silinder DAC ke punch. Gambar 3 memperlihatkan desain komponen-komponen pendukung yang nantinya berhubungan langsung dengan rangka utama.



Gambar 3 Desain Komponen-komponen Pendukung

2.3 Fabrikasi Rangka

Fabrikasi rangka Utama dan komponen pendukung Rangka memerlukan proses pemesinan. pemotongan material dengan menggunakan mesin gergaji potong, penggerindaan dengan Mesin gerinda tangan, proses pengeboran dengan mesin bor, proses perataan dengan mesin milling dan mesin bubut.

Perakitan rangka menggunakan proses pengelasan SMAW untuk kebutuhan sambungan permanen dan tetap. Sementara untuk kemudahan pembongkaran dan pemasangan pada sambungan tidak permanen menggunakan baut dan mur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rangka alat Pencetak Piring dari pelepah Pinang

Proses fabrikasi telah menghasilkan rangka dari alat pencetak piring dari pelepah Pinang yang sesuai dengan pedoman gambar desain yang telah di validasi dan diverifikasi. Gambar 4 menginformasikan bahwa struktur rangka cukup kokoh dan tangguh serta aman dari pembebanan baik secara internal maupun secara eksternal.



Gambar 4. Struktur Rangka Utama

3.2 Perhitungan Kekuatan dan Pembebanan

3.2.1 Material Rangka

Material rangka yang dipilih adalah besi ASTM A36 atau ST37 dengan Yield strength 235 MPa,. Adapun dimensi konstruksi Rangka Alat Pencetak Piring Dari Pelepah Pinang Berbasis Sistem Kontrol Elektro Pneumatik yang difabrikasi adalah 680 x 688 x 1460 mm (PxLxT). Material yang dipilih adalah Baja karbon struktural S235JR/ST37, dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Tensile Strength 400.000.000 N/m², (400-550 Mpa)
- Compressive Strength 248.211.300 N/m²
- Yield Strength (σ_y): 250.000.000 N/m², 250 Mpa
- Elastic Modulus 2.1e+11 N/m², 200 Gpa
- Poisson's Ratio 0.26 N/A
- Shear Modulus 7.9e+10 N/ m²

- Mass Density 7850 kg/m³
- Yield Strength 620422000 N/m²
- Thermal Expansion Coefficient 12×10^{-6} /K (or 12 ppm/K)
- Thermal Conductivity 45-55 W/(m•K).
- Specific Heat 480-500 J/(kg•K).

Sementara analisa untuk sistem heater/pemanas dan pneumatic dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Beban maksimum akibat tekanan pemanas dan sistem hidrolis: $F = 800,000 \text{ N/m}^2 \times A$
- Asumsi area distribusi beban $A = 0.00225 \text{ m}^2$ (15 cm × 15 cm) $\Rightarrow F = 1,800 \text{ N}$ (gaya terpusat)
- Panjang bentang antar tumpuan (L): 680 mm = 0.68 m
- Profil rangka: Siku baja (80 × 80 × 4 mm)
- Lengan: 80 mm
- Tebal: 4 mm
- Luas penampang (A): $6.08 \text{ cm}^2 = 608 \text{ mm}^2$
- Momen inersia (I): Untuk siku dengan panjang sisi sama dan tebal 4 mm, perkiraan $I_{min} \approx 6.7 \times 10^4 \text{ mm}^4$ (konservatif, digunakan I_x)

3.2.2 Perhitungan Tegangan Lentur (Bending Stress)

Rumus momen lentur maksimum (M):

Untuk beban terpusat di tengah bentang:

$$M_{max} = (F \times L) / 4 = (1,800 \times 680) / 4 = 306,000 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

Tegangan lentur maksimum (σ_b):

$$\sigma_b = (M \times c) / I, \text{ dengan } c = 40 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = (306,000 \times 40) / 67,000 = 182.7 \text{ MPa}$$

$$\Sigma b = 182.7 \text{ MPa}$$

3.2.3 Faktor Keamanan (Factor of Safety - FoS)

Berdasarkan hasil perhitungan manual, struktural rangka alat Pencetak Piring Dari Pelepah Pinang Berbasis Sistem Kontrol Elektro Pneumatik yang difabrikasi dari besi profil siku 80×80×4 mm mampu menahan beban maksimum pencetakan dengan faktor keamanan sebesar 1.29.

$$FoS = \sigma_y / \sigma_b = 235 / 182.7 \approx 1.29$$

3.3 Perhitungan Pengelasan

Pada pengelasan rangka digunakan pengelasan sambungan fillet dan sambungan tumpul. Volume pengelasan per panjang dihitung dari area penampang throat efektif yang meliputi leg size dan throat efektif. Parameter dan asumsi yang digunakan yaitu ; densitas baja) $\approx 7850 \text{ kg/m}^3$, elektroda yang digunakan adalah E 7018 diameter 2.6 dengan panjang 350 mm. sehingga mempuntai volume perbatang sekitar 0.0146 kg, deposition untuk pengelasan SMAW diambil 75 %, dengan asumsi pengelasan hanya penuh di satu sisi saja.

Untuk pengelasan konstruksi rangka dengan 16 sambungan fillet dengan ukuran kakinya 4 mm diperoleh ; panjang total pengelasan 6.4 m, volume logam las 51.2 cm^3 , massa logam las 0.4 kg dan jumlah elektroda yang diperlukan adalah 12 batang.

Adapun total waktu pengelasan untuk proses pengelasan rangka alat pencetak piring dari pelepah pinang mencapai 6 jam yang terdiri dari waktu persiapan 30 menit, waktu pembersihan 90 menit, waktu pengelasan 180 menit dan waktu finishing 60 menit.

3.4 Fabrikasi Rangka

Proses pemesinan pada fabrikasi rangka alat pencetak piring dari pelepah pinang menggunakan mesin gergaji potong untuk memotong besi siku, besi profil U dan Besi Plat. Mesin bor digunakan untuk melubangi struktur komponen pendukung rangka sebagai dudukan peralatan pneumatic yaitu silinder DAC. Mesin bubut digunakan untuk membuat poros slider yang berjumlah 4 batang yang dilengkapi ulir pada kedua sisi dengan panjang 300 mm. Gambar 5 mengilustrasikan komponen-komponen struktur pendukung yang digunakan untuk menempatkan kinerja system elektro pneumatic yang ditempatkan pada rangka utama. Waktu total proses pemesinan untuk fabrikasi rangka adalah 6 jam dengan waktu produktifnya 4 jam dan waktu non produktifnya 2 jam.



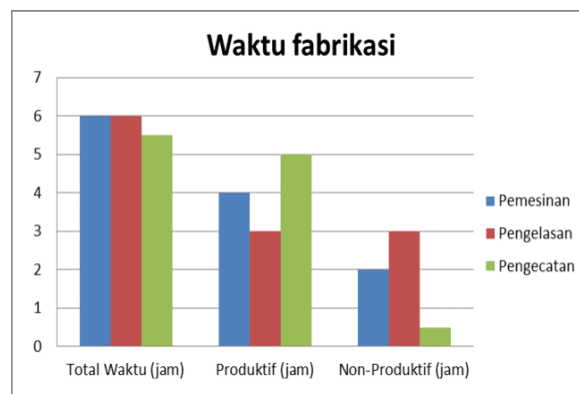
Gambar 5. Komponen pendukung Rangka system Pneumatik

Sementara waktu yang dibuthkan untuk proses akhir yaitu pengecatan, yang dimulai dari proses pembersihan dengan gerinda, pengecatan dasar/epoxy dan pengecatan jadi total waktunya adalah 5.5 jam yang terdiri dari waktu produktif 5 jam dan 0.5 jam waktu non produktif.

3.5 Pembahasan

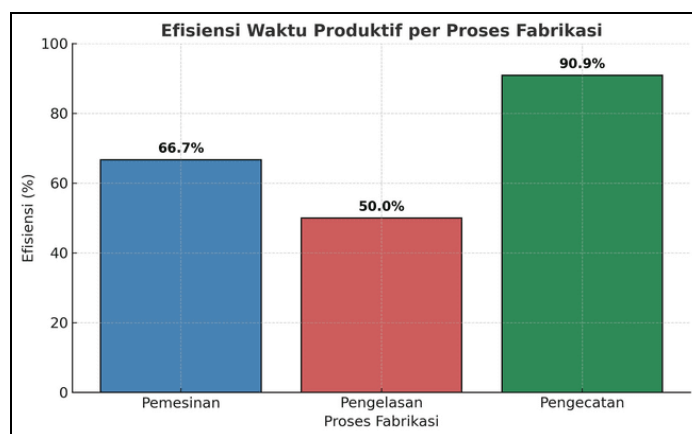
Struktur rangka yang dihasilkan telah memenuhi prinsip desain mekanik dasar, di mana kekokohan dicapai melalui distribusi beban yang merata. Material ASTM A36 yang digunakan cocok untuk aplikasi ringan hingga sedang seperti pencetakan pelepah pinang. Rangka ini mendukung integrasi sistem elektro-pneumatik, tetapi pengujian prototipe lebih lanjut diperlukan untuk memvalidasi ketahanan jangka panjang terhadap kelembaban tropis (relevan di Indonesia).

Faktor keamanan rangka (FoS) 1,29 menandakan rangka mampu menahan beban tanpa terjadi deformasi plastis, namun perlu ditingkatkan menjadi 1.5-2 agar sesuai dengan standarisasi industry eropa. Proses fabrikasi rangka secara keseluruhan membutuhkan waktu selama 17.5 jam yang meliputi waktu pemesinan, waktu perakitan/pengelasan dan waktu pengecatan. Distribusi waktu proses fabrikasi sebagaimana ditampilkan gambar 6.



Gambar 6. Waktu Fabrikasi

Efisiensi waktu produktif fabrikasi rangka untuk sebagaimana ditunjukkan gambar 7. Pengecatan menunjukkan efisiensi tertinggi ($\pm 91\%$), dengan waktu non-produktif paling kecil (0.5 jam). Proses ini paling terkontrol dan efektif. Pengelasan memiliki efisiensi paling rendah (50%), menandakan banyak waktu hilang akibat persiapan, setting alat, pendinginan, atau faktor lain (misalnya penyesuaian posisi las, pembersihan sambungan, atau masalah alat).



Gambar 7. Efisiensi Waktu Proses Fabrikasi Rangka

Pemesinan tergolong cukup efisien (66.7%), namun masih terdapat waktu non-produktif yang bisa dioptimalkan, misalnya setup tool, pergantian pahat, atau idle time mesin.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Hasil penelitian Fabrikasi Rangka Alat Pencetak Piring Dari Pelepah Pinang Berbasis Sistem Kontrol Pneumatik, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Struktur rangka hasil fabrikasi sesuai dengan desain yang telah diverifikasi, dengan dimensi $680 \times 688 \times 1460$ mm, serta menunjukkan kekokohan dan ketahanan yang memadai untuk menopang sistem kerja alat pencetak piring berbahan pelepah pinang.
2. Material ASTM A36 (ST37) yang digunakan memiliki sifat mekanis sesuai kebutuhan, dengan kekuatan luluh 235–250 MPa dan tegangan tarik 400–550 MPa, sehingga aman terhadap beban statis maupun dinamis selama proses pengepresan dan pemanasan.
3. Analisis tegangan dan defleksi menggunakan pendekatan perhitungan manual dan simulasi memperlihatkan tegangan lentur maksimum 182,7 MPa dengan faktor keamanan (FoS) sebesar 1,29, sehingga rangka dinyatakan layak dan aman digunakan.
4. Proses pengelasan rangka menggunakan sambungan fillet satu sisi dengan elektroda E7018 $\text{Ø}2,6$ mm. Total panjang las mencapai 6,4 m, menghasilkan volume logam las $51,2 \text{ cm}^3$ dengan massa 0,4 kg, sehingga kebutuhan elektroda hanya sekitar 12 batang.
5. Estimasi waktu pengerjaan las yang dicapai adalah ± 6 jam, terdiri atas 30 menit persiapan, 180 menit proses pengelasan, 90 menit pembersihan slag, dan 60 menit finishing. Hal ini menunjukkan proses fabrikasi dapat diselesaikan dalam rentang waktu yang efisien,
6. Waktu yang dibutuhkan untuk proses pengecatan adalah 5.5 jam, sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk fabrikasi 17.5 jam.
7. Hasil fabrikasi rangka mendukung keberhasilan mesin pencetak piring pelepah pinang dalam uji fungsional. Rangka mampu menopang sistem elektro-pneumatik, unit pemanas, dan mold/dies tanpa deformasi signifikan, sekaligus memungkinkan pergantian mold secara praktis untuk menghasilkan variasi piring dengan kualitas presisi.

5. SARAN

Penelitian ini hanya menitik beratkan pada proses fabrikasi rangka dan perhitungan kekuatan rangka saja, saran untuk penelitian lanjutan dan pengembangan diharapkan lebih fokus pada sistem kontrol elektro Pneumatic untuk mengontrol sistem Pneumatic dan pengaturan temperature pengepresan secara otomatis pada punch.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Negeri Lhokseumawe, P3M, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan para Kasie Laboratorium serta PLP Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Statistik Perkebunan Aceh 2021.pdf."
- [2] Marzuki; Hamdani, "Fabrikasi Mold dan Dies Pencetak Piring dari Pelepah," *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 35–47, 2025, doi: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v11i1.11728>.
- [3] F. Firdaus, "Desain Dan Pembuatan Mold Dan Dies Pencetak Piring Dari Pelepah Pinang Menggunakan Mesin CNC Milling VMC 50E," vol. 9, no. 1, 2025.
- [4] Yernisa and O. Fera, "Pemanfaatan Pelepah Pohon Pinang Menjadi Wadah Sekali Pakai (disposable plates) sebagai Alternatif Wadah Ramah Lingkungan," *Pros. Semin. Nas. Fak. Pertan. Univ. Jambi*, pp. 288–296, 2018, [Online]. Available: <http://conference.unja.ac.id/SemnasSDL/article/view/39>
- [5] S. Hafids and Y. Yernisa, "Pengembangan alat pencetak piring pelepah pinang (areca catechu l.) Dengan menggunakan metode quality function deployment," *J. Ilm. Rekayasa Pertan. dan Biosist.*, vol. 8, no. 2, pp. 236–243, Sep. 2020, doi: 10.29303/jrpb.v8i2.185.
- [6] P. Poddar, M. Asadulah Asad, M. Saiful Islam, S. Sultana, H. Parvin Nur, and A. M. S. Chowdhury, "Mechanical and Morphological Study of Arecanut Leaf Sheath (ALS), Coconut Leaf Sheath (CLS) and Coconut Stem Fiber (CSF)," *Adv. Mater. Sci.*, vol. 1, no. 2, 2016, doi: 10.15761/ams.1000112.
- [7] C. J. Albert, P. Anusha, U. S. Shemeema, and S. M. Mathew, "Development of technology for alternative material to areca leaf plants," 2009.
- [8] A. Jadhav, "Design and Fabrication of Multipurpose Agriculture Machine," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 1898–1903, 2018, doi: 10.22214/ijraset.2018.3293.
- [9] V. Sibanda, K. Mpofu, and J. Trimble, "Methodology for the design of a reconfigurable guillotine shear and bending press machine (RGS&BPM)," *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 19, no. 6, pp. 1317–1343, 2021, doi: 10.1108/JEDT-06-2020-0254.
- [10] R. Nikhil *et al.*, "Design and development of solar/LPG powered areca-nut leaf plate press machine and areca leaf sheath-solar dryer," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 11, pp. 24541–24547, 2018.
- [11] I. Ramli and A. Achmad, "Rancang Bangun Dan Pengujian Alat Hot Press Pelepah," vol. 3, pp. 468–474, 2022.
- [12] S. Kurniawan and M. Isnen, "Pengaruh Temperatur dan Lama Waktu Pengepresan Alat Hot Press Daun Pelepah Pinang".
- [13] B. Santoso, "Pembuatan Alat Press Piring Upih Pinang Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Komunitas Disabilitas Kabupaten Bengkalis," vol. 2, no. November, pp. 128–133, 2021.

- [14] Marzuki, Syukran, and Azwinur, "Design and Development of Four Link Bar Mechanism for Transplanting Wet Rice Seedlings," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 536, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/536/1/012027.
- [15] Marzuki and Sumardi, "Desain Dan Simulasi Lokus Penanam Padi Pada Mekanisme Empat Batang Penghubung Dengan Menggunakan Software Solidworks A-54 A-55," *Proceeding Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 2, no. 1, pp. 54–58, 2018.
- [16] M. Marzuki, A. Azwar, and I. Yusuf, "Desain dan Analisa Kinematik Enam Batang Penghubung Untuk Mekanisme Penanam Padi," in *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 2021, pp. 168–172.
- [17] B. Badruzzaman, T. Endramawan, and ..., "Analisis Kekuatan Pembebanan Rangka Pada Perancangan Mesin Grading fish Jenis Ikan Lele Menggunakan Simulasi Solidworks," *Pros. Ind. ...*, pp. 26–27, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2004>
- [18] I. Furqani, R. K. Arief, and M. Muchlisinalahuddin, "Analisis Kekuatan Rangka Mesin Perontok Padi Menggunakan Solidworks 2019," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 6, no. 2, p. 42, 2022, doi: 10.30588/jeemm.v6i2.1201.
- [19] Aji Abdillah Kharisma and Muhammad Erlian Marsaoly, "Analisis Kegagalan pada Rangka Mesin Perontok Padi Kapasitas 1 Ton/Jam Menggunakan Metode Von Misses," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 20, no. 2, pp. 13–18, 2021, doi: 10.36706/jrm.v20i2.64.
- [20] A. Saleh and M. F. Budiman, "Rancang Bangun Rangka Pada Mesin Pencuci Keong Sawah," *J. TEDC*, vol. 14, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [21] F. P. Rizawan and H. Istiqlaliyah, "Analisa Kekuatan Rangka Mesin Perajang Lontongan Kerupuk Kapasitas 50 Kg / Jam Menggunakan Aplikasi Autodesk Inventor," vol. 7, pp. 865–872, 2023.
- [22] H. Istiqlaliyah, "Perancangan Rangka Mesin Pembuat Keripik Umbi Dengan Aplikasi Sistem Pneumatik," *J. Mesin Nusant.*, vol. 3, no. 2, pp. 112–121, 2021, doi: 10.29407/jmn.v3i2.15575.
- [23] V. Mallikarjuna, B. James Prasad, S. Md, J. Basha, and K. Rajesh, "Design and Manufacturing of Press Tools for Compressor Shell," *Int. J. Adv. Eng. Manag. Sci.*, vol. 2, no. 10, pp. 1778–1789, 2016, [Online]. Available: www.ijaems.com
- [24] M. H. Cetin, B. Ozcelik, E. Kuram, and E. Demirbas, "Evaluation of vegetable based cutting fluids with extreme pressure and cutting parameters in turning of AISI 304L by Taguchi method," *J. Clean. Prod.*, vol. 19, no. 17–18, pp. 2049–2056, 2011, doi: 10.1016/j.jclepro.2011.07.013.
- [25] Z. Jiang, F. Zhou, H. Zhang, Y. Wang, and J. W. Sutherland, "Optimization of machining parameters considering minimum cutting fluid consumption," *J. Clean. Prod.*, vol. 108, pp. 183–191, 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.06.007.
- [26] W. H. A. Suherman^{1,*}, Muharnif M1, Yusuf Lubis1, M.A.S Pohan1, Rakha R Aulia1, Rizki M. Ali1, Ilmi2, Marzuki3, "Jurnal Polimesin," vol. 23, no. 2, pp. 239–247, 2025, [Online]. Available: <https://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin/article/view/6261>
- [27] H. B. Kurniyanto, I. K. Rohmat, I. Ainur, and R. Muh, "Weldability of welded joint alloy steel grade 91 to stainless steel grade 316L using filler metal ER NiCrMo-3 and ER 309LMo in power boiler piping and tubing," vol. 6, no. 2, pp. 71–76, 2024.
- [28] Marzuki, Turmizi, and A. K. Bukhari, Nawawi Juhan, Akhyar Ibrahim, "Mechanical properties Analysis of SA-106 Grade B pipe material welded joint in combination of SMAW and GTAW Welding," *Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 121–127, 2022.
- [29] Juwanda, Saifuddin, and Marzuki, "Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–11, 2021.
-