

Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pencacah Serbaguna Kapasitas 200 Kg/Jam

^{1*}Lukman Nur Hakim, ²Haris Mahmudi.

¹ Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹lukmanwuss@gmail.com, ²harismahmudi@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Lukman Nur Hakim

Abstrak—Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya efisiensi pengolahan pakan ternak pada skala UMKM yang masih menggunakan metode konvensional. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan mesin pencacah dengan rangka yang kuat, aman, dan efisien untuk mendukung produktivitas. Penelitian ini bertujuan merancang rangka mesin pencacah dan mixer pakan ternak kapasitas 200 kg per jam menggunakan pendekatan engineering design. Metode yang digunakan meliputi perancangan desain, simulasi kekuatan struktur menggunakan metode elemen hingga, serta fabrikasi dan pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada rangka masih berada di bawah batas izin material sehingga struktur dinyatakan aman. Penggunaan material baja karbon rendah dan profil besi siku mampu memberikan kekuatan dan kestabilan yang baik. Hasil ini menunjukkan bahwa desain yang dikembangkan layak diterapkan dan berpotensi meningkatkan efisiensi serta produktivitas pengolahan pakan ternak.

Kata Kunci— Desain, efisiensi, pakan ternak, rangka mesin

Abstract— This study is motivated by the low efficiency of livestock feed processing in small scale enterprises that still rely on conventional methods. Therefore, it is necessary to develop a chopper machine with a strong, safe, and efficient frame to improve productivity. This research aims to design a frame for a livestock feed chopper and mixer with a capacity of 200 kg per hour using an engineering design approach. The methods include design development, structural strength simulation using the finite element method, as well as fabrication and testing. The results show that the maximum stress on the frame is below the allowable material limit, indicating that the structure is safe. The use of low carbon steel and angle bar profiles provides good strength and stability. These findings indicate that the developed design is feasible and can enhance efficiency and productivity in feed processing.

Keywords— design, efficiency, livestock feed, machine frame

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang ditandai dengan suhu relatif tinggi, curah hujan melimpah, serta tingkat kesuburan tanah yang baik. Kondisi agroklimat tersebut menjadikan sektor pertanian dan peternakan sebagai salah satu tulang punggung perekonomian nasional, terutama di wilayah pedesaan. Potensi lahan yang luas dan produktif memungkinkan pengembangan berbagai komoditas, baik tanaman pangan, hortikultura, maupun hijauan sebagai sumber pakan ternak. Hal ini tidak hanya berkontribusi terhadap ketahanan pangan nasional, tetapi juga membuka peluang ekonomi yang signifikan bagi masyarakat [1]. Sejalan dengan

perkembangan sektor agraris, pertumbuhan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di bidang peternakan menunjukkan tren yang positif. Aktivitas peternakan seperti budidaya sapi dan kambing menjadi salah satu sumber penghasilan utama masyarakat pedesaan. Meskipun demikian, dalam implementasinya, pelaku UMKM masih menghadapi berbagai kendala teknis, khususnya dalam hal efisiensi pengolahan pakan dan optimalisasi pemanfaatan limbah pertanian. Metode pengolahan pakan yang masih dilakukan secara konvensional cenderung kurang efisien karena membutuhkan waktu yang lama, tenaga kerja yang besar, serta menghasilkan kualitas cacahan yang tidak seragam [2].

Dalam sistem produksi peternakan, pakan memegang peranan yang sangat krusial karena berkaitan langsung dengan pertumbuhan, kesehatan, dan produktivitas ternak. Pengolahan pakan yang baik dapat meningkatkan daya cerna serta nilai nutrisi bahan pakan. Salah satu metode yang umum digunakan adalah proses pencacahan bahan seperti rumput, jerami, dan limbah pertanian menjadi ukuran yang lebih kecil dan homogen. Selain itu, teknik pengawetan seperti fermentasi (silase) juga dapat diterapkan untuk memperpanjang masa simpan pakan dengan meminimalkan kehilangan nutrisi [3]. Oleh karena itu, penggunaan teknologi tepat guna berupa mesin pencacah pakan menjadi kebutuhan penting dalam meningkatkan efisiensi produksi pakan ternak. Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengkaji pengembangan mesin pencacah pakan dengan berbagai pendekatan desain dan kapasitas kerja. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin pencacah dapat meningkatkan efisiensi waktu kerja hingga lebih dari 50% dibandingkan metode manual [4]. Selanjutnya, penelitian menekankan pentingnya desain ergonomis dalam meningkatkan kenyamanan dan keselamatan operator [5]. Di sisi lain bahwa kekuatan struktur rangka merupakan faktor kritis yang memengaruhi stabilitas mesin selama operasi [6]. Penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan material baja karbon rendah ASTM A36 memberikan performa yang baik dalam menahan beban statis dan dinamis serta mudah difabrikasi [7]. Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada aspek kinerja pencacahan dan belum secara komprehensif membahas analisis kekuatan struktur rangka berbasis simulasi numerik.

Permasalahan yang sering ditemukan pada mesin pencacah konvensional meliputi desain yang kurang ergonomis, kapasitas kerja yang terbatas, kebutuhan energi yang relatif tinggi, serta hasil cacahan yang kurang seragam. Selain itu, aspek struktural seperti kekuatan dan kekakuan rangka sering kali belum dirancang secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan getaran berlebihan yang dapat mengurangi umur pakai mesin serta meningkatkan risiko keselamatan kerja. Padahal, rangka merupakan elemen utama yang berfungsi sebagai penopang seluruh komponen mesin, sehingga harus dirancang dengan mempertimbangkan beban operasional, distribusi tegangan, serta stabilitas struktur secara keseluruhan [8]. Berdasarkan analisis kesenjangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa masih diperlukan penelitian yang secara khusus mengkaji perancangan rangka mesin pencacah pakan ternak dengan pendekatan analisis kekuatan struktur yang komprehensif. Penelitian ini difokuskan pada pengembangan desain rangka mesin dengan kapasitas 200 kg/jam yang sesuai dengan kebutuhan UMKM peternakan. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah ASTM A36 karena memiliki sifat mekanik yang baik, mudah dalam proses fabrikasi, serta ekonomis untuk skala industri kecil. Selain itu, penggunaan profil besi siku dipilih untuk meningkatkan kekakuan struktur sekaligus mempermudah proses perakitan [9].

Tujuan umum dari penelitian ini adalah merancang dan mengembangkan rangka mesin pencacah pakan ternak yang efektif, efisien, dan aman digunakan. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur rangka berdasarkan parameter tegangan *Von*

Mises, displacement, dan faktor keamanan *safety factor* menggunakan pendekatan simulasi numerik. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan desain rangka yang optimal, memiliki tingkat keamanan tinggi, serta mampu meningkatkan produktivitas UMKM peternakan secara berkelanjutan.

II. METODE

A. Pendekatan Pengembangan

Informasikan Penelitian ini menggunakan pendekatan *engineering design* yang berfokus pada perancangan dan pengembangan rangka mesin pencacah dan mixer pakan ternak. Pendekatan ini berfungsi sebagai kerangka konseptual dalam menghasilkan desain yang sistematis, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Tahap awal penelitian dilakukan melalui studi literatur dan observasi lapangan untuk mengidentifikasi permasalahan pada alat yang sudah ada, khususnya terkait kinerja pencacahan yang kurang optimal akibat kondisi pisau yang tumpul dan korosi, sehingga berdampak pada rendahnya efisiensi kerja dan kualitas hasil cacahan [10].

B. Prosedur Pengembangan

Subjek dalam penelitian ini adalah rangka mesin pencacah dan mixer pakan ternak dengan kapasitas 200 kg/jam, sedangkan objek yang dianalisis meliputi kekuatan struktur rangka terhadap beban statis dan dinamis. Material utama yang digunakan adalah baja karbon rendah ASTM A36 dengan profil besi siku berukuran 40×40×4 mm, yang dipilih berdasarkan pertimbangan kekuatan mekanik, kemudahan fabrikasi, serta efisiensi biaya [11]. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat lunak *Computer-Aided Design* (CAD) SolidWorks 2022 untuk pemodelan dan simulasi, serta alat fabrikasi seperti mesin potong, mesin las, dan alat ukur mekanik. Metode penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu analisis kebutuhan, perancangan desain, simulasi kekuatan struktur, fabrikasi, dan pengujian. Tahap perancangan dimulai dengan perhitungan desain rangka berdasarkan analisis beban statis yang berasal dari komponen utama mesin seperti motor penggerak diesel, poros, tabung pencacah, saringan, dan sistem transmisi. Beban dihitung dengan mengonversi massa komponen ke dalam gaya menggunakan persamaan dasar mekanika, yaitu:

$$F = mxg \quad (1)$$

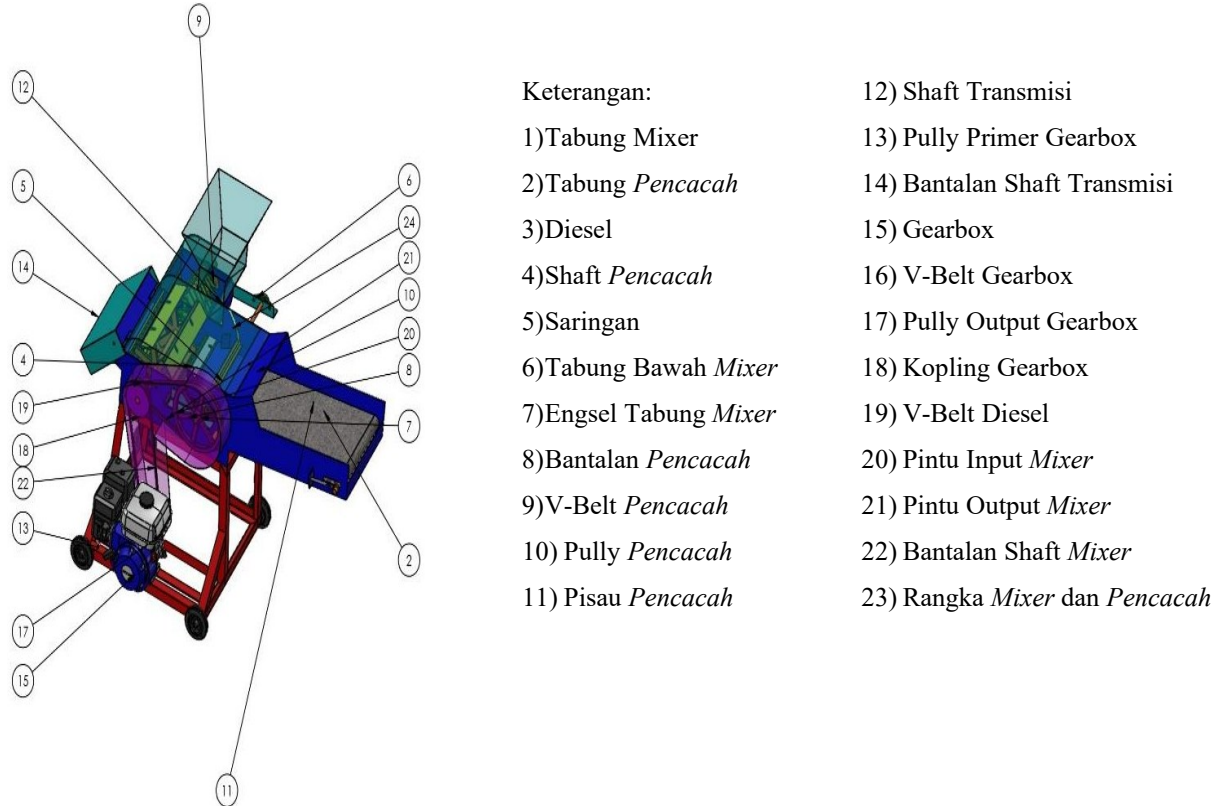
dengan F sebagai gaya (N), m sebagai massa (kg), dan g sebagai percepatan gravitasi (9,8 m/s²). Hasil perhitungan ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi rangka, jenis sambungan, serta distribusi beban pada struktur [12].

Selanjutnya, desain rangka dimodelkan menggunakan SolidWorks 2022 dengan mempertimbangkan konfigurasi komponen, posisi pusat beban, serta kestabilan struktur. Analisis kekuatan rangka dilakukan melalui simulasi berbasis metode elemen hingga *Finite Element Analysis/FEA* untuk memperoleh distribusi tegangan *Von Mises*, deformasi displacement, dan faktor keamanan *safety factor*. Variabel yang diukur dalam penelitian ini meliputi tegangan maksimum yang terjadi pada struktur, nilai deformasi akibat pembebanan, serta tingkat keamanan desain terhadap batas luluh material [13].

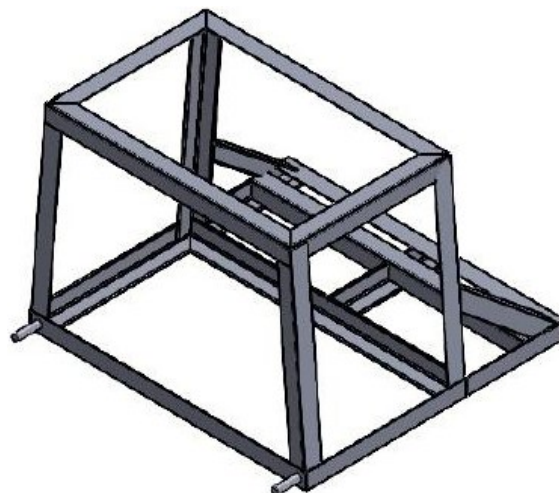
Tahap berikutnya adalah fabrikasi rangka berdasarkan desain yang telah disimulasikan. Proses ini melibatkan pemotongan material, penyambungan menggunakan metode pengelasan listrik, serta perakitan komponen sesuai dengan gambar teknik. Setelah proses fabrikasi selesai, dilakukan pengujian untuk mengevaluasi kinerja dan stabilitas rangka dalam kondisi operasional.

Teknik pengambilan data dilakukan melalui observasi langsung dan pencatatan hasil pengujian, yang kemudian dianalisis secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan hasil simulasi dan kondisi aktual.

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan desain rangka mesin pencacah yang tidak hanya kuat dan stabil, tetapi juga efisien, aman, dan mudah direalisasikan oleh pelaku UMKM peternakan. Metode yang digunakan dirancang secara sistematis agar dapat direplikasi oleh peneliti lain dalam pengembangan alat serupa di masa mendatang.



Gambar 1. Foto Mesin



Gambar 2. Rangka Mesin

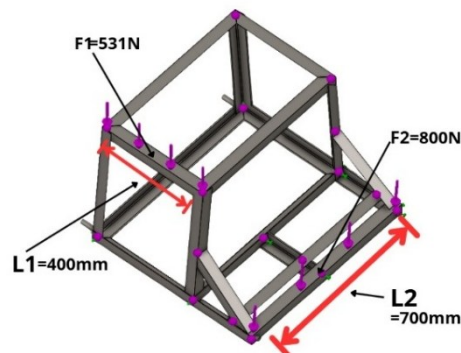
Tabel 1. Spesifikasi Material

<i>Property</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>
<i>Elastic Modulus</i>	20×10^{10}	N/m ²
<i>Poisson's Ratio</i>	0.26	N/A
<i>Shear Modulus</i>	793×10^{10}	N/m ²
<i>Mass Density</i>	7850	kg/m ³
<i>Tensile Strength</i>	400×10^6	N/m ²
<i>Yield Strength</i>	250×10^6	N/m ²

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

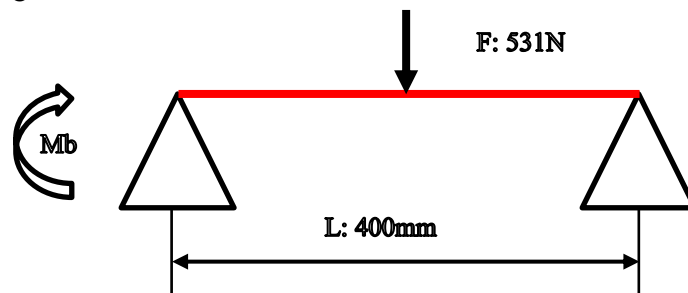
A. Perhitungan momen Bending

Analisis kekuatan rangka dilakukan dengan menentukan nilai tegangan maksimum ($\sigma_{\max}$) yang terjadi pada struktur. Beban maksimum yang diasumsikan bekerja pada rangka sebesar 531 dan 147 N. Berdasarkan besar beban tersebut, nilai momen lentur (*bending moment*) dapat dihitung melalui perhitungan yang sesuai.



Gambar 3. Titik Beban 1 dan 2

1. Momen Bending titik Beban 1



Gambar 4. Momen Bending Beban 1

Keterangan:

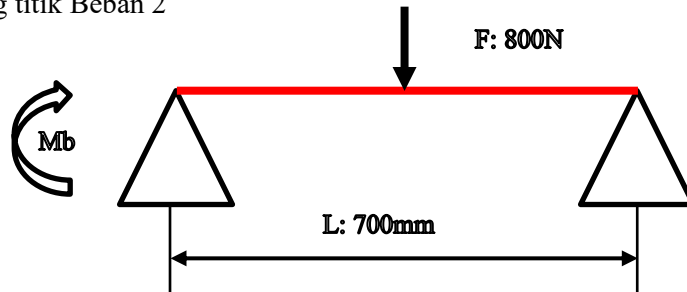
F : pembebanan Max pada rangka (N)

MB :Momen bending (Nm)

$$Mb = \frac{F}{2} \cdot X \quad (2)$$

$$\frac{531N}{2} \cdot 200mm = 53.100Nmm \approx 53,1 Nm$$

2. Momen Bending titik Beban 2



Gambar 5. Momen Bending Beban 2

Keterangan:

F :Pembebanan Max pada rangka (N)

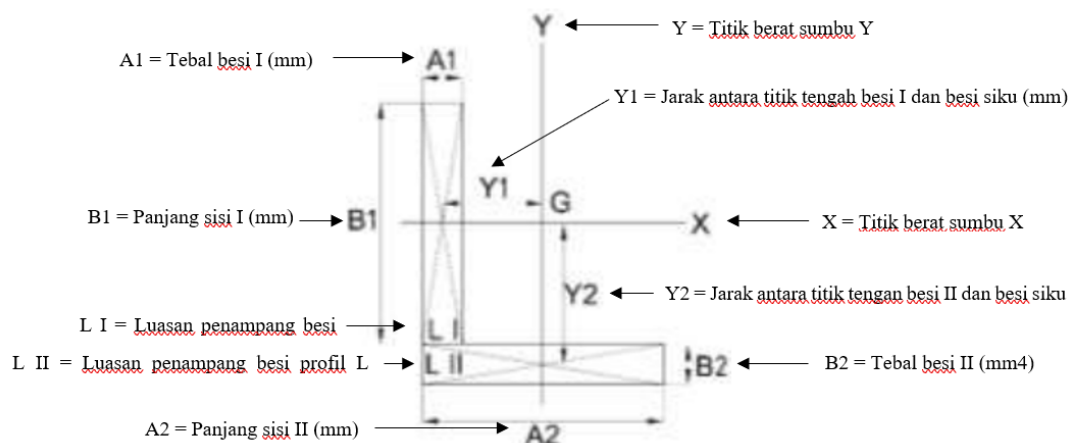
MB :Momen bending (Nm)

$$Mb = \frac{F}{2} \cdot X \quad (3)$$

$$\frac{800N}{2} \cdot 350mm = 140.000Nmm \approx 140Nm$$

B. Perhitungan reaksi momen Inersia

Untuk menentukan momen inersia, diperlukan informasi detail mengenai profil besi yang digunakan. Dalam hal ini, profil yang digunakan adalah besi UNP , dengan spesifikasi detail profil sebagai berikut:



Gambar 6. Momen Inersia Besi Profil Siku

$$\begin{aligned}
 I &= \left(\frac{1}{12} \cdot B_1 \cdot A_1^3 + B_1 \cdot Y_1^2 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot B_2 \cdot A_2^3 + B_2 \cdot Y_2^2 \right) \quad (4) \\
 I &= \left(\frac{1}{12} \cdot 40 \cdot 4^3 + 40 \cdot 2^2 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 4 \cdot 40^3 + 4 \cdot 20^2 \right) \\
 I &= (213,33 \text{ mm}^4 + 160 \text{ mm}^4) + (21333,33 \text{ mm}^4 + 1600 \text{ mm}^4) \\
 I &= (373,33 \text{ mm}^4) + (22933,66 \text{ mm}^4) \\
 I &= 23306,66 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Keterangan:

X = Titik berat sumbu X

Y = Titik berat sumbu Y

I = Momen Inersia (mm⁴)

L I = Luasan penampang besi profil L pertama

L II = Luasan penampang besi profil L kedua

A1 = Tebal besi I (mm)

B1 = Panjang sisi I (mm)

Y1 = Jarak antara titik tengah besi I dan besi siku (mm)

A2 = Panjang sisi II (mm)

B2 = Tebal besi II (mm⁴)

Y2 = Jarak antara titik tengah besi II dan besi siku

C. Perhitungan Tegangan Maksimum pada Rangka

Tegangan maksimum ($\sigma_{\max}$) yang terjadi pada rangka dapat dihitung dengan menggunakan rumus tegangan lentur, yaitu membagi momen lentur maksimum dengan momen inersia dan dikalikan dengan jarak maksimum dari sumbu netral ke titik terluar pada penampang. Secara matematis, rumus ini dapat dituliskan sebagai:

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\max} &= \frac{MB \cdot \left(\frac{1}{2} x A1 \right)}{I_p} \quad (5) \\
 \sigma_{\max} &= \frac{(53 \text{ Nmm} + 140 \text{ Nmm}) \cdot 20}{23.306,66 \text{ mm}^4} = 0,1656 \text{ Nmm}^2 \approx 0,1656 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Perhitungan ini penting untuk memastikan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi batas elastis material, sehingga rangka dapat berfungsi dengan aman tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Selain itu, dengan mengetahui tegangan maksimum, desain rangka dapat dioptimalkan agar kuat dan efisien dalam penggunaan material.

D. Perhitungan Analisis Keamanan Rangka

Material yang digunakan untuk rangka alat 1817arik1817 besi siku dengan spesifikasi ASTM A36, yang memiliki kekuatan 1817arik maksimum (σ_T) sebesar 400 Mpa. Untuk menjamin keamanan struktur rangka tersebut, diperlukan perhitungan faktor keamanan (sf). Berdasarkan referensi dari Joseph P. Vidosic dalam bukunya *Machine Design Projects* (Vidosic, 1957), faktor keamanan yang direkomendasikan untuk beban tetap dengan batas beban yang sudah diketahui berkisar antara 2,0 sampai 2,5. Oleh karena itu, dipilih faktor keamanan sebesar 2,5. Analisis keamanan rangka dilakukan dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{\max} \leq \frac{\sigma_T}{sf} \quad (6)$$

Keterangan:

σ_T = tegangan tarik (MPa)

sf = faktor keselamatan

$$0,1656MPa \leq \frac{400}{2,5}$$

$$0,1656MPa \leq 160MPa$$

yang berarti tegangan maksimum yang terjadi pada rangka harus lebih kecil atau sama dengan nilai kekuatan tarik material dibagi faktor keamanan, sehingga struktur dapat bekerja dengan aman tanpa risiko kegagalan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan rangka mesin pencacah dan mixer pakan ternak dengan kapasitas 200 kg/jam menggunakan material baja karbon rendah ASTM A36 dan profil besi siku 40×40×4 mm telah memenuhi kriteria kekuatan, keamanan, dan efisiensi yang dibutuhkan oleh pelaku UMKM peternakan. Berdasarkan hasil analisis numerik dan perhitungan teoritis, tegangan maksimum yang terjadi pada struktur rangka sebesar 0,1656MPa

MPa masih berada jauh di bawah batas tegangan izin material sebesar 160 MPa (dengan faktor keamanan 2,5), sehingga rangka dinyatakan aman terhadap beban kerja yang diberikan. Selain itu, pendekatan desain berbasis simulasi Finite Element Analysis (FEA) terbukti efektif dalam membantu memprediksi perilaku struktur, sehingga menghasilkan desain yang lebih optimal, stabil, dan andal. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bidang teknik mesin dan teknik industri, khususnya dalam pengembangan teknologi tepat guna untuk sektor peternakan, dengan menghadirkan desain rangka mesin yang tidak hanya kuat secara struktural tetapi juga efisien dan ekonomis untuk diaplikasikan pada skala UMKM. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi proses pengolahan pakan, serta mendukung keberlanjutan usaha peternakan melalui penerapan desain rekayasa yang berbasis analisis ilmiah dan kebutuhan lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instansi/perusahaan/lembaga yang telah memberi dukungan financial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. S. Pramesti, "Rancang Bangun Rangka Mesin Pengolah Kompos Kapasitas 5kg / Menit," vol. 8, pp. 730–738, 2024.
- [2] A. S. F. Gatot Nanda S, "Analisa Kekuatan Rangka Mesin Pamarut Dan Pemeras Jahe Kapasitas 1kg / Menit," vol. 8, pp. 872–878, 2024.
- [3] Muhammad Dery Arif, "Analisis kekuatan rangka pada mesin pengiris tempe otomatis menggunakan simulasi solidworks 2021 Skripsi," *Ayan*, vol. 15, no. 1, pp. 37–48, 2024.
- [4] L. Pranayuda *et al.*, "Desain Pisau Pemotong Pada Mesin Chopper," 2024.
- [5] Kaharudin and B. D. Haripriadi, "Rancang Bangun Mesin Pencacah Pakan Ternak Kapasitas 50 kg/jam," *Sigmat – J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 1–8, 2021, doi: <https://doi.org/10.35261/sigmat.v1i2.5555>.
- [6] O. Y. Pratama, "Desain Rangka Pada Mesin Chopper Multifungsi (Pencacah Dan Pengaduk) Dengan Kapasitas 2,5 Kg/Menit Halaman," 2024, doi: <https://doi.org/10.29407/pb5a4141>.
- [7] M. A. Mahardika, M. P. Sirodz, and M. I. Ismawan, "Rancang Bangun Rangka Kendaraan Penyemprot Hama Otomatis," *J. Rekayasa Energi dan Mek.*, vol. 1, no. 2, p. 65, 2021, doi: 10.26760/jrem.v1i2.65.
- [8] A. B. Ardiansyah *et al.*, "Analisa Kekuatan Rangka Pada Mesin Chopper Multifungsi Kapasitas 2 , 5 Kg Per Menit," 2024.
- [9] M. Fahmi, A. Armila, and R. Kurniawan Arief, "Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengupas Kulit Kopi Menggunakan Software Solidworks Dengan Metode Elemen Hingg," *Ensiklopedia Res. Community Serv. Rev.*, vol. 1, no. 3, pp. 65–76, 2022, doi: 10.33559/err.v1i3.1238.
- [10] Gatot Eka Pramono, "Analisa Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Gracia Tmk19 Tipe Double Cradle Menggunakan Finite Element Analysis (FEA)," vol. 6, no. 1, 2024.
- [11] E. A. . Sandy S, "Simulasi Faktor Keamanan dan Pembebanan Statik Rangka Pada Turbin Angin Savonius," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 2, pp. 42–48, 2022, doi: 10.56127/jukim.v1i2.94.
- [12] S. SASONGKO, H. IRAWAN, and H. F. Zany, "Simulasi Pembebanan Pada Rangka Mesin Fungsi Hybrid Pengupas Biji Jagung Berbasis Elemen Hingga," *Otopro*, vol. 17, no. 2, pp. 57–61, 2022, doi: 10.26740/otopro.v17n2.p57-61.
- [13] H. Asbanu *et al.*, "Analisis Kelayakan Struktur Rangka Mesin Pengupas Kulit Ari Biji Jagung Berbasis Komputer," *J. Sains & Teknologi ...*, vol. XII, no. 1, pp. 49–59, 2022, [Online]. Available: <https://unsada.e-journal.id/jst/article/view/172%0Ahttps://unsada.e-journal.id/jst/article/download/172/130>