

Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pemecah Cangkang Kemiri Menggunakan Metode Elemen Hingga

Marianus Beatriks Djala Gili^{1*}, Frederikus Mikael², Sebastianus Batik³
^{1,2,3} Politeknik Cristo Re Maumere, Jl Lero Wulan No. 02, Kota Uneng, Alok, Sikka, NTT
^{*}[Email: riangili446@gmail.com](mailto:riangili446@gmail.com)

Revisi 02 Mei 2026; Diterima 30 Mei 2026,; publikasi Online 30 Juni 2026

Abstrak, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan rangka mesin pemecah cangkang kemiri menggunakan pendekatan perhitungan teoritis dan metode elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA). Rangka mesin berfungsi sebagai komponen utama yang menopang seluruh beban kerja, sehingga analisis kekuatan diperlukan untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur. Material rangka yang digunakan adalah baja AISI 1020 dengan dimensi rangka $1000 \times 785 \times 459$ mm dan profil hollow $40 \times 40 \times 2$ mm. Pembebanan dianalisis berdasarkan lima area distribusi beban yang merepresentasikan komponen utama mesin. Analisis dilakukan dengan menghitung tegangan Von Mises, displacement, dan faktor keamanan secara teoritis, kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum sebesar 12,44 MPa, displacement 0,024 mm, dan faktor keamanan sebesar 28,25. Sementara itu, hasil perhitungan teoritis menghasilkan tegangan sebesar 28,05 MPa, displacement 1,17 mm, dan faktor keamanan 12,53. Terdapat perbedaan signifikan antara kedua metode, dengan deviasi sebesar 55,65% untuk tegangan, 97,95% untuk displacement, dan 125,46% untuk faktor keamanan. Perbedaan ini disebabkan oleh penyederhanaan asumsi pada perhitungan teoritis, sedangkan metode FEA mampu merepresentasikan kondisi aktual melalui distribusi beban, kondisi batas, dan interaksi antar elemen struktur. Meskipun demikian, kedua pendekatan menunjukkan bahwa struktur rangka masih berada dalam kondisi aman. Nilai faktor keamanan yang tinggi mengindikasikan adanya potensi overdesign, sehingga diperlukan optimasi desain untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material.

Kata kunci : Analisis Struktur, Metode Elemen Hingga, Pemecah Cangkang Kemiri, Rangka mesin, , Tegangan Von Mises,

1. Pendahuluan

Permintaan terhadap komoditi kemiri yang terus meningkat [1] perlu didorong dengan kehadiran teknologi tepat guna sebagai alat bantu untuk meningkatkan produktivitas petani. Inovasi mesin pemecah cangkang kemiri telah dihasilkan oleh peneliti untuk meningkatkan kapasitas produksi sekaligus menjaga kualitas daging buah kemiri. Salah satunya adalah mesin pemecah kemiri dengan pemecah berbentuk konus yang sudah dibuat oleh penulis [2].

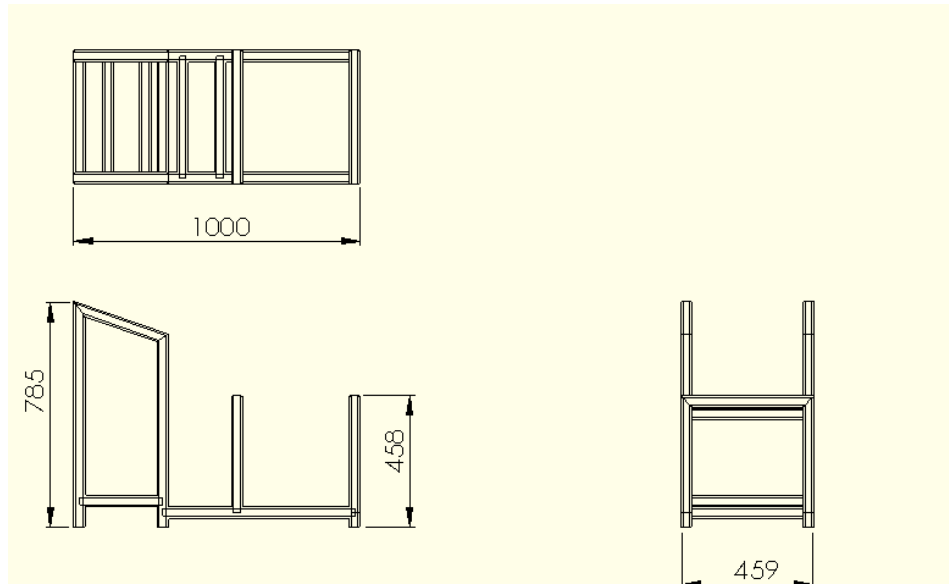
Mesin pemecah kemiri terdiri atas beberapa komponen penting, salah satunya adalah rangka mesin. Rangka merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat memasang komponen lain serta harus mampu menahan gaya dan momen agar mesin tetap stabil [3]. Kekuatan rangka menjadi faktor yang penting untuk dianalisis guna memastikan keandalan dan daya tahan mesin [4]. Beberapa penelitian rancang bangun mesin pemecah kemiri yang telah dilakukan belum menyertakan analisis struktural rangka dengan menggunakan perhitungan teoritis dan simulasi numerik secara bersamaan [5], [6] [7].

Berdasarkan kondisi di atas, diperlukan analisis kekuatan rangka mesin pemecah kemiri untuk menilai kelayakan desain yang telah dikembangkan sebelumnya. Analisis dilakukan melalui pendekatan perhitungan teoritis dan analisis numerik. Analisis numerik kekuatan rangka mesin dibuat dengan memanfaatkan perangkat lunak Solidwork untuk menjalankan simulasi Metode Elemen Hingga (Finite Element) [8] [9]. Metode ini dipakai untuk menganalisis dan mengevaluasi kekuatan serta ketahanan struktur rangka di bawah beban tertentu [10]. Analisis meliputi perhitungan nilai tegangan (*von misses stress*), lendutan (*displacement*) dan faktor keamanan (*safety factor*) [11].

2. Metode

A. Dimensi dan material rangka

Rangka mesin pemecah kemiri dapat dilihat pada gambar 1. Dimensi rangka mesin adalah 1000x785x459 mm. Material penyusun rangka adalah baja hollow dengan ukuran 40x40x2 mm. Dalam simulasi, material yang digunakan adalah AISI 1020. Adapun spesifikasi materialnya dapat dilihat pada tabel 1.



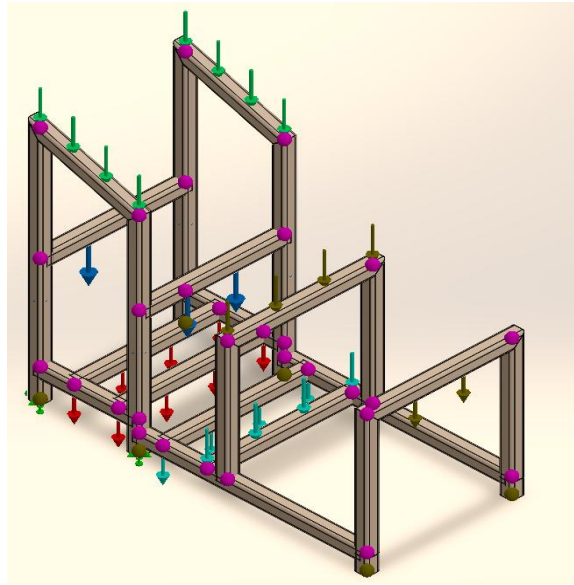
Gambar 1. Rangka Mesin Pemecah Cangkang Kemiri

Tabel 1 Spesifikasi material AISI 1020

Karakteristik	Nilai
Elastic Modulus	200000 N/mm ²
Poisson's Ratio	0.29
Mass Density	7900 kg/m ³
Tensile Strength	420.507 N/mm ²
Yield Strength	351.571 N/mm ²
Shear Modulus	7700 N/mm ²

B. Distribusi beban pada rangka

Berdasarkan distribusi beban, rangka mesin pemecah cangkang kemiri dapat dibagi menjadi lima (5) area (gambar 2), yaitu area 1 yang dibebani plat dan *hopper*, area 2 yang dibebani plat *bearing*, area 3 yang dibebani *reducer*, area 4 yang dibebani motor listrik, area 5 yang dibebani meja penganyak (tabel 2). Beban dianggap merata sepanjang balok (*distributed load*).



Gambar 2 Area pembebanan pada rangka mesin

Tabel 2 Data Area Pembebanan Pada Rangka

Area	Beban (kg)	Simbol beban
I	12.3	Warna hijau
2	8.3	Warna biru tua
3	15	Warna merah
4	20	Warna biru muda
5	25.7	Warna coklat

C. Perhitungan teoritis

Beban pada rangka

$$F = m \times g \quad (1)$$

Dimana F adalah gaya (N), m adalah massa (kg) sedangkan g adalah percepatan gravitasi 9,81 m/s².

Luas Penampang

$$A = P . L \quad (2)$$

Dimana A adalah luas penampang (mm²), P adalah panjang rangka (mm) dan L adalah lebar rangka (mm).

Momen

$$M = \frac{F \cdot L}{8} \quad (3)$$

Dimana M adalah momen (Nmm), F adalah gaya pada rangka (N) dan L adalah lebar batang (mm).

Titik berat (c)

$$c = \frac{h}{2} \quad (4)$$

Dimana c adalah titik berat (mm), h adalah tinggi profil (mm).

Momen Inersia (I)

$$I = \frac{b \cdot h^3}{36} \quad (5)$$

Dimana I adalah momen inersia (mm⁴), b adalah lebar batang (mm), h adalah tinggi batang (mm).

Tegangan geser (τ)

$$\tau_{xy} = \frac{M}{2 \times A \times b} \quad (6)$$

Dimana τ_{xy} adalah tegangan geser pada bidang x dan y.

Tegangan Normal (σ)

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (7)$$

Dimana σ adalah tegangan lentur (MPa).

Von Misses stress

Tegangan *Von Misses* merupakan tegangan yang didapatkan dari teori kegagalan karena distorsi energi. Jika nilai *Von Misses Stress* melebihi tegangan luluh dari material, desain akan mengalami kegagalan. Teori ini dipakai untuk material ulet. Persamaan yang digunakan [12]:

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 3\tau^2} \quad (8)$$

Dimana σ_v adalah tegangan ekuivalen (MPa), σ_x adalah tegangan sepanjang sumbu x (MPa), σ_y adalah tegangan sepanjang sumbu y (MPa) dan τ adalah tegangan geser (MPa).

Displacement

Displacement atau defleksi merupakan perubahan bentuk pada benda dalam arah y akibat pembebanan vertikal yang diberikan pada batang atau poros.

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (9)$$

dimana δ adalah defleksi (mm), P adalah beban (N), L adalah panjang (m), E adalah modulus elastisitas (MPa) dan I adalah momen inersia (mm⁴).

Faktor keamanan (Factor of Safety)

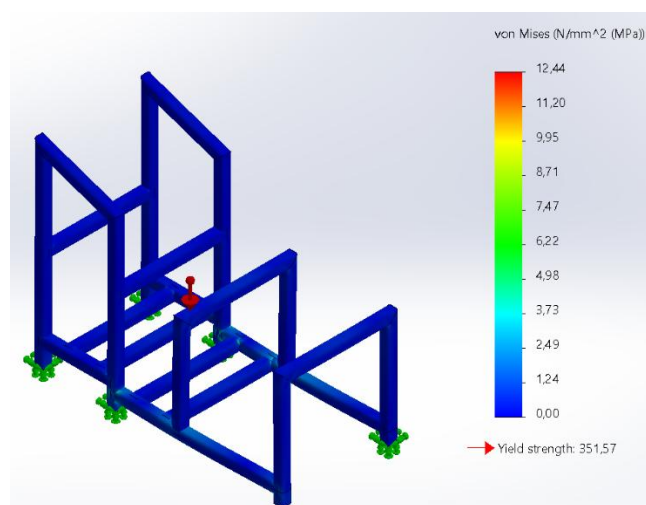
Faktor keamanan digunakan untuk mengetahui kelayakan alat yang digunakan. Nilai FoS dapat diketahui dengan persamaan:

$$n = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{actual}} \quad (10)$$

Dimana n adalah nilai SF, σ_{yield} adalah kekuatan luluh (*yield strength*) material dan σ_{actual} adalah tegangan aktual yang terjadi pada material [13].

3. Hasil dan Diskusi

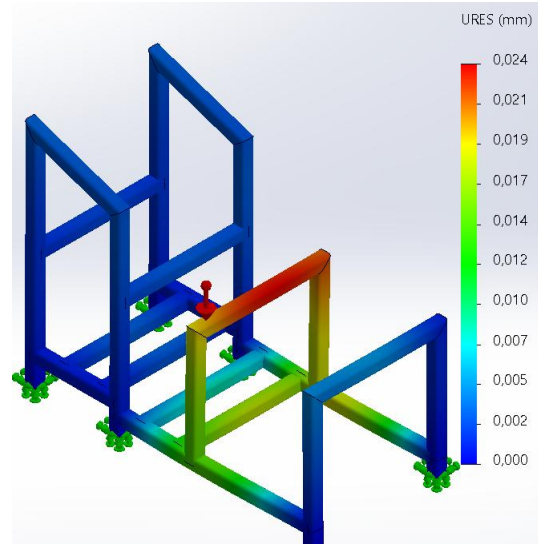
a. Hasil Simulasi Simulasi tegangan (*Von Misses Stress*)



Gambar 3 Hasil simulasi Von Misses Stress

Berdasarkan hasil simulasi gambar 3, tegangan *Von Mises* terbesar adalah 12,44 MPa yang terdapat pada sambungan rangka. Nilai tegangan *von mises* < *yield strength* material, sehingga konstruksi rangka dapat dikatakan aman.

Simulasi *displacement*



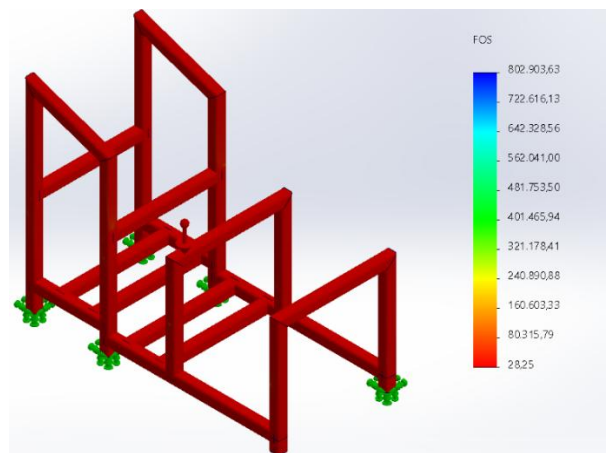
Gambar 4 Hasil simulasi displacement

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 4, *displacement* maksimum pada rangka mesin pemecah cangkang kemiri sebesar 0.024 mm. Nilai ini lebih kecil dari yang direncanakan, sehingga konstruksi rangka cukup kokoh dan rigid.

Simulasi *Safety Factor*

Nilai faktor keamanan berada di rentang $1 < SF < 10$ [14]. Jika nilai faktor keamanan terlalu kecil, maka resiko kegagalan akan tinggi. Sebaliknya, jika nilai faktor keamanan terlalu besar, struktur tersebut terlalu boros.

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar 5, nilai angka keamanan mencapai 28.25. Nilai ini cukup tinggi, yang menunjukkan desain dan struktur rangka material tergolong aman, namun terdapat pemborosan pada material.



Gambar 5 Hasil simulasi Safety Factor

b. Hasil Perhitungan Teoritis

Beban pada rangka

Total massa yang diterima rangka adalah 81.3 kg, menggunakan rumus (1) maka nilai F sebesar 797.96 N.

Luas Penampang

Panjang rangka 1000 mm dan lebar 459 mm, sehingga menggunakan rumus (2) maka nilai A adalah 459000 mm².

Momen

Menggunakan rumus (3) didapatkan nilai M sebesar 99745 Nmm.

Titik berat

Menggunakan rumus (4) didapatkan nilai titik berat sebesar 20 mm.

Momen Inersia (I)

Menggunakan rumus (5) didapatkan nilai tegangan I sebesar 71111,11 mm⁴.

Tegangan geser (τ_{xy})

Menggunakan rumus (6) didapatkan nilai τ_{xy} sebesar 0,007 N/mm²

Tegangan Normal (σ_x)

Menggunakan rumus (7) didapatkan nilai tegangan σ_x sebesar 27.19 MPa.

Von Misses Stress

Menggunakan rumus (8) didapatkan:

$$\sigma_v = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(27.19 + 0)^2 + 0.007^2} = 28.05 \text{ MPa}$$

Maka nilai tegangan Von Misses sebesar 28.05 MPa.

Displacement

Menggunakan rumus (9) didapatkan nilai *displacement* sebesar 1,17 mm.

Factor of Safety

Menggunakan rumus (10) didapatkan nilai *FoS* sebesar 12.53.

c. Perbandingan Hasil Simulasi dan Perhitungan Teoritis

Berdasarkan hasil analisis, terdapat perbedaan antara nilai yang diperoleh dari hasil simulasi metode elemen hingga dengan perhitungan teoritis. Tegangan Von Misses hasil simulasi sebesar 12,44 MPa, sedangkan hasil perhitungan teoritis sebesar 28,05 MPa, dengan nilai *error* sebesar 55,65%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa hasil perhitungan teoritis memberikan nilai yang lebih konservatif dibandingkan simulasi.

Perbedaan yang lebih signifikan terlihat pada nilai *displacement*, dimana hasil simulasi sebesar 0,024 mm, sedangkan hasil teoritis mencapai 1,17 mm dengan *error* sebesar 97,95%. Nilai *displacement* teoritis yang jauh lebih besar disebabkan oleh asumsi model yang lebih sederhana, tanpa mempertimbangkan kekakuan gabungan dari struktur rangka. Sebaliknya, pada simulasi FEA, struktur dianalisis sebagai satu kesatuan sistem yang saling terhubung, sehingga distribusi beban terjadi pada beberapa elemen dan meningkatkan kekakuan total struktur.

Selain itu, nilai faktor keamanan (*Factor of Safety*/FoS) hasil simulasi sebesar 28,25, lebih tinggi dibandingkan hasil teoritis sebesar 12,53 dengan *error* sebesar 125,46%. Perbedaan ini merupakan konsekuensi langsung dari nilai tegangan yang lebih rendah pada simulasi, karena faktor keamanan berbanding terbalik dengan tegangan yang terjadi. Semakin kecil tegangan, maka nilai faktor keamanan akan semakin besar. Walaupun berbeda, kedua nilai di atas menunjukkan pemborosan berlebih pada desain struktur rangka mesin pemecah cangkang kemiri.

Secara fundamental, perbedaan antara kedua pendekatan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yaitu: (1) asumsi pembebanan, dimana pendekatan teoritis menganggap distribusi beban seragam atau terpusat pada satu elemen, sedangkan FEA memungkinkan distribusi beban pada banyak elemen; (2) kondisi batas (*boundary conditions*), dimana simulasi mempertimbangkan kondisi penumpuan yang lebih realistis; serta (3) interaksi antar elemen struktur yang hanya dapat dimodelkan secara komprehensif melalui metode numerik.

Tabel 3 Perbandingan hasil simulasi dan perhitungan teoritis

Item	Hasil simulasi	Hasil perhitungan teoritis	Error
Tegangan Von Misses	12,44 MPa	28,05 MPa	55,65%
Displacement	0.024 mm	1.17 mm	97,95%
FoS	28,25	12,53	125,46%

4. Kesimpulan

Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antara simulasi FEA dan perhitungan teoritis pada parameter tegangan, displacement, dan faktor keamanan. Tegangan Von Mises hasil simulasi (12,44 MPa) lebih rendah dibandingkan teoritis (28,05 MPa) dengan deviasi 55,65%, sedangkan displacement menunjukkan deviasi terbesar (97,95%). Nilai faktor keamanan hasil simulasi (28,25) lebih tinggi dibandingkan teoritis (12,53) sebagai konsekuensi dari rendahnya tegangan yang dihasilkan.

Perbedaan ini disebabkan oleh penyederhanaan asumsi pada perhitungan teoritis, sementara FEA mempertimbangkan distribusi beban, kondisi batas, dan interaksi antar elemen sehingga lebih merepresentasikan kondisi aktual. Nilai faktor keamanan yang tinggi menunjukkan struktur aman, namun juga mengindikasikan potensi overdesign.

Disarankan untuk melakukan optimasi desain guna meningkatkan efisiensi material, serta menggunakan model pembebanan yang lebih realistis, khususnya pada interaksi kontak rol konus. Selain itu, validasi eksperimental dan studi sensitivitas terhadap parameter simulasi diperlukan untuk meningkatkan akurasi hasil.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Cristo Re Maumere yang telah membiayai penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] bgnnews.co.id, “Kemiri dari Provinsi NTT Kuasai Pasar Ekspor Dunia,” <https://bgnnews.co.id/detail/1743/kemiri-dari-provinsi-ntt-kuasai-pasar-ekspor-dunia>, 2025.
- [2] S. Batik, M. B. D. Gili, F. Mikael, and Y. Abrian, “Rancang Bangun Mesin Pemecah Cangkrang Kemiri dengan Rol Konus,” *Journal of Energy*, vol. 05, no. 01, 2026.
- [3] M. A. Ficki, K. Kardiman, and N. Fauji, “SIMULASI BEBAN RANGKA PADA MESIN PENGGIILING SEKAM PADI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK,” *RTR*, vol. 15, no. 2, p. 44, Nov. 2022, doi: 10.19184/rotor.v15i2.32447.
- [4] Fathur Rohman, Dani Mardiyana, Fabrobi Ridha, and Satish Kumar Damodar, “STRUCTURAL ANALYSIS OF WASTE SEPARATION MACHINE FRAME USING FEA METHOD,” *IJEAT*, vol. 6, no. 1, pp. 10–17, May 2023, doi: 10.52005/ijeat.v6i1.80.
- [5] A. Salam, A. Tangkemandi, N. Nashbirullah, A. Asriadi, and M. Farid Fauzan, “Rancang Bangun Mesin Pemisah Kulit Kemiri Terintegrasi Komponen Pengering dan Penyaring,” *Sinergi*, vol. 20, no. 1, pp. 17–27, Apr. 2022, doi: 10.31963/sinergi.v20i1.3415.
- [6] E. Adril and Y. C. Pratama, “Design and Analysis of a Candlenut Shell Breaking Machine,” vol. 1, no. 2, 2024.
- [7] Enny Sulfiana and Zuingli Santo Bandaso, “RANCANG BANGUN ALAT PEMECAH KEMIRI SISTEM ROTARY KAPASITAS HOPPER 5 KG,” *JEMMTEC*, vol. 1, no. 01, pp. 22–27, Jul. 2022, doi: 10.61844/jemmtec.v1i01.151.
- [8] A. Shulhany, E. K. Laksanawati, and A. Y. Setiawan, “Analisis Kekuatan Rangka pada Perancangan Mesin Press Briket Eceng Gondok Menggunakan Solidworks,” *MBJTM*, vol. 6, no. 1, p. 28, May 2022, doi: 10.31000/mbjtm.v6i1.6671.
- [9] E. Prasetyo, R. Hermawan, M. N. I. Ridho, I. I. Hajar, H. Hariri, and E. A. Pane, “Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks,” *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, pp. 299–306, Dec. 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.8872.
- [10] “View of Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pencacah Nilam dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga.”

- [11] M. F. Dzulfihar, A. R. Prabowo, R. Ridwan, and H. Nubli, "Assessment on the Designed Structural Frame of the Automatic Thickness Checking Machine – Numerical Validation in FE method," *Procedia Structural Integrity*, vol. 33, pp. 59–66, 2021, doi: 10.1016/j.prostr.2021.10.009.
- [12] Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Q. Ardelia, P. Nur Ardi Nugroho, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, A. Prasetyo Utomo, and Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, "Analisis Kekuatan dan Potensi Resonansi pada Pondasi Diesel Generator Menggunakan Metode Elemen Hingga," *infotekmesin*, vol. 16, no. 2, pp. 338–346, Jul. 2025, doi: 10.35970/infotekmesin.v16i2.2049.
- [13] Z. F. Emzain, U. S. Amrullah, and A. Mufarrih, "Analisis elemen hingga untuk siklus berjalan pada model prostetik lentur pergelangan kaki".
- [14] A. Sai'in, B. Sumiyarso, R. T. Indrawati, and E. Saputra, "Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengolah Limbah Tulang Ikan Menjadi Bahan Dasar Pakan Ternak Berkapasitas 500 kg/jam Menggunakan Penggerak Motor Bensin 5,5 HP," *j.rekayasa.mesin.*, vol. 17, no. 3, p. 435, Dec. 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i3.3857.