

## Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pemecah Cangkang Kemiri Menggunakan Metode Elemen Hingga

Marianus Beatriks Djala Gili<sup>1</sup>  
Frederikus Mikael<sup>2</sup>  
Sebastianus Batik<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknologi Mesin, Politeknik Cristo Re Maumere, Jl. Lero Wulan No.2, Maumere, Indonesia  
<sup>1</sup>Korespondensi penulis: riangili446@gmail.com

**Article Info:** Received: April 09, 2026; Accepted: May 05, 2026; Available online: May 17, 2026  
**DOI:** 10.30588/jeemm.v10i1.2669

**Abstract:** The increasing demand for candlenut commodities has driven the need for appropriate mechanization to improve post-harvest processing efficiency, particularly in shell breaking, which is still predominantly performed manually. This condition requires machine innovation that not only increases production capacity but also ensures the structural reliability of the machine frame as the main load-bearing component. This study aims to analyze the structural strength of a candlenut shell crushing machine frame using theoretical calculations and Finite Element Analysis (FEA) through SolidWorks software. The frame is made of AISI 1020 steel with dimensions of  $1000 \times 785 \times 459$  mm and a  $40 \times 40 \times 2$  mm hollow profile. Loading conditions are defined based on five main load distribution areas. Simulation results show a maximum stress of 12.44 MPa, displacement of 0.024 mm, and a safety factor of 28.25, while theoretical calculations yield 28.05 MPa stress, 1.17 mm displacement, and a safety factor of 12.53. Significant discrepancies arise due to simplifications in analytical assumptions, whereas FEA provides a more realistic structural representation. Nevertheless, both methods confirm that the frame operates within safe limits, although the high safety factor indicates potential overdesign, suggesting the need for structural optimization to improve material efficiency.

**Keywords:** machine frame, finite element analysis, structural analysis

**Abstrak:** Meningkatnya permintaan komoditas kemiri mendorong kebutuhan akan teknologi tepat guna untuk meningkatkan efisiensi proses pascapanen, khususnya pada tahap pemecahan cangkang yang masih banyak dilakukan secara manual. Kondisi ini menuntut adanya inovasi mesin pemecah kemiri yang tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga menjamin keandalan struktur rangka sebagai komponen utama penopang beban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan rangka mesin pemecah kemiri menggunakan pendekatan perhitungan teoritis dan simulasi numerik berbasis Metode Elemen Hingga (FEA) dengan perangkat lunak *SolidWorks*. Rangka mesin menggunakan material baja AISI 1020 dengan dimensi  $1000 \times 785 \times 459$  mm dan profil hollow  $40 \times 40 \times 2$  mm. Pembebanan dianalisis pada lima area distribusi beban utama. Hasil simulasi menunjukkan tegangan maksimum 12,44 MPa, displacement 0,024 mm, dan faktor keamanan 28,25, sedangkan perhitungan teoritis menghasilkan tegangan 28,05 MPa, displacement 1,17 mm, dan faktor keamanan 12,53. Perbedaan signifikan terjadi akibat asumsi penyederhanaan pada metode teoritis, sementara FEA memberikan representasi kondisi struktur yang lebih realistis. Meskipun demikian, kedua metode menunjukkan bahwa rangka berada dalam kondisi aman, namun nilai faktor keamanan yang tinggi mengindikasikan potensi overdesign sehingga diperlukan optimasi desain untuk meningkatkan efisiensi material.

**Kata kunci:** Rangka mesin, metode elemen hingga, analisis struktur

### I. Pendahuluan

Permintaan terhadap komoditi kemiri yang terus meningkat (bgnnews.co.id, 2025) 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 (Batik et al., 2026).

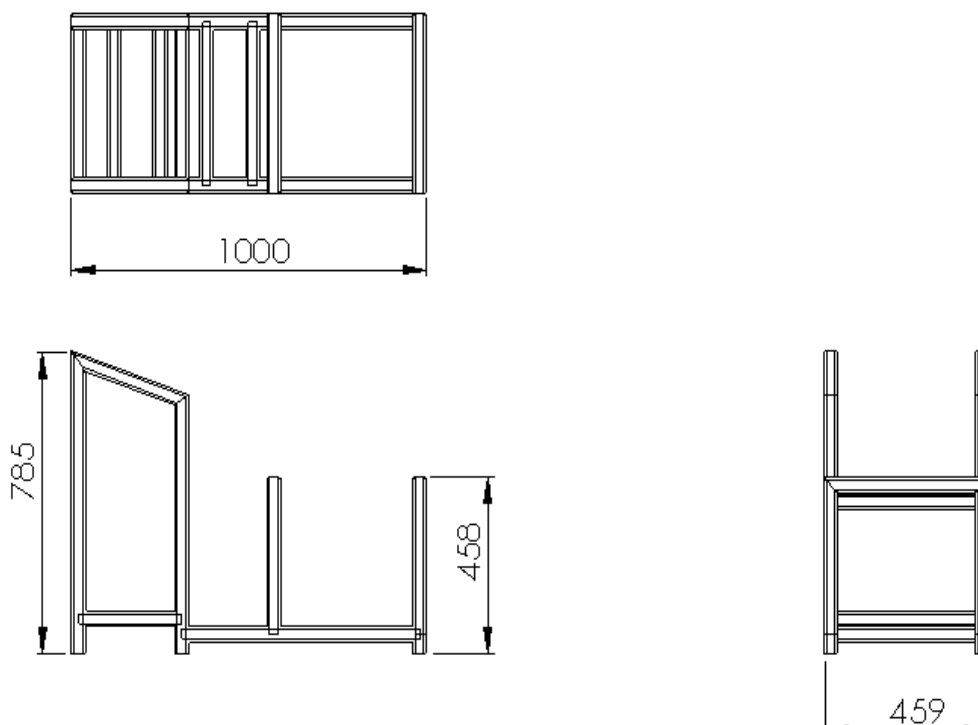
Mesin pemecah kemiri terdiri atas beberapa komponen penting, salah satunya adalah rangka mesin. Rangka merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat memasang komponen lain serta harus mampu menahan gaya dan momen agar mesin tetap stabil (Ficki et al., 2022). Kekuatan rangka menjadi faktor yang penting untuk dianalisis guna memastikan keandalan dan daya tahan mesin (Fathur Rohman et al., 2023). Beberapa penelitian rancang bangun mesin pemecah kemiri yang telah dilakukan belum menyertakan analisis struktural rangka dengan menggunakan perhitungan teoritis dan simulasi numerik secara bersamaan (Salam et al., 2022), (Adril & Pratama, 2024) (Enny Sulfiana & Zuingli Santo Bandaso, 2022).

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*) (Shulhany et al., 2022) (Prasetyo et al., 2020). Metode ini dipakai untuk menganalisis dan mengevaluasi kekuatan serta ketahanan struktur rangka di bawah beban tertentu (*View of Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pencacah Nilam Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*, n.d.). Analisis meliputi perhitungan nilai tegangan (*von misses stress*), lendutan (*displacement*) dan faktor keamanan (*safety factor*) (Dzulfiqar et al., 2021).

## II. Bahan dan Metode

### 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.



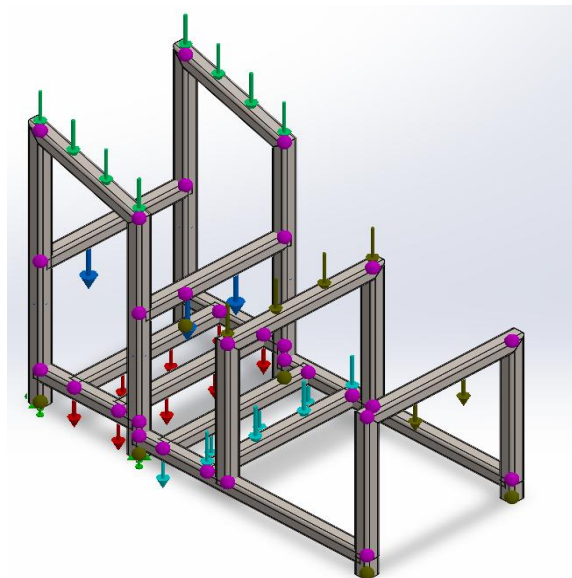
Gambar 1. Rangka Mesin Pemecah Cangkang Kemiri

Tabel 1 Spesifikasi material AISI 1020 (Gusniar & Putra, 2021)

Karakteristik	Nilai
Elastic Modulus	205 MPa
Poisson's Ratio	0.29
Mass Density	7900 kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	420 MPa
Yield Strength	350 MPa
Shear Modulus	80 MPa

### 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
1	12.3	Warna hijau
2	8.3	Warna biru tua
3	15	Warna merah
4	20	Warna biru muda
5	25.7	Warna coklat

### 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/s<sup>2</sup>.

**Luas Penampang**

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

Dimana A adalah luas penampang (mm<sup>2</sup>), 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 (mm<sup>4</sup>), b adalah lebar batang (mm), h adalah tinggi batang (mm).

**Tegangan geser ( $\tau$ )**

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

Dimana  $\tau_{xy}$  adalah tegangan geser pada bidang x dan y.

**Tegangan Normal ( $\sigma$ )**

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

Dimana  $\sigma$  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 (Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya et al., 2025):

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

Dimana  $\sigma_v$  adalah tegangan ekuivalen (MPa),  $\sigma_x$  adalah tegangan sepanjang sumbu x (MPa),  $\sigma_y$  adalah tegangan sepanjang sumbu y (MPa) dan  $\tau$  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  $\delta$  adalah defleksi (mm), P adalah beban (N), L adalah panjang (m), E adalah modulus elastisitas (MPa) dan I adalah momen inersia (mm<sup>4</sup>).

### Faktor Keamanan (*Factor of Safety*)

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

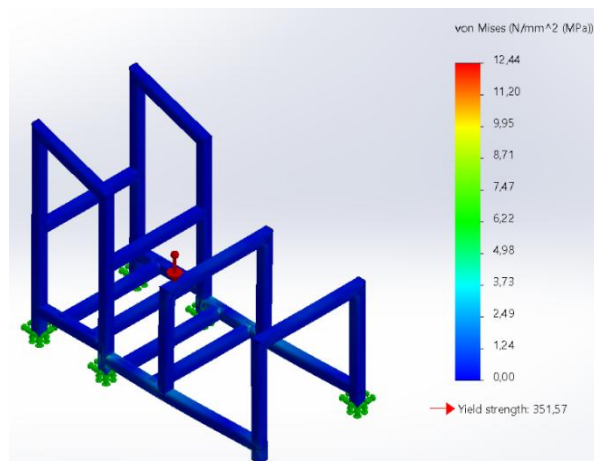
$$n = \frac{\sigma_{yield}}{\sigma_{actual}} \quad (10)$$

Dimana n adalah nilai SF,  $\sigma_{yield}$  adalah kekuatan luluh (*yield strength*) material dan  $\sigma_{actual}$  adalah tegangan aktual yang terjadi pada material (Emzain et al., n.d.).

## III. Hasil dan Pembahasan

### 1. Hasil Simulasi

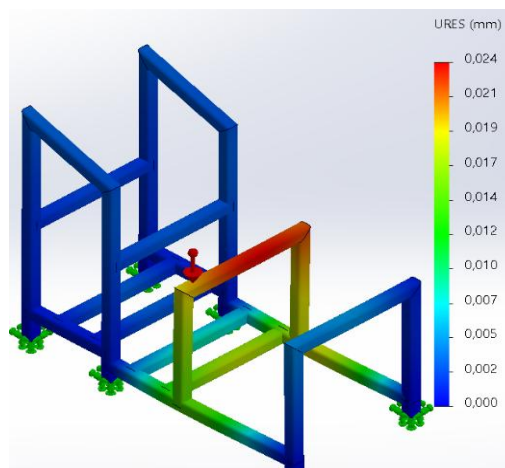
#### a. Simulasi tegangan (*Von Misses Stress*)



Gambar 3 Hasil simulasi *Von Misses Stress*

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

#### b. Simulasi *displacement*



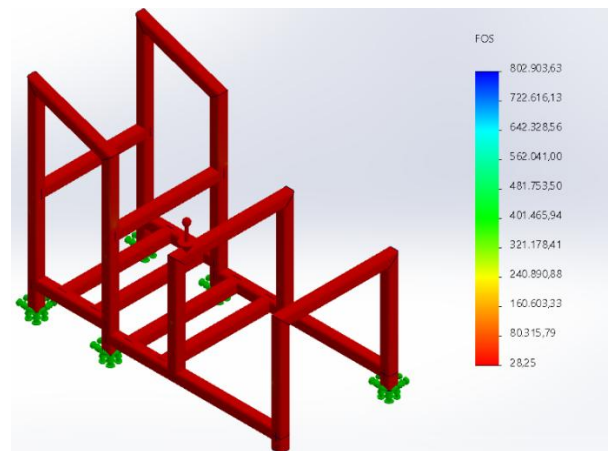
Gambar 4 Hasil simulasi *displacement*

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.

**c. Simulasi Safety Factor**

Nilai faktor keamanan berada di rentang  $1 < SF < 10$  (Sai'in et al., 2022). 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

**2. Hasil Perhitungan Teoritis**

Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan teoritis rangka.

Tabel 3 Hasil perhitungan teoritis

Item	Keterangan	Rumus	Hasil perhitungan
Beban pada rangka	Total massa: 81,3 kg	(1)	797,96 N
Luas penampang	P: 1000 mm dan L: 459 mm	(2)	459000 mm <sup>2</sup>
Momen		(3)	99745 Nmm
Titik berat		(4)	20 mm
Momen Inersia		(5)	71111,11 mm <sup>4</sup>
Tegangan geser ( $\tau_{xy}$ )		(6)	0,007 N/mm <sup>2</sup>
Tegangan Normal ( $\sigma_x$ )		(7)	27,19 MPa
Von Misses Stress		(8)	28.05 MPa
Displacement		(9)	1,17 mm
Factor of Safety (FoS)		(10)	12.53

**3. 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. Perhitungan teoritis menggunakan penyederhanaan geometri,

asumsi pembebanan ideal, serta kondisi batas yang kaku, sehingga menghasilkan estimasi tegangan yang lebih konservatif. Sebaliknya, FEA mampu merepresentasikan kondisi struktur secara lebih nyata dengan mempertimbangkan distribusi beban, interaksi antar elemen, serta jalur distribusi gaya (*load path*) pada keseluruhan rangka. Pendekatan ini memungkinkan terjadinya distribusi ulang tegangan sehingga nilai tegangan maksimum menjadi lebih rendah.

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 4 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	125,64%

#### IV. 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 *error* 55,65%, sedangkan displacement menunjukkan *error* 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

- Adril, E., & Pratama, Y. C. (2024). *Design and Analysis of a Candlenut Shell Breaking Machine*. 1(2).
- Batik, S., Gili, M. B. D., Mikael, F., & Abrian, Y. (2026). Rancang Bangun Mesin Pemecah Cangkang Kemiri dengan Rol Konus. *Journal of Energy*, 05(01).
- bgnnews.co.id. (2025). Kemiri dari Provinsi NTT Kuasai Pasar Ekspor Dunia. <https://bgnnews.Co.Id/Detail/1743/Kemiri-Dari-Provinsi-Ntt-Kuasai-Pasar-Ekspor-Dunia>.
- Dzulfiqar, M. F., Prabowo, A. R., Ridwan, R., & Nubli, H. (2021). Assessment on the Designed Structural Frame of the Automatic Thickness Checking Machine – Numerical Validation in FE method. *Procedia Structural Integrity*, 33, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.10.009>
- Emzain, Z. F., Amrullah, U. S., & Mufarrih, A. (n.d.). *Analisis elemen hingga untuk siklus berjalan pada model prostetik lentur pergelangan kaki*.
- Enny Sulfiana & Zuingli Santo Bandaso. (2022). RANCANG BANGUN ALAT PEMECAH KEMIRI SISTEM ROTARY KAPASITAS HOPPER 5 KG. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, 1(01), 22–27. <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v1i01.151>
- Fathur Rohman, Dani Mardiyana, Fabrobi Ridha, & Satish Kumar Damodar. (2023). STRUCTURAL ANALYSIS OF WASTE SEPARATION MACHINE FRAME USING FEA METHOD. *INTERNATIONAL JOURNAL ENGINEERING AND APPLIED TECHNOLOGY (IJEAT)*, 6(1), 10–17. <https://doi.org/10.52005/ijeat.v6i1.80>
- Ficki, M. A., Kardiman, K., & Fauji, N. (2022). SIMULASI BEBAN RANGKA PADA MESIN PENGGILING SEKAM PADI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK. *ROTOR*, 15(2), 44. <https://doi.org/10.19184/rotor.v15i2.32447>
- Gusniar, I. N., & Putra, A. S. (2021). Perhitungan Beban Statik pada Rangka Mesin Pengering Padi Menggunakan Baja AISI 1020. *Jurnal Teknik Mesin*, 14(2), 53–58. <https://doi.org/10.30630/jtm.14.2.556>
- Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Ardelia, Q., Nur Ardi Nugroho, P., Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Prasetyo Utomo, A., & Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. (2025). Analisis Kekuatan dan Potensi Resonansi pada Pondasi Diesel Generator Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Infotekmesin*, 16(2), 338–346. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v16i2.2049>
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299–306. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.8872>
- Sai'in, A., Sumiyarso, B., Indrawati, R. T., & Saputra, E. (2022). Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengolah Limbah Tulang Ikan Menjadi Bahan Dasar Pakan Ternak Berkapasitas 500 kg/jam Menggunakan Penggerak Motor Bensin 5,5 HP. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(3), 435. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i3.3857>
- Salam, A., Tangkemandi, A., Nashbirullah, N., Asriadi, A., & Farid Fauzan, M. (2022). Rancang Bangun Mesin Pemisah Kulit Kemiri Terintegrasi Komponen Pengering dan Penyaring. *Jurnal Teknik Mesin Sinergi*, 20(1), 17–27. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v20i1.3415>
- Shulhany, A., Laksanawati, E. K., & Setiawan, A. Y. (2022). Analisis Kekuatan Rangka pada Perancangan Mesin Press Briket Eceng Gondok Menggunakan Solidworks. *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 28. <https://doi.org/10.31000/mbjtm.v6i1.6671>
- View of Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pencacah Nilam dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga*. (n.d.).