



## Desain Rekayasa dan Analisis Struktur Tabung *Plastic Melter* Menggunakan Simulasi FEA

Muhammad Abdul Aziz<sup>1\*</sup>, Arif Rahman Saleh<sup>2</sup>, Sigit Mujiarto<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Tidar, Indonesia

\*Penulis korespondensi: [azizmuhammad015@gmail.com](mailto:azizmuhammad015@gmail.com)<sup>1</sup>

**Abstract.** *Plastic waste has become one of the main environmental problems due to its nature, which is difficult to decompose naturally and can cause environmental pollution. One alternative waste treatment method that can be applied is to use a plastic melter to melt and recycle plastic waste into useful products. However, the design of plastic melters often lacks consideration of structural strength and safety aspects during the operation process. This study aims to design and engineer a plastic melter using the Finite Element Analysis (FEA) simulation approach to analyze structural resistance to thermal and mechanical loads that occur during the operation process. The research method was carried out through 3D design modeling of plastic melter components using Solidworks software, followed by analysis with FEA simulation on the main component, namely the melting tube. The parameters analyzed include the distribution of von Mises stress, the amount of displacement, and the safety factor. The analysis results show that the analyzed components experience von Mises stress distribution and displacement that are still below the material tolerance limits, with safety factor values above the recommended safety limits. Thus, the resulting plastic melter design is declared safe and can proceed to the manufacturing process. Therefore, the plastic melter design is safe, strong, and feasible to be realized as an effective and sustainable plastic waste processing technology solution.*

**Keywords:** *Design; Finite Element Analysis; Plastic Melter; Safety Factor; Von Mises Stress*

**Abstrak.** Sampah plastik menjadi salah satu permasalahan lingkungan utama akibat sifatnya yang sulit terurai secara alami dan dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan sampah yang dapat diterapkan adalah dengan memanfaatkan alat *plastic melter* untuk melelehkan dan mengolah kembali limbah plastik menjadi produk yang bernilai guna. Namun, perancangan *plastic melter* sering kali kurang dalam mempertimbangkan aspek kekuatan struktur dan keamanan selama proses operasi. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan desain dan rekayasa *plastic melter* dengan menggunakan pendekatan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) guna menganalisis ketahanan struktur terhadap beban thermal dan mekanis yang terjadi selama proses operasi. Metode penelitian dilakukan melalui pemodelan desain 3D komponen *plastic melter* dengan menggunakan *software solidworks*, yang dilanjutkan analisis dengan simulasi FEA pada komponen utama yaitu tabung peleburan. Parameter yang dianalisis meliputi distribusi tegangan *von mises*, besarnya perpindahan (*displacement*), serta faktor keamanan (*safety factor*). Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen yang dianalisis mengalami distribusi tegangan *von mises* dan *displacement* yang masih berada dibawah batas izin material, dengan nilai faktor keamanan berada diatas batas aman yang disarankan. Sehingga desain *plastic melter* yang dihasilkan dinyatakan aman dan dapat dilanjutkan ke proses manufaktur. Dengan demikian, desain *plastic melter* aman, kuat, dan layak untuk direalisasikan sebagai solusi teknologi pengolahan limbah plastik yang efektif dan berkelanjutan.

**Kata kunci:** *Finite Element Analysis; Perancangan; Plastic Melter; Tegangan Von Mises; Faktor Keamanan*

### 1. LATAR BELAKANG

Permasalahan sampah merupakan isu lingkungan yang terus menjadi perhatian serius di berbagai kalangan masyarakat. Tidak hanya di Indonesia, negara-negara maju pun menghadapi persoalan serupa dan telah melakukan berbagai upaya penanganan untuk mengatasi masalah tersebut, akan tetapi belum memberi dampak yang signifikan (Addahlawi et al., 2020).

Berdasarkan data Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan bahwa pada tahun 2023 jumlah timbulan sampah di Indonesia mencapai 69,9 juta ton, dan sekitar 18,71% diantaranya merupakan sampah plastik yang tergolong sulit terurai secara

alami. Limbah plastik memerlukan waktu penguraian yang relatif lama, yaitu sekitar 80 tahun hingga terurai secara sempurna (Khaq & Damara, 2024). Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan dan pemilahan sampah di Indonesia masih belum berjalan secara optimal. Sehingga, diperlukan pengembangan inovasi teknologi pengolahan sampah yang lebih efektif, efisien dan ramah lingkungan guna mengurangi beban tempat pembuangan akhir (TPA) serta meminimalkan dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan.

*Plastic melter* merupakan alat yang berfungsi untuk melelehkan plastik sehingga dapat dicetak ulang menjadi produk bernilai guna. Perancangan alat *plastic melter* secara konvensional seringkali dilakukan tanpa pendekatan teknis yang mendalam. Akibatnya, banyak alat yang tidak efisien secara termal maupun struktural, rentan mengalami deformasi, atau bahkan gagal fungsi. Menurut Basri Hasibuan (2024), penggunaan Teknik Analisis Elemen Hingga (FEA) dalam bidang rekayasa mesin berperan penting dalam meningkatkan kualitas desain dan pengembangan produk. Melalui analisis mendalam terhadap respons dan perilaku struktur, metode FEA mendukung perancangan komponen yang lebih kuat, efisien, serta memenuhi aspek keselamatan.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang desain dan rekayasa *plastic melter* dengan menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memastikan keamanan dan keandalan alat terhadap beban termal dan mekanis yang terjadi selama operasi.

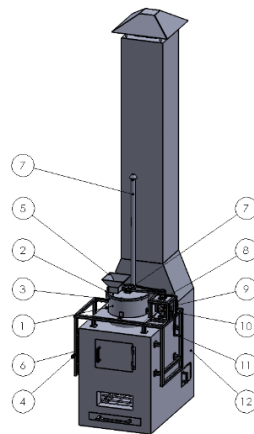
## 2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah perancangan model desain dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada komponen *plastic melter*. Proses penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan sistematis. Tahap awal meliputi pemodelan desain setiap komponen *plastic melter* yang dirancang, disertai dengan pemilihan material yang sesuai untuk masing-masing komponen berdasarkan fungsi dan kebutuhan operasionalnya. Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan simulasi analisis struktur pada komponen utama *plastic melter*. Sebelum simulasi dijalankan, geometri model terlebih dahulu melalui proses meshing untuk membagi struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Selanjutnya, penentuan *boundary condition* dilakukan guna merepresentasikan kondisi batas kerja dari desain yang dianalisis. Tahap berikutnya adalah pelaksanaan analisis struktur menggunakan metode FEA yang bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan desain serta mengidentifikasi potensi terjadinya kegagalan struktur. Parameter hasil simulasi FEA yang dianalisis meliputi nilai *von Mises stress* untuk mengevaluasi tegangan dan memastikan nilainya berada di bawah batas *yield*

*strength* material, *displacement* untuk mengetahui besarnya perpindahan dan memastikan tidak melampaui batas toleransi, serta *safety factor* untuk menentukan tingkat keamanan desain agar memenuhi faktor keamanan yang disarankan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang konsep desain serta melakukan analisis struktur pada komponen *plastic melter*. Proses perancangan desain dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada *plastic melter* dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Konsep desain yang dihasilkan merupakan suatu model *assembly* yang terdiri atas gabungan beberapa desain *part* yang dirancang secara terpisah. Keseluruhan konsep desain *plastic melter* ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1.** Desain alat *plastic melter*.

Desain mesin *plastic melter* terdiri dari beberapa komponen utama yang mendukung proses pelelehan dan pencampuran plastik. Setiap komponen dirancang berdasarkan fungsi kerja, kebutuhan kekuatan struktur serta kemudahan operasional dan manufaktur. Tabel 1 berikut menyajikan komponen utama mesin *plastic melter*.

**Tabel 1.** Komponen alat *plastic melter*.

Nomor Part	Komponen
1	Tabung peleburan
2	Tutup tabung
3	Helical ribbon auger
4	Rangka
5	Hopper
6	Outlet
7	Cerobong gas
8	Pulley dan v-belt
9	Dudukan bearing
10	Bevel gear
11	Tuas engkol
12	Tungku

Cara kerja dari alat ini yaitu memanfaatkan panas dari tungku untuk memanaskan tabung peleburan, setelah mencapai suhu tertentu plastik dimasukkan melalui *hopper* kemudian masuk ke dalam tabung peleburan dan diaduk ketika plastik sudah mencapai titik leleh. Lelehan plastik kemudian keluar melalui lubang *outlet* yang selanjutnya dapat di proses menjadi bahan atau produk baru. Spesifikasi alat plastic melter ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Spesifikasi alat *plastic melter*.

Parameter	Keterangan
Kapasitas alat	25 Kg
Suhu kerja	250°C
Dimensi tabung	500 × 600 mm
Tipe pengaduk	<i>Helical ribbon auger</i>
Sistem pemanas	Tungku <i>incinerator</i>
Panjang alat	1000 mm
Lebar alat	1580 mm
Tinggi alat	5054 mm

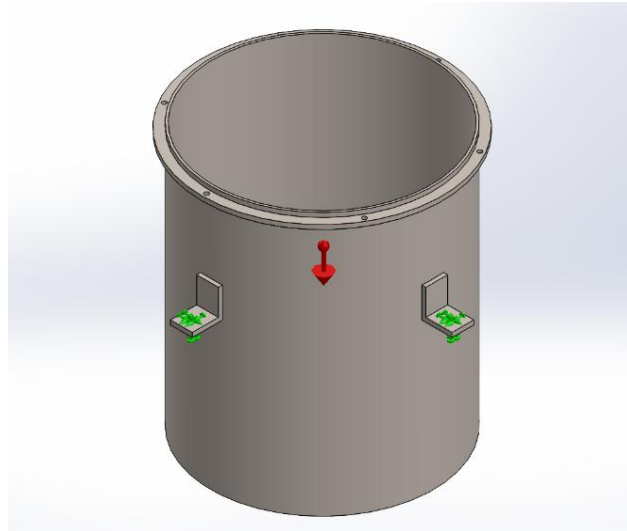
Simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) digunakan untuk menilai kekuatan struktur dan mengidentifikasi potensi titik kegagalan dari desain komponen *plastic melter*. Berikut prosedur penggunaan *software solidworks* untuk simulasi struktur FEA pada tabung peleburan *plastic melter*.

a. *Apply material*

Pemilihan material merupakan langkah awal dalam melakukan simulasi FEA. Proses ini dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik kekuatan material yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan operasional. Penetapan material pada komponen *plastic melter* dapat dipilih pada opsi “*apply material*” pada *software solidworks*. Material yang digunakan pada tabung peleburan yaitu *stainless steel 316*.

b. *Fixed support*

Tahapan berikutnya dalam simulasi yaitu penentuan *fixed support* yang berperan sebagai pusat pembebanan pada struktur komponen yang disimulasi. Pada tabung peleburan, titik tumpu ditetapkan pada bagian lubang baut breket penahan tabung. Posisi titik tumpuan pada komponen tersebut ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



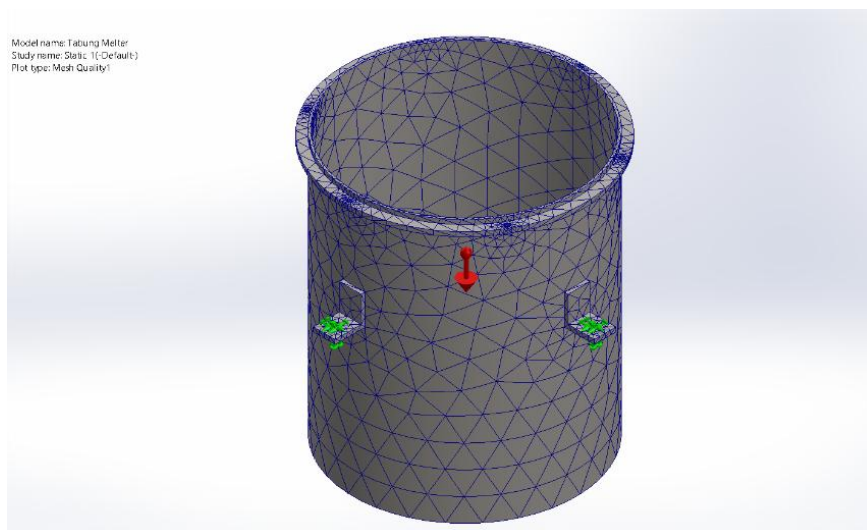
**Gambar 2.** Titik tumpuan tabung peleburan.

c. *External load*

Tahap selanjutnya yaitu penentuan lokasi pembebanan pada model desain yang akan disimulasikan. Titik pembebanan pada tabung peleburan ditetapkan pada bagian permukaan dalam tabung dengan distribusi massa sebesar 33,79 kg, beban gravitasi 9, 81  $m/s^2$  dan *thermal effect* dengan suhu 250°C.

d. *Meshing*

Proses *meshing* dilakukan untuk membagi model geometri menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Semakin halus pembagian *mesh* yang digunakan, maka hasil simulasi yang diperoleh akan semakin akurat mendekati kondisi nyata. Hasil penerapan *meshing* dapat ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

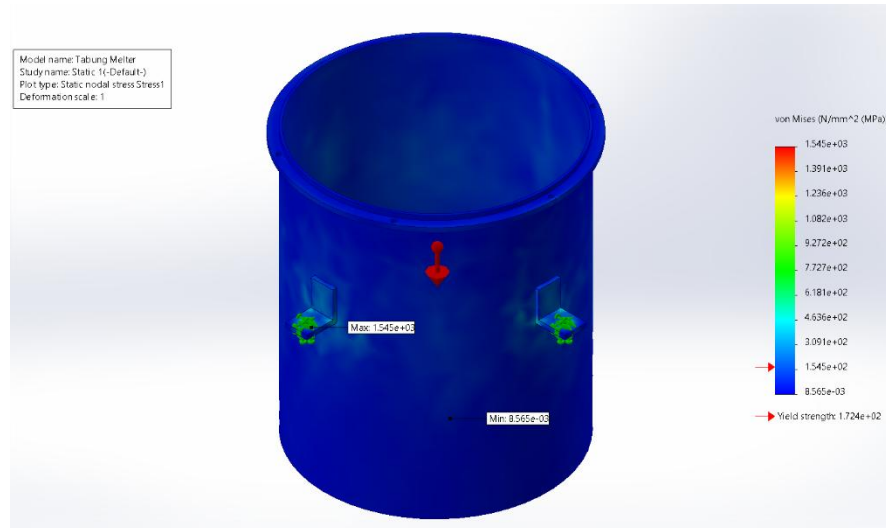


**Gambar 3.** Hasil *meshing* tabung peleburan.

Hasil simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) meliputi nilai distribusi tegangan *von mises*, besarnya nilai perpindahan (*displacement*), serta nilai faktor keamanan (*safety factor*). Adapun hasil analisis yang diperoleh disajikan sebagai berikut:

1) *Von mises stress*

Analisis tegangan *von mises* dilakukan untuk mengevaluasi besarnya tegangan yang terjadi serta memastikan bahwa tegangan tidak melebihi batas tegangan luluh material. Adapun hasil simulasi tegangan *von mises* dapat ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.

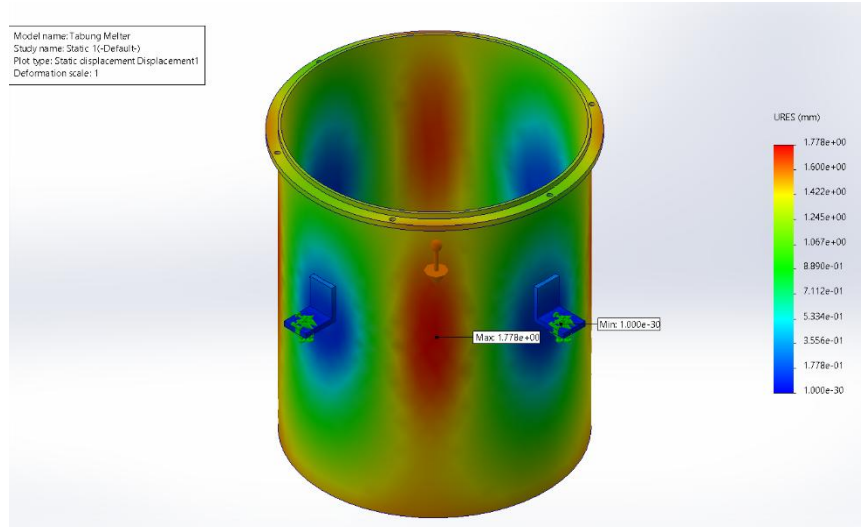


**Gambar 4.** Hasil *von mises stress*.

Berdasarkan hasil analisis tegangan *von mises* didapat nilai *von mises stress* tertinggi yang terjadi sebesar  $1,545 \times 10^3$  MPa. Sedangkan nilai terendah  $8,565 \times 10^{-3}$  MPa. Nilai tegangan tertinggi terjadi di bagian tumpuan (*fixed support*) dan sudut geometri tabung. Nilai tegangan yang tinggi pada area tersebut disebabkan oleh adanya konsentrasi tegangan pada pemodelan simulasi, sehingga menimbulkan *stress singularity*. *Stress singularity* merupakan kondisi dimana munculnya nilai tegangan yang sangat tinggi dan bersifat tidak realistis pada titik atau elemen tertentu. Fenomena ini umumnya disebabkan oleh ketidaksempurnaan geometri pemodelan, seperti adanya sudut tajam dan bukan akibat kegagalan material. Nilai tegangan maksimum tidak dapat dijadikan acuan karena distribusi tegangan yang terjadi pada area kerja utama tabung khususnya bagian dinding tabung yang berfungsi untuk wadah proses pelelehan, dimana nilai tegangan *von mises* masih berada dibawah nilai tegangan luluh material. Pada *probe result*, didapat nilai distribusi tegangan rata-rata sebesar  $8,572 \times 10^1$  MPa.

## 2) Displacement

Analisis *displacement* dilakukan untuk mengevaluasi perpindahan serta memastikan nilai perpindahan tersebut masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan. Adapun hasil simulasi *displacement* dapat ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.

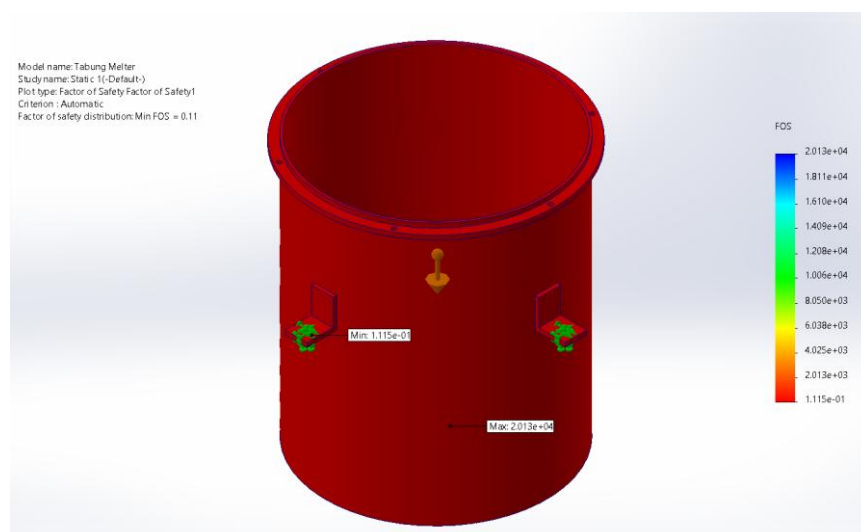


**Gambar 5.** Distribusi hasil simulasi *displacement*.

Berdasarkan hasil simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 5, *displacement* tertinggi yang terjadi sebesar 1,778 mm terjadi dibagian permukaan tabung peleburan. Sebaliknya, nilai terendah yang didapat berdasarkan simulasi adalah sebesar  $1,0 \times 10^{-30}$  mm terjadi pada breket penahan tabung peleburan.

## 3) Safety factor

Analisis *safety factor* dilakukan untuk mengevaluasi faktor keamanan serta memastikan nilai yang diperoleh sesuai dengan faktor keamanan yang disarankan. Adapun hasil simulasi *safety factor* dapat ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.** Hasil simulasi *safety factor*.

Berdasarkan hasil simulasi didapat nilai *Factor of Safety* (FOS) tertinggi sebesar  $2,013 \times 10^4$  dan nilai *safety factor* terendah yaitu sebesar  $1,115 \times 10^{-1}$ . Nilai *safety factor* tersebut dipengaruhi oleh munculnya stress singularity yang terjadi pada hasil analisis tegangan *von mises*. Berdasarkan probe result, diperoleh nilai rata-rata safety factor sebesar  $9,457 \times 10^1$ . Hal ini menunjukkan bahwa *safety factor* aman dan dapat dilanjutkan proses manufaktur.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa desain perancangan *plastic melter* memiliki kapasitas 25 kg. dimensi tabung peleburan berukuran  $500 \times 600$  mm yang beroperasi pada suhu  $250^\circ\text{C}$ . Hasil simulasi FEA yang dilakukan didapat nilai distribusi tegangan *von mises* tertinggi  $1,545 \times 10^3$  Mpa dan terendah  $8,565 \times 10^{-3}$  MPa. Tegangan tertinggi terjadi pada sudut lubang baut breket penahan sehingga merupakan *stress singularity*. Perpindahan yang terjadi sebesar 1,778 mm dengan faktor keamanan yang mengacu pada rata-rata *probe result* didapat sebesar  $9,457 \times 10^1$ . Sehingga dari hasil simulasi tersebut dapat dikatakan aman untuk dilanjutkan ke proses manufaktur.

#### DAFTAR REFERENSI

- Addahlawi, H. A., Mustaghfiroh, U., Ni'mah, L. K., Sundusiyah, A., & Hidayatullah, A. F. (2020). Implementasi prinsip good environmental governance dalam pengelolaan sampah di Indonesia. *Bina Hukum Lingkungan*, 4(2), 279. <https://doi.org/10.24970/bhl.v4i2.106>
- Basri Hasibuan, H. (2024). Penerapan teknik analisis elemen hingga (FEA) dalam rekayasa mesin. *Circle Archive*, 1–8.
- Hata, A., Azmy, I., Adityo, H. D., & Murhaban. (2023). Rancang bangun alat peleburan sampah plastik jenis PET berbahan bakar oli bekas. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 9(2).
- Hendra, H., Qirom, S. A., Susilo, S., Nugraha, K., Hernadewita, H., & Hardian, F. (2023). Analisa tegangan pada desain empat mata potong untuk mesin pencacah plastik menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Mesin*, 16(2), 118–126. <https://doi.org/10.30630/jtm.16.2.1245>
- Khaq, N. A., & Damara, B. (2024). Analisa pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan paving block. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 24(3), 2548. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v24i3.5599>
- Mulyanto, T., & Sapto, A. D. (2017). Analisis tegangan Von Mises poros mesin pemotong umbi-umbian dengan software SolidWorks. *Presisi*, 18(2), 24–29.
- Okatama, I. (2016). Analisa peleburan limbah plastik jenis polyethylene. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(3), 109–113.

- Pariapura Kamiel, B., Adib Nugraha, G., & Sunardi, S. (2018). Perancangan dan analisis kekuatan frame sepeda lipat menggunakan Autodesk Inventor. *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 2(2), 126–135. <https://doi.org/10.18196/jmpm.2229>
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya mengurangi timbulan sampah plastik di lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141–147. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421>
- Ridwan, R., & Wijaya, W. (2022). Desain mesin pengolah sampah plastik menjadi paving block dengan ukuran 10×10×6 centimeter. *Rekayasa Industri dan Mesin (ReTIMS)*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.32897/retims.2022.4.1.1849>
- Santoso, R. (2024). Pembuatan tungku peleburan sampah plastik berbentuk paving block. *Jurnal Mahasiswa Mesin Galuh (JMMG)*, 2(2), 1–8.
- Siswanto, R., Ghofur, A., & Mastiadi, T. (2020). Pengolahan limbah plastik di wilayah Kelurahan Cempaka menggunakan mesin pelumer plastik. *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, 7(1), 61–69.
- Sukma, H., Risdamaji, A., & Akbar, M. F. (2021). Rancang bangun mesin pelebur dan pencetak paving block berbahan dasar plastik LDPE. *Jurnal Teknologi*, 13(2), 201–208.
- Wibawa, L. A. N. (2019). Desain dan analisis kekuatan rangka meja kerja (Workbench) Balai LAPAN Garut menggunakan metode elemen hingga. *Jurnal Teknik Mesin ITI*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.31543/jtm.v3i1.216>
- Wildan Ainul Fulha, M., Naubnome, V., & Kardiman. (2021). Performa mesin plastic melter kapasitas 15–20 liter. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(1), 9–16.
- Yantony, D., & Asmauna, A. (2024). Rancang bangun mesin pelebur limbah plastik skala mikro. *Jurnal Vokasi Teknik Mesin dan Fabrikasi Logam*, 3(1), 8–13.