

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR PADA RANGKA KOMPOR OLI BEKAS MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Ahmad Regan Syaifuddin

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: ahmadregan.21023@mhs.unesa.ac.id

Handini Novita Sari

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: handinisari@unesa.ac.id

Abstrak

Kompor oli bekas merupakan inovasi energi alternatif yang dapat dimanfaatkan oleh sektor UMKM untuk menekan biaya operasional. Dalam penggunaannya, kekuatan struktur rangka sangat penting agar kompor dapat beroperasi secara aman dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktur rangka kompor oli bekas skala industri menggunakan metode elemen hingga (FEM). Model geometri yang digunakan adalah rangka berbentuk kotak dengan variasi beban sebesar 80 kg, 100 kg, dan 120 kg. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2023, sedangkan simulasi analisis dilakukan menggunakan ANSYS R2 2024. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan Von Mises, deformasi, dan faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rangka berbentuk kotak memiliki distribusi tegangan dan deformasi yang baik, dengan nilai faktor keamanan berada dalam kategori aman (>2). Penelitian ini memberikan dasar evaluasi desain yang efektif untuk pengembangan kompor oli bekas yang kuat dan tahan lama bagi pelaku industri kecil.

Kata Kunci: kompor oli bekas, kekuatan struktur, metode elemen hingga

Abstract

Used oil stoves are an alternative energy innovation that can be utilized by the MSME sector to reduce operational costs. In its use, the strength of the frame structure is very important for the stove to operate safely and sustainably. This study aims to analyze the structural strength of the industrial-scale used oil stove frame using the finite element method (FEM). The geometric model used is a box-shaped frame with load variations of 80 kg, 100 kg, and 120 kg. Modeling was carried out using SolidWorks 2023 software, while the analysis simulation was carried out using ANSYS R2 2024. The parameters analyzed include Von Mises stress, deformation, and safety factor. The simulation results show that the box-shaped frame has a good stress and deformation distribution, with a safety factor value in the safe category (>2). This study provides a basis for effective design evaluation for the development of strong and durable used oil stoves for small industry players.

Keywords: used oil stove, structural strength, finite element method

PENDAHULUAN

Perkembangan sektor industri di Indonesia telah memicu peningkatan penggunaan oli pelumas dalam skala besar, yang pada gilirannya menghasilkan limbah oli bekas dalam jumlah signifikan. Limbah ini, apabila tidak dikelola dengan baik, menimbulkan masalah lingkungan dan ekonomi yang serius. Salah satu pendekatan yang muncul untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif, yang diimplementasikan dalam bentuk kompor berbahan bakar oli bekas. Inovasi ini tidak hanya berkontribusi terhadap pengurangan dampak limbah berbahaya, tetapi juga menawarkan solusi energi alternatif yang lebih ekonomis bagi pelaku industri kecil, khususnya sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) (Athallahariq dkk, 2022).

UMKM di Indonesia, terutama yang bergerak di bidang kuliner dan produksi rumah tangga, salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan kembali oli bekas sebagai bahan bakar alternatif (Sari dkk, 2016). Teknologi ini mulai banyak diterapkan dalam bentuk kompor berbahan bakar oli bekas yang dirancang untuk kebutuhan

industri kecil dan menengah. Inovasi ini menjadi solusi yang menjanjikan karena mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil konvensional seperti LPG, sekaligus menekan biaya operasional. Keberadaan kompor ini menjadi relevan, khususnya bagi pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) di sektor kuliner dan produksi rumah tangga, yang kerap menghadapi ketidakpastian harga dan pasokan gas LPG.

Table 1 Perbandingan kompor oli bekas dan kompor LPG

Oli Bekas	Elpiji
Lebih murah harga bahan bakarnya	Lebih mahal harga bahan bakarnya
Lebih lambat waktu peleburannya	Lebih cepat waktu peleburannya
Suhu lebih rendah	Suhu lebih tinggi
Pembakaran tidak sempurna	Pembakaran sempurna
Start awal lambat	Start awal cepet

Sumber: (Athallahariq dkk, 2022)

Rangka kompor oli bekas memegang peranan vital sebagai struktur utama yang menopang keseluruhan sistem. Ketahanan rangka terhadap beban operasional menjadi parameter penting dalam menjamin keamanan dan efisiensi kerja peralatan. Beban tetap yang berasal dari komponen dan material yang digunakan harus dikaji secara menyeluruh melalui pendekatan analisis statis untuk memastikan struktur dapat menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebih atau kegagalan struktural (Maataman, 2015).

Dalam penelitian ini, fokus diarahkan pada desain rangka kompor berbentuk kotak yang dinilai lebih sederhana secara geometri dan lebih mudah diproduksi. Model ini dipilih karena efisiensi ruang dan kestabilan distribusi beban yang ditawarkannya. Untuk meminimalkan risiko deformasi dan retak, digunakan material baja karbon ST 37, yang dikenal memiliki karakteristik mekanik seperti modulus elastisitas tinggi, ketangguhan yang baik, serta biaya produksi yang relatif rendah. Material ini telah banyak digunakan dalam struktur mesin dan konstruksi ringan, menjadikannya kandidat ideal dalam pengembangan kompor skala industri kecil (Pamungkas et al., 2021).

Analisis dilakukan dengan menggunakan pendekatan numerik berbasis metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM) yang telah terbukti efektif dalam mengevaluasi respons struktural terhadap beban statik (Sari dkk., 2023). Dalam hal ini, simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2023 untuk proses pemodelan 3D, dan ANSYS R2 2024 untuk proses simulasi dan analisis tegangan. Parameter utama yang dianalisis mencakup tegangan Von Mises, deformasi total, serta faktor keamanan (safety factor) yang digunakan untuk mengevaluasi apakah struktur berada dalam batas aman saat digunakan (Simbolon & Kurniawan, 2022).

Penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa metode elemen hingga efektif dalam mengevaluasi performa struktural berbagai jenis peralatan industri. Simbolon dan Kurniawan (2022) menggunakan FEM pada desain mesin press untuk menilai tegangan dan deformasi, yang dapat menjadi acuan dalam studi serupa terhadap kompor oli bekas. Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih terfokus pada aspek efisiensi pembakaran atau performa termal, dan belum banyak yang menelaah aspek kekuatan struktur rangka secara mendalam (Tjong, 2021).

Melalui analisis numerik berbasis FEM menggunakan perangkat lunak SolidWorks dan ANSYS, penelitian ini akan memberikan gambaran kuantitatif mengenai distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan pada struktur rangka yang dirancang (Maulana & Ariatedja, 2019).

Material baja karbon ST 37 merupakan salah satu jenis baja struktural yang umum digunakan dalam aplikasi teknik dan industri karena sifat mekaniknya yang baik serta ketersediaannya yang luas. Sesuai standar DIN 17-100, ST 37 termasuk baja karbon rendah dengan kandungan karbon berkisar antara 0,14–0,20%. Komposisi kimianya didominasi oleh unsur besi (Fe) sebesar 98,81–99,26%, serta unsur paduan minor seperti mangan (Mn) sebesar 0,6–0,9%, silikon (Si) < 0,5%, sulfur (S) < 0,05%, dan fosfor

(P) < 0,04%. Kandungan karbon yang rendah menjadikan baja ini memiliki karakteristik yang ulet, mudah dibentuk, serta memiliki kemampuan las yang baik. Namun, sifat ini juga menyebabkan kekerasan permukaan yang relatif rendah dan ketidakmampuan untuk dikeraskan melalui perlakuan panas konvensional (Setyani et al., 2024).

Untuk keperluan aplikasi struktural seperti rangka kompor industri, ST 37 dinilai cukup andal karena memiliki kekuatan tarik antara 370–450 MPa, tegangan luluh (yield strength) sebesar 235 MPa, dan perpanjangan (elongation) pada batas putus sebesar 25–28%, yang mencerminkan sifat plastis material tersebut. Kekerasan permukaan ST 37 berada pada kisaran 77,6 HRB (Rockwell B), sementara modulus elastisitas (Young's Modulus) mencapai 210 Gpa (Aminuddin dkk., 2020), menunjukkan kemampuan material dalam menahan deformasi elastis sebelum mengalami perubahan bentuk permanen. Untuk kebutuhan yang menuntut kekerasan permukaan tinggi, proses tambahan seperti karburasi dapat diterapkan guna meningkatkan ketahanan aus tanpa mengorbankan keuletan inti material. Dengan sifat-sifat tersebut, baja ST 37 sangat sesuai digunakan pada desain rangka kompor oli bekas yang memerlukan ketahanan struktural, kemampuan deformasi yang baik, serta kemudahan dalam proses manufaktur.

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi terhadap pengembangan desain rangka kompor oli bekas yang lebih optimal dan aman, sekaligus menjadi referensi teknis bagi industri dan pelaku UMKM dalam memilih atau mengembangkan desain yang sesuai dengan kebutuhan operasional mereka.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yang menggunakan metode simulasi elemen hingga untuk mengukur dan menganalisis data numerik dari kekuatan struktur yang meliputi tegangan von mises, deformasi, dan *safety factor* dari rangka kompor oli bekas.

Tempat dan Waktu Penelitian

Pengujian terkait kekuatan struktur dengan metode simulasi elemen hingga akan dilaksanakan di Gedung A6 jurusan Teknik mesin, Universitas Negeri Surabaya. Menggunakan laptop dengan bantuan software Solid Works 2023 dan ANSYS R1 2025.

Penelitian dilakukan setelah seminar proposal skripsi yang telah disetujui yaitu mulai Februari sampai April 2025.

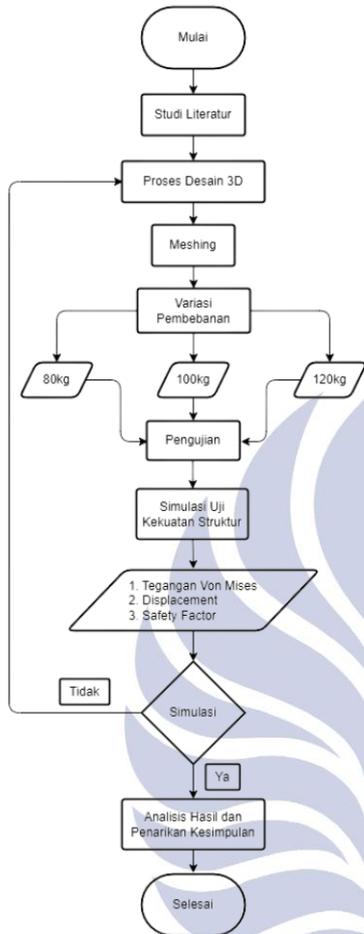
Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu model rangka kompor oli bekas dan pembebanan yang diberikan yaitu 80kg, 100kg, dan 120kg.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah *structural strength analysis*, yang meliputi tegangan *von mises*, deformasi, dan *safety factor*.

Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu desain rangka kompor oli bekas.

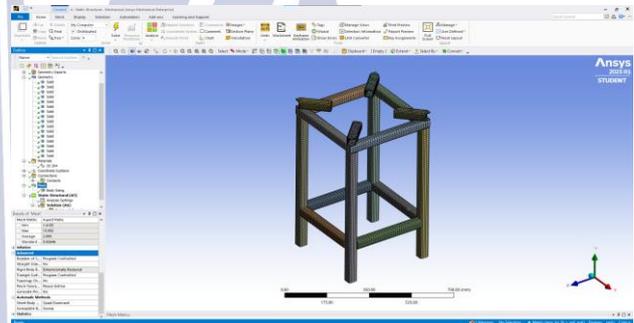
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

titik (*nodes*) yang digunakan oleh elemen elemen tersebut dan sebagai batas dari struktur/objek. Setelah proses meshing harus menentukan kualitas meshing dengan beberapa metode, yaitu ada *skewness*, *aspec ratio*, dan *grid independence*. Pada *skewness* yang bisa dikatakan good meshing yaitu jika nilainya mendekati 0 dari 1, kemudian jika pada *aspec ratio* yang bisa dikatakan good meshing yaitu jika nilainya mendekati 1 dari 10. Setelah itu yang ketiga yaitu pengujian *Grid Independence* yang mana nilai dari mesh eror nya tidak lebih besar dari 5%.

Ukuran mesh yang disarankan oleh ANSYS adalah 45mm, kemudian untuk mencari ukuran terbaik maka akan dilakukan pengujian dengan cara menurunkan ukuran mesh sebesar 5mm secara bertahap sampai hasil mesh memiliki kualitas yang bagus. Pada 8 kali pengujian dengan menurunkan ukuran meshing, ukuran yang memiliki kualitas meshing yang bagus yaitu pada ukuran 10mm dengan rata-rata *skewness* 0,125, rata-rata *aspec ratio* 2,7958, dan *grid independency* erornya 1,129 %, dengan jumlah *nodes* 121.664 dan jumlah *element* 12.112. Hasil meshing yang dilakukan pada ANSYS diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Meshing

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Solid 3D

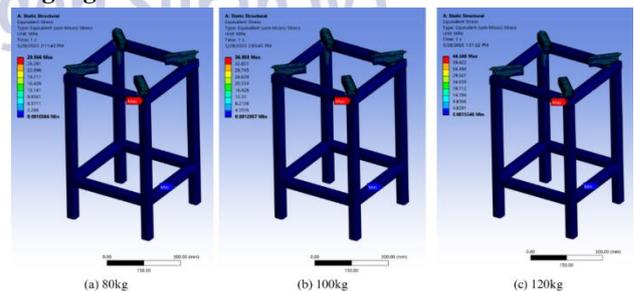
Pada proses simulasi, model utama yang digunakan dalam penelitian adalah bagian rangka utama. Model yang digunakan dibuat menggunakan software Solidworks 2023 dengan bentuk model yang di tunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Model 3D rangka kompor oli bekas.

Hasil dari simulasi kekuatan struktur yang meliputi tegangan von mises, deformasi, dan safety factor, kemudian hasil tersebut akan dibandingkan dengan material yang satunya yaitu SS 304 dan ST 37 dengan beban 80kg, 100kg, dan 120kg.

Tegangan von mises



Gambar 4. Uji tegangan von mises pada material ST 37

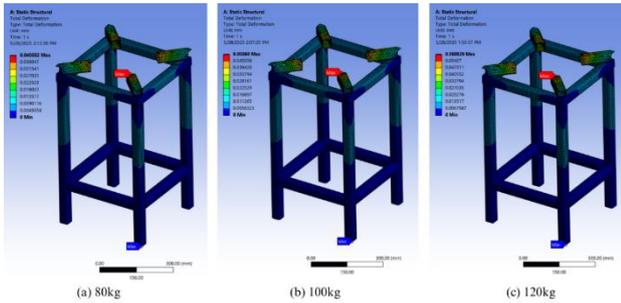
Proses Meshing

Meshing atau proses dikritisasi merupakan proses pemodelan dari struktur/objek dengan membaginya dalam elemen elemen kecil (elemen hingga) yang terhubung oleh

Pada perbandingan tersebut dihasilkan nilai dari simulasi pengujian tegangan von mises pada rangka kotak material ST 37 dengan nilai tegangan di 29,566 MPa pada pembebanan 80kg, nilai tegangan 36,958 MPa pada

pembebanan 100kg, nilai tegangan 44,349 MPa pada pembebanan 120kg.

Deformasi

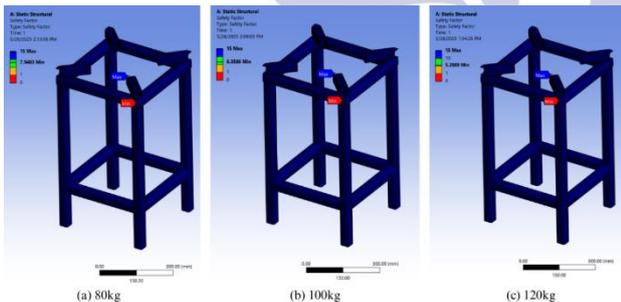


Gambar 5. Uji deformasi pada material ST 37

Pada perbandingan tersebut dihasilkan nilai dari simulasi pengujian deformasi pada rangka kotak material ST 37 dengan nilai deformasi di 0,040552 mm pada pembebanan 80kg, nilai deformasi di 0,05069 mm pada pembebanan 100kg, nilai deformasi di 0,060829 mm pada pembebanan 120kg.

Safety factor

Pada perbandingan tersebut dihasilkan nilai dari simulasi pengujian safety factor pada rangka kotak material ST 37 dengan nilai *safety factor* di 7,9483 pada pembebanan 80kg, nilai *safety factor* di 6,3586 pada pembebanan 100kg, nilai *safety factor* di 5,2989 pada pembebanan 120kg.

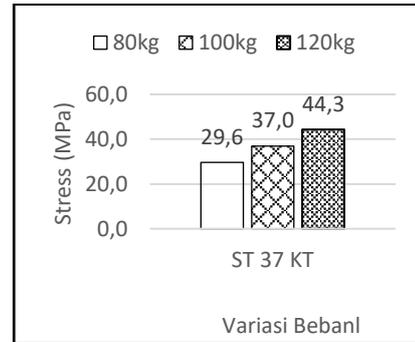


Gambar 6. Uji nilai FoS pada material ST 37

Pembahasan

Tegangan von mises

Berdasarkan hasil analisis tegangan Von Mises terhadap rangka berbentuk kotak dengan material ST 37 pada variasi pembebanan sebesar 80 kg, 100 kg, dan 120 kg, diperoleh bahwa peningkatan beban berbanding lurus dengan peningkatan nilai tegangan Von Mises yang terjadi pada struktur rangka (Bagus Prasetyo dkk., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan beban akan menyebabkan peningkatan tegangan internal pada material yang diuji (Mustasafanie dkk., 2020).



Gambar 7. Diagram perbandingan tegangan von mises pada pada rangka kompor oli bekas.

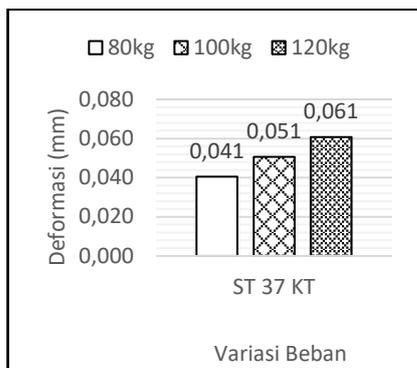
Grafik hasil simulasi menunjukkan bahwa pada beban 80 kg, tegangan Von Mises yang terjadi sebesar 29,6 MPa. Tegangan ini meningkat menjadi 37,0 MPa pada pembebanan 100 kg dan mencapai 44,3 MPa pada pembebanan 120 kg. Seluruh nilai tegangan masih berada dalam batas aman terhadap nilai kekuatan luluh material ST 37, namun semakin mendekati batas tersebut seiring bertambahnya beban.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beban sebesar 80 kg merupakan beban paling efektif, karena menghasilkan tegangan Von Mises paling rendah serta memberikan margin keamanan yang lebih besar. Rangka berbentuk kotak dengan material ST 37 menunjukkan performa struktural yang optimal pada kondisi pembebanan ini, menjadikannya pilihan yang direkomendasikan untuk penggunaan jangka panjang dengan tingkat deformasi dan risiko kegagalan yang minimal.

Deformasi

Grafik hasil analisis deformasi pada rangka berbentuk kotak dengan material ST 37 terhadap variasi pembebanan sebesar 80 kg, 100 kg, dan 120 kg, diperoleh bahwa nilai deformasi meningkat secara proporsional dengan peningkatan beban (Shaik & Nagaraj, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar gaya yang diterapkan pada struktur, semakin besar pula perubahan bentuk (deformasi) yang dialami oleh rangka (Qiao dkk., 2018).

Berdasarkan data grafik, nilai deformasi yang terjadi pada beban 80 kg sebesar 0,041 mm, meningkat menjadi 0,051 mm pada pembebanan 100 kg, dan mencapai 0,061 mm saat dibebani 120 kg. Meskipun seluruh nilai deformasi ini masih tergolong kecil dan berada dalam batas elastis material, tren peningkatan tersebut menunjukkan bahwa beban yang lebih tinggi akan menyebabkan penurunan kekakuan struktural.

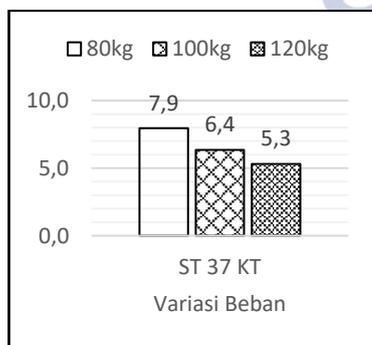


Gambar 8. Diagram perbandingan deformasi pada rangka kompor oli bekas

Baja ST 37 memiliki modulus elastisitas sebesar 200 GPa dan kekuatan tarik 488 MPa, yang menjadikannya material yang baik untuk aplikasi rangka dengan faktor kekakuan struktural yang tinggi (Chen dkk., 2024). Dengan melihat tren deformasi dan batas elastis material, dapat disimpulkan bahwa pembebanan sebesar 80 kg merupakan pilihan yang paling efektif. Nilai deformasi yang paling kecil pada beban ini menunjukkan performa struktural optimal dan ketahanan terhadap perubahan bentuk yang sangat baik. Oleh karena itu, untuk aplikasi yang membutuhkan kekakuan tinggi dan deformasi minimal, rangka berbentuk kotak dari material ST 37 dengan beban 80 kg sangat direkomendasikan.

Safety factor

Hasil analisis faktor keamanan terhadap struktur rangka kompor oli bekas berbentuk kotak dengan material ST 37 pada variasi pembebanan 80 kg, 100 kg, dan 120 kg, diperoleh bahwa nilai faktor keamanan mengalami penurunan seiring bertambahnya beban (Zhang dkk., 2020). Hal ini sesuai dengan prinsip dasar mekanika bahwa semakin besar beban kerja yang diberikan terhadap suatu struktur, maka margin keamanan terhadap kegagalan akan semakin kecil (Shi dkk., 2021).



Gambar 9. Perbandingan nilai FoS pada material ST 37.

Grafik menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan tertinggi tercatat pada pembebanan 80 kg sebesar 7,9, kemudian menurun menjadi 6,4 pada pembebanan 100 kg, dan menjadi 5,3 pada pembebanan 120 kg. Meskipun seluruh nilai masih berada dalam kategori aman (faktor

keamanan > 2), namun penurunan tersebut mengindikasikan adanya peningkatan risiko kegagalan jika beban kerja terus meningkat tanpa penyesuaian desain struktur. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beban 80 kg merupakan pembebanan yang paling optimal dan aman digunakan.

Nilai faktor keamanan yang paling tinggi pada beban ini menunjukkan bahwa struktur memiliki margin keselamatan yang besar dan mampu menahan beban kerja tanpa risiko deformasi berlebih atau kegagalan struktural. Oleh karena itu, untuk aplikasi industri kecil yang membutuhkan kestabilan dan ketahanan tinggi, struktur rangka kotak dari material ST 37 dengan pembebanan 80 kg sangat direkomendasikan.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan metode elemen hingga terhadap rangka kompor oli bekas berbentuk kotak dengan material ST 37, diperoleh kesimpulan bahwa,

1. variasi beban sebesar 80 kg, 100 kg, dan 120 kg memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai tegangan Von Mises, deformasi, dan faktor keamanan struktur. Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan, semakin besar pula nilai tegangan dan deformasi yang terjadi, serta semakin kecil nilai faktor keamanannya.
2. Nilai tegangan Von Mises tertinggi terjadi pada pembebanan 120 kg, namun masih berada dalam batas aman terhadap kekuatan luluh material ST 37. Sementara itu, nilai deformasi dan penurunan kekakuan struktur juga meningkat seiring bertambahnya beban. Nilai faktor keamanan tertinggi ditemukan pada beban 80 kg sebesar 7,9 dan menurun pada beban 100 kg dan 120 kg. Dengan mempertimbangkan seluruh parameter tersebut, dapat disimpulkan bahwa pembebanan sebesar 80 kg merupakan kondisi paling optimal dan aman, karena menghasilkan tegangan dan deformasi paling kecil serta memiliki margin keselamatan yang paling tinggi.

Saran

Saran dari penulis untuk kedepannya mengenai tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain kompor oli bekas sebaiknya dirancang untuk menahan beban maksimum sebesar 80 kg guna menjaga stabilitas struktural, mencegah deformasi berlebih, dan memaksimalkan umur pakai komponen rangka.
2. Untuk implementasi skala industri kecil dan UMKM, material ST 37 sangat direkomendasikan karena memiliki karakteristik mekanik yang sesuai, seperti kekuatan tarik tinggi, modulus elastisitas besar, dan kemudahan dalam proses manufaktur.

3. Penelitian lanjutan disarankan untuk mencakup pengujian eksperimental langsung guna memvalidasi hasil simulasi numerik serta mempertimbangkan faktor lingkungan seperti suhu operasi dan korosi.
4. Selain itu, pengembangan desain rangka berbentuk modular atau knock-down dapat dipertimbangkan agar lebih fleksibel dan ekonomis dalam proses distribusi dan perakitan oleh pengguna akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, Z., Yusuf, I., Program, M., Teknologi, S., Manufaktur, R., Teknik, J., Politeknik, M., Lhokseumawe, N., Jurusan, D., Mesin, T., Negeri, P., Berbahan, K., & Oli, B. (2023). *untuk pemicu berupa bensin atau minyak tanah, kemudian bahan bakar di dalam tangki yang*. 7(1), 25–28.
- Ali, K., Katsuchi, H., & Yamada, H. (2019). Parametric Study on Safety of Stay Cables of Cable-Stayed Bridges Considering Unexpected Loads and Corrosion Effects. *Journal of Structural Engineering*, 64A, 1–10. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssc/64A/0/64A_1/article
- Athallahariq F.Kamal P, Deni Fajar F, Ridho, Wahyu, L. (2022). KOMPOR EKONOMIS BERBAHAN BAKAR OLI BEKAS. *Jurnal Inovasi Mesin*, 4(2), 18–22.
- Bagus Prasetyo, Kartinasari, S. (2023). Analisis Tegangan Von Mises pada Variasi Bentuk Rangka Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 12(1), 45–52. <https://jurnal.univ.ac.id/jtmi/article/view/1234>
- Charismana, D. S., Retnawati, H., & Dhewantoro, H. N. S. (2022). Motivasi Belajar Dan Prestasi Belajar Pada Mata Pelajaran Ppkn Di Indonesia: Kajian Analisis Meta. *Bhineka Tunggal Ika: Kajian Teori Dan Praktik Pendidikan Pkn*, 9(2), 99–113. <https://doi.org/10.36706/jbti.v9i2.18333>
- Chen, X., Li, S., Liang, G., & He, M. (2024). Numerical Parameter Analysis of High-Strength Steel Frame with Y-Eccentric Brace Using Variable Replaceable Link. *Buildings*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/buildings14072149>
- Dutt, A. (2015). Effect of Mesh Size on Finite Element Analysis of Beam. *International Journal of Mechanical Engineering*, 2(12), 8–10. <https://doi.org/10.14445/23488360/ijme-v2i12p102>
- Kurniawan, I., Setyawan, R. T., Mesin, J. T., & Bengkalis, P. N. (2023). *Kompur hemat energi menggunakan oli bekas sebagai bahan bakar*. 13(2), 250–256.
- Maulana, A., & Ariatedja, J. B. (2019). Analisa Fatigue pada Rangka Sepeda Trandem dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), 48–53. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.42547>
- Mustasafanie M. yusof, jordan halomoan, M. K. K. (2020). Finite Element Analysis of Steel Frame under Blast Loading. *Engineering Failure Analysis*, 111, 104464. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2020.104464>
- Pamungkas, G. A., Priambadi, I. G. N., & Komaladewi, A. A. I. A. S. (2021). Analisis Defleksi Pada Rangka Alat Pembuat Briket Sampah Organik. *Jurnal METTEK*, 6(2), 121. <https://doi.org/10.24843/mettek.2020.v06.i02.p06>
- Qiao, P., & al., et. (2018). Simplified Calculation Model and Finite-element Analysis of Frame-supported Ribbed-grid Composite Slab Structure. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 22(2), 617–627. <https://doi.org/10.1007/s12205-017-1333-y>
- Sari, H. N. (2016). PENAMBAHAN GAS HHO STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENAMBAHAN GAS HHO TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR API PADA KOMPOR TEKAN (BLOW-TORCH Study eksperimen gas HHO. *Jurnal Reaktom*, 1(1), 37–41.
- Sari, H. N., Mahmud, R., Susanti, N. A., Arum, I., Rahayu, T., Umaroh, T., & Budijono, A. P. (2023). *Design and analysis of heat transfer on a customized eco-print batik steamer with automatic temperature and time control using Computer Fluid Dynamic (CFD)*. 02002, 1–10.
- Setyani, A., Wardhana, H. R., Shaleh, M. A., Kristanta, S. Y., Syahidin, I., & Carlotta, N. (2024). *Pengaruh Heat Treatment terhadap Mikrostruktur dan Kekerasan pada Material Low Carbon Stell ST-37*. 4(2), 1–8.
- Shi, X., Li, Y., & Wang, J. (2021). Research on Bearing Capacity Size Effect of RC Frame Considering Material Size Effect. *Journal of Building Structures*, 42(6), 115–123. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CDFD&dbname=CDFD1214&filename=1012351740.nh>
- Simbolon, S., & Kurniawan, B. (2022). Simulasi Kekuatan Rangka Mesin Press Papan Komposit Dengan Variasi Tekanan Menggunakan Software Solidworks. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 6(1), 59. <https://doi.org/10.32493/pjte.v6i1.22427>
- Subekti, L. (2012). *Pengaruh perbaikan faktor daya pada kinerja kompor induksi*. 2012(semnasIF), 59–66.
- Tarik, A. K. (2020). Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Tempering Rahmat. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 8(3), 368–374.
- Taylor, D. (2008). The theory of critical distances. *Engineering Fracture Mechanics*, 75, 1696–1705. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2007.04.007>
- Tjong, W. F. (2021). *Pengantar Metode Elemen Hingga untuk analisis struktur*.
- Widodo, A. S. (2014). *Selubung Radiasi Untuk Efisiensi Penggunaan Energi Pada Kompur Gas*. 5(3), 291–295.
- Zhang, X., Liu, X., & Li, H. (2020). Influence of Load Partial Factors Adjustment on Reliability Design of RC Frame Structures in China. *Engineering Structures*, 211, 110485. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110485>