

DESAIN DAN ANALISA KEKUATAN RANGKA ALAT UJI POMPA SERI DAN PARALEL MENGUNAKAN *SOFTWARE SOLIDWORKS*

^{1*}Rangga Dani Wahyu Setiyawan, ²Ali Akbar, ³Yasinta Sindy Pramesti

^{1,2,3,4} Teknik Mesin, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹ranggadaniw.s22@gmail.com, ²aliakbar@umsida.ac.id, ³yasintasindy@unpkediri.ac.id

Penulis Korespondens : Rangga Dani Wahyu Setiyawan

Abstrak—Ketersediaan alat praktikum yang memadai merupakan faktor penting dalam mendukung proses pembelajaran dan penelitian pada bidang sistem fluida. Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri belum memiliki alat uji pompa seri dan paralel yang memadai sehingga diperlukan pengembangan desain yang aman dan andal. Penelitian ini bertujuan merancang rangka alat uji pompa seri dan paralel serta menganalisis kekuatan strukturnya menggunakan perangkat lunak *Solidworks Simulation*. Metode penelitian meliputi perancangan model tiga dimensi, penentuan material ASTM A36 Steel, pemberian pembebanan berdasarkan komponen yang dipasang, serta analisis tegangan, perpindahan, dan faktor keamanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain rangka mampu menahan beban kerja yang diberikan dengan tingkat keamanan yang memenuhi persyaratan desain. Analisis struktur yang dilakukan memberikan dasar yang kuat dalam memastikan kelayakan rangka sebagai sarana praktikum yang aman, stabil, dan mendukung kegiatan pembelajaran serta penelitian di laboratorium.

Kata Kunci— alat uji pompa, analisis struktur, faktor keamanan, rangka

Abstract— *The availability of adequate laboratory equipment is essential for supporting learning and research activities in fluid system studies. The Mechanical Engineering Laboratory of Universitas Nusantara PGRI Kediri currently lacks a suitable series and parallel pump testing apparatus, creating the need for a safe and reliable structural design. This study aimed to design the frame of a series and parallel pump test rig and evaluate its structural strength using Solidworks Simulation. The research method included three dimensional modeling, selection of ASTM A36 Steel material, application of loading conditions based on installed components, and analysis of stress, displacement, and safety factor. The simulation results indicated that the frame design was capable of supporting the applied loads while maintaining an acceptable level of structural safety. The structural analysis provides a strong basis for ensuring that the frame is suitable for use as a practical learning and research facility that is safe, stable, and reliable.*

Keywords— *pump test rig, safety factor, structural analysis, frame design.*

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



I. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan salah satu sarana penting dalam menunjang proses pembelajaran dan penelitian di perguruan tinggi. Ketersediaan peralatan praktikum yang memadai menjadi faktor pendukung dalam meningkatkan kompetensi mahasiswa, khususnya pada bidang teknik mesin yang banyak mempelajari konsep-konsep aplikasi sistem mekanik dan fluida[1]. Universitas

Nusantara PGRI Kediri sebagai salah satu perguruan tinggi di Kota Kediri memiliki tanggung jawab untuk terus meningkatkan kualitas sarana dan prasarana laboratorium guna menunjang kegiatan akademik dan penelitian mahasiswa.

Salah satu peralatan yang penting dalam praktikum sistem fluida adalah alat uji pompa seri dan paralel[2]. Alat ini digunakan untuk mempelajari karakteristik kinerja pompa, seperti hubungan antara debit aliran, *head*, dan efisiensi pada konfigurasi pompa yang berbeda[3]. Namun, berdasarkan kondisi yang terdapat di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri, belum tersedia alat uji pompa seri dan paralel yang memadai sebagai media pembelajaran maupun penelitian. Kondisi tersebut menyebabkan mahasiswa mengalami keterbatasan dalam memahami secara langsung prinsip kerja dan karakteristik sistem pemompaan yang banyak diterapkan pada instalasi industri. Penelitian mengenai alat uji pompa seri dan paralel telah banyak dilakukan. Alat uji karakteristik pompa sentrifugal seri dan paralel menggunakan rangka berbahan baja karbon galvanis yang berfokus pada desain dan pembuatan alat[4]. Pengembangan alat uji pompa sentrifugal menggunakan rangka besi hollow dengan fokus pada desain, pemilihan material, dan pengujian performansi sistem[5][3]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih menitikberatkan pada fungsi alat dan kinerja sistem pompa, sedangkan kajian mengenai kekuatan struktur rangka melalui analisis numerik masih relatif terbatas.

Di sisi lain, bahwa desain rangka alat praktikum harus memperhatikan aspek ergonomi, kestabilan, dan keamanan agar mampu mendukung kegiatan praktikum secara efektif serta meminimalkan risiko kerusakan akibat getaran maupun distribusi beban yang tidak merata[6]. Rangka berperan sebagai struktur utama yang menopang berbagai komponen seperti pompa, motor listrik, pipa instalasi, dan fluida kerja[7]. Oleh karena itu, analisis kekuatan struktur rangka menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa rangka mampu menahan beban kerja tanpa mengalami deformasi berlebih maupun kegagalan struktur. Analisis kekuatan rangka dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak *Solidworks Simulation* yang mampu memprediksi perilaku struktur melalui metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*)[8]. Parameter yang umum digunakan dalam analisis struktur meliputi tegangan *von Mises* (*von Mises stress*), perpindahan (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*)[3][1][9]. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi tingkat keamanan desain dengan membandingkan nilai tegangan maksimum yang terjadi terhadap batas luluh (*yield strength*) material yang digunakan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang rangka alat uji pompa seri dan paralel serta menganalisis kekuatan struktur rangka menggunakan perangkat lunak *Solidworks*[10][11]. Analisis dilakukan terhadap parameter tegangan *von Mises*, perpindahan, dan faktor keamanan untuk mengetahui kelayakan desain rangka sebagai sarana praktikum di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan alat praktikum yang fungsional, aman, dan memiliki tingkat keandalan struktur yang baik.

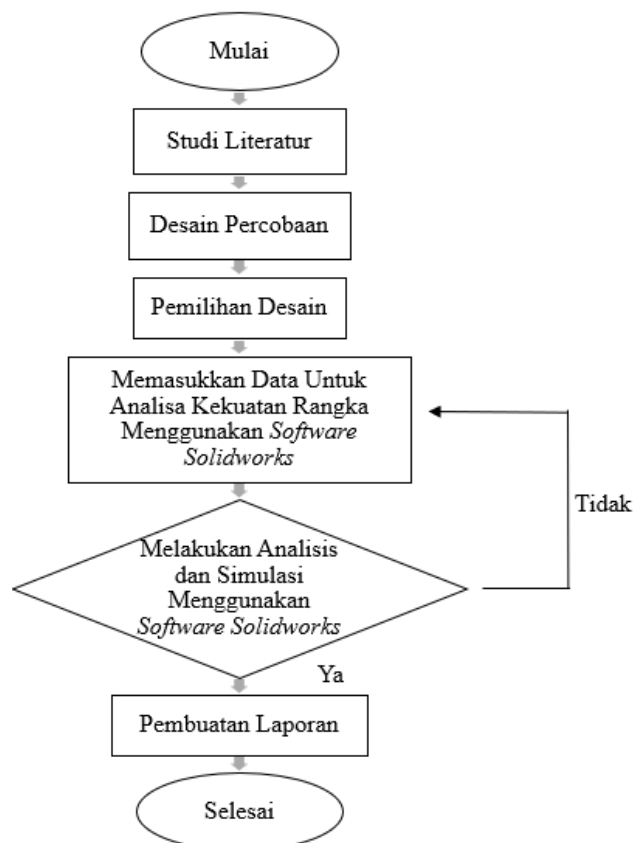
II. METODE

A. Pendekatan Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan analisis kekuatan rangka alat uji pompa seri dan paralel. Perancangan rangka dilakukan menggunakan perangkat lunak *Solidworks* dengan material besi siku berukuran 50 mm × 50 mm. Tahapan penelitian meliputi pengukuran dimensi komponen yang akan dipasang pada rangka, pemilihan material, pembuatan model tiga dimensi (3D), serta penyempurnaan desain agar sesuai dengan kebutuhan praktikum dan penelitian di laboratorium.

Setelah desain selesai dibuat, dilakukan analisis kekuatan struktur menggunakan fitur *Solidworks Simulation*[12]. Analisis dilakukan dengan memberikan pembebanan yang berasal dari berat komponen utama sistem, seperti pompa, motor listrik, pipa instalasi, dan fluida yang digunakan. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangka dalam menahan beban kerja yang diterima selama proses pengoperasian alat.

Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi tegangan *von Mises stress*, perpindahan *displacement*, dan faktor keamanan *safety factor*. Hasil analisis kemudian dibandingkan dengan sifat mekanik material yang digunakan untuk mengetahui tingkat keamanan desain rangka. Dari hasil tersebut dapat ditentukan apakah rangka yang dirancang mampu menahan beban kerja dengan aman dan layak digunakan sebagai alat uji pompa seri dan paralel di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri.



Gambar 1 Prosedur Penelitian

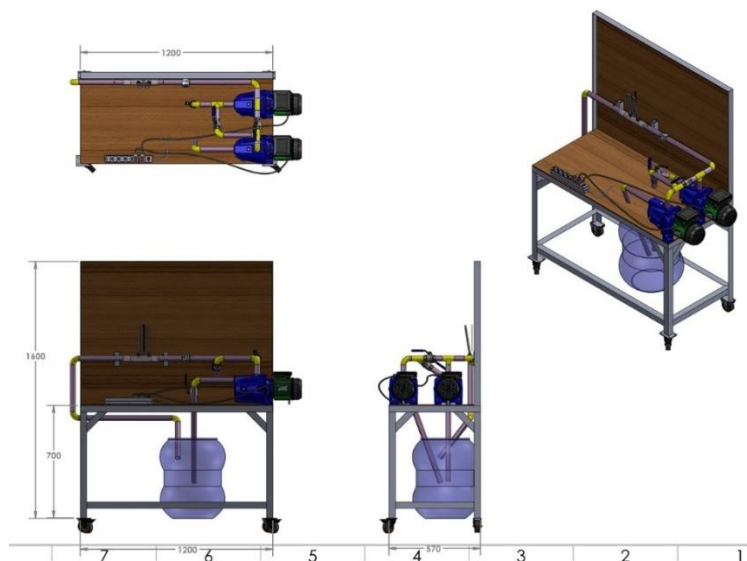
Hasil data yang telah dilakukan dengan menggunakan *Stress Analysis* terhadap rangka alat uji pompa seri dan paralel bertujuan untuk mengetahui kekuatan yang didapatkan ditahan oleh rangka yang diujikan pada titik beban tertentu. Pengujian dengan menggunakan *Stress Analysis* menghasilkan 3 faktor penentu kekuatan material dan desain yaitu *Stress*, *Displacement* dan *Safety factor*.

Table 1 Spesifikasi Material

<i>Name:</i>	ASTM A36 Steel
<i>Model type:</i>	Linear Elastic Isotropic
<i>Default failure criterion:</i>	Max von Mises Stress
<i>Yield strength:</i>	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
<i>Tensile strength:</i>	$4,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
<i>Elastic modulus:</i>	$2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
<i>Poisson's ratio:</i>	0.26
<i>Mass density:</i>	7.850 kg/m^3
<i>Shear modulus:</i>	$7,93 \times 10^{10} \text{ N/m}$

B. Desain Perancangan

Desain perancangan alat uji pompa seri dan paralel akan digambarkan dalam bentuk gambar tiga dimensi menggunakan *software solidworks*. Gambar tersebut akan mencakup detail dari rangka, sistem penggerak, dan komponen-komponennya.



Gambar 2 Desain Alat Uji Pompa Seri dan Paralel

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

Pembahasan Hasil data yang telah dilakukan dengan menggunakan *Stress Analysis* terhadap rangka alat uji pompa seri dan paralel bertujuan untuk mengetahui kekuatan yang didapatkan ditahan oleh rangka yang diujikan pada titik beban tertentu. Pengujian dengan menggunakan *Stress Analysis* menghasilkan 3 faktor penentu kekuatan material dan desain yaitu *Stress*, *Displacement* dan *Safety factor*. Tabel hasil data *Software Solidworks* dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 Spesifikasi Material

<i>Name:</i>	ASTM A36 Steel
<i>Model type:</i>	Linear Elastic Isotropic
<i>Default failure criterion:</i>	Max von Mises Stress
<i>Yield strength:</i>	$2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
<i>Tensile strength:</i>	$4,0 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
<i>Elastic modulus:</i>	$2,0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$
<i>Poisson's ratio:</i>	0.26
<i>Mass density:</i>	7.850 kg/m^3
<i>Shear modulus:</i>	$7,93 \times 10^{10} \text{ N/m}$

B. Data Hasil Simulasi

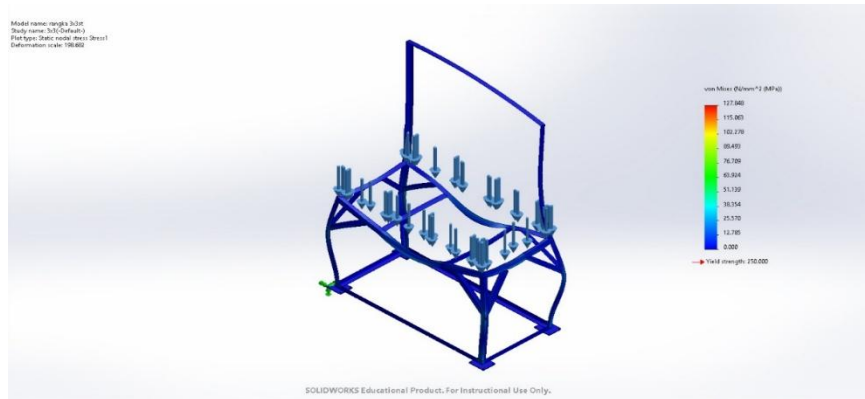
Analisis simulasi dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi dimensi profil siku ASTM A36 terhadap kemampuan rangka dalam menahan beban kerja. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menentukan tingkat kekuatan, kekakuan, dan keamanan struktur rangka yang dirancang. Berikut ini merupakan hasil simulasi *Stress*, *Displacement* dan *Safety factor* pada rangka alat uji pompa seri dan paralel menggunakan aplikasi *Solidworks*.

Tabel 2 Hasil Simulasi Rangka

No	Variabel	Lebar	<i>Von Mises Stress</i>		<i>Displacement</i>		<i>Safety factor</i>	
			<i>Min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>max</i>
1	ASTM A36 Profil Siku	3 x 3	0.000	127.848	0.000	0.813	1.955	8.58×10^7
2	ASTM A36 Profil Siku	4 x 4	0.00000365	58.5	0.000	0.288	4.27	6.85×10^7
3	ASTM A36 Profil Siku	5 x 5	0.000	30.98	0.000	0.135	8.07	3.53×10^7

1. Data Hasil Simulasi *Stress*

Ini merupakan hasil simulasi *Stress* pada rangka alat uji pompa seri dan paralel menggunakan aplikasi *Solidworks*. *Stress* merupakan tegangan yang diperoleh berdasarkan teori kegagalan energi distorsi (*von Mises Stress*). Nilai *stress* tidak boleh melebihi nilai *yield strength* material, karena apabila melebihi maka desain dinyatakan gagal.

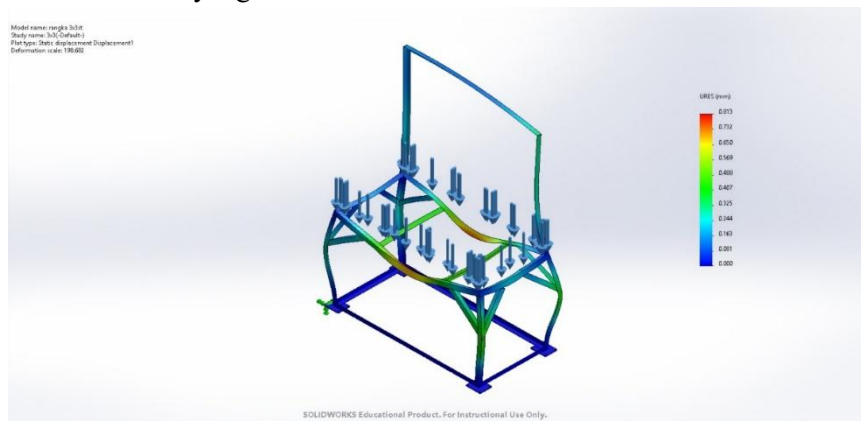


Gambar 3 Hasil simulasi *Stress*

Hasil simulasi pada rangka 3 x 3 menunjukkan nilai *stress* minimum sebesar 0.000 N/mm² dan nilai *stress* maksimum sebesar 127.848 N/mm². Nilai tegangan maksimum tersebut masih berada di bawah nilai *yield strength* 250 N/mm², sehingga secara teoritis rangka masih aman. Namun, dibandingkan dengan dua variasi rangka lainnya, nilai *stress* pada rangka 3 x 3 paling tinggi sehingga menunjukkan tingkat kekuatan yang lebih rendah.

2. Hasil Simulasi *Displacement*

Simulasi *Displacement* dilakukan untuk mengetahui besarnya perpindahan atau defleksi yang terjadi pada rangka akibat pembebanan. Nilai *displacement* yang kecil menunjukkan bahwa rangka memiliki kekakuan yang baik.

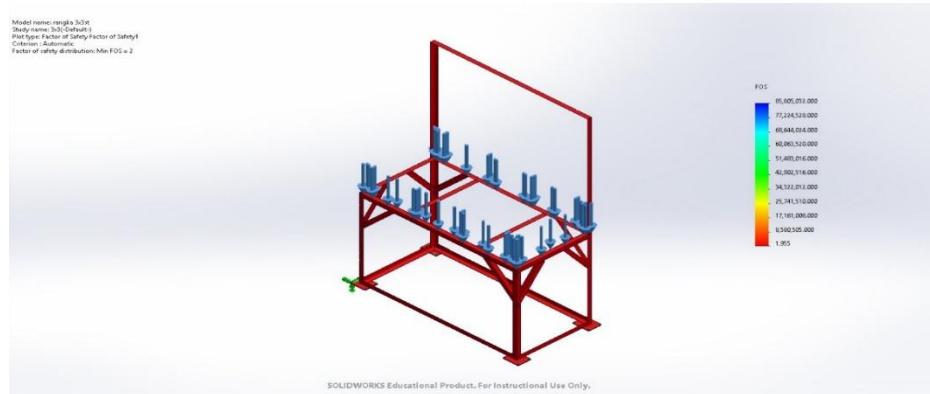


Gambar 4 Hasil simulasi *displacement*

Rangka 3 x 3 menghasilkan nilai minimum sebesar 0.000 mm dan maksimum sebesar 0.813 mm. Nilai ini merupakan yang terbesar di antara ketiga variasi rangka, sehingga menunjukkan bahwa rangka 3 x 3 memiliki kekakuan paling rendah dan lebih mudah mengalami defleksi saat menerima beban kerja.

3. Hasil Simulasi *Safety factor*

Faktor keamanan (*Safety factor*) digunakan untuk menilai tingkat keamanan desain rangka terhadap kegagalan material. Pada umumnya, desain dinyatakan aman apabila memiliki nilai *safety factor* lebih besar dari 2.



Gambar 5 Hasil Simulasi *Safety factor*

Rangka 3 x 3 memiliki nilai *safety factor* minimum sebesar 1.955 dan maksimum sebesar 8.58×10^7 . Nilai minimum ini berada sedikit di bawah standar keamanan umum yaitu 2, sehingga rangka 3 x 3 dapat dikatakan kurang aman dibandingkan dua variasi rangka lainnya dan perlu dipertimbangkan peningkatan dimensi atau ketebalan material.

C. Pembahasan Hasil

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan dimensi profil siku memberikan pengaruh signifikan terhadap penurunan tegangan yang terjadi pada rangka. Rangka profil 3×3 menghasilkan tegangan maksimum sebesar $127,848 \text{ N/mm}^2$, sedangkan profil 4×4 dan 5×5 masing-masing menghasilkan tegangan maksimum sebesar $58,5 \text{ N/mm}^2$ dan $30,98 \text{ N/mm}^2$. Seluruh nilai tegangan tersebut masih berada di bawah batas luluh material ASTM A36 sebesar 250 N/mm^2 , sehingga secara teoritis ketiga variasi rangka masih mampu menahan beban yang diberikan. Namun, semakin besar dimensi profil yang digunakan, distribusi beban menjadi lebih baik sehingga tegangan yang terjadi semakin kecil.

Dari sisi kekakuan struktur, nilai *displacement* maksimum mengalami penurunan seiring bertambahnya ukuran profil rangka. Profil 3×3 mengalami perpindahan maksimum sebesar $0,813 \text{ mm}$, sedangkan profil 4×4 sebesar $0,288 \text{ mm}$ dan profil 5×5 sebesar $0,135 \text{ mm}$. Penurunan *displacement* ini menunjukkan bahwa peningkatan dimensi penampang mampu meningkatkan momen inersia rangka sehingga struktur menjadi lebih kaku dan lebih tahan terhadap deformasi akibat pembebanan. Evaluasi keamanan struktur berdasarkan nilai *safety factor* menunjukkan bahwa profil 3×3 memiliki nilai minimum sebesar 1,955 yang berada sedikit di bawah nilai rekomendasi umum sebesar 2. Kondisi ini menunjukkan bahwa rangka masih dapat digunakan, namun memiliki margin keamanan yang relatif rendah terhadap kemungkinan peningkatan beban atau kondisi operasi yang tidak terduga. Sebaliknya, profil 4×4 dan 5×5 memiliki nilai *safety factor* minimum masing-masing sebesar 4,27 dan 8,07, yang menunjukkan tingkat keamanan yang sangat baik terhadap kegagalan material.

Berdasarkan hasil simulasi secara keseluruhan, profil siku ASTM A36 ukuran 5×5 memberikan performa terbaik karena menghasilkan tegangan dan *displacement* paling rendah serta *safety factor* tertinggi. Namun, apabila mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan struktur, kekakuan, dan efisiensi penggunaan material, profil 4×4 dapat menjadi alternatif yang

lebih ekonomis karena masih memiliki faktor keamanan yang tinggi dengan kebutuhan material yang lebih rendah dibandingkan profil 5×5 .

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan perancangan dan analisis kekuatan rangka alat uji pompa seri dan paralel sebagai sarana praktikum di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusantara PGRI Kediri. Berdasarkan hasil analisis menggunakan *Solidworks* Simulation, desain rangka yang dikembangkan mampu memenuhi kebutuhan kekuatan dan keamanan struktur untuk menopang komponen sistem pompa selama pengoperasian. Evaluasi terhadap parameter tegangan, perpindahan, dan faktor keamanan menunjukkan bahwa pemilihan dimensi profil rangka berpengaruh terhadap kemampuan struktur dalam menahan beban kerja. Hasil penelitian ini memberikan dasar teknis dalam pengembangan alat praktikum yang lebih aman, stabil, dan andal sehingga dapat mendukung kegiatan pembelajaran dan penelitian pada bidang sistem fluida. Secara umum, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan rekayasa desain struktur melalui pemanfaatan simulasi numerik sebagai metode evaluasi yang efektif untuk meningkatkan kualitas perancangan, mengurangi risiko kegagalan konstruksi, serta mendukung penerapan teknologi berbasis analisis dalam bidang teknik mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wijayanto, A. Akbar, and K. Nadliroh, "Analisa Kekuatan Rangka Dynotest Menggunakan Autodesk Inventor," vol. 7, pp. 1301–1308, 2023.
- [2] S. Habiba and E. Correia, "PEMBUATAN ALAT UJI POMPA SENTRIFUGAL SERI PARALEL," *Al-Gazali J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 01, pp. 1–5, 2024, [Online]. Available: <https://www.ajme.ft-uim.ac.id/index.php/ajme/article/view/168>
- [3] H. Saputra, "Rancang bangun peralatan uji karakteristik pompa sentrifugal susunan seri dan paralel untuk pembelajaran sistem pompa dan perpipaan," *J. Teknol. dan Ris. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 36–41, 2020.
- [4] Z. H. Siregar *et al.*, "Desain dan pembuatan alat uji pompa sentrifugal skala laboratorium," *J. Vor.*, vol. 4, no. 1, pp. 282–291, Apr. 2023, doi: 10.54123/VORTEKS.V4I1.268.
- [5] Y. M. Prana, "Pompa dan Kompresor Torak," vol. 16, no. 4, pp. 2–7, 2010.
- [6] H. V. Purohita, L. H. Istimur, and V. Saputra, "ANALISIS DAYA TAHAN DAN KEKUATAN FRAME MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS PADA RANCANGAN MESIN PENGOLAH LIMBAH KARDUS MENJADI PAPAN PENGANTI KAYU," *IMDeC*, p. 337, 2021, [Online]. Available: <https://publikasi.atmi.ac.id/index.php/imdecatmi/article/view/147>
- [7] I. Syahrizal *et al.*, "Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap efisiensi penggunaan energi".
- [8] W. Cai and W. Li, "Finite element analysis and application of a chain pumping unit frame," *Chem. Technol. Fuels Oils*, 2022, doi: 10.1007/s10553-022-01368-6.
- [9] M. Jensen and A. Målqvist, "Finite Element Convergence for the Joule Heating Problem with Mixed Boundary Conditions," 2012.
- [10] Z. Fikar and H. Istiqlaliyah, "Perhitungan Kekuatan Rangka Mesin Pengaduk Petis Kapasitas 15 Kg/Jam Dengan Aplikasi *Solidworks*," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.)*, vol. 9, no. 2, pp. 2549–7952, Jul. 2025, doi: 10.29407/YB950A17.
- [11] A. Pangestu, A. Akbar, and Y. S. Pramesti, "Analisa Kekuatan Rangka Mesin Pencetak Samier," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.)*, vol. 8, no. 2, pp. 1064–

- 1071, Jul. 2024, doi: 10.29407/INOTEK.V8I2.5039.
- [12] M. Fahmi, R. Kurniawan Arief, F. Teknik, and U. Muhammadiyah Sumatera Barat, “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, Aug. 2022, doi: 10.33559/ERR.V1I3.1238.