

Rancang Bangun Rangka *Engine Stand* Sepeda Motor Bakar Bensin 110 cc

Ichsan Fariz Tarmidi¹ Rafi Andhiyansah² Andreas Rulandaru³ Suhaeri⁴ Suhendi⁵

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan,
Provinsi Banten, Indonesia^{1,2,3,4,5}

Email: ichsanfariztarmidi@gmail.com¹ rafiandhiyansah27@gmail.com²
andreas23rulandaru@gmail.com³ dosen00906@unpam.ac.id⁴ dosen02001@unpam.ac.id⁵

Abstrak

Engine stand berfungsi sebagai struktur penopang mesin selama kegiatan pembelajaran dan pengujian, sehingga rangka perlu memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai. Penelitian ini bertujuan merancang rangka *engine stand* untuk mesin sepeda motor bensin 110 cc serta mengevaluasi respons strukturalnya terhadap pembebanan statis dan getaran saat mesin beroperasi. Metode yang digunakan adalah rancang bangun dengan pemodelan tiga dimensi menggunakan *SolidWorks* dan analisis elemen hingga (*Finite Element Analysis/FEA*). Parameter evaluasi meliputi tegangan *von Mises*, perpindahan (*displacement*), faktor keamanan (*safety factor*), serta pengukuran getaran pada beberapa putaran mesin. Rangka dirancang menggunakan besi *hollow galvanis* berukuran 40 × 40 mm dengan ketebalan 2 mm. Beban yang diterima rangka dilaporkan sebesar 38,9 kg. Hasil simulasi menunjukkan tegangan *von Mises* maksimum 24,18 MPa, *displacement* maksimum 0,1343 mm, serta *safety factor* minimum sekitar 14,47 dan maksimum 15. Pengukuran getaran yang dilaporkan pada 5.050, 5.630, dan 6.480 rpm masing-masing sebesar 3.962, 6.554, dan 7.847 m/s². Data tersebut menunjukkan kecenderungan peningkatan nilai getaran seiring kenaikan putaran mesin. Berdasarkan hasil simulasi statis, rancangan memenuhi kriteria kekuatan pada kondisi pembebanan yang dimodelkan. Namun, verifikasi eksperimental dan pemeriksaan satuan data getaran diperlukan untuk memperkuat validasi rancangan.

Kata Kunci: *Engine Stand*, Rangka, *Solidworks*, *Finite Element Analysis*, Tegangan *Von Mises*, Getaran

Abstract

The engine stand serves as a supporting structure for an engine during educational activities and testing; therefore, the frame must possess adequate strength and stiffness. This study aims to design an engine stand frame for a 110 cc gasoline motorcycle engine and evaluate its structural response under static loading and vibration during engine operation. The method employed was a design and fabrication approach involving three-dimensional modeling using SolidWorks and finite element analysis (FEA). The evaluation parameters included von Mises stress, displacement, factor of safety, and vibration measurements at several engine speeds. The frame was designed using 40 × 40 mm galvanized hollow steel profiles with a thickness of 2 mm. The load applied to the frame was reported as 38.9 kg. The simulation results indicated a maximum von Mises stress of 24.18 MPa, a maximum displacement of 0.1343 mm, and a factor of safety ranging from approximately 14.47 to 15. The reported vibration measurements at 5,050, 5,630, and 6,480 rpm were 3.962, 6.554, and 7.847 m/s², respectively. These data indicate a tendency for vibration levels to increase with increasing engine speed. Based on the static simulation results, the design satisfies the strength criteria under the modeled loading conditions. However, experimental verification and confirmation of the vibration data units are required to strengthen the validation of the design.

Keywords: *Engine Stand, Frame, Solidworks, Finite Element Analysis, Von Mises Stress, Vibration*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Engine stand merupakan struktur mekanis yang digunakan untuk menopang mesin agar dapat diamati, dioperasikan, dan diuji secara lebih terkontrol. Pada pembelajaran teknik mesin, keberadaan *engine stand* membantu mahasiswa mengamati mekanisme kerja motor bakar secara langsung sekaligus mendukung kegiatan praktikum. Oleh karena itu, rangka harus

dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan, kekakuan, kestabilan, kemudahan fabrikasi, dan keselamatan penggunaan. Penelitian terdahulu telah membahas pengembangan media pembelajaran motor bakar dan perancangan *engine trainer*. Parawangsa dan Ishak (2020) mengembangkan media pembelajaran motor bakar empat langkah, sedangkan Sukma Ardiyanta et al. (2022) membahas rancang bangun *engine trainer* mesin bensin sebagai media pembelajaran. Dari sisi evaluasi struktural, Hermansyah et al. (2021) menerapkan perancangan dan simulasi pada rangka overhaul stand, sementara Garindra dan Sampurno (2024) menggunakan FEA untuk menganalisis tegangan pada rangka sepeda motor. Kajian-kajian tersebut menjadi landasan bahwa perancangan media praktik perlu disertai evaluasi struktur yang terukur. Kesenjangan yang dituju dalam penelitian ini adalah perlunya evaluasi rangka *engine stand* khusus untuk mesin bensin 110 cc dengan menggabungkan pemodelan CAD, simulasi pembebanan statis, dan pencatatan getaran saat mesin beroperasi. Fokus artikel ini bukan mengklaim bahwa seluruh respons dinamis telah disimulasikan, melainkan menyajikan evaluasi statis berbasis FEA dan data pengukuran getaran yang tersedia. Tujuan penelitian adalah menghasilkan desain rangka dan menilai kelayakan strukturalnya berdasarkan tegangan *von Mises*, *displacement*, *safety factor*, serta kecenderungan nilai getaran pada variasi putaran mesin.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan relevansi
1	Parawangsa dan Ishak (2020)	Rancang bangun media pembelajaran motor bakar torak empat langkah berbahan bakar bensin	Mengembangkan media pembelajaran untuk mendukung pemahaman kerja motor bakar empat langkah.	Rancang bangun media pembelajaran.	Draf sumber menyebut pengembangan media pembelajaran; rincian hasil kuantitatif tidak tersedia.	Menjadi landasan pengembangan media praktik motor bakar; penelitian ini berfokus pada kekuatan rangka engine stand 110 cc.
2	Hermansyah et al. (2021)	Perancangan dan simulasi struktur rangka overhaul stand untuk assembly dan disassembly hydraulic cylinder	Merancang dan mengevaluasi struktur penopang untuk pekerjaan perakitan dan pembongkaran.	Perancangan dan simulasi struktur.	Draf sumber menyebut fokus perancangan dan simulasi; hasil rinci perlu diperiksa pada artikel asli.	Relevan pada desain struktur stand; objek berbeda dari engine stand motor bensin 110 cc.
3	Sukma Ardiyanta et al. (2022)	Rancang bangun engine trainer mesin bensin sebagai media pembelajaran motor bensin	Mengembangkan engine trainer sebagai sarana pembelajaran motor bensin.	Rancang bangun engine trainer.	Draf sumber mengidentifikasi artikel sebagai pengembangan engine trainer; hasil rinci perlu diverifikasi pada artikel asli.	Pembandingan langsung dari sisi fungsi pembelajaran; penelitian ini menambahkan evaluasi tegangan, displacement, dan faktor keamanan rangka.
4	Isworo et al. (2023)	Pengaruh ketinggian engine stand sepeda motor	Mengkaji pengaruh ketinggian engine stand terhadap	Kajian parameter desain terhadap	Informasi judul tersedia dalam draf, tetapi nilai	Relevan pada evaluasi tegangan dan defleksi;

		terhadap nilai kekuatan material (tegangan dan defleksi)	respons kekuatan material.	tegangan dan defleksi; rincian perlu diverifikasi.	hasil spesifik tidak dicantumkan.	penelitian ini mengkaji rangka engine stand mesin 110 cc dengan FEA.
5	Garindra dan Sampurno (2024)	Simulasi tegangan pada rangka sepeda motor ESAF menggunakan metode finite element analysis	Menganalisis distribusi tegangan pada rangka menggunakan FEA.	Simulasi finite element analysis (FEA).	Draf sumber menyebut penggunaan FEA, tetapi tidak memuat angka hasil spesifik.	Mendukung penggunaan FEA untuk evaluasi struktur; objeknya rangka sepeda motor, bukan engine stand.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan rancang bangun kuantitatif. Tahapan meliputi identifikasi kebutuhan dan beban, pemodelan rangka tiga dimensi menggunakan *SolidWorks*, penentuan material, perhitungan beban komponen, simulasi statis dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA), serta pengukuran getaran pada saat mesin beroperasi. Objek penelitian adalah rangka *engine stand* untuk mesin sepeda motor bakar bensin 110 cc. Skripsi menyebutkan penggunaan *SolidWorks* 2020 dan pengukuran getaran menggunakan aplikasi vibrometer pada telepon pintar. Material rangka yang digunakan adalah besi *hollow galvanis* berukuran 40 × 40 mm dengan ketebalan 2 mm. Dudukan mesin menggunakan besi siku L 50 × 50 × 4 mm. Sambungan antarkomponen rangka dibuat menggunakan proses pengelasan SMAW. Model rangka dievaluasi berdasarkan beban dari mesin dan komponen pendukung yang dicatat dalam skripsi. Pemilihan profil hollow mempertimbangkan bentuk penampang tertutup yang memberikan kekakuan terhadap lentur dan torsi dibandingkan profil terbuka dengan dimensi luar yang sebanding. Ketebalan dinding 2 mm juga memudahkan proses pemotongan dan penyambungan, tetapi kualitas hasil akhir tetap dipengaruhi oleh ketelitian pemotongan, kesikuan rangka, kontinuitas las, dan kemungkinan distorsi akibat panas. Karena itu, proses fabrikasi perlu dilakukan dengan pemeriksaan dimensi sebelum dan sesudah pengelasan. Pada tahap perancangan, posisi dudukan mesin dan komponen pendukung menjadi batasan geometris utama. Dimensi rangka harus menyediakan ruang bagi mesin, transmisi, sistem pengereman, knalpot, aki, dan panel elektrik, sekaligus mempertahankan akses bagi operator ketika melakukan pengamatan atau perawatan. Penempatan komponen juga memengaruhi distribusi massa dan reaksi tumpuan sehingga harus diperhitungkan dalam model analisis.

Tabel 1. Beban Komponen yang Ditopang Rangka

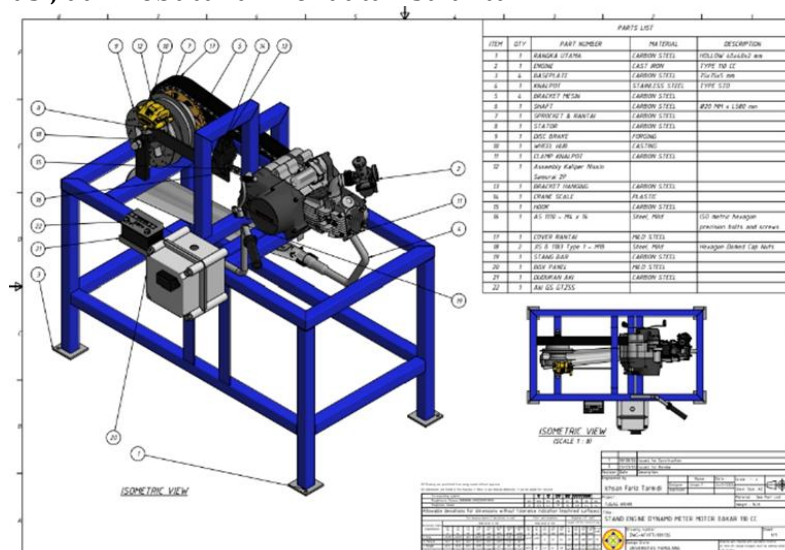
No	Komponen	Berat (kg)
1	Mesin motor 110 cc	20,0
2	Siku L dudukan mesin (2 buah)	1,4
3	Tromol dan gear	3,0
4	Rantai motor	0,8
5	Piringan cakram	0,6
6	Kaliper rem	1,0
7	Besi baja dudukan tromol dan aksesoris	4,0
8	Cover rantai	1,5
9	Aki motor	1,7
10	Panel elektrik	1,0
11	Muffler/knalpot	1,9
12	Katalis knalpot	2,0
13	Jumlah komponen selain rangka	38,9

Beban komponen selain rangka yang digunakan dalam analisis dilaporkan sebesar 38,9 kg, sedangkan berat rangka diperkirakan 20 kg. Dengan demikian, berat total rangka beserta komponen adalah 58,9 kg. Pada simulasi statis, beban diterapkan pada titik penumpuan yang merepresentasikan bagian depan dan belakang rangka sesuai model pada skripsi. Analisis FEA digunakan untuk memperoleh distribusi tegangan *von Mises*, *displacement*, dan *safety factor*. Hasil simulasi dibandingkan secara deskriptif dengan perhitungan manual yang tersedia. Pengukuran getaran dilakukan di area rangka dekat kedudukan mesin pada tiga putaran mesin, yaitu 5.050 rpm, 5.630 rpm, dan 6.480 rpm, menggunakan bahan bakar Pertalite. Karena penelitian menggunakan aplikasi *smartphone* dan naskah sumber menuliskan satuan getaran sebagai m/s^2 tanpa menjelaskan skala atau kalibrasi instrumen, nilai getaran dalam artikel ini diperlakukan sebagai nilai yang dilaporkan dan perlu diverifikasi sebelum publikasi. Secara umum, tahapan analisis dimulai dari pembuatan geometri tiga dimensi, penetapan material, pendefinisian kondisi tumpuan, penerapan beban, dan pemrosesan hasil simulasi. Tegangan *von Mises* digunakan sebagai parameter untuk menilai kecenderungan material mengalami luluh pada kondisi pembebanan statis. *Displacement* menunjukkan perpindahan nodal yang diprediksi oleh model, sedangkan faktor keamanan membandingkan kekuatan material yang dijadikan acuan dengan tegangan hasil analisis. Ketiga parameter tersebut perlu dibaca secara bersama-sama, bukan sebagai indikator yang berdiri sendiri. Interpretasi hasil FEA sangat bergantung pada mutu model. Geometri sambungan, lokasi penerapan beban, jenis tumpuan, ukuran elemen, dan sifat material dapat memengaruhi nilai tegangan lokal. Skripsi yang menjadi sumber artikel ini tidak menyajikan seluruh parameter mesh dan rincian konvergensi secara lengkap. Dengan demikian, angka simulasi dalam artikel diperlakukan sebagai hasil dari model yang dilaporkan, bukan sebagai hasil yang telah diverifikasi melalui studi konvergensi independen.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Rangka dirancang untuk menopang mesin 110 cc beserta komponen pendukung, termasuk sistem transmisi, pengereman, knalpot, aki, dan panel elektrik. Konfigurasi kedudukan disesuaikan dengan posisi pemasangan mesin, sementara struktur dasar dirancang sebagai penopang untuk kegiatan pembelajaran dan praktik motor bakar. Material *hollow galvanis* 40 × 40 mm dengan ketebalan 2 mm dipilih dengan pertimbangan ketersediaan, kemudahan fabrikasi, dan kebutuhan kekuatan struktur.



Gambar 1. Model Tiga Dimensi Rangka Engine Stand dan Penempatan Mesin

Model tiga dimensi memperlihatkan rangka dasar, dudukan mesin, dan komponen yang ditempatkan pada struktur. Model CAD berfungsi sebagai acuan untuk menentukan geometri sebelum fabrikasi serta menjadi dasar analisis numerik. Penggunaan model yang sama pada tahap perancangan dan simulasi membantu menjaga konsistensi bentuk, meskipun hasil numerik tetap dipengaruhi oleh penyederhanaan geometri dan asumsi kondisi batas.



Gambar 2. Prototipe Rangka Engine Stand Hasil Fabrikasi

Tahap fabrikasi merupakan penghubung antara rancangan CAD dan struktur aktual. Profil *hollow* dipotong sesuai ukuran, disusun berdasarkan geometri rancangan, kemudian disambung menggunakan pengelasan SMAW. Setelah proses penyambungan, rangka perlu diperiksa terhadap kesikuan, kerataan bidang tumpu, dan kesesuaian posisi dudukan mesin. Pemeriksaan tersebut penting karena penyimpangan dimensi dapat mengubah distribusi beban dan membuat hasil simulasi tidak sepenuhnya mewakili produk yang dibuat. Perbedaan antara kondisi ideal pada model digital dan kondisi aktual dapat berasal dari toleransi pemotongan, distorsi termal saat pengelasan, variasi ketebalan profil, serta kondisi sambungan. Faktor-faktor tersebut tidak dihitung secara eksplisit dalam simulasi yang dilaporkan. Oleh karena itu, hasil FEA sebaiknya digunakan sebagai dasar desain awal, kemudian dilengkapi inspeksi visual sambungan, pengukuran dimensi, dan pengujian pembebanan pada prototipe untuk memastikan performa aktual.

Hasil Simulasi Tegangan, Perpindahan, dan Faktor Keamanan

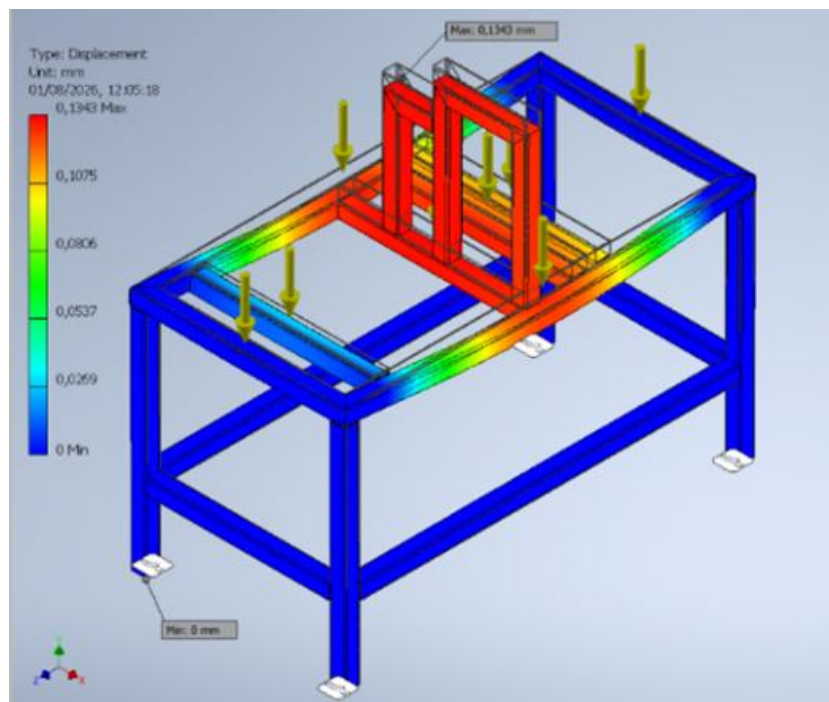
Tabel 2. Hasil Simulasi Statis Rangka

No	Parameter	Minimum	Maksimum	Keterangan pada skripsi
1	Tegangan von Mises	0 MPa	24,18 MPa	Aman
2	Displacement	0 mm	0,1343 mm	Aman
3	Safety factor	14	15	Aman

Tegangan *von Mises* maksimum berdasarkan hasil simulasi adalah sebesar 24,18 MPa. Nilai tersebut berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 290 MPa sebagaimana dicantumkan dalam tinjauan material ASTM A500 Grade B pada skripsi. Perbandingan ini menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi pada model berada di bawah batas luluh material yang dijadikan acuan dalam simulasi. Meskipun demikian, terdapat perbedaan penyebutan material dalam naskah, yaitu besi *hollow galvanis* sebagai material rangka, *galvanized steel* sebagai properti material simulasi, dan ASTM A500 Grade B sebagai material acuan dalam

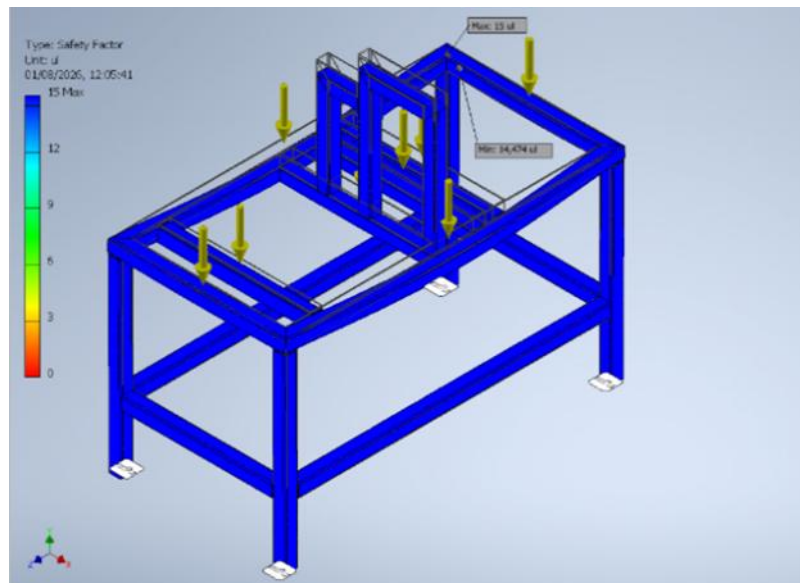
tinjauan pustaka. Oleh karena itu, kesesuaian antara material aktual dan properti material yang digunakan dalam simulasi perlu diverifikasi untuk memastikan validitas evaluasi kekuatan struktur. Berdasarkan perbandingan antara kekuatan luluh sebesar 290 MPa dan tegangan *von Mises* maksimum sebesar 24,18 MPa, diperoleh rasio sebesar 11,99. Rasio tersebut merupakan perbandingan sederhana antara kekuatan luluh material acuan dan tegangan maksimum hasil simulasi, sehingga tidak secara langsung dapat disamakan dengan faktor keamanan minimum yang dilaporkan oleh perangkat lunak, yaitu sekitar 14,47. Perbedaan nilai tersebut perlu ditinjau berdasarkan definisi properti material, kriteria kegagalan, serta pengaturan analisis yang digunakan dalam simulasi. Dengan demikian, publikasi hasil penelitian perlu menyertakan informasi mengenai parameter material dan metode penentuan faktor keamanan secara jelas agar hasil analisis dapat dievaluasi dan direproduksi.

Distribusi tegangan pada rangka juga perlu dievaluasi secara lebih terperinci, khususnya pada areaudukan mesin, sambungan antarprofil, dan bagian yang mengalami perubahan geometri. Area tersebut perlu mendapat perhatian karena berpotensi mengalami konsentrasi tegangan akibat perubahan kekakuan struktur dan distribusi beban. Namun, penentuan lokasi kritis secara spesifik belum dapat dilakukan hanya berdasarkan nilai tegangan maksimum yang tersedia tanpa didukung data numerik pada setiap lokasi dan visualisasi hasil simulasi yang dilengkapi legenda. Oleh sebab itu, analisis lanjutan disarankan mencakup pemeriksaan lokal pada area sambungan, evaluasi distribusi tegangan di sekitar perubahan geometri, serta peninjauan kualitas dan kerapatan *mesh* pada daerah yang berpotensi mengalami konsentrasi tegangan.



Gambar 3. Visualisasi Distribusi Tegangan Von Mises Hasil Simulasi FE

Perpindahan maksimum 0,1343 mm merupakan keluaran model untuk kondisi pembebanan statis. Nilai tersebut relatif kecil secara absolut, tetapi penilaian kekakuan sebaiknya juga memperhatikan lokasi perpindahan maksimum dan toleransi posisi dudukan mesin. Perpindahan pada titik pemasangan dapat memengaruhi keselarasan komponen, sedangkan perpindahan pada bagian rangka lain mungkin tidak memiliki dampak fungsional yang sama. Karena itu, lokasi deformasi perlu dibaca bersama bentuk rangka dan fungsi setiap dudukan.



Gambar 4. Visualisasi Perpindahan (displacement) Rangka pada Hasil Simulasi

Nilai faktor keamanan yang tinggi mengindikasikan bahwa tegangan hasil simulasi masih jauh di bawah kekuatan material acuan. Meskipun demikian, faktor keamanan yang tinggi tidak secara otomatis membuktikan bahwa struktur aman terhadap seluruh kondisi operasional. Analisis yang dilaporkan terutama menggambarkan pembebanan statis, sedangkan getaran mesin, beban berulang, ketidaksempurnaan las, dan kondisi penggunaan jangka panjang belum dievaluasi secara menyeluruh. Oleh sebab itu, hasil ini lebih tepat dipahami sebagai evaluasi awal kekuatan rangka. Perpindahan maksimum hasil simulasi adalah 0,1343 mm, dengan nilai minimum 0 mm. Nilai perpindahan yang kecil menunjukkan bahwa deformasi elastis pada model relatif rendah untuk kondisi beban yang dianalisis. Faktor keamanan minimum dilaporkan sebesar sekitar 14,47, dengan nilai maksimum 15. Hasil tersebut mendukung kelayakan rangka terhadap pembebanan statis yang dimodelkan, tetapi belum menggantikan pengujian fisik terhadap sambungan las, kestabilan keseluruhan, dan perilaku saat mesin beroperasi.

Analisis Kekuatan Sambungan Las

Analisis kekuatan sambungan las dilakukan untuk mengetahui kemampuan sambungan butt weld yang menggunakan proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dengan elektroda AWS E7016-LB-52 dalam menerima beban. Perhitungan dilakukan berdasarkan tebal efektif las sebesar 3 mm, panjang sambungan 50 mm, dan beban sebesar 38,9 kg. Beban tersebut dikonversi menjadi gaya sebesar 381,6 N dengan menggunakan percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$. Luas penampang efektif sambungan las dihitung berdasarkan perkalian antara tebal efektif las dan panjang sambungan, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan.

$$A = t \times L = 3 \times 50 = 150 \text{ mm}^2$$

Tegangan geser aktual yang bekerja pada sambungan las ditentukan dengan membandingkan gaya yang diterima terhadap luas penampang efektif sambungan. Perhitungan tegangan geser ditunjukkan pada Persamaan.

$$\tau = F/A = 381,6/150 = 2,544 \text{ MPa}$$

Berdasarkan pendekatan perhitungan yang digunakan, tegangan geser izin ditetapkan sebesar 30% dari kekuatan tarik minimum logam las, yaitu 490 MPa. Dengan demikian, tegangan geser izin sambungan las diperoleh melalui Persamaan.

$$\tau_{\text{izin}} = 0,3 \times 490 = 147 \text{ MPa}$$

Faktor keamanan (*safety factor*) sambungan las selanjutnya dihitung dengan membandingkan tegangan geser izin terhadap tegangan geser aktual, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan.

$$SF = \tau_{\text{izin}} / \tau_{\text{aktual}} = 147 / 2,544 = 57,78$$

Pembahasan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan geser aktual pada sambungan las sebesar 2,544 MPa, sedangkan tegangan geser izin berdasarkan asumsi perhitungan sebesar 147 MPa. Perbandingan kedua nilai tersebut menghasilkan faktor keamanan sebesar 57,78. Berdasarkan pendekatan pembebanan geser langsung yang digunakan, tegangan aktual lebih rendah daripada tegangan izin yang diasumsikan. Hasil ini menunjukkan bahwa sambungan las memenuhi kriteria tegangan pada model perhitungan tersebut. Namun, hasil tersebut masih bergantung pada asumsi luas penampang efektif dan jenis pembebanan. Oleh karena itu, pengaruh beban eksentris, momen lentur, serta kondisi aktual geometri dan kualitas sambungan perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kekuatan sambungan secara menyeluruh.

Tabel 3. Ringkasan Perhitungan Sambungan Las

No	Parameter	Nilai
1	Tebal efektif las, t	3 mm
2	Panjang sambungan, L	50 mm
3	Luas efektif, $A = t \times L$	150 mm ²
4	Beban geser, F	381,6 N
5	Tegangan geser aktual, $\tau = F/A$	2,544 MPa
6	Tegangan geser izin, τ_{izin}	147 MPa
7	Faktor keamanan, $SF = \tau_{\text{izin}}/\tau$	57,78

Berdasarkan perhitungan tersebut, tegangan geser aktual sebesar 2,544 MPa lebih rendah daripada tegangan geser izin 147 MPa, dengan faktor keamanan sebesar 57,78 (lebih besar dari 1). Dengan demikian, sambungan las dinyatakan aman untuk menahan beban geser 381,6 N berdasarkan asumsi dan metode perhitungan yang digunakan dalam skripsi. Kesimpulan ini berlaku untuk kondisi beban yang dianalisis dan belum menggantikan pemeriksaan kualitas las, pengaruh beban dinamis atau fatik, atau pengujian fisik sambungan. Penelitian ini juga melaporkan tegangan maksimum dari perhitungan manual sebesar 0,78 MPa, berbeda dari hasil simulasi 24,18 MPa. Perbedaan ini perlu ditelaah melalui pemeriksaan kembali asumsi tumpuan, distribusi beban, geometri, mesh, serta persamaan perhitungan manual. Oleh sebab itu, artikel ini tidak menyamakan kedua nilai tersebut, melainkan mencatatnya sebagai hasil dari dua pendekatan yang berbeda. Perhitungan manual dan simulasi elemen hingga memiliki tingkat idealisasi yang berbeda. Perhitungan manual umumnya menggunakan model balok dan kondisi tumpuan yang disederhanakan, sedangkan FEA menghitung respons pada geometri yang dimodelkan dengan distribusi elemen. Agar perbandingan menjadi setara, keduanya harus menggunakan besar beban, arah beban, jarak antar tumpuan, kondisi batas, serta definisi penampang yang sama. Selisih antara 0,78 MPa dan 24,18 MPa belum dapat dijelaskan secara pasti dari informasi yang tersedia sehingga tidak digunakan untuk menyatakan bahwa salah satu metode lebih akurat.

Pengukuran getaran saat mesin beroperasi

Tabel 4. Nilai Getaran Yang Dilaporkan Pada Variasi Putaran Mesin

No.	Bahan bakar	Putaran (rpm)	Nilai yang dilaporkan
1	Pertalite	5.050	3.962 m/s ²

2	Pertalite	5.630	6.554 m/s ²
3	Pertalite	6.480	7.847 m/s ²

Data menunjukkan bahwa nilai getaran yang dilaporkan meningkat dari 3.962 m/s² pada 5.050 rpm menjadi 6.554 m/s² pada 5.630 rpm dan 7.847 m/s² pada 6.480 rpm. Kecenderungan ini sejalan dengan meningkatnya frekuensi eksitasi akibat putaran mesin yang lebih tinggi. Namun, data yang tersedia hanya mencakup tiga titik pengukuran dan tidak menjelaskan pengulangan pengukuran, ketidakpastian, orientasi sensor, atau kalibrasi alat. Dengan keterbatasan tersebut, hasil ini hanya menunjukkan kecenderungan awal dan belum dapat digunakan untuk menyimpulkan batas aman getaran maupun risiko resonansi. Pada pengujian getaran, konsistensi posisi sensor menjadi penting karena respons yang tercatat bergantung pada arah pengukuran, kekakuan lokal, dan kedekatan sensor terhadap sumber eksitasi. Pengukuran menggunakan aplikasi smartphone dapat digunakan sebagai pengamatan awal, tetapi ketertelusuran hasil memerlukan informasi perangkat, rentang sensor, frekuensi sampling, satuan keluaran, dan metode pemasangan. Informasi tersebut belum lengkap pada naskah sumber, sehingga angka getaran perlu diverifikasi sebelum dijadikan dasar kesimpulan kuantitatif. Selain itu, tiga variasi putaran mesin belum cukup untuk menyimpulkan hubungan matematis antara rpm dan amplitudo getaran. Pengujian lanjutan perlu dilakukan pada beberapa tingkat putaran dengan pengulangan, kondisi mesin yang stabil, serta pengukuran pada beberapa titik rangka. Data dapat disajikan sebagai nilai rata-rata dan simpangan baku agar variasi pengukuran terlihat. Jika memungkinkan, penggunaan sensor akselerometer terkalibrasi dan analisis spektrum frekuensi akan membantu membedakan respons akibat putaran mesin dari resonansi struktur.

Secara praktis, hasil simulasi memberikan indikasi bahwa desain rangka mampu menahan beban statis yang dimodelkan dengan tegangan dan perpindahan relatif rendah serta faktor keamanan yang tinggi. Kontribusi utama penelitian adalah dokumentasi proses perancangan rangka engine stand 110 cc yang dilengkapi evaluasi FEA dan pengamatan getaran awal. Keterbatasan penelitian meliputi belum adanya validasi eksperimental tegangan dan displacement, belum dilakukannya simulasi dinamis atau analisis modal, serta perlunya konfirmasi spesifikasi material dan satuan pengukuran getaran. Dari sisi penerapan, rancangan ini dapat menjadi dasar pengembangan media praktikum yang memungkinkan mahasiswa mengamati mesin dalam posisi terpasang dan mempelajari hubungan antara struktur penopang dengan respons mesin. Konstruksi yang dirancang khusus juga mempermudah penempatan komponen dan akses visual. Namun, aspek ergonomi, perlindungan terhadap komponen berputar dan panas, serta prosedur pengoperasian tetap perlu dinilai terpisah sebelum alat digunakan secara rutin dalam kegiatan pembelajaran.

KESIMPULAN

Rangka *engine stand* untuk mesin sepeda motor bensin 110 cc telah dirancang menggunakan *SolidWorks* dengan material *hollow galvanis* berukuran 40 × 40 mm dan ketebalan 2 mm. Pada kondisi pembebanan statis yang dianalisis, simulasi menghasilkan tegangan *von Mises* maksimum 24,18 MPa, displacement maksimum 0,1343 mm, dan *safety factor* sekitar 14,47–15. Hasil tersebut menunjukkan bahwa rangka memiliki margin kekuatan yang memadai pada model dan asumsi pembebanan yang digunakan. Pengukuran pada 5.050, 5.630, dan 6.480 rpm memperlihatkan peningkatan nilai getaran yang dilaporkan, tetapi satuan dan skala pengukuran masih perlu diverifikasi. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian fisik terkalibrasi, memvalidasi material aktual dan sambungan las, serta mengembangkan analisis dinamis atau modal untuk menilai respons rangka pada kondisi operasi.

Novelty penelitian ini terletak pada integrasi perancangan geometris, evaluasi kekuatan struktural berbasis Finite Element Analysis (FEA), dan pengukuran respons getaran pada rangka engine stand untuk mesin sepeda motor bensin 110 cc dalam satu kerangka evaluasi desain. Berbeda dari pendekatan yang hanya berfokus pada perancangan konstruksi atau analisis kekuatan statis, penelitian ini mengombinasikan pemodelan tiga dimensi menggunakan SolidWorks, evaluasi tegangan von Mises, perpindahan, dan faktor keamanan, serta pengamatan getaran pada beberapa variasi putaran mesin untuk memperoleh gambaran awal mengenai perilaku struktural rangka. Penggunaan material hollow galvanis berukuran $40 \times 40 \times 2$ mm menghasilkan tegangan von Mises maksimum sebesar 24,18 MPa, perpindahan maksimum 0,1343 mm, dan faktor keamanan minimum sekitar 14,47 pada kondisi pembebanan yang disimulasikan, sedangkan pengukuran getaran menunjukkan peningkatan nilai seiring kenaikan putaran mesin. Kontribusi utama penelitian ini adalah penyediaan pendekatan evaluasi desain yang menghubungkan kelayakan struktural statis dengan respons dinamis awal sebagai dasar pengembangan engine stand yang aman dan fungsional untuk kegiatan pembelajaran serta pengujian mesin. Meskipun demikian, kebaruan tersebut perlu diposisikan sebagai integrasi metode evaluasi pada objek spesifik, bukan sebagai klaim metode yang sepenuhnya baru, dan signifikansi kontribusinya perlu diperkuat melalui perbandingan kuantitatif dengan desain terdahulu, validasi eksperimental hasil simulasi, serta verifikasi satuan dan metode pengukuran getaran.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, serta pihak-pihak yang membantu proses perancangan dan penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhywinaya, I. N., & Budiman, B. A. (2022). *Structural Design and Analysis of Electric Car Engine Mount*. 5(1), 32–37.
- Aten, S., Ledi, P., Utama, F. Y., Widoretno, Y. S., & Wulandari, D. (2024). *Analisis Pembebanan Statis Chassis Ladder Frame Pada Mobil Hemat Energi Tipe Urban GARNESA*. 09(01), 277–283.
- Bogdan, D., Marek, W., Jozinkiewicz, D., & Zakrzewski, S. (2023). *Research of dynamic phenomena in a model engine stand*.
- Fatkhurrozak, F., Sanjaya, F. L., Alfaqih, A., & Wibowo, A. (2025). *Workshop Peningkatan Pengetahuan Motor Bakar*. 9(4), 4586–4595.
- Garindra, S., & Sampurno, R. D. (2024). *Simulasi Tegangan pada Rangka Sepeda Motor ESAF Menggunakan Metode Finite Element Analysis*. 7(2), 101–107.
- Haryanto, I., Irvan, M., Surya, D., Mesin, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Mesin, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Semarang, K., & Chassis, P. P. (2022). *Rancang Bangun Dan Manufaktur Chassis Robot Automated Guided Vehicle (Agv) Sebagai Prototipe Alat Transportasi Barang Pada*. 10(2), 197–206.
- Hermansyah, H., Mesin, J. T., Balikpapan, P. N., Timur, K., & Stand, O. (2021). *Perancangan Dan Simulasi Struktur Rangka Overhaul Stand Untuk Penggunaan Assembly Dan Diassembly Hydraulic Cylinder*. 10(1).
- Investigation, N., Steel, O. F. C., Structural, H., Due, S., Combined, T. O., Compression, A., & Loads, B. (2023). *International Journal Of Civil Engineering And Infrastructure Numerical Investigation Of Cold-Formed Steel Hollow Structural*. 3(2), 69–77.
- Ir. Sularso, M. K. S. (2013). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin* (P. P. Paramita (ed.)). PT. AKA.
- Isworo, H., Khalil, M., Syahyuniar, R., Syaief, A. N., Angkasa, A., Persada, B., Lingga, Y., Artika, K. D., & Fahrozi, I. (2023). *Pengaruh Ketinggian Engine Stand Sepeda Motor Terhadap Nilai*

- Kekuatan Material (Tegangan Dan Defleksi) The Effect Of Motorcycle Engine Stand Height On Material Strength Value (Stress And Deflection). 5(2), 121–130.*
<https://doi.org/10.20527/jtam>
- Kobenkins, G., Marinbahs, M., Bizans, A., Rilevs, N., & Sliskis, O. (2023). ScienceDirect The influence of dynamic loads on the vibration level of rotating units of traction drives. *Energy Reports*, 9, 131–137. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.12.114>
- Kriswandi, M. G., Nugroho, H., Studi, P., Mesin, T., Tinggi, S., Wastukancana, T., & Tarik, K. (2022). *Sambungan Las Smaw Dengan Material Baja Karbon Rendah Dengan Profil Besi Siku Menggunakan Elektroda E6013 Analysis Of The Effect Of Variation Current Strenght On Tensile Strenght Of Smaw Welding Joints With Low Carbon.* 1–9.
- Musthofa, A. F., Hanafi, A. F., Bhisma, prabuditya W. ., & Rocmad, F. A. (2025). Rancang bangun prony brake dynamometer untuk pengujian engine mobil hemat energi tim jogopati. *Jinggo: Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi, Dan Otomotif*, 3(2).
- Nabil, M. A., & Faizin, A. (2025). *Analisis Pengaruh Dimensi dan Ketebalan Hollow ST 37 terhadap Kekuatan Rangka Sepeda Motor Listrik dengan Metode Elemen Hingga (FEM).* 3, 1–11.
- Naro Parawangsa, A., Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, P., Bosowa Jl Kapasa Raya No, P., & Studi Mekatronika, P. (2020). Rancang Bangun Media Pembelajaran Motor Bakar Torak Empat Langkah Berbahan Bakar Bensin. *NCIET Vol.1*, 487–499.
- Nisbett, J. K. (2024). *Shigley ' s Mechanical Engineering Design 2024 Release.*
- Popov.E.P. (1996). *Mekanika Teknik.*
- Prasetya, D. B., & Sumbodo, W. (2023). *Analisis Statis Desain Chassis Kendaraan Listrik 2 Penumpang.* 18(3), 329–334.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Naufal, M., Ridho, I., & Hajar, I. I. (2020). *Analisis Kekuatan Rangka pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solid Works.* 13(3), 299–306.
- Pratama, A. (2023). *Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pres Batako Menggunakan Finite Element Method Design and Strength Analysis of Brick Press Machine Frame using Finite Element Method.* 5, 221–230.
- R.S. Khurmi & J.K. Gupta. (2005). *A Textbook of Machine Design* (Issue I).
- Rekayasa, J., Terapan, K., Azis, A. A., Hendriadi, A. A., Ridwan, T., Informasi, S. S., Komputer, F. I., Karawang, U. S., & Timur, T. (2026). *Rancang bangun sistem workflow persetujuan dokumen packaging untuk efisiensi proses bisnis.* 06(01), 75–81.
- Riadh, M. (2023). *Application of Basic Welding Techniques Shield Metal Arc Welding (SMAW) to Improve the Capability of Forced Village Communities.*
- Siddik, M. A., & Effendi, N. (2024). *Analisis Pengaruh Heat Input Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Butt Joint Las Smaw Pada Baja Karbon Rendah.* 05(02), 161–169.
- Sukma Ardiyanta, A., Dianastiti, Y., & Surya Hadi, B. (2022). *Rancang Bangun Engine Trainer Mesin Bensin sebagai Media Pembelajaran Motor Bensin.* 8(2), 161–168.
<https://doi.org/10.24843/METTEK.2022.v08.i02.p11>
- Susilo, F. R., Ismail, R., Setiyana, B., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (2025). *Analisis Tegangan Von Mises , Deformasi , Dan Safety Factor Pada Rangka Sepeda Motor Matic 110 Cc Menggunakan Metode Elemen.* 13(4), 13–20.
- Uriansyah, F. A. (2024). *Dinamic Simulation Solidworks Pada Dinamic Simulation Solidworks pada Perancangan Mesin Brush Sander.* 24(1), 15–19.
- Wibowo, M. Y., Maulana, I., Ghyferi, A. A., Kurniawan, B. A., & Nuril, M. (2023). *Jurnal Mekanik Terapan Perancangan Chassis Prototype Mobil Warak dan Simulasi Statik dengan Metode Finite Element Analysis.* 03(03), 86–92. <https://doi.org/10.32722/jmt.v3i3.5138>



- Wijaya, A., Studi, P., Teknik, S., Tarumanagara, U., Studi, P., Teknik, S., & Tarumanagara, U. (2024). *Evaluasi Penggunaan Rangka Baja Hollow Sebagai SISTEM Rumusan Masalah Tujuan*. 7(1), 305–314.
- Zaenudin, M. (2023). *Simulasi Beban Rangka Mesin Pencacah Plastik Menggunakan Software Autodesk Inventor*. 1(1), 30–36.