



Perancangan Poros Roda Trike Bike Cargo Berdasarkan Analisis Gaya dan Tegangan yang Bekerja

Darianto*

Universitas Medan Area,
Indonesia

Bobby Umroh

Universitas Medan Area,
Indonesia

Qorih Ripatul

Universitas Medan Area,
Indonesia

***Corresponding author:**

Darianto, Universitas Medan Area, Indonesia.

✉ darianto@staff.uma.ac.id

Article Info:

Article history:

Received: September 19, 2026

Revised: October 11, 2026

Accepted: October 13, 2026

Available Online: October 27, 2026

Keywords:

Axle;

Cargo Trike;

Factor of Safety;

Fatigue;

Stress;

Von Mises



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

Copyright © 2026 by Author. Published by Politeknik Siber Cerdika International

Kata Kunci:

Fatigue;

Faktor Keamanan;

Poros;

Tegangan;

Trike Bike Cargo;

Von Mises;

Abstract

Background: This research is motivated by the frequent occurrence of shaft failures resulting from loads exceeding design capacities; consequently, a design based on accurate engineering calculations is required.

Objective: This study aims to design the rear axle of a cargo trike based on an analysis of the acting forces and stresses.

Methods: The research employs a quantitative descriptive analysis method utilizing a theoretical calculation approach based on engineering mechanics formulas. Mass variations ranging from 50 kg to 1000 kg are analyzed to determine the effect of increased load on the shaft's stress, deflection, and factor of safety. Calculated parameters include force, support reactions, bending moment, bending stress, shear stress, torsional stress, combined stress (Von Mises), and deflection, alongside a fatigue analysis using the Modified Goodman method.

Results: Research results indicate that a 35 mm diameter shaft made of medium carbon steel (S45C) retains an adequate safety margin up to approximately 250 kg. At 300 kg, the fatigue safety margin decreases and the shaft enters a critical transition zone. At loads above 400 kg, the fatigue factor of safety falls below unity, indicating a high risk of failure under repeated loading. These results show that static yielding and fatigue safety must be evaluated separately when determining the operational limit of the shaft.

Conclusion: Thus, it can be concluded that an increase in mass is directly proportional to an increase in stress and a decrease in the factor of safety. Therefore, a redesign of the shaft such as increasing its diameter is necessary to ensure the safety and reliability of the structure.

Abstrak

Latar belakang: Latar belakang penelitian ini didasari oleh sering terjadinya kerusakan pada poros akibat penggunaan beban yang melebihi kapasitas desain, sehingga diperlukan perancangan yang didasarkan pada perhitungan teknik yang akurat.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk merancang poros roda belakang pada Trike Bike Cargo berdasarkan analisis gaya dan tegangan yang bekerja.

Metode: Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dengan pendekatan perhitungan teoritis berdasarkan rumus mekanika teknik. Variasi massa yang dianalisis berkisar antara 50 kg hingga 1000 kg untuk mengetahui pengaruh peningkatan beban terhadap tegangan, defleksi, dan faktor keamanan poros. Parameter yang dihitung meliputi gaya, reaksi tumpuan, momen lentur, tegangan lentur, tegangan geser, tegangan puntir, tegangan gabungan (Von Mises), defleksi, serta analisis kelelahan menggunakan metode Modified Goodman.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa poros berdiameter 35 mm dari baja karbon sedang (S45C) masih memiliki margin keamanan yang

memadai hingga sekitar 250 kg. Pada 300 kg, margin keamanan fatigue menurun dan poros memasuki zona transisi kritis. Pada beban di atas 400 kg, faktor keamanan fatigue turun di bawah satu sehingga menunjukkan risiko kegagalan yang tinggi pada pembebanan berulang. Hasil ini menegaskan bahwa keamanan statik dan keamanan fatigue perlu dievaluasi secara terpisah dalam menentukan batas operasional poros.

Kesimpulan: Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peningkatan massa berbanding lurus dengan peningkatan tegangan dan penurunan faktor keamanan. Oleh karena itu, diperlukan redesign poros, seperti peningkatan diameter, untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur.

To cite this article: Darianto, Umroh, B., & Ripatul, Q. (2026). Perancangan poros roda trike bike cargo berdasarkan analisis gaya dan tegangan yang bekerja. *Equivalent: Jurnal Ilmiah Sosial Teknik*, 8(5), 1993-2005. <https://doi.org/10.59261/jequi.v8i5.480>

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan sarana transportasi barang yang sederhana, ekonomis, dan tidak bergantung pada bahan bakar masih tinggi di wilayah pedesaan (Fisu, 2025). Salah satu alternatif yang digunakan adalah trike bike cargo, yaitu kendaraan roda tiga yang dimodifikasi untuk mengangkut hasil pertanian, material ringan, paket, dan kebutuhan distribusi harian (Arwini, 2026; Muhammad Irfan, 2025). Dalam penggunaannya, kapasitas angkut sering ditentukan secara praktis tanpa verifikasi kekuatan komponen. Kondisi tersebut berisiko meningkatkan beban lentur, puntir, dan beban berulang pada poros roda belakang, sehingga deformasi maupun kegagalan poros dapat terjadi ketika beban aktual melampaui kapasitas desain.

Poros roda belakang merupakan elemen mekanik yang tidak hanya menopang beban kendaraan dan muatan, tetapi juga meneruskan gaya serta momen menuju sistem roda (Basselo et al., 2013). Karena itu, penentuan dimensi dan material poros perlu didasarkan pada hubungan antara pembebanan, tegangan, deformasi, dan faktor keamanan. T. et al. (2022) menunjukkan bahwa analisis kekuatan poros roda belakang perlu mempertimbangkan kondisi pembebanan aktual agar desain tidak hanya memenuhi fungsi geometris. Pada konteks komponen berputar, Hamijoyo et al. (2025) juga menekankan optimasi desain poros berdasarkan respons mekaniknya. Lebih spesifik, Bagaskoro & Aryadi (2024) memperoleh bahwa poros AISI 1045 berdiameter 35 mm dapat dinilai aman pada skenario beban tertentu berdasarkan tegangan von Mises, displacement, dan factor of safety; temuan tersebut sekaligus menunjukkan bahwa status aman sangat bergantung pada besar beban dan kondisi batas yang diterapkan.

Kajian terdahulu juga memperlihatkan bahwa evaluasi poros tidak cukup berhenti pada analisis statik. Hakim et al. (2026) menunjukkan penurunan faktor keamanan poros AISI 1045 ketika kombinasi beban lentur dan torsi ditingkatkan. Analisis kegagalan pada poros kendaraan memperlihatkan bahwa konsentrasi tegangan dan pembebanan berulang dapat memicu mekanisme kelelahan, sebagaimana dilaporkan oleh (Huang et al., 2024; Jeong & Park, 2025). Pada komponen axle, Kailani et al. (2025) dan Wibowo et al. (2025) memanfaatkan analisis elemen hingga untuk mengidentifikasi lokasi kritis, sedangkan Zhou & Chang (2022) menunjukkan pentingnya menggabungkan hasil analisis statik dengan evaluasi fatigue untuk menilai durabilitas axle yang menerima pembebanan siklik.

Sejumlah studi telah menggunakan finite element method untuk mengevaluasi pengaruh variasi torsi, geometri, dan material terhadap tegangan serta faktor keamanan poros (biomej et al., 2023; García Castellanos, 2023; Sandya Gilang Samudra & Oscar Haris, 2025). Namun, dalam literatur yang ditinjau, analisis umumnya dilakukan pada satu atau beberapa skenario pembebanan tertentu, atau memisahkan evaluasi statik dan fatigue. Belum banyak kajian yang memetakan perubahan kondisi poros trike bike cargo berdiameter 35 mm secara bertahap pada rentang beban yang luas sekaligus menghubungkan perhitungan mekanika, tegangan ekuivalen, defleksi, faktor keamanan statik, dan faktor keamanan fatigue. Celah ini penting karena keputusan desain membutuhkan batas operasional yang lebih jelas, bukan hanya pernyataan bahwa suatu model aman pada satu titik pembebanan.

Berdasarkan kesenjangan penelitian yang telah diidentifikasi, kebaruan penelitian ini terletak pada pemetaan perubahan kondisi keamanan poros roda belakang Trike Bike Cargo melalui variasi massa pembebanan 50–1000 kg dengan mengombinasikan perhitungan teoritis

mekanika teknik dan pemodelan menggunakan SolidWorks. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi poros roda belakang berbahan baja S45C dengan panjang 1100 mm dan diameter 35 mm berdasarkan gaya dan tegangan yang bekerja, mengidentifikasi perubahan tegangan lentur, tegangan von Mises, defleksi, serta faktor keamanan statik dan fatigue akibat peningkatan beban, serta menentukan batas pembebanan konservatif yang dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan perancangan ulang poros.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat secara teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian perancangan elemen mesin melalui pendekatan evaluasi terpadu antara tegangan ekuivalen, respons deformasi, faktor keamanan statik, dan ketahanan terhadap pembebanan berulang menggunakan metode Modified Goodman. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi referensi awal bagi perancang dan praktisi teknik mesin dalam menilai kelayakan konfigurasi poros, mengidentifikasi kondisi pembebanan kritis, serta mempertimbangkan kebutuhan modifikasi dimensi atau geometri poros untuk meningkatkan margin keamanan berdasarkan hasil perhitungan.

Implikasi penelitian ini berkaitan dengan pentingnya penerapan analisis kekuatan statik dan fatigue secara bersamaan dalam menentukan kelayakan desain poros roda belakang Trike Bike Cargo. Hasil evaluasi dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan teknis dalam menetapkan batas pembebanan yang konservatif dan merencanakan desain ulang apabila diperlukan kapasitas pembebanan yang lebih besar. Namun, penerapan hasil penelitian pada kondisi operasional aktual tetap memerlukan penetapan parameter pembebanan yang jelas, pemeriksaan kondisi tumpuan dan geometri kritis, serta validasi eksperimental agar rekomendasi desain memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi.

METODE

Tempat pelaksanaan perancangan poros roda trike bike cargo berdasarkan analisis gaya dan tegangan yang berkerja dilaksanakan di bengkel jalan asem no. 2 desa bandar klipka percut sei tuan, deli Serdang, kota medan, Sumatera utara. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis deskriptif kuantitatif. Metode ini dilakukan melalui perhitungan dan analisis secara matematis untuk mengetahui karakteristik serta tingkat keamanan poros roda Trike Bike Cargo terhadap berbagai variasi beban. Parameter yang dianalisis meliputi gaya yang bekerja pada poros, reaksi tumpuan, momen lentur maksimum, tegangan lentur, tegangan geser, tegangan puntir, tegangan gabungan (Von Mises), defleksi poros, faktor keamanan statik, serta faktor keamanan fatigue. Pendekatan penelitian dilakukan melalui perhitungan teoritis berdasarkan rumus-rumus mekanika teknik dengan variasi massa poros atau beban yang diberikan mulai dari 50 kg hingga 1000 kg. Analisis tersebut dilakukan untuk mengetahui respons poros terhadap pembebanan serta menentukan batas aman penggunaan poros. Skenario perhitungan merupakan variasi pembebanan deterministik, bukan populasi atau sampel responden, yaitu:

Desain penelitian berupa studi rekayasa parametrik dengan konfigurasi awal panjang poros 1100 mm, diameter 35 mm, dan material S45C. Massa yang divariasikan merupakan besaran pembebanan dalam model perhitungan; naskah sumber belum menetapkan secara eksplisit apakah massa tersebut hanya muatan atau massa total kendaraan. Karena itu, angka batas yang diperoleh berlaku untuk asumsi model dan belum dapat langsung dipakai sebagai kapasitas angkut kendaraan secara keseluruhan. Penentuan dimensi awal, geometri alur pasak, kondisi tumpuan, tipe mesh, sifat material numerik, endurance limit, rasio tegangan, dan riwayat siklus pembebanan memerlukan dokumentasi parameter sebelum replikasi atau validasi eksperimen.

Tabel 1

Sampel Perhitungan

50 kg;	100 kg; 600 kg
550 kg	
150 kg;	200 kg; 700 kg
650 kg	
250 kg;	300 kg; 800 kg

750 kg	
350 kg;	400 kg; 900 kg
850 kg	
450 kg;	500 kg; 1000 kg
950 kg	

Sampel ini digunakan untuk melihat pengaruh peningkatan beban terhadap tegangan, defleksi, faktor keamanan. Penelitian diawali dengan studi literatur yang mencakup kajian mengenai teori mekanika teknik, tegangan, serta kekuatan material. Selanjutnya, dilakukan penentuan parameter desain yang digunakan sebagai dasar perhitungan, yaitu panjang poros sebesar 1100 mm, diameter poros sebesar 35 mm, dan material poros berupa S45C. Setelah parameter desain ditentukan, dilakukan perhitungan gaya dengan menghitung gaya berat berdasarkan massa dan percepatan gravitasi, kemudian menentukan distribusi beban yang bekerja pada poros.

Tahap berikutnya adalah analisis mekanika untuk menentukan reaksi tumpuan dan momen lentur maksimum yang terjadi akibat pembebanan. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk menghitung berbagai jenis tegangan yang bekerja pada poros, meliputi tegangan lentur, tegangan geser, dan tegangan puntir. Selanjutnya, dilakukan perhitungan tegangan gabungan menggunakan kriteria Von Mises untuk mengetahui kondisi tegangan total pada poros akibat kombinasi pembebanan. Selain analisis tegangan, dilakukan pula analisis defleksi untuk menentukan besarnya lendutan maksimum yang terjadi pada poros.

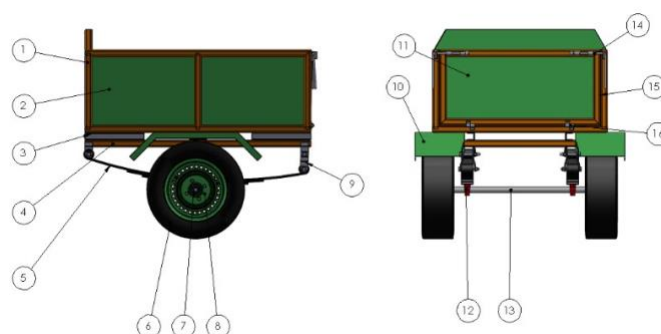
Tahap evaluasi keamanan dilakukan dengan membandingkan tegangan yang terjadi dengan tegangan izin material serta menghitung faktor keamanan statik. Selanjutnya, dilakukan analisis fatigue untuk mengevaluasi ketahanan poros terhadap pembebanan berulang dengan menggunakan metode Modified Goodman. Hasil seluruh perhitungan kemudian diinterpretasikan untuk menentukan batas aman penggunaan poros serta mengidentifikasi kondisi pembebanan yang berpotensi menyebabkan kegagalan. Tahap terakhir adalah penyusunan laporan penelitian yang memuat seluruh proses, hasil perhitungan, analisis, dan kesimpulan mengenai tingkat keamanan poros roda Trike Bike Cargo.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil Perancangan Poros (Shaft) Roda Belakang Trike Bike Cargo

Proses perancangan poros (shaft) roda belakang trike bike cargo menggunakan aplikasi SolidWorks 2020. Pada penelitian ini, spesifikasi poros (shaft) roda belakang trike bike cargo memiliki panjang 1100 mm dan diameter 35 mm.



Gambar 1. Komponen Nomor 13

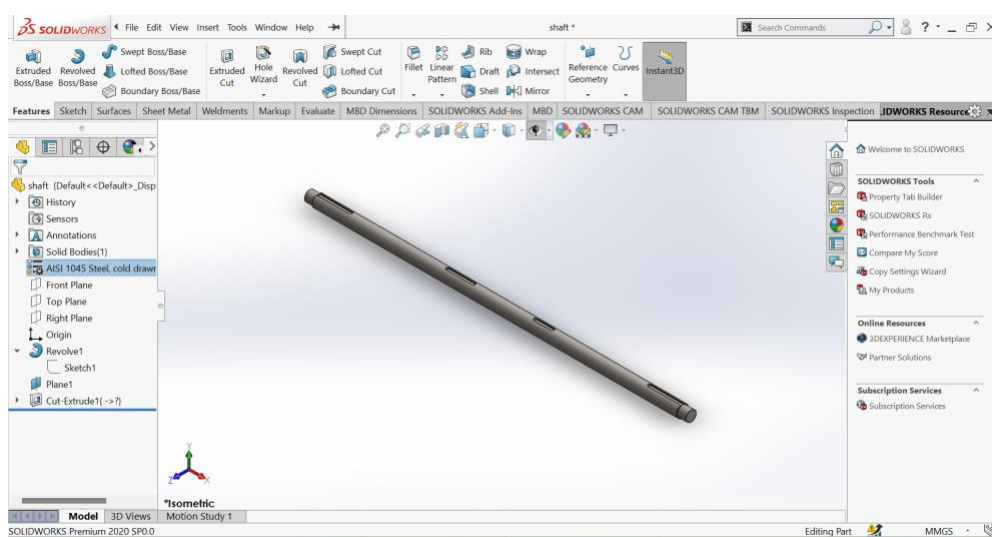
Nomor 13 pada gambar menunjukkan poros roda (shaft) belakang Trike Bike Cargo yang berfungsi sebagai komponen penghubung dan penopang kedua roda belakang. Poros ini memiliki dimensi panjang 1100 mm dan diameter 35 mm, serta dipasang secara melintang pada bagian belakang kendaraan sehingga kedua roda dapat berputar pada satu sumbu yang sama. Poros roda menerima dan meneruskan beban dari kendaraan, muatan, serta gaya yang terjadi selama kendaraan bergerak, termasuk gaya radial dan gaya akibat kondisi jalan. Oleh karena itu, poros

harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai agar mampu menahan tegangan dan deformasi selama pengoperasian. Pada perancangan ini, poros roda menggunakan material S45C, yang dipilih karena memiliki kekuatan mekanik dan kemampuan menahan beban yang sesuai untuk aplikasi poros kendaraan. Dengan demikian, nomor 13 merupakan poros roda belakang Trike Bike Cargo dengan ukuran 1100 mm × Ø35 mm yang menjadi salah satu komponen utama dalam sistem roda belakang kendaraan.

Perancangan dan pemodelan poros (shaft) roda belakang Trike Bike Cargo dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020. Tahap awal dilakukan dengan menjalankan aplikasi SolidWorks 2020 pada laptop, kemudian memilih menu New SolidWorks Document dan opsi Part. Pada halaman awal tersebut terdapat tiga pilihan utama, yaitu Part, Assembly, dan Drawing. Menu Part digunakan untuk membuat model komponen tunggal dalam bentuk tiga dimensi (3D), seperti poros, rangka, maupun komponen mesin lainnya. Menu Assembly digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen yang telah dibuat menjadi satu kesatuan rancangan, sedangkan menu Drawing digunakan untuk menghasilkan gambar teknik dua dimensi (2D) berdasarkan model yang telah dirancang. Pada penelitian ini digunakan menu Part karena proses perancangan diawali dengan pemodelan poros sebagai komponen individual sebelum digunakan pada tahap analisis dan penggabungan dengan komponen lainnya.

Setelah memilih menu Part, tahap berikutnya adalah menentukan bidang gambar dengan memilih Front Plane, kemudian memilih perintah Sketch untuk membuat sketsa dua dimensi. Sketsa yang dibuat merupakan setengah profil penampang poros (shaft) roda belakang Trike Bike Cargo. Pembuatan setengah profil dilakukan karena bentuk poros yang dirancang memiliki geometri yang dapat dibentuk melalui proses rotasi terhadap suatu sumbu. Dimensi sketsa disesuaikan dengan ukuran poros yang telah ditentukan pada parameter desain, sehingga profil yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan rancangan.

Setelah sketsa dua dimensi selesai dibuat, tahap selanjutnya adalah mengubah sketsa tersebut menjadi model tiga dimensi menggunakan perintah Revolve. Perintah Revolve digunakan untuk memutar profil sketsa terhadap sumbu tertentu hingga membentuk geometri poros secara tiga dimensi. Setelah bentuk dasar poros terbentuk, dilakukan penambahan fitur spie atau alur pasak (keyway) pada bagian poros sesuai dengan ukuran dan posisi yang telah ditentukan dalam rancangan. Penambahan fitur tersebut bertujuan agar poros dapat disesuaikan dengan komponen pendukung pada sistem roda belakang Trike Bike Cargo. Seluruh dimensi dan fitur pada model kemudian diperiksa kembali untuk memastikan bahwa geometri poros telah sesuai dengan parameter desain dan dapat digunakan pada tahap analisis selanjutnya.



Gambar 2. Hasil Desain Perancangan Poros (Shaft) Roda Belakang Trike Bike Cargo

Hasil Desain Perancangan Poros (Shaft) Roda Belakang Trike Bike Cargo menunjukkan hasil akhir dari proses pemodelan tiga dimensi (3D) poros roda belakang trike bike cargo menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2020. Desain poros dibuat berdasarkan parameter rancangan yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu dengan bentuk poros silinder memanjang

yang memiliki diameter utama dan panjang sesuai kebutuhan konstruksi. Pada model ini juga telah ditambahkan fitur spie (keyway) sebagai bagian pengunci antara poros dengan komponen roda untuk memastikan proses penerusan gaya dan putaran dapat berlangsung dengan baik. Poros menggunakan material S45C yang dipilih berdasarkan karakteristik mekaniknya sehingga mampu menerima beban kerja berupa gaya tekan, gaya lentur, dan momen puntir selama pengoperasian trike bike cargo. Hasil desain ini selanjutnya digunakan sebagai model dasar untuk tahap simulasi dan analisis kekuatan, seperti analisis tegangan Von Mises dan perpindahan (displacement) guna mengetahui kemampuan poros dalam menahan beban yang bekerja.

Model SolidWorks 2020 yang ditampilkan merupakan bukti pemodelan geometri. Tanpa data kondisi batas, mesh, dan perbandingan kuantitatif dengan perhitungan teoritis, hasil pemodelan tidak boleh diperlakukan sebagai validasi independen terhadap seluruh nilai Tabel 2. Interpretasi tegangan maksimum dan perpindahan harus dibatasi pada konfigurasi pembebanan simulasi yang dilaporkan.

Tabel 2*Perbandingan Hasil Perhitungan*

No	Massa (Kg)	Gaya (N)	Tegangan Lentur (MPa)	Tegangan Von Mises (MPa)	FS Statik	FS Fatigue	Keterangan
1	50	245,25	16,03	22,05	23,08	8,63	Sangat aman
2	100	490,5	32,06	44,09	8,39	4,31	Aman
3	150	735,75	48,09	66,14	5,59	2,88	Aman
4	200	981	64,12	88,21	4,19	2,16	Aman
5	250	1,226,25	80,15	110,24	3,36	1,73	Aman
6	300	1,471,5	96,18	132,32	2,80	1,44	Mendekati batas
7	350	1,716,75	112,20	154,35	2,39	1,23	Tidak aman
8	400	1,962	128,24	176,40	2,10	1,08	Tidak aman
9	450	2,207,25	144,27	198,45	1,85	0,96	Gagal
10	500	2,452,5	160,30	220,48	1,63	0,86	Gagal
11	550	2,697,75	176,33	242,53	1,48	0,78	Gagal
12	600	2,943	192,36	264,57	1,34	0,72	Gagal
13	650	3,188,25	208,39	286,61	1,25	0,66	Gagal
14	700	3,433,5	224,42	308,66	1,16	0,61	Gagal
15	750	3,678,75	240,45	330,70	1,08	0,57	Gagal
16	800	3,924	256,48	352,75	1,01	0,53	Gagal total
17	850	4,169,25	272,51	374,80	0,95	0,50	Gagal total
18	900	4,414,5	288,54	396,84	0,89	0,47	Gagal total
19	950	4,659,75	304,57	418,89	0,83	0,44	Gagal total
20	1000	4,905	320,60	440,93	0,78	0,41	Gagal total

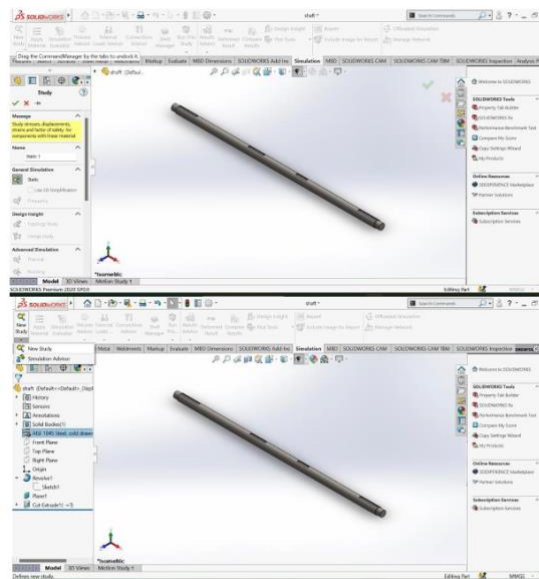
Berdasarkan Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan, peningkatan massa atau beban diikuti oleh kenaikan tegangan lentur dan tegangan von Mises, sedangkan faktor keamanan statik dan faktor keamanan fatigue menunjukkan tren menurun. Uraian setiap variasi pembebanan adalah sebagai berikut:

Interpretasi faktor keamanan perlu membedakan batas statik dan kelelahan. Berdasarkan Tabel 2, pada 250 kg FS fatigue = 1,73; pada 300 kg = 1,44; pada 350 kg = 1,23; pada 400 kg = 1,08; dan pada 450 kg = 0,96. Dengan kriteria FS fatigue < 1, kondisi tidak memenuhi kriteria baru dimulai pada 450 kg. Kategori “tidak aman” pada 350–400 kg merupakan penilaian konservatif atas margin yang kecil, bukan bukti kegagalan fisik. Kategori “gagal” pada tabel harus dibaca sebagai prediksi menurut kriteria perhitungan, bukan hasil uji kerusakan aktual.

1. Pada pembebanan massa 50 kg dengan gaya sebesar 245,25 N, diperoleh tegangan lentur sebesar 16,03 MPa dan tegangan von Mises 22,05 MPa. Nilai faktor keamanan statik sebesar 23,08 dan faktor keamanan fatigue 8,63, sehingga kondisi poros masih berada dalam keadaan sangat aman karena tegangan yang terjadi masih jauh di bawah batas kekuatan material.
2. Pada massa 100 kg dengan gaya 490,5 N, tegangan lentur meningkat menjadi 32,06 MPa dan

- tegangan von Mises menjadi 44,09 MPa. Faktor keamanan mengalami penurunan menjadi 8,39 untuk statik dan 4,31 untuk fatigue, namun poros masih dalam kondisi aman karena mampu menahan beban yang diberikan.
3. Pada massa 150 kg dengan gaya 735,75 N, tegangan lentur mencapai 48,09 MPa dan tegangan von Mises 66,14 MPa. Faktor keamanan sebesar 5,59 untuk statik dan 2,88 untuk fatigue menunjukkan bahwa poros masih memiliki kemampuan menahan beban sehingga masih dikategorikan aman.
 4. Pada massa 200 kg dengan gaya 981 N, tegangan lentur meningkat menjadi 64,12 MPa dan tegangan von Mises 88,21 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 4,19 untuk statik dan 2,16 untuk fatigue. Walaupun mengalami peningkatan tegangan, kondisi poros masih termasuk aman.
 5. Pada massa 250 kg dengan gaya 1226,25 N, tegangan lentur sebesar 80,15 MPa dan tegangan von Mises 110,24 MPa. Faktor keamanan menjadi 3,36 untuk statik dan 1,73 untuk fatigue. Kondisi ini masih aman, tetapi mulai menunjukkan peningkatan risiko karena faktor keamanan semakin menurun.
 6. Pada massa 300 kg dengan gaya 1471,5 N, tegangan lentur mencapai 96,18 MPa dan tegangan von Mises 132,32 MPa. Faktor keamanan sebesar 2,80 dan 1,44 menunjukkan bahwa poros masih mampu menerima beban, tetapi sudah mulai mendekati kondisi kritis.
 7. Pada massa 350 kg dengan gaya 1716,75 N, tegangan lentur menjadi 112,20 MPa dan tegangan von Mises 154,35 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 2,39 dan 1,23, sehingga kondisi poros mulai mendekati batas kemampuan material dan dikategorikan tidak aman.
 8. Pada massa 400 kg dengan gaya 1962 N, tegangan lentur sebesar 128,24 MPa dan tegangan von Mises 176,40 MPa. Faktor keamanan sebesar 2,10 dan 1,08 menunjukkan bahwa poros mengalami beban tinggi dan mulai memasuki kondisi tidak aman.
 9. Pada massa 450 kg dengan gaya 2207,25 N, tegangan lentur meningkat menjadi 144,27 MPa dan tegangan von Mises 198,45 MPa. Faktor keamanan statik sebesar 1,85 masih lebih besar dari satu, tetapi faktor keamanan fatigue turun menjadi 0,96. Nilai ini menunjukkan bahwa poros mulai gagal terhadap kriteria fatigue, sehingga tidak layak dinyatakan aman untuk pembebanan berulang pada tingkat ini.
 10. Pada massa 500 kg dengan gaya 2452,5 N, tegangan lentur sebesar 160,30 MPa dan tegangan von Mises 220,48 MPa. Faktor keamanan statik sebesar 1,63 menunjukkan bahwa respons statik masih memiliki margin terhadap kondisi luluh, tetapi faktor keamanan fatigue hanya 0,86. Dengan demikian, kegagalan pada tingkat beban ini terutama ditunjukkan oleh ketidakcukupan ketahanan fatigue terhadap pembebanan berulang.
 11. Pada massa 550 kg dengan gaya 2697,75 N, tegangan lentur mencapai 176,33 MPa dan tegangan von Mises 242,53 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 1,48 dan 0,78, sehingga kemampuan poros semakin berkurang dan masuk kategori gagal.
 12. Pada massa 600 kg dengan gaya 2943 N, tegangan lentur sebesar 192,36 MPa dan tegangan von Mises 264,57 MPa. Faktor keamanan sebesar 1,34 dan 0,72 menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi sudah melebihi batas aman sehingga poros mengalami kegagalan.
 13. Pada massa 650 kg dengan gaya 3188,25 N, tegangan lentur menjadi 208,39 MPa dan tegangan von Mises 286,61 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 1,25 dan 0,66, sehingga poros tidak mampu bekerja secara aman pada kondisi pembebanan ini.
 14. Pada massa 700 kg dengan gaya 3433,5 N, tegangan lentur mencapai 224,42 MPa dan tegangan von Mises 308,66 MPa. Faktor keamanan sebesar 1,16 dan 0,61 menunjukkan bahwa poros mengalami kondisi gagal akibat tegangan yang terlalu besar.
 15. Pada massa 750 kg dengan gaya 3678,75 N, tegangan lentur sebesar 240,45 MPa dan tegangan von Mises 330,70 MPa. Faktor keamanan menjadi 1,08 dan 0,57, menunjukkan bahwa poros sudah mendekati batas maksimum dan mengalami kegagalan.
 16. Pada massa 800 kg dengan gaya 3924 N, tegangan lentur meningkat menjadi 256,48 MPa dan tegangan von Mises 352,75 MPa. Faktor keamanan sebesar 1,01 dan 0,53, sehingga kondisi poros masuk kategori gagal total karena tidak memiliki cadangan kekuatan yang cukup.
 17. Pada massa 850 kg dengan gaya 4169,25 N, tegangan lentur sebesar 272,51 MPa dan tegangan von Mises 374,80 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 0,95 dan 0,50, yang menunjukkan bahwa material sudah melewati batas kemampuan sehingga terjadi gagal total.

18. Pada massa 900 kg dengan gaya 4414,5 N, tegangan lentur mencapai 288,54 MPa dan tegangan von Mises 396,84 MPa. Faktor keamanan sebesar 0,89 dan 0,47, menunjukkan bahwa poros tidak mampu menahan beban tersebut dan mengalami gagal total.
19. Pada massa 950 kg dengan gaya 4659,75 N, tegangan lentur sebesar 304,57 MPa dan tegangan von Mises 418,89 MPa. Faktor keamanan turun menjadi 0,83 dan 0,44, sehingga kondisi poros sangat tidak aman dan mengalami gagal total.
20. Pada pembebanan maksimum yaitu massa 1000 kg dengan gaya 4905 N, tegangan lentur mencapai 320,60 MPa dan tegangan von Mises 440,93 MPa. Faktor keamanan hanya 0,78 untuk statik dan 0,41 untuk fatigue, sehingga poros mengalami gagal total karena tegangan yang bekerja sudah jauh melampaui kemampuan material.



Gambar 3. Pemilihan Feature Simulation dan Study Static Pada Tampilan Solidworks

Gambar di atas menunjukkan proses awal dalam melakukan analisis statik (Static Study) pada model poros (shaft) menggunakan fitur SolidWorks Simulation 2020. Pada tahap ini, model poros yang telah selesai dibuat pada lingkungan Part Design dipersiapkan untuk dilakukan simulasi guna mengetahui respon struktur terhadap beban yang bekerja.

Pada tampilan Simulation Study Tree di sebelah kiri, terlihat pemilihan fitur Simulation yang digunakan untuk membuat studi analisis terhadap komponen poros. Jenis analisis yang dipilih adalah Static Study, yaitu metode analisis yang digunakan untuk mengetahui kondisi poros ketika menerima beban dalam keadaan diam atau beban yang tidak berubah terhadap waktu. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui distribusi tegangan, perubahan bentuk (displacement), serta tingkat keamanan desain berdasarkan material yang digunakan.

Model poros pada area kerja (graphics area) ditampilkan dalam bentuk tiga dimensi dengan bentuk silinder memanjang. Poros tersebut telah diberikan material AISI 1045 Steel, yang merupakan material baja karbon menengah yang sering digunakan pada komponen mekanik seperti poros karena memiliki sifat kekuatan dan ketahanan terhadap beban yang baik.

Pembahasan

Perancangan Poros Roda Belakang Trike Bike Cargo

Hasil perancangan poros roda belakang Trike Bike Cargo perlu dipahami dalam konteks fungsi kendaraan sebagai sarana angkut yang menerima variasi muatan selama pengoperasian. Sebagaimana dijelaskan pada pendahuluan, poros roda belakang tidak hanya menopang beban kendaraan dan muatan, tetapi juga meneruskan gaya serta momen menuju sistem roda. Dengan diameter 35 mm, panjang 1100 mm, dan material S45C, poros yang dirancang secara geometris telah memenuhi fungsi sebagai elemen penghubung dan penopang roda belakang. Namun, kelayakan desain tidak cukup ditentukan oleh bentuk dan keterpasangan komponen, melainkan

harus dinilai dari kemampuan poros menahan peningkatan tegangan, deformasi, serta pembebanan berulang ketika massa angkut bertambah.

Kondisi tersebut sejalan dengan T. et al. (2022) yang menekankan bahwa analisis kekuatan poros roda belakang harus mempertimbangkan kondisi pembebanan aktual. Pada rancangan ini, bagian tumpuan, perubahan geometri, dan alur pasak menjadi bagian penting karena berpotensi menimbulkan konsentrasi tegangan. Ketika beban meningkat, reaksi tumpuan dan momen lentur juga meningkat sehingga tegangan lokal pada penampang poros ikut bertambah. Alur pasak dapat mengurangi luas penampang efektif dan menjadi lokasi yang lebih sensitif terhadap konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, diameter 35 mm perlu dinilai bersama dengan kondisi tumpuan, jalur penyaluran beban, dan detail geometri agar kemampuan mekanik poros tidak hanya didasarkan pada dimensi nominalnya.

Penggunaan perhitungan teoritis dan SolidWorks dalam penelitian ini menjawab kebutuhan analisis yang dikemukakan pada pendahuluan, yaitu memetakan respons poros pada rentang beban yang luas, bukan hanya pada satu titik pembebanan. Perhitungan mekanika memberikan hubungan langsung antara massa, gaya, momen lentur, tegangan, dan faktor keamanan, sedangkan simulasi digunakan untuk melihat distribusi respons pada model tiga dimensi. Pendekatan ini sejalan dengan kajian finite element pada komponen poros dan axle yang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi kritis serta mengevaluasi pengaruh kondisi batas terhadap respons struktur (Firmansyah et al., 2026; Wibowo et al., 2025). Dengan demikian, integrasi kedua pendekatan memperjelas perubahan kondisi poros dari aman, mendekati batas, hingga berisiko gagal seiring peningkatan beban.

Analisis Statik Poros Menggunakan SolidWorks

Analisis statik pada SolidWorks digunakan untuk mengevaluasi respons poros terhadap pembebanan pada kondisi tertentu melalui distribusi tegangan, regangan, perpindahan, dan factor of safety (Iski et al., 2022; Muzakki et al., 2026). Hasil ini penting untuk mengetahui apakah material masih bekerja dalam daerah elastis dan belum mencapai batas luluh. Namun, sebagaimana menjadi dasar masalah pada pendahuluan, poros roda belakang bekerja sebagai komponen berputar yang menerima pembebanan berulang selama kendaraan membawa muatan, bergerak pada permukaan jalan yang tidak rata, melakukan akselerasi, maupun pengereman. Karena itu, hasil statik tidak dapat berdiri sendiri. Analisis fatigue diperlukan untuk melengkapi penilaian karena kegagalan poros dapat terjadi akibat akumulasi siklus tegangan meskipun pada satu kondisi statik tegangan masih berada di bawah yield strength.

Distribusi tegangan pada model menunjukkan bahwa area di sekitar tumpuan dan jalur transfer beban menjadi bagian yang perlu mendapatkan perhatian lebih besar. Secara mekanika, reaksi tumpuan membentuk momen internal yang menyebabkan tegangan lentur meningkat pada bagian tertentu dari poros. Kondisi ini konsisten dengan temuan Hakim et al. (2026) bahwa peningkatan kombinasi beban lentur dan torsi menurunkan faktor keamanan poros, serta dengan studi Kailani et al. (2025) dan Wibowo et al. (2025) yang menggunakan analisis elemen hingga untuk menemukan lokasi kritis pada komponen axle. Implikasinya, redesign tidak harus selalu berupa penambahan diameter secara menyeluruh, tetapi dapat diarahkan pada bagian kritis melalui optimasi diameter lokal, radius fillet, detail alur pasak, maupun konfigurasi tumpuan.

Pada salah satu skenario simulasi diperoleh tegangan von Mises maksimum sebesar 224,2 MPa, yang masih berada di bawah yield strength material pada model sehingga belum menunjukkan deformasi plastis pada kondisi statik tersebut. Akan tetapi, hasil ini tidak dapat digunakan untuk menyatakan bahwa poros aman pada seluruh variasi beban. Tabel 2 menunjukkan pola yang lebih luas: ketika massa dinaikkan dari 50 kg hingga 1000 kg, tegangan lentur dan tegangan von Mises terus meningkat, sedangkan faktor keamanan statik dan fatigue terus menurun. Pola tersebut mendukung fokus penelitian pada penentuan batas operasional, karena kondisi aman pada satu skenario simulasi dapat berubah menjadi kritis ketika beban bertambah atau bekerja secara berulang.

1. Pembahasan Tegangan (von Mises Stress)

Tegangan von Mises digunakan untuk menggambarkan tegangan ekuivalen akibat kombinasi pembebanan yang diterima poros. Berdasarkan Tabel 2, nilainya meningkat dari 22,05 MPa pada massa 50 kg menjadi 110,24 MPa pada 250 kg, 132,32 MPa pada 300 kg, 198,45 MPa

pada 450 kg, dan mencapai 440,93 MPa pada 1000 kg. Kenaikan ini mengikuti peningkatan gaya dan momen akibat bertambahnya massa, sehingga memperlihatkan hubungan langsung antara beban angkut dan intensitas tegangan pada poros. Bagaskoro & Aryadi (2024) juga menunjukkan bahwa poros AISI 1045 berdiameter 35 mm dapat memiliki respons tegangan dan factor of safety yang berbeda bergantung pada skenario pembebanan dan kondisi batas. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penilaian diameter 35 mm tidak dapat dipisahkan dari besar beban yang bekerja; kontribusi utamanya adalah menunjukkan perkembangan tegangan secara bertahap pada rentang massa 50-1000 kg.

2. Pembahasan Perpindahan (Displacement)

Perpindahan maksimum sebesar 1,147 mm terjadi pada bagian yang memiliki kebebasan deformasi paling besar, sedangkan nilai 0 mm berada pada area fixed geometry. Hasil ini menunjukkan bahwa kekakuan poros dipengaruhi oleh posisi tumpuan, panjang bentang efektif, dan distribusi beban yang bekerja. Pembahasan perpindahan penting karena pendahuluan menempatkan deformasi sebagai salah satu respons mekanik yang perlu diperhatikan selain tegangan dan faktor keamanan. Meskipun penelitian ini belum menetapkan batas serviceability khusus untuk alignment roda atau kestabilan kendaraan, nilai displacement tetap dapat digunakan untuk mengidentifikasi bagian yang paling mudah mengalami lendutan dan sebagai parameter pembanding dalam proses redesign. Hal ini sejalan dengan pendekatan optimasi poros yang menilai desain berdasarkan respons mekaniknya, sebagaimana dikemukakan oleh (Hamijoyo et al., 2025).

3. Pembahasan Regangan (Strain)

Regangan ekuivalen maksimum sebesar $7,718 \times 10^{-4}$ dan minimum $1,516 \times 10^{-6}$ menunjukkan respons deformasi pada skenario simulasi statik. Ketika dibaca bersama tegangan yang belum mencapai yield strength pada skenario tersebut, hasil ini mengindikasikan bahwa model masih menunjukkan perilaku elastis dan belum memprediksi deformasi permanen akibat satu kali pembebanan. Namun, kondisi elastis pada satu siklus tidak dapat disamakan dengan ketahanan jangka panjang terhadap pembebanan berulang. Literatur yang dibahas pada pendahuluan menunjukkan bahwa kegagalan poros sering berkaitan dengan konsentrasi tegangan dan mekanisme fatigue pada pembebanan siklik (Ketmuang et al., 2024). Oleh karena itu, hasil strain dalam penelitian ini lebih tepat digunakan untuk memperjelas respons deformasi statik, sedangkan batas penggunaan poros tetap harus mempertimbangkan analisis fatigue.

4. Pembahasan Faktor Keamanan (Factor of Safety)

Factor of safety menunjukkan perubahan yang paling jelas dalam menentukan batas operasional poros. Pada skenario simulasi statik tertentu, factor of safety minimum sebesar 2,364 masih menunjukkan adanya cadangan terhadap kondisi luluh. Akan tetapi, Tabel 2 memperlihatkan bahwa margin fatigue menurun lebih cepat: nilainya 1,73 pada 250 kg, 1,44 pada 300 kg, 1,23 pada 350 kg, 1,08 pada 400 kg, dan turun di bawah satu menjadi 0,96 pada 450 kg. Artinya, poros dapat masih memiliki margin terhadap kegagalan statik tetapi telah kehilangan margin terhadap pembebanan berulang. Temuan ini sejalan dengan Zhou & Chang (2022) yang menunjukkan pentingnya menggabungkan analisis statik dan fatigue pada rear axle yang menerima beban siklik. Penggunaan Modified Goodman dalam penelitian ini karena itu menjadi penting untuk menerjemahkan respons tegangan menjadi batas penggunaan yang lebih realistis bagi Trike Bike Cargo.

5. Pembahasan Beban dan Reaksi Tumpuan

Peningkatan massa secara langsung menaikkan gaya berat yang diterima sistem. Berdasarkan Tabel 2, gaya meningkat dari 245,25 N pada 50 kg menjadi 4.905 N pada 1000 kg. Gaya tersebut kemudian didistribusikan melalui tumpuan dan menghasilkan momen lentur yang menjadi dasar meningkatnya tegangan pada poros. Besarnya reaksi pada masing-masing tumpuan ditentukan oleh posisi dan distribusi muatan, sehingga gaya total tidak dapat disamakan dengan gaya pada satu sisi poros. Hal ini berkaitan langsung dengan permasalahan praktis yang dikemukakan pada pendahuluan, yaitu kapasitas angkut yang sering ditentukan tanpa verifikasi kekuatan komponen. Dalam kondisi lapangan, muatan tidak simetris, ketidakrataaan jalan, akselerasi, dan pengereman dapat mengubah reaksi tumpuan serta menambah kombinasi lentur dan puntir. Karena itu, batas beban hasil

penelitian harus dipahami sebagai batas berdasarkan asumsi pemodelan yang digunakan dan perlu diterapkan secara konservatif pada operasi aktual.

6. Evaluasi Kelayakan Desain Poros

Secara keseluruhan, hasil penelitian menjawab pertanyaan penelitian pada pendahuluan bahwa peningkatan beban menyebabkan gaya, tegangan lentur, tegangan von Mises, dan respons deformasi meningkat, sementara faktor keamanan statik dan terutama faktor keamanan fatigue menurun. Rentang hingga sekitar 250 kg masih memberikan margin keamanan yang memadai dalam model. Pada 300 kg, faktor keamanan fatigue turun menjadi 1,44 sehingga poros memasuki zona transisi dan perlu digunakan dengan kehati-hatian. Pada 350-400 kg, margin fatigue semakin mendekati satu, sedangkan mulai sekitar 450 kg nilainya berada di bawah satu dan menunjukkan risiko kegagalan akibat pembebanan berulang. Pemetaan bertahap dari 50 kg hingga 1000 kg ini menjawab celah penelitian yang disebutkan pada pendahuluan, karena evaluasi tidak berhenti pada satu skenario beban, tetapi menghubungkan perhitungan mekanika, tegangan ekuivalen, deformasi, faktor keamanan statik, dan Modified Goodman untuk menentukan batas operasional. Secara praktis, hasil ini mendukung batas operasional konservatif sekitar 250 kg serta menunjukkan perlunya redesign melalui peningkatan diameter atau optimasi geometri apabila kendaraan ditujukan untuk membawa beban yang lebih besar. Penelitian selanjutnya perlu memasukkan spektrum beban jalan aktual, kondisi muatan tidak simetris, detail konsentrasi tegangan, variasi geometri, dan validasi eksperimen agar batas desain dapat ditetapkan dengan lebih representatif terhadap kondisi operasi nyata.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan massa pembebanan dari 50 kg hingga 1000 kg menyebabkan kenaikan tegangan lentur dan tegangan von Mises, disertai penurunan faktor keamanan statik dan fatigue pada poros roda belakang Trike Bike Cargo berbahan baja S45C dengan panjang 1100 mm dan diameter 35 mm. Berdasarkan hasil perhitungan, konfigurasi poros masih memiliki margin keamanan yang memadai hingga sekitar 250 kg, dengan faktor keamanan statik sebesar 3,36 dan faktor keamanan fatigue sebesar 1,73. Pada pembebanan 300 kg, faktor keamanan fatigue menurun menjadi 1,44, kemudian menjadi 1,08 pada 400 kg, sehingga menunjukkan semakin terbatasnya margin keamanan terhadap pembebanan berulang. Pada pembebanan 450 kg, faktor keamanan fatigue mencapai 0,96 atau berada di bawah satu, yang mengindikasikan bahwa konfigurasi poros tidak lagi memenuhi kriteria keamanan fatigue berdasarkan model perhitungan. Temuan ini menegaskan bahwa penilaian kelayakan poros tidak cukup didasarkan pada kekuatan statik, tetapi juga harus mempertimbangkan risiko kegagalan akibat pembebanan berulang.

Secara praktis, penelitian ini memberikan dasar teknis bagi perancangan dan evaluasi keamanan poros roda belakang Trike Bike Cargo, terutama dalam menentukan batas pembebanan konservatif dan kebutuhan desain ulang. Pembebanan sekitar 250 kg dapat dijadikan acuan awal yang konservatif untuk konfigurasi poros yang dianalisis, tetapi belum dapat dinyatakan sebagai kapasitas angkut kendaraan yang telah tervalidasi secara operasional. Apabila diperlukan kemampuan menahan pembebanan yang lebih besar, perancangan ulang dapat dipertimbangkan melalui peningkatan diameter poros, optimalisasi geometri alur pasak, atau pemilihan material alternatif dengan tetap memperhitungkan tegangan, deformasi, dan ketahanan *fatigue*. Penelitian ini masih terbatas pada asumsi pembebanan dan parameter model yang digunakan sehingga penelitian selanjutnya perlu memperjelas definisi massa pembebanan, mengevaluasi kondisi tumpuan dan konsentrasi tegangan, mempertimbangkan variasi beban operasional, serta melakukan validasi eksperimental untuk memastikan kesesuaian hasil perhitungan dengan kondisi penggunaan sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan artikel jurnal yang berjudul "Perancangan Poros Roda Trike Bike Cargo Berdasarkan Analisis Gaya dan Tegangan yang Bekerja."

Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada Universitas Medan Area, khususnya Program Studi Teknik Mesin, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama proses penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses perancangan, pengujian, pengumpulan data, analisis gaya dan tegangan, hingga penyelesaian artikel ini.

Apresiasi juga disampaikan kepada rekan-rekan, mahasiswa, teknisi, serta pihak-pihak lain yang telah memberikan masukan, diskusi, dan bantuan teknis selama penelitian berlangsung. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi Trike Bike Cargo, khususnya dalam aspek perancangan poros roda yang aman, kuat, dan sesuai dengan beban kerja yang diterima.

Akhirnya, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan dan kontribusinya dalam penyelesaian penelitian ini.

PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Darianto (Penulis 1): Konseptualisasi penelitian, perumusan metodologi, perancangan poros roda Trike Bike Cargo, analisis gaya dan tegangan, supervisi penelitian, serta penyusunan dan penyuntingan naskah artikel. Bobi (Penulis 2): Pengumpulan data, pelaksanaan pengukuran dan pengujian, pengolahan data hasil penelitian, analisis teknis, serta membantu penyusunan naskah artikel. Qoriah (Penulis 3): Studi literatur, pengolahan dan visualisasi data, analisis hasil penelitian, pemeriksaan naskah, serta membantu penyuntingan dan penyelesaian artikel. Seluruh penulis telah membaca, memberikan masukan, dan menyetujui versi akhir naskah untuk dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arwini, N. P. D. and I. P. K. S. (2026). Karakteristik dan jenis kendaraan logistik di indonesia. *WidyaTeknik*, 21(2), 43–52.
- Bagaskoro, S., & Aryadi, W. (2024). Strength Analysis of Rollers and Supports of A Hydraulic Dynamometer Chassis Using Finite Element Method. *Jurnal Inovasi Mesin*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/10.15294/jim.v6i1.8961>
- Basselo, D., Tangkuman, S., & Rembet, M. (2013). Optimasi Diameter Poros Terhadap Variasi Diameter Sproket Pada Roda Belakang Sepeda Motor. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 3(1).
- biomej, F. N., biomej, L. E., biomej, R. I., biomej, W. S., biomej, A. F., biomej, T. S., biomej, W. L., & biomej, N. A. (2023). Torque Load Analysis on Rear Axle Shaft Material AISI 4340 Normalized. *BIOMEJ*, 2(2), 36–40. <https://doi.org/10.33005/biomej.v2i2.59>
- Firmansyah, G. P., Abdi, F. I., Ganda, A. N. F., & ... (2026). Analisis Perbandingan Kekuatan Struktural Poros Roda Kereta Api Menggunakan Metode Finite Element Analysis. *Jurnal Rekayasa*
- Fisu, A. Akbar. R. S. dan J. T. (2025). *Transportasi Pedesaan Indonesia (Silent Route and Rugged Path: Rural Transportation in Indonesia)*. Penerbit Shofia.
- García Castellanos, C. J. (2023). Estudio simulación esfuerzos en acero AISI/SAE 1045 por medio modelación en SolidWorks. *InGente Americana*, 3(3). <https://doi.org/10.21803/ingecana.3.3.669>
- Hakim, M. A., Qudratullah, F., Heriana, E., Sukmara, S., Prianto, A. E., & Susilo, S. (2026). Pengaruh Perlakuan Panas Quenching dan Tempering terhadap Kekerasan Baja AISI 1045 untuk Poros Mesin. *TECHNOMA*, 4(2). <https://doi.org/10.30653/technoma.v4i2.353>
- Hamijoyo, K., Widodo, L., & Aklis, N. (2025). Optimasi Desain Poros Alat Uji Daya Kendaraan Roda Dua Jenis Inertia Dynamometer. *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, 31(1). <https://doi.org/10.36309/goi.v31i1.360>
- Huang, Z., Wang, J., Hu, Y., Jiang, Y., Xu, Y., & Wan, X. (2024). Failure Mechanism of Rear Drive Shaft in a Modified Pickup Truck. *Metals*, 14(6), 641. <https://doi.org/10.3390/met14060641>
- Iski, M. I., Sari, D. Y., Nurdin, H., & Irzal, I. (2022). ANALISIS TEGANGAN PADA POROS ENGGOL SEPEDA MOTOR HONDA GL PRO NEOTECH MENGGUNAKAN SOLIDWORKS 2021. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(3). <https://doi.org/10.24036/vomek.v4i3.391>
- Jeong, C.-Y., & Park, S.-Y. (2025). Shaft Fatigue Failure and Numerical Analysis of V-Belt Driven Centrifugal Fan. *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, 28(2), 48–57.

- <https://doi.org/10.5293/kfma.2025.28.2.048>
- Kailani, A. J., Nuriskasari, I., & Subarkah, D. R. (2025). Analisis Kegagalan Poros High Pressure Circulation Pump 1B2 Dengan Metode Elemen Hingga. *Seminar Nasional Inovasi*
- Ketmuang, Y., Boonmag, V., & Phukaoluan, A. (2024). Fracture Analysis of S45C Medium Carbon Steel for the Van Front Drive Shaft. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 35–43. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.13.1.35-43>
- Muhammad Irfan, & G. G. S. (2025). Desain Prototype Sepeda Listrik Tiga Roda Sebagai Alat Transportasi Untuk Pengiriman Paket Di Kota Bekasi. *VisArt: Jurnal Seni Rupa Dan Design*, 3(1).
- Muzakki, H., Komarudin, U., & Prasetya, A. (2026). Static Load Evaluation of Kaplan Turbine Shaft in Hydraulic Pump System Using Finite Element Analysis (FEA) Method. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 11(1). <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v11i1.1827>
- Sandya Gilang Samudra, & Oscar Haris. (2025). Analisa Tegangan dan Safety Factor Pada Design Poros Mesin Crusher Untuk HDPE Kapasitas 0.2646 Kg/min. *Jurnal Mema (Jurnal Mesin Dan Manufaktur)*, 2(1), 43–52. <https://doi.org/10.66865/j25pc283>
- T., M. R., Kismanti, S. T., & Nurdin, Muh. F. (2022). Rancang Bangun Dan Analisis Kekuatan Poros Roda Belakang Pada Mobil Listrik. *Journal BEARINGS: Borneo Mechanical Engineering and Science*, 1(1). <https://doi.org/10.35334/bearings.v1i1.3033>
- Wibowo, D., Zaenudin, M., & Saleh, Y. K. P. (2025). Analisis Kegagalan pada As Roda Belakang Dump Truck Hino 500 Berbasis Finite Element Analysis. *JURNAL CRANKSHAFT*, 8(2). <https://doi.org/10.24176/cra.v8i2.15040>
- Zhou, D., & Chang, J. (2022). Fatigue Analysis of a Light Truck Rear Axle Based on Virtual Iteration Method. *Shock and Vibration*, 2022, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2022/8598491>