



ANALISIS KINERJA POROS RODA SEPEDA MOTOR MELALUI PENDEKATAN *FINITE ELEMENT METHOD* DENGAN DUKUNGAN SOFTWARE SOLIDWORKS

PERFORMANCE ANALYSIS OF MOTORCYCLE WHEEL SHAFT USING *FINITE ELEMENT METHOD* APPROACH WITH SOLIDWORKS SOFTWARE

Agus Dwi Putra¹, Galuh Zuhria Kautzar², Nicko Nur Rakhmaddian³, Faradilla Fauziyah Risnawati⁴
^{1,2,3,4} Politeknik Negeri Malang

Email. ¹agus.dwi@polinema.ac.id, ²galuh.zuhria@polinema.ac.id, ³nicko.nur@polinema.ac.id,
⁴faradilla.fauziyah@polinema.ac.id.

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima: Okt 2024
Disetujui: Nov 2024
Dipublikasikan:
Nov 2024

Kata kunci:

Baja Karbon,
Metode Elemen
Hingga,
Poros Roda,
Solidworks

Keywords:

Carbon Steel,
Finite Element
Method,
Wheel Shaft,
Solidworks

Abstrak

Poros roda sepeda motor adalah komponen vital yang mempengaruhi kinerja kendaraan dan keselamatan pengendara. Penelitian ini didorong oleh kebutuhan untuk memastikan desain poros roda yang optimal, mengingat perannya yang krusial dalam mentransfer tenaga, menahan beban, dan menjaga stabilitas sepeda motor. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini Menggunakan metode elemen hingga melalui software SolidWorks, penelitian ini mengevaluasi tegangan Von Mises, regangan, dan faktor keamanan, dengan material baja karbon yang dikenal kuat dan tahan korosi sebagai bahan utama. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum sebesar $2,827 \times 10^8$ N/m², dengan perpindahan maksimum $4,252 \times 10^{-3}$ mm, dan faktor keamanan minimum $5,111 \times 10^2$, yang mengindikasikan keandalan desain. Penelitian ini mengidentifikasi area kritis yang rentan terhadap kegagalan dengan pendekatan berbasis simulasi, penelitian ini menegaskan urgensi analisis elemen hingga dalam pengembangan komponen mekanik yang aman dan efisien, serta berkontribusi pada peningkatan performa dan keselamatan kendaraan.

Abstract

The motorcycle wheel shaft is a vital component that significantly impacts vehicle performance and rider safety. This study is motivated by the need to ensure an optimal wheel shaft design, considering its critical role in transmitting power, bearing loads, and maintaining the motorcycle's stability. The approach used in this research employs the Finite Element Method (FEM) through SolidWorks software to evaluate Von Mises stress, strain, and the factor of safety, with carbon steel a material known for its strength and corrosion resistance as the primary material. The analysis results reveal a maximum stress of 2.827×10^8 N/m², a maximum Displacement of 4.252×10^{-3} mm, and a minimum factor of safety of 5.111×10^2 , indicating a reliable design. The study identifies critical areas prone to failure. Using a simulation-based approach, this research underscores the importance of FEM analysis in the development of safe and efficient mechanical components, contributing to enhanced performance and safety of vehicles.

PENDAHULUAN

Poros roda pada sepeda motor merupakan komponen vital dalam sistem transmisi yang berfungsi untuk mentransfer tenaga mesin ke roda, menahan beban kendaraan, serta menjaga kestabilan. Kegagalan pada poros roda sering kali terjadi akibat tegangan berlebih, material yang tidak memenuhi standar, atau desain yang kurang optimal. Studi oleh (Cook, Malkus, D. S., Plesha, and Witt 2017) mengidentifikasi bahwa retak pada poros roda umumnya dipicu oleh konsentrasi tegangan pada area tertentu, yang sering kali diabaikan selama proses desain. Kegagalan semacam ini dapat menyebabkan kerusakan sistem secara keseluruhan, menurunkan performa kendaraan, hingga membahayakan keselamatan pengendara.

Material yang digunakan untuk poros roda memainkan peran signifikan dalam menentukan keandalan dan daya tahannya. Baja karbon (*carbon steel*) telah lama digunakan sebagai material standar karena sifat mekaniknya yang unggul, seperti kekuatan tinggi, ketahanan terhadap korosi, dan biaya yang terjangkau (Liu et al. 2021). Namun, pemilihan baja karbon yang tidak sesuai dengan kondisi pembebanan dapat mempercepat kegagalan komponen. Penelitian oleh (Cook, Malkus, D. S., Plesha, and Witt 2017) dan (Agus Dwi Putra, Pradani, and Saepuddin 2022) menunjukkan bahwa material dengan nilai kekuatan luluh tinggi dan kemampuan menahan deformasi adalah pilihan terbaik untuk aplikasi pada poros roda, terutama dalam kondisi pembebanan dinamis.

Untuk mengatasi tantangan ini, metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) merupakan pendekatan yang sangat direkomendasikan. Metode ini memungkinkan analisis mendalam terhadap distribusi tegangan, deformasi, dan faktor keamanan dalam struktur yang kompleks (Gondhali, Dhale, and Pagare 2019). Dengan perangkat lunak seperti SolidWorks, FEM dapat digunakan untuk memodelkan poros roda secara detail dan mengevaluasi kinerjanya di bawah berbagai skenario pembebanan. Penelitian oleh (Poojari et al. 2019) dan (Agus Dwi Putra et al. 2024) menegaskan bahwa simulasi berbasis FEM tidak hanya mampu mengidentifikasi area kritis yang rentan terhadap kegagalan tetapi juga memberikan dasar yang kuat untuk optimasi desain dan pemilihan material.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk memastikan bahwa desain poros roda tidak hanya kuat dan andal tetapi juga memenuhi standar keselamatan yang tinggi. Dengan mendukung analisis berbasis simulasi dan material yang direkomendasikan, penelitian ini diharapkan dapat mencegah kegagalan komponen, meningkatkan performa kendaraan, dan memberikan kontribusi pada keselamatan pengendara sepeda motor.

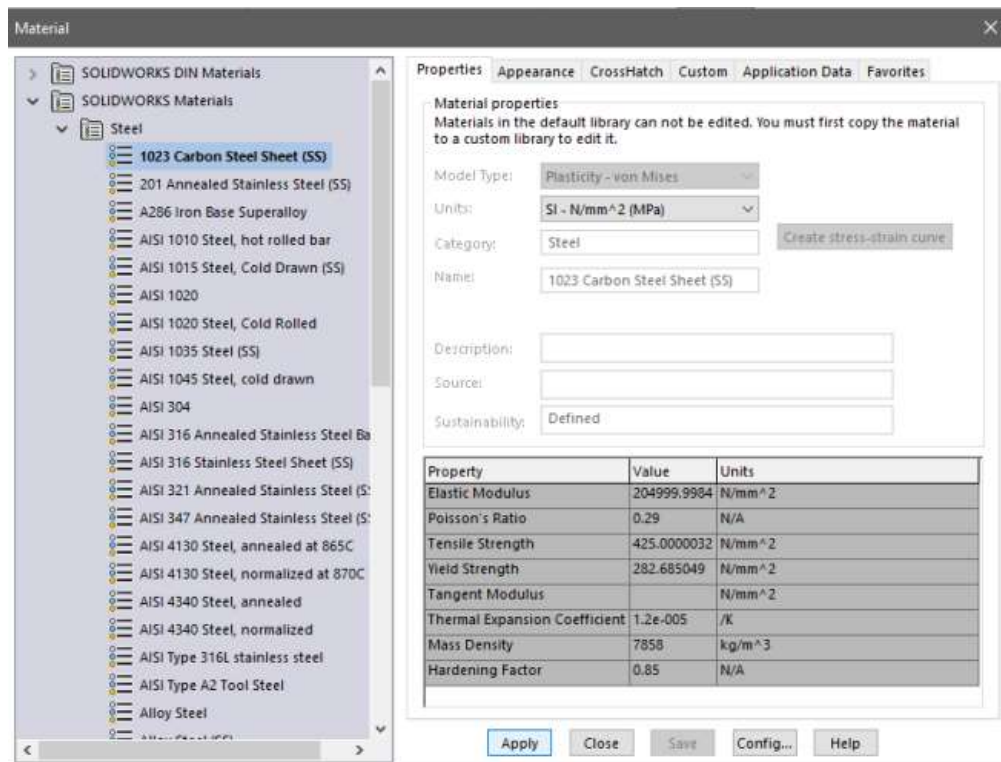
METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan struktural poros roda sepeda motor menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) yang diterapkan melalui perangkat lunak SolidWorks. Berikut adalah tahapan rinci dari metode penelitian yang dilakukan.

Pengumpulan Data dan Informasi

Pengukuran dimensi aktual poros roda dilakukan untuk memastikan model 3D (tiga dimensi) yang dihasilkan memiliki akurasi tinggi. Data ini mencakup panjang, diameter, serta konfigurasi lainnya yang relevan yang sering dikenal dengan data geometri.

Baja karbon (*carbon steel*) dipilih sebagai material penelitian. Informasi sifat mekanik material, seperti kekuatan luluh (*yield strength*), modulus elastisitas (*elastic modulus*), dan rasio *Poisson*, diambil dari referensi literatur dan database material yang dapat diamatai pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Materials properties

Prosedur Penelitian

Model 3D poros roda dibuat menggunakan perangkat lunak CAD, SolidWorks 2020, berdasarkan data geometri yang dikumpulkan. Proses ini mencakup: 1) Pemodelan dimensi utama dan detail; 2) Penambahan fitur-fitur seperti lubang, ulir, atau area kritis yang mungkin terpengaruh oleh tegangan; dan 3) Validasi model 3D terhadap data fisik untuk memastikan kesesuaian desain.

Finite Element Simulation Process

Persiapan pertama untuk proses simulasi yaitu menentukan nilai elemen *mesh* yang akan digunakan. Model 3D dibagi menjadi beberapa elemen-elemen diskret (*meshing*) untuk simulasi elemen hingga. Parameter *meshing*, seperti ukuran elemen dan jenis elemen yang digunakan adalah jenis *tetrahedron*, serta disesuaikan untuk mencapai hasil simulasi yang akurat. *Mesh refinement* dilakukan pada area kritis untuk meningkatkan ketelitian.

Pembebanan dan Ambang Batas

Proses selanjutnya yaitu penentuan pembebanan berdasarkan studi kasus dan referensi yang ada, dimana beban statis yang diterapkans sebesar 2000N (setara dengan beban total kendaraan dan pengendara) atau sekitar 200 kg lebih diterapkan pada area tertentu yang sesuai. Kondisi batas (*boundary conditions*) ditentukan untuk mensimulasikan sambungan tetap (*fixed support*) pada ujung poros roda.

Analisis Parameter

Analisis dalam penelitian ini meliputi beberapa analisis diantaranya yaitu analisis *Von Mises Stress* dimana analisis ini berguna untuk mengidentifikasi distribusi tegangan maksimum di seluruh komponen. Selain itu *Von Mises Stress* juga digunakan untuk

mengevaluasi kegagalan material berdasarkan hipotesis energi distorsi melalui persamaan berikut.

$$\sigma\theta = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]} \text{ ----- (1.1)}$$

Keterangan:

$\sigma_1\sigma_2\sigma_3$: Tegangan utama (*principal stresses*) pada arah masing-masing sumbu

Analisis yang kedua yaitu identifikasi *Displacement* yang dihasilkan. *Displacement* (perpindahan) berguna untuk mengevaluasi deformasi akibat pembebanan. *Displacement* juga berfungsi untuk menunjukkan perubahan posisi atau deformasi akibat pembebanan, yang dihitung melalui metode elemen hingga.

$$u = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + u_z^2} \text{ ----- (2.1)}$$

Keterangan:

u_x, u_y, u_z : Perpindahan pada arah sumbu x, y , dan z

Analisis selanjutnya yaitu identifikasi *strain* yang dihasilkan dari proses simulasi. Analisis *strain* berguna untuk mengukur perubahan bentuk akibat tegangan yang diterapkan. *Strain* juga sering disebut perubahan relatif panjang akibat pembebanan.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \text{ ----- (3.1)}$$

Keterangan:

ΔL : Perubahan panjang akibat pembebanan

L : Panjang awal material

Analisis *strain* juga dapat ditentukan melalui persamaan

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \text{ ----- (3.2)}$$

Keterangan:

σ : Tegangan

E : Modulus elastisitas

Analisis yang terakhir adalah identifikasi faktor keamanan (*safety factor*) material. Faktor keamanan berfungsi untuk menentukan apakah desain aman digunakan berdasarkan tegangan maksimum material. Faktor keamanan mendefinisikan margin keamanan desain terhadap kegagalan, dihitung dengan:

$$S_f = \frac{\sigma_y}{\sigma_v} \text{ ----- (4.1)}$$

Keterangan:

S_f : Faktor keamanan

σ_y : Kekuatan luluh (*yield strength*) material

σ_v : Tegangan *Von Mises* maksimum

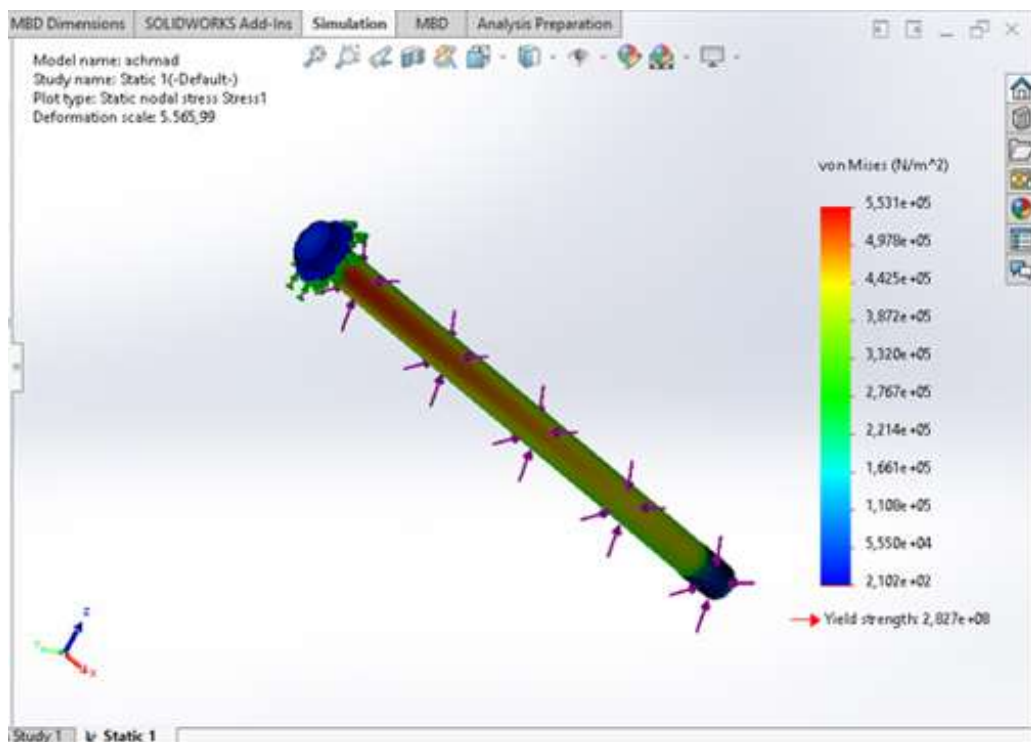
Hasil simulasi berikutnya dibandingkan dengan standar desain dan referensi literatur untuk memastikan keandalan. Jika hasil analisis menunjukkan potensi kegagalan, modifikasi desain dilakukan, seperti penyesuaian dimensi atau material.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dalam penelitian ini idbagi menjadi beberapa sub-bab yang akan diuraikan satu persatu didukung dengan referensi yang ada.

Tegangan Von Mises

Hasil analisis pembebanan statis menghasilkan tegangan *Von Mises* maksimum sebesar $2,827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Sedangkan tegangan *Von Mises* minimum sebesar $5,566 \text{ N/m}^2$. Nilai tegangan maksimum yang terjadi berada di bawah kekuatan luluh baja karbon (*carbon steel*) sebesar 250 MPa (Liu et al. 2021), menunjukkan bahwa material mampu menahan beban tanpa deformasi permanen. Area konsentrasi tegangan tertinggi ditemukan pada sambungan roda, yang memerlukan perhatian desain untuk mengurangi risiko kegagalan akibat akumulasi tegangan lokal (Poojari et al. 2019) dan (Aquino, Armero, and CA 2021). Selain itu, hasil ini sejalan dengan penelitian oleh (Mr. Ganesh S. Khule 2021), yang menegaskan pentingnya distribusi beban yang merata untuk mengurangi kemungkinan kegagalan struktural pada komponen mekanik seperti poros roda. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 2 berikut.

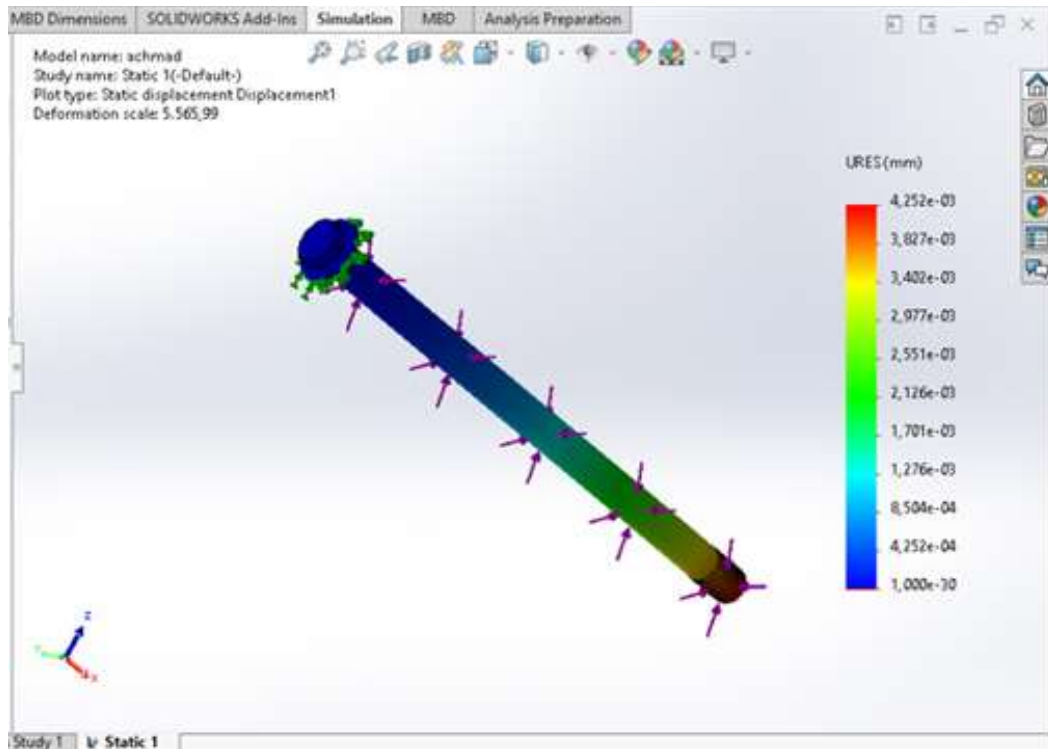


Gambar 2. Analisis tegangan Von Mises

Perpindahan (*Displacement*)

Hasil analisis simulasi menggunakan metode elemen hingga menunjukkan bahwa *Displacement* maksimum yang dihasilkan sebesar $4,252 \times 10^{-3} \text{ mm}$. untuk hasil *Displacement* minimum sebesar $1,000 \times 10^{-30} \text{ mm}$, hal ini menunjukkan bahwa desain dan material yang dipilih sangat direkomendasikan karena *Displacement* yang dihasilkannya sangat kecil. Perpindahan maksimum menunjukkan bahwa struktur memiliki kekakuan yang memadai untuk menahan beban tanpa deformasi signifikan. Menurut (Ramesh et al. 2018) dan (Karteeq et al. 2021), perpindahan yang kecil menunjukkan keandalan struktur dalam menghadapi beban dinamis. Hasil ini juga didukung oleh penelitian (Agus Dwi Putra et al. 2020), yang menunjukkan bahwa perpindahan yang rendah meningkatkan umur pakai komponen mekanik. Perpindahan maksimum yang terjadi pada area tengah poros roda mengindikasikan adanya kebutuhan penguatan pada titik tersebut untuk mengurangi risiko

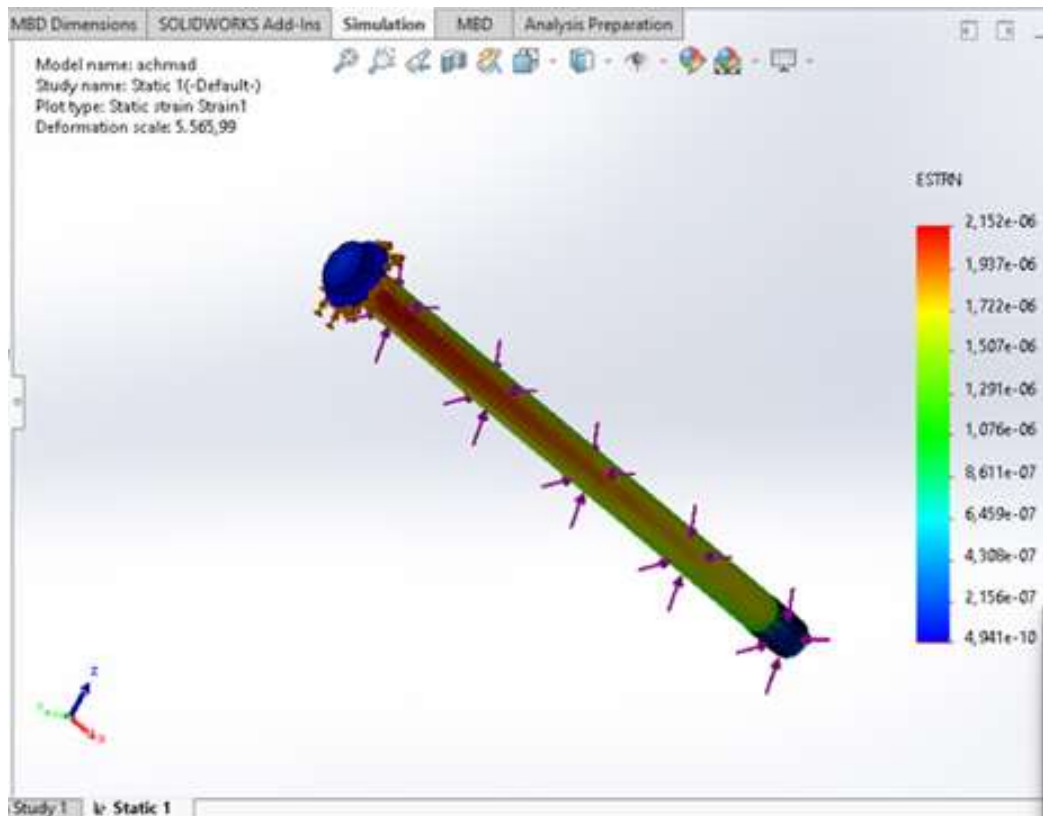
deformasi jangka panjang (Agus Dwi Putra, Rohman, and Wahab 2020). Hasil analisis FEM dapat dilihat pada gambar simulasi *Displacement* gambar 3.



Gambar 3. Analisis *displacement*

Regangan (*Strain*)

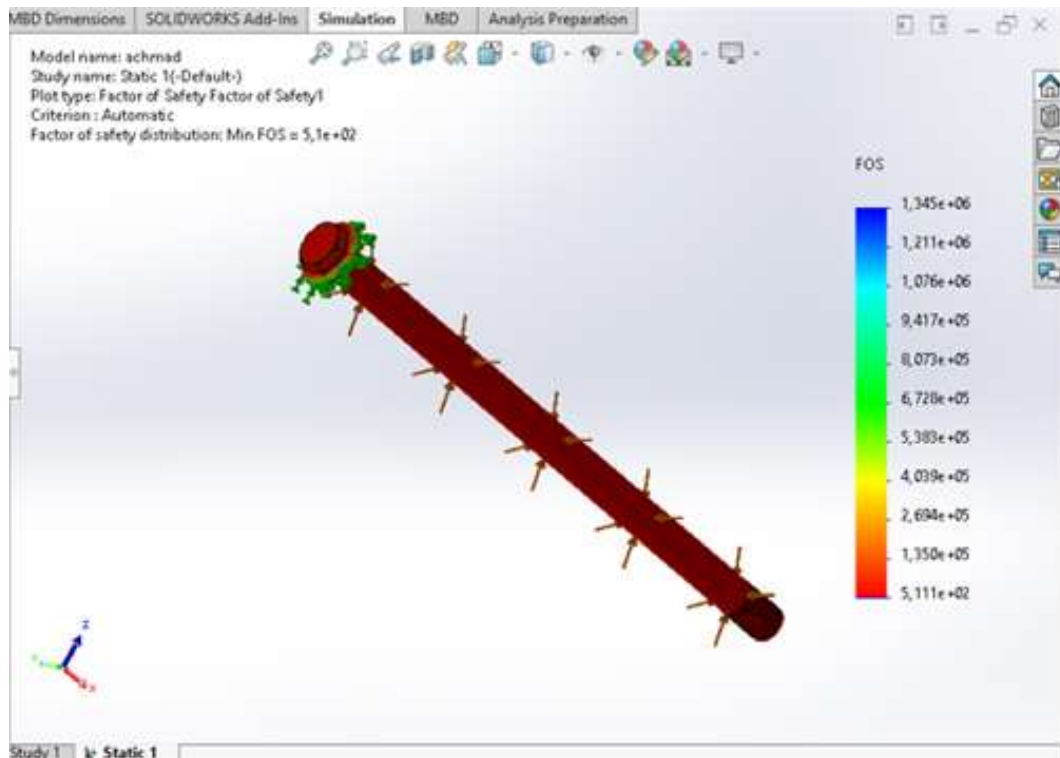
Hasil pengujian regangan pada desain poros roda menghasilkan regangan maksimum sebesar $2,152 \times 10^{-6}$. Sedangkan regangan minimum yang dihasilkan sebesar $4,941 \times 10^{-10}$. Nilai regangan menunjukkan bahwa material masih berada dalam batas elastis, sehingga mampu kembali ke bentuk semula setelah pembebanan. (Aquino, Armero, and CA 2021) mencatat bahwa regangan maksimum dalam material baja karbon harus berada di bawah $2,5 \times 10^{-3}$ untuk mencegah deformasi permanen. Penelitian oleh (Cook, Malkus, D. S., Plesha, and Witt 2017) juga mendukung temuan ini, menyatakan bahwa regangan rendah menunjukkan material memiliki sifat mekanis yang baik untuk aplikasi pembebanan siklik. Selain itu, (Agus Dwi Putra et al. 2024) menegaskan bahwa analisis regangan penting untuk mengidentifikasi potensi retak mikro pada area kritis. Hasil simulasi regangan pada poros roda dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Analisis regangan

Factor of Safety (FOS)

Pengujian pada faktor keamanan ini material baja karbon menunjukkan hasil yang positif dimana FOS yang dihasilkan maksimum sebesar $1,345 \times 10^6$. Sedangkan faktor keamanan minimum sebesar 5,111. Faktor keamanan minimum jauh di atas nilai standar minimum 1,5, seperti yang disarankan oleh (A D Putra and Rohman 2021). Hal ini menunjukkan bahwa desain sangat aman bahkan untuk pembebanan maksimal. Nilai FOS yang tinggi menunjukkan kemungkinan pengurangan dimensi material untuk meningkatkan efisiensi, tanpa mengorbankan keamanan (Agus Dwi Putra, Rohman, and Sulaiman 2021). (Irawan et al. 2016) juga mencatat bahwa nilai FOS yang tinggi mengindikasikan desain yang berlebih (*overdesigned*), yang dapat dioptimalkan lebih lanjut tanpa mengorbankan keamanan. Berikut gambar hasil analisis faktor keamanan yang dituangkan dalam gambar 5.



Gambar 5. Analisis FOS

Identifikasi Area Kritis

Implikasi area kritis memungkinkan untuk diidentifikasi lebih lanjut pada poros roda ini. Area kritis teridentifikasi pada sambungan roda dan ujung poros roda. Area ini mengalami konsentrasi tegangan tertinggi, sesuai dengan temuan oleh (Ghazlan et al. 2021), di mana sambungan menjadi titik rentan kegagalan akibat distribusi tegangan yang tidak merata. Penyesuaian desain seperti menambahkan radius *fillet* atau meningkatkan ketebalan material pada area ini dapat mengurangi konsentrasi tegangan (Xie, Yao, and Zhao 2011). (Eck et al. 2014) dan (Gondhali, Dhale, and Pagare 2019) juga menekankan pentingnya penguatan pada area dengan konsentrasi tegangan untuk mencegah kegagalan dini, sehingga penelitian ini membutuhkan rekomendasi optimasi diantaranya menambahkan *fillet* radius pada area kritis untuk mengurangi konsentrasi tegangan (Akbar 2017), penggunaan material alternatif dengan kekuatan lebih tinggi untuk mengurangi dimensi dan berat (Karteek et al. 2021) dan (Agus Dwi Putra and Pradani 2020).

SIMPULAN

Penelitian ini menganalisis kekuatan struktural poros roda sepeda motor menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak SolidWorks. Berdasarkan hasil simulasi, beberapa kesimpulan utama dapat diambil.

Kekuatan Material: Tegangan maksimum sebesar $2,827 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ masih berada di bawah kekuatan luluh baja karbon, menunjukkan bahwa material tersebut mampu menahan pembebanan tanpa deformasi permanen.

Keandalan Desain: Perpindahan maksimum yang kecil ($4,252 \times 10^{-3} \text{ mm}$) dan nilai faktor keamanan minimum sebesar 5,111 menunjukkan bahwa desain poros roda sangat aman dan mampu memenuhi persyaratan kinerja struktural.

Area Kritis: Area konsentrasi tegangan tertinggi ditemukan pada sambungan roda, yang memerlukan perhatian lebih lanjut dalam desain untuk mengurangi risiko kegagalan.

Optimasi Desain: Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain poros roda dapat dioptimalkan lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi, misalnya melalui pengurangan dimensi material atau penggunaan material alternatif yang lebih ringan.

Sebagai kelanjutan dari penelitian ini, studi lebih lanjut dapat difokuskan pada optimasi desain poros roda dengan mempertimbangkan variasi material dan geometri untuk meningkatkan performa serta efisiensi struktural. Penggunaan material alternatif seperti paduan aluminium atau komposit serat karbon dapat dianalisis untuk mengurangi bobot tanpa mengorbankan kekuatan. Selain itu, pendekatan simulasi dengan kondisi pembebanan dinamis yang lebih kompleks, seperti variasi kecepatan dan gaya kejut saat berkendara, dapat memberikan gambaran lebih realistis mengenai ketahanan poros roda dalam berbagai skenario operasional. Implementasi metode optimasi berbasis kecerdasan buatan, seperti algoritma genetika atau metode optimasi partikel swarm, juga dapat diterapkan untuk mendapatkan desain yang lebih optimal secara otomatis. Penelitian eksperimental dengan pengujian laboratorium, seperti uji kelelahan material atau uji impak, dapat digunakan untuk memvalidasi hasil simulasi dan memastikan keandalan desain dalam kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. 2017. *Simulasi Pengujian Impact Drop-Test Berdasarkan Standarisasi SNI Dan Analisa Perubahan Desain Pelek Mobil Penumpang Dengan Metode Elemen Hingga*. <http://repository.its.ac.id/2988/>.
- Aquino, W., F. Armero, and Berkeley CA. 2021. "Finite Elements in Analysis and Design." *Finite Elements in Analysis and Design* 195:103626. [https://doi.org/10.1016/s0168-874x\(21\)00110-4](https://doi.org/10.1016/s0168-874x(21)00110-4).
- Cook, R. D., M. E. Malkus, D. S., Plesha, and R. J Witt. 2017. *Concepts and Applications of Finite Element Analysis*.
- Eck, Sven, Heinz Oßberger, Uwe Oßberger, Stefan Marsoner, and Reinhold Ebner. 2014. "Comparison of the Fatigue and Impact Fracture Behaviour of Five Different Steel Grades Used in the Frog of a Turnout." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit* 228 (6): 603–10. <https://doi.org/10.1177/0954409713511078>.
- Ghazlan, Abdallah, Tuan Ngo, Ping Tan, Yi Min Xie, Phuong Tran, and Matthew Donough. 2021. "Inspiration from Nature's Body Armours – A Review of Biological and Bioinspired Composites." *Composites Part B: Engineering* 205 (October 2020): 108513. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108513>.
- Gondhali, Suraj L, Atul D Dhale, and Sunil Pagare. 2019. "Static Structural Analysis of Car Rim by Finite Element Method." In *Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation*, edited by Hari Vasudevan, Vijaya Kumar N Kottur, and Amool A Raina, 181–93. Singapore: Springer Singapore.
- Irawan, Andi Husni, Suryasa Majanasasra, R. Bagus, and R. Hengki Rahmanto. 2016. "Analisis Kekuatan Velg Cast Wheel Sepeda Motor Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma* 45" Bekasi 4 (2).
- Karteek, Navuri, Pothamsetty Kasi V. Rao, K. Ravi Prakash Babu, and D. Mojeshwara Rao. 2021. "Structural Analysis of Motorcycle Alloy Wheel." *E3S Web of Conferences*

- 309:1–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130901158>.
- Liu, Junzhen, Junyu Liu, Tingjie Liu, Runhua Luo, and Xianghui Zhan. 2021. “Wheel Hub Material Selection through Finite Element Analysis Based on Reverse Engineering.” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 714 (3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/714/3/032084>.
- Mr. Ganesh S. Khule, Dr. Anil R. Sahu. 2021. “Design, Modeling, Analysis & Fabrication of Wheel Hub.” *International Research Journal of Engineering and Technology (IJRET)* 8 (6): 43–49.
- Poojari, Mohan, Ashwin Kamarthi, Kshitij K. Shetty, Adithya P. Sanil, and Karthik V. Palan. 2019. “Design and Analysis of the Wheel Hub for an All- Terrain Vehicle with the Plastic Polymer: Nylon- 6,6.” *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments* 42 (5): 119–23. <https://doi.org/10.26480/jmerd.05.2019.119.123>.
- Putra, A D, and M Rohman. 2021. “Analisis Perancangan Service Special Tools Shock Absorber Dengan Generator Ac Menggunakan *Finite Element Methods*.” *Jurnal Taman Vokasi* 9 (1): 1–14. <https://jurnal.ustjogja.ac.id/index.php/tamanvokasi/article/view/10231>.
- Putra, Agus Dwi, Andoko, Retno Wulandari, and Galih Adhi Kurniawan. 2020. “Simulation of Hip Joint Implants Using *Finite Element Method* with Time and Load Variations.” *Key Engineering Materials* 851 KEM:111–21. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.851.111>.
- Putra, Agus Dwi, and Yayi Febdia Pradani. 2020. “SIMULASI BATANG PENGHUBUNG PISTON DENGAN VARIASI MATERIAL Al Alloy DAN Ti Alloy MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA.” *Jurnal Teknologi Terapan: G-Tech* 4 (1): 279–85. <https://doi.org/10.33379/gtech.v4i1.545>.
- Putra, Agus Dwi, Yayi Febdia Pradani, and Ahmad Saepuddin. 2022. *MEKANIKA TEKNIK 1 (STATIKA STRUKTUR)*. Vol. 1.
- Putra, Agus Dwi, Mojibur Rohman, and Mochamad Sulaiman. 2021. “Simulasi Pengaruh Waktu Dan Gerak Terhadap Desain Implan Sendi Pinggul.” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha* 09 (01): 23–31. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23887/jptm.v9i1.28885>.
- Putra, Agus Dwi, Mojibur Rohman, and Abdul Wahab. 2020. “Analisis Desain Excavator Bucket Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Material Baja” 16:4–7.
- Putra, Agus Dwi, Bella Cornelia Tjiptady, Dewi Izzatus Tsamroh, Yayi Febdia Pradani, and Dimas Hani. 2024. “Analisis Shaft Piston Rod Shock Absorber Dengan Material Baja Karbon Menggunakan *Finite Element Method*” 15 (2): 11–18.
- Ramesh, Reshma, R. Jeya Shakila, B. Sivaraman, P. Ganesan, and P. Velayutham. 2018. *Optimization of the Gelatinization Conditions to Improve the Expansion and Crispiness of Fish Crackers Using RSM. LWT - Food Science and Technology*. Vol. 89. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.045>.
- Xie, Mingli, Hongyu Yao, and Zhichang Zhao. 2011. “Failure Analysis on Tread Throw of the Tire of B737-800 Airplane.” *Engineering Failure Analysis* 18 (2): 789–96. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2010.12.024>.