METROTECH
Journal of Mechanical and Electrical Technology
Vol. 05 No. 02, Mei 2026, E-ISSN 2809-9605 | P-ISSN 2827-8097

Analisis Struktur *Paddock* Motor Menggunakan Variasi Material Berbasis Metode Elemen Hingga

Ikhsan Nur Arifianto[1], Deri Teguh Santoso[2*], Ratna Dewi Anjani[3]

[1,2,3] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang
[*]Penulis Korespondensi, email: deri.teguh@ft.unsika.ac.id

Received:10/03/2026 *Revised:17/04/2026* *Accepted: 17/04/2026*

Abstract. *The structural reliability of a motorcycle Paddock stand is essential to ensure safety during maintenance and storage activities. Improper material selection may cause excessive deformation and reduce the safety margin under static loading. This study aims to evaluate the influence of material variation on the structural response of a motorcycle Paddock using the Finite Element Analysis (FEA) method. A three-dimensional model was developed and analyzed in ANSYS under a static load of 981 N, representing a 200 kg motorcycle. Three materials were investigated: Structural Steel S355, Aluminium Alloy 6061-T4, and Stainless Steel 316L. The evaluated parameters were von Mises stress, total deformation, and safety factor. The simulation results show that the maximum von Mises stress for all materials is approximately 99 MPa and remains below the respective yield strengths, indicating elastic behavior. Structural Steel S355 produced the highest safety factor (3.8589) and the smallest deformation (0.068 mm), while Aluminium 6061-T4 had the lowest safety factor (1.277) but remained within safe limits. The results indicate that material selection significantly affects stiffness and structural safety margin. For further development, the research can be expanded by considering dynamic load analysis and material fatigue to obtain a more representative picture of actual usage conditions.*

Keywords: *FEA, ANSYS, Motorcycle paddock, Von mises stress, Safety factor*

Abstrak. Keandalan struktur *Paddock* sepeda motor sangat penting untuk menjamin keamanan selama proses perawatan dan penyimpanan. Pemilihan material yang tidak tepat dapat menyebabkan deformasi berlebih serta menurunkan margin keamanan akibat pembebanan statis. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi material terhadap respons struktural *Paddock* sepeda motor menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*. Model tiga dimensi dibuat dan dianalisis menggunakan perangkat lunak *ANSYS* dengan pembebanan statis sebesar 981 N yang merepresentasikan beban sepeda motor 200 kg. Tiga material yang diuji yaitu *Structural Steel* S355, *Aluminium Alloy* 6061-T4, dan *Stainless Steel* 316L. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *Von Mises*, deformasi total, dan faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum ketiga material berada pada kisaran 99 MPa dan masih berada di bawah batas luluh masing-masing material sehingga struktur berada dalam kondisi elastis. *Structural Steel* S355 menghasilkan faktor keamanan tertinggi sebesar 3,8589 serta deformasi terkecil sebesar 0,068 mm, sedangkan *Aluminium Alloy* 6061-T4 memiliki faktor keamanan terendah sebesar 1,277 namun masih dalam batas aman. Hasil ini menunjukkan bahwa pemilihan material berpengaruh signifikan terhadap kekakuan dan margin keamanan struktur. Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat diperluas dengan mempertimbangkan analisis beban dinamis dan kelelahan material agar diperoleh gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi penggunaan aktual.

Kata Kunci: *FEA*, *ANSYS*, *Paddock* sepeda motor, Tegangan *von mises*, Faktor keamanan

I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif dan meningkatnya aktivitas perawatan sepeda motor menuntut ketersediaan peralatan penunjang yang aman dan memiliki kekuatan struktur yang memadai. Salah satu komponen pendukung tersebut adalah *Paddock stand*, yang berfungsi menopang sepeda motor saat proses perawatan maupun penyimpanan. Desain struktur yang tidak optimal dapat menyebabkan distribusi tegangan yang tidak merata serta risiko kegagalan akibat pembebanan statis [1].

Dalam perancangan struktur mekanik, evaluasi kekuatan material menjadi aspek penting untuk memastikan tegangan kerja tidak melebihi batas luluh material. Analisis numerik menggunakan

metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) banyak digunakan untuk memprediksi respons struktur terhadap beban tanpa harus melakukan pengujian eksperimental secara langsung [2]. Metode ini mampu menganalisis distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan pada geometri yang kompleks dengan tingkat akurasi yang baik. Dalam perancangan struktur mekanik modern, metode numerik seperti *Finite Element Method (FEM)* telah banyak digunakan untuk menganalisis distribusi tegangan, regangan, dan deformasi secara efisien [3]. *FEM* memungkinkan evaluasi parameter penting seperti *equivalent stress (von mises)* dan total *deformation* pada geometri yang kompleks tanpa harus melakukan pengujian eksperimental secara langsung [4].

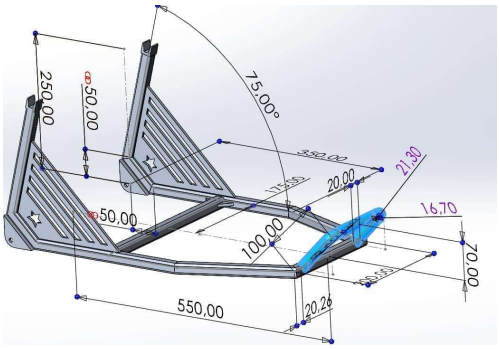
Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *ANSYS* berbasis *Finite Element Method* mampu memberikan hasil analisis yang mendekati perhitungan teoritis pada struktur rangka berbahan baja [5]. Distribusi tegangan maksimum yang terjadi harus berada di bawah nilai *yield strength* material agar struktur tetap berada dalam kondisi elastis [6]. Oleh karena itu, evaluasi faktor keamanan (*safety factor*) menjadi indikator utama dalam menentukan kelayakan desain struktur. Selain pengaruh jenis material, konfigurasi geometri dan sistem rangka tubular juga memengaruhi distribusi tegangan pada struktur [7]. Studi mengenai optimasi struktur tubular menunjukkan bahwa perubahan konfigurasi dapat meningkatkan efisiensi massa tanpa mengurangi kekuatan mekanik secara signifikan [8]. Di sisi lain, kualitas pembagian *Mesh* dalam simulasi juga berperan penting terhadap akurasi hasil analisis, terutama pada area dengan gradien tegangan tinggi.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif numerik berbasis *Finite Element Analysis (FEA)* untuk mengevaluasi *respons* struktural *Paddock* sepeda motor terhadap variasi material. Analisis dilakukan untuk memperoleh distribusi tegangan, regangan, deformasi total, serta faktor keamanan akibat pembebanan statik. Pendekatan *FEA* dipilih karena mampu memprediksi perilaku struktur sebelum proses manufaktur serta banyak digunakan dalam studi analisis struktur rangka dan *Paddock* sepeda motor [9].

A. Pemodelan geometri (modeling)

Model 3D *Paddock* sepeda motor dibuat menggunakan perangkat lunak *CAD* dan diekspor ke *ANSYS* dalam format *STEP*. Penyederhanaan geometri dilakukan tanpa menghilangkan bagian kritis seperti sambungan dan area kontak pembebanan untuk menjaga akurasi distribusi tegangan. Strategi pemodelan ini sesuai dengan prosedur analisis elemen hingga pada studi struktur mekanik berbasis *ANSYS* [3].



Gambar 1. 3D *Paddock* Sepeda Motor

B. Variasi material

Pilihan material didasarkan pada kajian sebelumnya mengenai pengaruh *modulus elastisitas* dan kekuatan luluh terhadap distribusi tegangan dan deformasi pada rangka kendaraan. Informasi sifat material yang dipakai sebagai input *FEA* juga divalidasi terhadap literatur eksperimen.

Tabel 1. *Material Properties Paddock* Sepeda Motor

Nama Material	***Yield Strength***	***Tensile Strength***	***Density***
Structural Steel S355	383 MPa	565 Mpa	7.85 g/cm^3
Aluminium 6061-T4	145 Mpa	241 Mpa	2.7 g/cm^3
Stainless Steel 316L	205 Mpa	515 Mpa	8.0 g/cm^3

Properti material yang dimasukkan ke dalam perangkat lunak meliputi *modulus elastisitas (E), rasio Poisson (v), massa jenis (ρ), dan yield strength*. Parameter yield strength digunakan sebagai dasar perhitungan faktor keamanan. Pemilihan variasi material dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh sifat mekanik terhadap respons struktur sebagaimana dilakukan dalam studi variasi material pada struktur *Paddock* dan rangka [9].

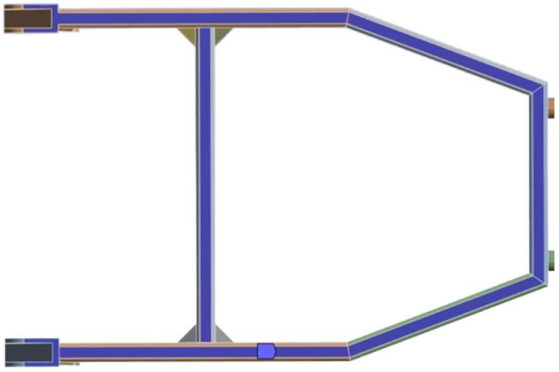
C. Penentuan mesh (meshing)

Meshing dilakukan menggunakan elemen *solid tetrahedral berorde* kedua untuk menangkap gradien tegangan pada geometri kompleks. *Refinement* diterapkan pada area sambungan, lengkungan, dan titik pembebanan untuk menghindari *underestimation* tegangan maksimum. Studi *Mesh convergence* dilakukan hingga perubahan nilai puncak (tegangan/deformasi) berada di bawah ambang toleransi (mis. <3%). [10].

Gambar 2. Proses *Meshing* pada *Paddock* Sepeda Motor

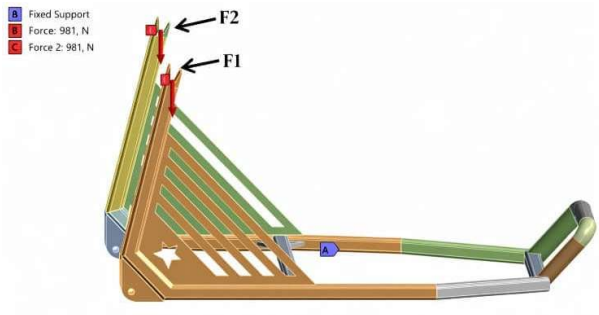
D. Kondisi batas (boundary condition) dan pembebanan

Kondisi batas ditetapkan dengan memberikan *fixed support* pada bagian alas/tumpuan *Paddock* yang bersentuhan dengan lantai untuk merepresentasikan keadaan tumpuan nyata dan di tandai berwarna biru. Pembatasan gerak translasi dan rotasi pada *node-node* tersebut diterapkan sesuai skenario uji nyata.



Gambar 3. *Fixed Support* pada *Paddock* Sepeda Motor

Pembebanan diberikan secara statik sebesar 981 N pada masing-masing titik F1 dan F2 yang merepresentasikan distribusi beban motor sebesar 200 kg. Gaya diberikan dalam arah vertikal ke bawah pada area kontak roda untuk mensimulasikan kondisi nyata saat *Paddock* digunakan. Metode pembebanan ini sesuai dengan pendekatan analisis struktur statik pada penelitian *Paddock* sepeda motor [11].



Gambar 4. Titik *Force Paddock* Sepeda Motor

Simulasi *static structural* pada desain awal dilakukan untuk memperoleh distribusi tegangan, regangan, deformasi dan *Safety Factor* akibat pembebanan statis sebesar 200 kg.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

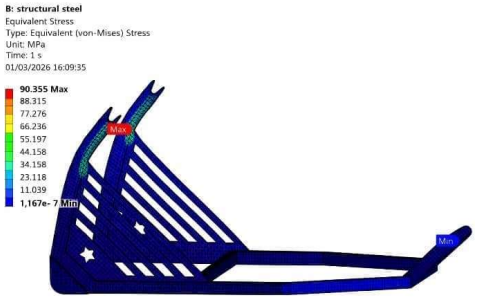
Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan metode elemen hingga *(Finite Element Method)* terhadap struktur *Paddock* sepeda motor yang telah dimodelkan sebelumnya. Simulasi

dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak berbasis *FEA* untuk mengevaluasi karakteristik mekanik dari tiga jenis material berbeda, yaitu *Structural Steel* S355, *Aluminium* 6061-T4, dan *Stainless Steel* 316L.

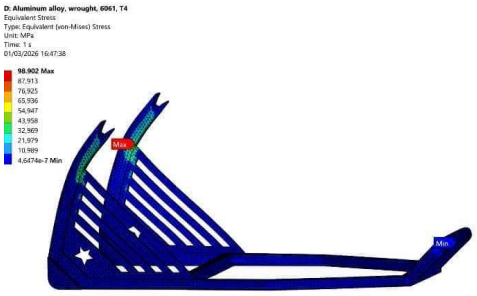
Hasil yang dianalisis mencakup tegangan *von mises*, deformasi total (*displacement*), dan faktor keamanan (*safety factor*) sebagai parameter utama dalam menilai performa struktural dari *Paddock* sepeda motor. Ketiga parameter tersebut dibandingkan untuk masing-masing variasi material guna menentukan material yang paling optimal dari sisi kekuatan, ketahanan deformasi, serta efisiensi keamanan terhadap beban statik yang diberikan.

A. Von mises stress

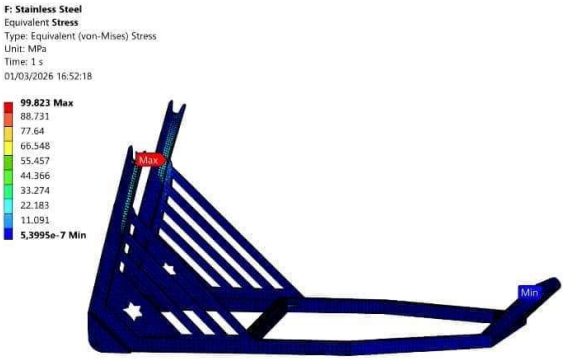
Analisis tegangan *Von Mises stress* digunakan sebagai parameter utama untuk mengevaluasi integritas struktural *Paddock* sepeda motor di bawah beban statis 981 N.



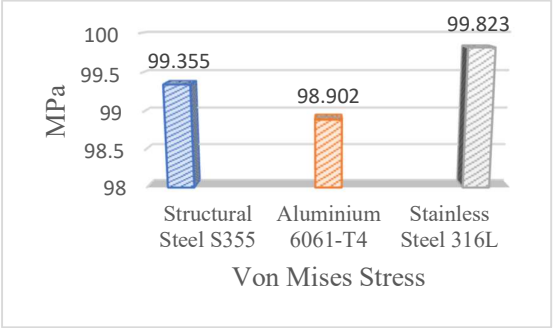
Gambar 5. Tegangan (*Von Mises Stress*) dengan Material *Structural Steel* S355



Gambar 6. Tegangan (*Von Mises Stress*) dengan Material *Aluminium* 6061-T4



Gambar 7. Tegangan (*Von Mises Stress*) dengan Material *Stainless Steel* 316L



Grafik 1. Perbandingan (*Von Mises Stress*) Terhadap Variasi Material pada *Paddock* Sepeda Motor

Tabel 2. Hasil analisis *Von Mises Stress* pada variasi material dari *Paddock sepeda* motor

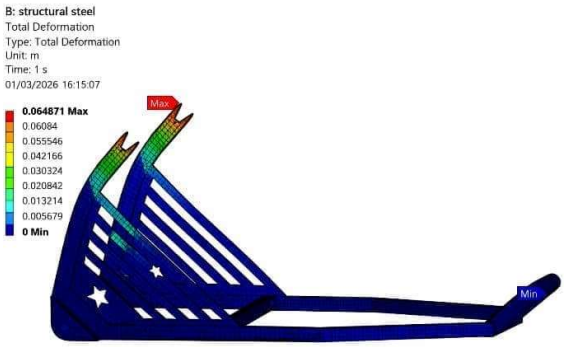
	MATERIAL		
	Structural Steel S355	***Aluminium* 6061-T4**	***Stainless Steel* 316L**
Von Mises Stress	99,355 MPa	98,902 MPa	99,823 MPa

Berdasarkan kriteria kegagalan distorsi energi, suatu material dinyatakan aman jika nilai tegangan *Von Mises Stress* maksimum tidak melampaui *yield strength* material tersebut [1]. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar (5-7), ketiga material menunjukkan pola distribusi tegangan yang serupa dengan konsentrasi tegangan (*stress concentration*) pada area sambungan siku. *Structural Steel* S355 menghasilkan tegangan maksimum sebesar 99,355 MPa, disusul oleh *Stainless Steel* 316L sebesar

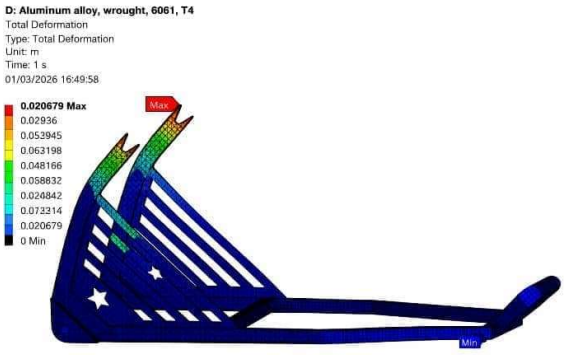
99,823 MPa. Sementara itu, *Aluminium Alloy* 6061-T4 mencatat nilai terendah yaitu 98,902 MPa. Meskipun nilai tegangan pada *Aluminium Alloy* 6061-T4 lebih rendah, margin keamanannya lebih krusial karena *yield strength* nya yang terbatas dibandingkan baja [11]. Secara keseluruhan, nilai tegangan maksimum pada ketiga material masih jauh di bawah batas luluh masing-masing, yang mengindikasikan bahwa desain struktur berada dalam kondisi elastis dan aman dari deformasi plastis.

B. Displacement

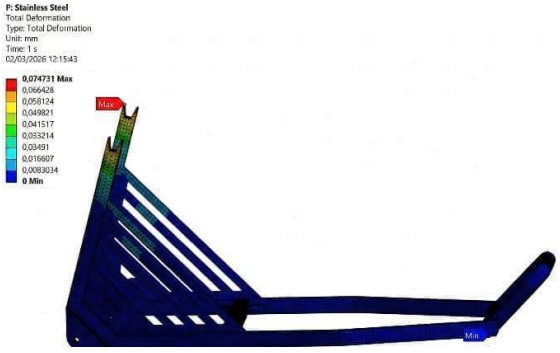
Analisis deformasi total menunjukkan bagaimana struktur merespons beban statis 981 N berdasarkan karakteristik elastisitas masing-masing material.



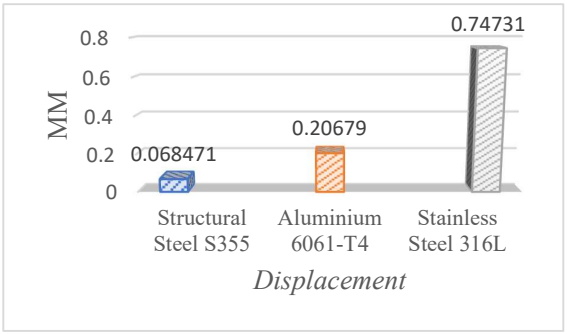
Gambar 8. Total Deformasi (*Displacement*) dengan Material *Structural Steel* S355



Gambar 9. Total Deformasi (*Displacement*) dengan Material *Aluminium* 6061-T4



Gambar 10. Total Deformasi (*Displacement*) dengan Material *Stainless Steel* 316L



Grafik 2. Perbandingan Total Deformasi (*Displacement*) Terhadap Variasi Material pada *Paddock* Sepeda Motor

Tabel 3. Perbandingan *Displacement* terhadap Variasi Material pada *Paddock* Sepeda Motor

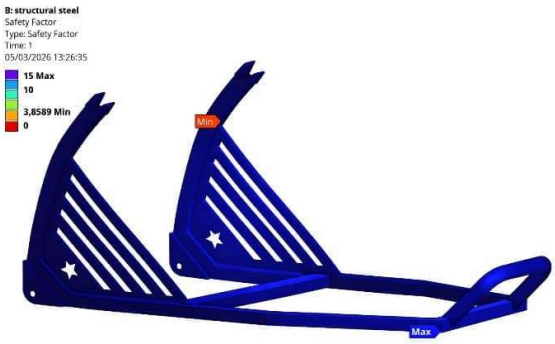
	MATERIAL		
	***Structural Steel* S355**	***Aluminium* 6061-T4**	***Stainless Steel* 316L**
Displacement	0,068471 mm	0,20679 mm	0,74731 mm

Berdasarkan hasil simulasi pada gambar (8-10), *Structural Steel* S355 memiliki nilai deformasi terkecil yaitu 0,068471 mm, yang menunjukkan tingkat kekakuan struktur paling tinggi dibandingkan material lainnya. *Aluminium Alloy* 6061-T4 memiliki deformasi sebesar 0,20679 mm, sedangkan *Stainless Steel* 316L menunjukkan deformasi terbesar yaitu 0,74731 mm. Nilai deformasi tertinggi pada *Stainless Steel* 316L menunjukkan bahwa material ini memiliki kekakuan yang lebih rendah dibandingkan material lainnya dalam konfigurasi struktur yang sama.

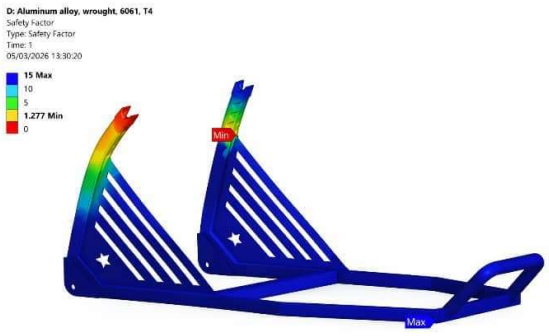
Secara keseluruhan, seluruh nilai displacement masih berada dalam batas toleransi aman (di bawah 1 mm), sehingga struktur tetap aman digunakan tanpa risiko kegagalan fungsional yang signifikan, sehingga integritas struktural *Paddock* tetap terjaga dengan baik tanpa risiko kegagalan fungsional yang signifikan [10].

C. Safety Factor

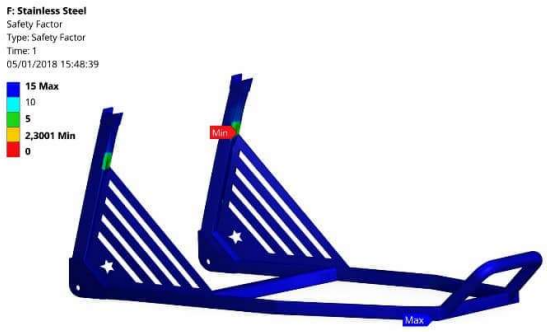
Berdasarkan hasil simulasi struktur menggunakan *ANSYS*, analisis *safety factor* dilakukan untuk menentukan keandalan desain *Paddock* sepeda motor terhadap beban statis 981 N. Parameter ini mengukur rasio antara kekuatan luluh material dengan tegangan kerja maksimum yang terjadi.



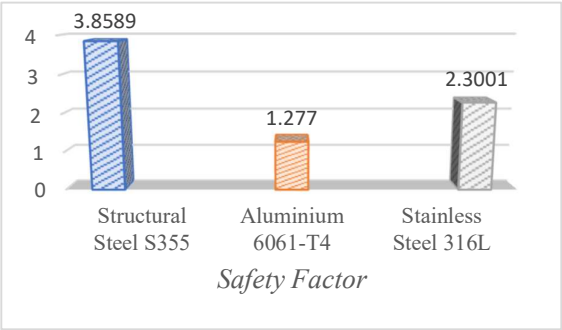
Gambar 11. *Safety Factor* dengan Material *Structural Steel* S355



Gambar 12. *Safety Factor* dengan Material *Aluminium* 6061-T4



Gambar 13. *Safety Factor* dengan Material *Stainless Steel* 316L



Grafik 3. Perbandingan *Safety Factor* terhadap Variasi Material pada *Paddock* Sepeda Motor

Tabel 4. Perbandingan *Safety Factor* terhadap variasi material pada *Paddock* sepeda motor

	MATERIAL		
	Structural Steel	***Aluminium* 6061-T4**	***Stainless Steel* 316L**
Safety Factor	3,8589	1,277	2,3001

Data dari gambar (11-13) menunjukkan bahwa *Structural Steel* S355 memiliki tingkat keamanan tertinggi dengan nilai minimal 3,8589, diikuti oleh *Stainless Steel* 316L sebesar 2,3001. Meskipun *Aluminium Alloy* 6061-T4 memiliki nilai faktor keamanan terendah yaitu 1,277, nilai tersebut tetap berada di atas batas kritis keamanan statis sebesar 1,25. Hal ini membuktikan bahwa ketiga variasi material yang diuji mampu menahan beban operasional tanpa risiko kegagalan luluh. Penggunaan *Structural Steel* S355 tetap

direkomendasikan jika prioritas utama adalah durabilitas maksimal rangka dalam jangka panjang.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil simulasi elemen hingga yang telah dilakukan dengan pembebanan statis sebesar 981 N (ekivalen beban 200 kg), seluruh variasi material yang dianalisis masih berada dalam kondisi aman karena nilai tegangan *Von Mises* yang terjadi berada di bawah batas luluh masing-masing material. Perbedaan jenis material tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap distribusi tegangan maksimum, namun memberikan pengaruh yang cukup jelas terhadap nilai deformasi dan faktor keamanan. *Structural Steel* S355 menunjukkan nilai faktor keamanan tertinggi dan deformasi paling kecil, sehingga paling stabil terhadap pembebanan. *Aluminium Alloy* 6061-T4 memiliki deformasi lebih besar dengan faktor keamanan paling rendah dibanding material lainnya, meskipun masih dalam batas aman. *Stainless Steel* 316L berada pada kondisi menengah dengan keunggulan pada ketahanan korosi namun menghasilkan perpindahan yang relatif lebih besar.

Secara umum, tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh variasi material terhadap respons struktur *Paddock* sepeda motor telah tercapai. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemilihan material sangat menentukan karakteristik kekakuan dan margin keamanan struktur, walaupun tegangan maksimum yang terjadi relatif seragam akibat kondisi geometri dan pembebanan yang sama. Dengan demikian, material *Structural Steel* S355 lebih direkomendasikan apabila prioritas utama adalah kekuatan dan stabilitas struktur, sedangkan *Aluminium Alloy* 6061-T4 dapat dipertimbangkan apabila aspek bobot menjadi pertimbangan utama dengan tetap memperhatikan faktor keamanannya.

Untuk pengembangan selanjutnya, penelitian dapat diperluas dengan mempertimbangkan analisis beban dinamis dan kelelahan material agar diperoleh gambaran yang lebih representatif terhadap kondisi penggunaan aktual. Selain itu, modifikasi geometri pada area yang mengalami konsentrasi tegangan juga dapat ditinjau untuk meningkatkan faktor keamanan tanpa menambah massa secara signifikan. Pengujian eksperimental pada prototipe nyata juga disarankan sebagai langkah validasi terhadap hasil simulasi, sehingga hasil penelitian dapat diimplementasikan secara lebih meyakinkan di lapangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, semangat, dan kontribusi positif selama proses penelitian ini berlangsung. Terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah memberikan fasilitas, sarana, dan dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Deri Teguh Santoso, S.T., M.T. dan Ibu Ratna Dewi Anjani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, diskusi teknis, serta penyusunan laporan. Dukungan moril dan kerja sama yang diberikan sangat berarti dalam penyelesaian penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

REFERENSI

[1] R. Alda, I. A. Ariesta, S. R. Aditya, A. Rahayu, F. Nurwimbo, and A. B. Prasetiyo, “Desain dan Analisis Struktur Variasi *Paddock* Motor Menggunakan Metode Elemen Hingga,” pp. 116–119, 2023.

[2] A. B. Prasetiyo, K. A. Sekarjati, and I. A. P. Assagaf, “Analisis Frekuensi Natural Velg Ring 16 Menggunakan *Finite Element Method*,” pp. 354–359, 2021.

[3] N. W. Ishlah, S. J. Rega, T. Rohman, and S. Subekti, "Analysis of air-to-water converter frame using ANSYS simulation," *JTTM : Jurnal Terapan Teknik Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 274–279, Oct. 2024, doi: 10.37373/jttm.v5i2.1125.

[4] S. G. Lawolo *et al.*, "Analisis Kekuatan Frame Trailer menggunakan *Finite Element Method*e (FEA)," *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 04, no. 02, 2025.

[5] J. Wu, O. Sigmund, and J. P. Groen, "Topology optimization of multi-scale structures: a review," *Structural and Multidisciplinary Optimization*, vol. 63, no. 3, pp. 1455–1480, 2021, doi: 10.1007/s00158-021-02881-8.

[6] J. Luo, W. Zhou, B. Du, D. Li, and W. Yao, "Multi-Material Topology Optimization of 2D Structures Using Convolutional Neural Networks," *CMES - Computer Modeling in Engineering and Sciences*, vol. 140, no. 2, pp. 1919–1947, 2024, doi: 10.32604/cmes.2024.048118.

[7] I. M. Ilyasa *et al.*, "Analisis Kekuatan Struktur pada Desain Traction Rod Kereta Api Lokomotif dengan Metode Finite Element Analysis (FEA) 1)," 2024.

[8] D. Banothu, P. Kumar, and R. Reddy, "Parametric FEA analysis of lattice and block plate bone implants: Evaluating the effects of thickness and radius on mechanical performance," *Results in Engineering*, vol. 25, no. December 2024, p. 103908, 2025, doi: 10.1016/j.rineng.2024.103908.

[9] W. M. S. W. Fauzi, H. Rashid, and M. H. Azman, "Development of RhiNO v2.0 : An Enhanced Single User *Paddock Stand*," vol. 2, no. 1, 2022, doi: 10.24191/jaeds.v2i1.39.

[10] R. G. Karmankar, " Analysis Of Von-Mises-Stress For Interference Fit And Pull-Out States By Using *Finite Element Method*," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2017.

[11] A. B. Prasetiyo and K. A. Sekarjati, "Desain dan Analisis Frekuensi Natural Rangka Mesin Penyiang Gulma Menggunakan Metode Finite Element Analysis," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 6, no. 2, p. 181, Nov. 2022, doi: 10.30595/jrst.v6i2.14428.