

Analisis Statik *Footrest* Sepeda Motor terhadap Variasi Desain dan Kondisi Pembebanan Menggunakan Metode Elemen Hingga

Ardiansyah Arum^{1*}, Ratna Dewi Anjani², Ujiburrahman³

^{1,2,3}Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang

*Penulis Korespondensi, email: ardiansyaharum72@gmail.com

Received:05/05/2025

Revised:09/05/2025

Accepted:09/05/2025

Abstract. Motorcycles are one of the main modes of transportation in Indonesia, widely used due to their efficiency and mobility. One important component that supports rider comfort and safety is the footrest, which functions to support the rider's foot load in various conditions, including while sitting normally or standing when passing uneven terrain. This study aims to evaluate the static strength of three variations of motorcycle footrest designs using the Finite Element Method (FEM) approach. Simulations were conducted using SolidWorks 2021 software with AISI 4140-T steel, known for its high tensile strength and good wear resistance. The analysis was performed under two loading conditions: full rider weight of 646.8 N and standing load of 549.78 N per footrest, based on the average anthropometric data of adult users in Indonesia and the referenced body load distribution. The parameters analyzed include von Mises stress, total deformation (displacement), and safety factor. The results show that Design 1 exhibited the best performance, with the lowest stress and deformation values, as well as the highest safety factor under both loading conditions. All designs remained within safe limits for structural failure. Based on these findings, Design 1 is recommended as the most reliable footrest option for static applications. This study provides a foundation for further development through dynamic analysis to assess component performance more comprehensively under real-world operational condition

Keywords: Footrest, Finite element method, Von mises stress, Displacement, Safety factor

Abstrak. Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi utama di Indonesia yang digunakan secara luas karena efisiensi dan kemudahan mobilitasnya. Salah satu komponen penting dalam menunjang kenyamanan dan keselamatan berkendara adalah *footrest* atau pijakan kaki, yang berfungsi menahan beban kaki pengendara dalam berbagai kondisi, termasuk saat duduk normal maupun berdiri saat melewati medan tidak rata. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kekuatan statik dari tiga variasi desain *footrest* sepeda motor menggunakan pendekatan metode elemen hingga (*Finite Element Method*). Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2021 dengan material baja AISI 4140-T, yang dikenal memiliki kekuatan tarik tinggi dan ketahanan aus yang baik. Analisis dilakukan pada dua kondisi pembebanan: beban penuh pengendara sebesar 646,8 N dan beban berdiri sebesar 549,78 N per *footrest*, sesuai dengan data antropometri rata-rata pengguna dewasa di Indonesia dan referensi distribusi beban tubuh. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan *von mises*, deformasi total, dan faktor keamanan (*safety factor*). Hasil menunjukkan bahwa desain 1 memberikan performa terbaik dengan tegangan dan deformasi terendah serta nilai *safety factor* tertinggi pada kedua kondisi beban. Semua desain masih berada dalam batas aman terhadap kegagalan struktur. Berdasarkan hasil tersebut, desain 1 direkomendasikan sebagai alternatif *footrest* yang andal untuk aplikasi statik. Penelitian ini memberikan dasar untuk pengembangan lebih lanjut melalui analisis dinamis guna menilai kinerja komponen secara lebih menyeluruh dalam kondisi operasional sebenarnya.

Kata Kunci: Pijakan kaki, Metode elemen hingga, Tegangan *von mises*, Total deformasi, Faktor keamanan

I. PENDAHULUAN

Sepeda motor adalah kendaraan roda dua yang penggeraknya berasal dari mesin pembakaran dalam. Kedua roda disusun dalam satu garis lurus sehingga pada saat melaju dalam kecepatan tinggi,

kendaraan ini mampu mempertahankan kestabilannya berkat adanya efek girokopik yang dihasilkan oleh rotasi roda [1]. Selain itu, sepeda motor juga merupakan sarana transportasi yang dirancang untuk memfasilitasi mobilitas manusia

dari satu lokasi ke lokasi lainnya dengan lebih cepat dan praktis.

Kendaraan ini menjadi salah satu pilihan utama masyarakat karena dinilai memiliki keunggulan dalam efisiensi bahan bakar serta biaya operasional yang relatif rendah dibandingkan moda transportasi lainnya [2]. Kepraktisan dan kemampuan manuvernya yang tinggi menjadikan sepeda motor sangat adaptif terhadap kondisi lalu lintas dan geografis di berbagai wilayah, baik di perkotaan maupun pedesaan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna dan intensitas penggunaan sepeda motor, perhatian terhadap kenyamanan serta keselamatan berkendara menjadi aspek yang tidak bisa diabaikan. Hal ini mendorong perlunya pengembangan dan evaluasi terhadap komponen-komponen struktural sepeda motor, termasuk elemen pendukung seperti *footrest*. Salah satu komponen krusial yang menunjang kenyamanan dan keselamatan berkendara adalah *footrest* atau pijakan kaki [3]. Meskipun terkesan sebagai elemen tambahan, *footrest* memiliki peran struktural dalam menopang beban kaki pengendara, baik saat pengendara duduk dalam posisi siap berkendara maupun ketika berdiri saat melewati jalan yang tidak rata [4]. Dalam beberapa situasi, beban yang diterima *footrest* dapat meningkat secara signifikan, dan jika tidak didukung oleh desain serta material yang memadai, komponen ini dapat mengalami deformasi atau bahkan kegagalan struktur.

Pada perancangan *footrest* yang aman dan andal, penting dalam memahami karakteristik fisik pengguna sepeda motor di Indonesia. Berdasarkan Laporan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018, rata-rata berat badan pria dewasa Indonesia berada pada kisaran 63–66 kg (setara dengan gaya berat 617,4–646,8 N), sementara wanita dewasa memiliki rata-rata berat 55–58 kg (539–568,4 N) [5]. Dengan mempertimbangkan rentang tersebut, penelitian ini menggunakan beban sebesar 646,8 N sebagai pendekatan konservatif untuk mewakili kondisi terberat dari mayoritas pengguna pria dewasa.

Lebih lanjut, dalam kondisi ekstrem saat pengendara berdiri di atas *footrest*, beban yang

diterima komponen ini meningkat secara signifikan. Berdasarkan tesis oleh Ilias Iatrakis (2015) di University of Wales Trinity Saint David, ditemukan bahwa sekitar 85% berat tubuh pengendara dapat ditransfer ke *footrest* saat berdiri [6]. Dari hal tersebut, untuk pengguna dengan berat badan 66 kg, gaya yang ditransfer mencapai 549,78 N. Kedua skenario pembebanan ini dengan berat badan penuh dan saat berdiri yang digunakan sebagai acuan dalam analisis untuk mengevaluasi performa struktural dari desain *footrest*.

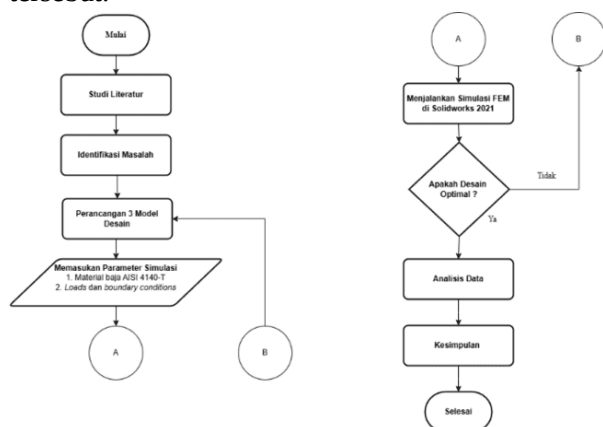
Dalam memastikan *footrest* mampu menahan beban secara optimal, diperlukan analisis teknik menggunakan pendekatan numerik. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah analisis statik berbasis metode elemen hingga (*finite element method*) [7]. Sehingga penelitian ini difokuskan untuk mengevaluasi tiga variasi desain *footrest* sepeda motor dalam dua kondisi pembebanan yang berbeda. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana masing-masing desain merespons beban statik yang bekerja, sehingga dapat memberikan rekomendasi terhadap desain yang paling kuat, efisien, dan aman digunakan dalam berbagai kondisi operasional sepeda motor.

Untuk mengetahui, seluruh proses perancangan dan analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi SolidWorks dengan material yang digunakan dalam simulasi ini merupakan baja AISI 4140-T, yaitu mempunyai ketahanan sangat baik terhadap beban statik maupun dinamis. Material baja AISI 4140 sendiri yaitu baja paduan menengah yang mengandung unsur utama kromium (Cr) dan molibdenum (Mo) [8]. Baja AISI 4140-T mempunyai karakteristik unggul seperti kekuatan tarik tinggi, ketangguhan, ketahanan aus, dan kestabilan dimensi. Dan pada baja AISI 4140-T huruf "T" menunjukkan telah melalui proses *quenching* dan *tempering*. Baja tersebut secara luas digunakan dalam berbagai komponen teknik seperti poros, poros engkol, baut dan mur, roda gigi, spindel mesin *frais*, *collar*, *jig*, hingga dudukan konveyor dan komponen *roll*, karena sifat mekaniknya yang unggul [9].

Sehingga menjadikannya sebagai material yang relevan untuk diaplikasikan pada struktur *footrest* sepeda motor yang bekerja di bawah berbagai kondisi pembebanan. Dengan demikian, penelitian ini dan pengembangan tersebut dalam aplikasi *footrest* pada sepeda motor ini mempunyai nilai strategis, terutama dalam meningkatkan keamanan, kekuatan, dan umur pakai komponen. Hal tersebut menjadikan topik penelitian ini layak untuk terus dikaji lebih dalam dan dioptimalkan dalam konteks pengembangan komponen kendaraan roda dua.

II. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi kekuatan statik dari tiga variasi desain *footrest* sepeda motor berdasarkan dua kondisi pembebanan yang berbeda, menggunakan pendekatan numerik berbasis metode elemen hingga (*finite element method*). Seluruh rangkaian penelitian dilakukan secara terstruktur mulai dari pengumpulan referensi, pembuatan model desain, penentuan material, hingga analisis simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Penelitian ini berfokus untuk memahami kinerja mekanis dari *footrest* dengan beban yang bervariasi dan untuk menilai perbedaan kekuatan masing-masing desain tersebut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian analisis statik pada *footrest*

Tahapan pertama dalam proses penelitian adalah studi literatur yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai prinsip dasar analisis statik pada struktur mekanis, khususnya komponen kendaraan roda dua seperti *footrest*. Literatur yang dikaji mencakup konsep deformasi

elastis, tegangan *von mises*, serta perhitungan faktor keamanan sebagai parameter penilaian kelayakan struktur terhadap beban kerja yang diterima [10].

Sehingga setelah kajian literatur dilakukan, proses dilanjutkan dengan perancangan tiga model desain *footrest* menggunakan perangkat lunak SolidWorks. Material yang digunakan dalam simulasi adalah baja AISI 4140-T, yang dikenal memiliki ketahanan mekanis tinggi serta karakteristik kuat terhadap beban tarik dan kelelahan material. Detail *material properties* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Material properties* baja AISI 4140-T

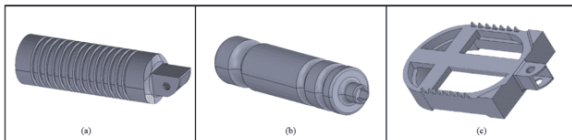
No	Parameter	Nilai
1	Density	7800 (kg/m ³)
2	Modulus of Elasticity	190000 N/mm ² (MPa)
3	Poisson Ratio	0.29 N/A
4	Yield Strength	990 N/mm ² (MPa)
5	Tensile Strength	1080 N/mm ² (MPa)

[11]

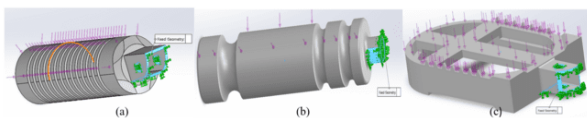
Proses simulasi menghasilkan data numerik yang mencakup deformasi total (*displacement*), tegangan maksimum (*von Mises*), dan nilai faktor keamanan (*safety factor*) untuk setiap desain *footrest*. Hasil-hasil ini kemudian dianalisis secara komparatif untuk menentukan desain mana yang memiliki kinerja terbaik dalam menahan beban tanpa mengalami kerusakan atau deformasi berlebihan. Evaluasi dilakukan dengan memperhatikan bagaimana setiap desain merespons kondisi pembebanan yang telah disimulasikan, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kekuatan struktural masing-masing desain. Tiga model desain *footrest* yang dianalisis dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Setiap model dirancang untuk mampu menahan beban statik sesuai dengan kondisi pembebanan yang telah diujikan dalam simulasi. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk memberikan rekomendasi desain yang tidak hanya unggul dalam hal kekuatan

dan stabilitas, tetapi juga memastikan faktor keselamatan yang tinggi agar dapat digunakan dengan aman dalam berbagai kondisi operasional sepeda motor yang sesungguhnya.

Tabel 2. Variasi model desain *footrest* (a) model *footrest* 1, (b) model *footrest* 2, (c) model *footrest* 3

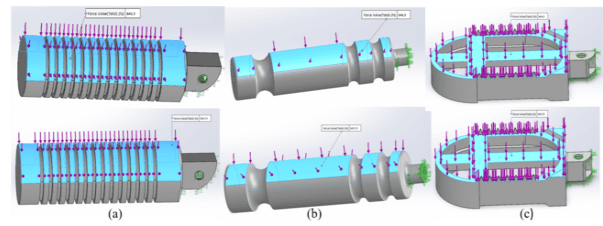


Dalam simulasi berbasis metode elemen hingga, penentuan kondisi batas (*boundary condition*) dilakukan untuk merepresentasikan kondisi sebenarnya dari sistem fisik yang dianalisis [12]. Bagian sambungan *footrest* ke rangka diberikan batasan berupa *fixed support*, yaitu titik yang dianggap tidak mengalami perpindahan maupun rotasi. Titik pemasangan *footrest* pada rangka diasumsikan sebagai tumpuan tetap (*fixed support*) Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pemberian tumpuan tetap pada model desain *footrest* (a) model desain *footrest* 1, (b) model desain *footrest* 2, (c) model desain *footrest* 3

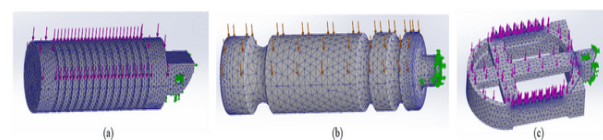
Pada simulasi ini, terdapat dua kondisi pembebanan yang diterapkan pada masing-masing desain berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan. Kondisi pertama menggunakan beban penuh tubuh pengendara, yaitu sebesar 646,8 N yang dianggap terbagi merata ke dua *footrest*. Kondisi kedua merepresentasikan saat pengendara berdiri, dengan total pembebanan sebesar 549,78 N, ke masing-masing *footrest*. Arah pembebanan diberikan secara tegak lurus ke bawah mengikuti gaya gravitasi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi pemberian pembebanan pada model desain *footrest* (a) model desain *footrest* 1, (b) model desain *footrest* 2, (c) model desain *footrest* 3

Proses diskretisasi dalam analisis elemen hingga dikenal sebagai *meshing*. Tahapan ini sangat penting karena memengaruhi kestabilan dan akurasi hasil perhitungan numerik. Waktu komputasi dan ketepatan hasil sangat tergantung pada kepadatan mesh yang digunakan, yang berarti juga pada ukuran elemen yang dibagi dalam model geometri [13].

Oleh karena itu, pemilihan *meshing* yang tepat sangat memengaruhi kualitas dan ketelitian hasil simulasi, terutama pada bagian-bagian *footrest* yang memiliki geometri kompleks atau menjadi titik konsentrasi tegangan. terutama pada bagian-bagian *footrest* yang memiliki geometri kompleks atau menjadi titik konsentrasi tegangan [14]. Hasil *meshing* pada Gambar 4 memberikan gambaran tentang bagaimana distribusi elemen di seluruh model variasi desain model *footrest*.



Gambar 4. Hasil pada *meshing footrest* (a) *meshing footrest* desain 1 (b) *meshing footrest* 2 (c) *meshing footrest* 3

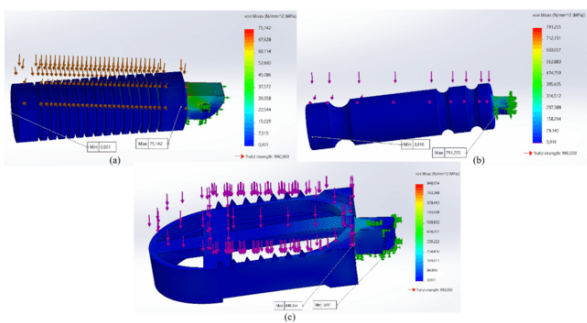
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis simulasi statik dilakukan terhadap tiga variasi desain *footrest* sepeda motor dengan dua kondisi pembebanan, yaitu beban penuh pengendara dan kondisi berdiri, yang merepresentasikan variasi pembebanan selama penggunaan nyata. Parameter utama yang dianalisis meliputi tegangan *von mises*, deformasi total, dan

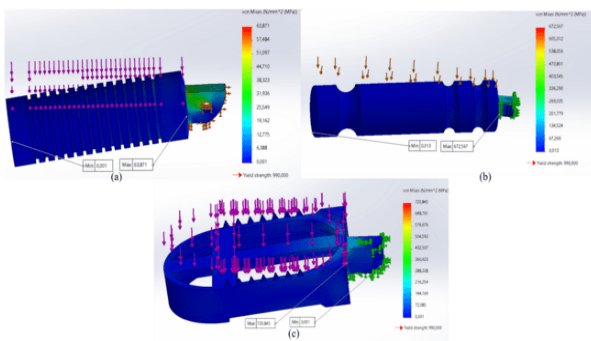
faktor keamanan (*safety factor*). Ketiga parameter tersebut digunakan sebagai indikator untuk menilai ketahanan dan keandalan struktur dari masing-masing desain.

Hasil simulasi dari setiap desain kemudian dibandingkan secara komparatif guna mengevaluasi kinerja relatifnya. Sehingga dapat menghasilkan desain *footrest* yang paling unggul dalam hal kekuatan struktural, kestabilan bentuk, dan keselamatan pengguna.

A. Von Mises Strees



Gambar 5. Menunjukkan distribusi tegangan *von mises stress* pada tiga variasi desain *footrest* dengan beban 646,8 N, masing-masing ditunjukkan pada (a) desain *footrest* 1, (b) desain *footrest* 2, (c) desain *footrest* 3



Gambar 6. Menunjukkan distribusi tegangan *von mises stress* pada tiga variasi desain *footrest* dengan beban 549,78 N, masing-masing ditunjukkan pada (a) desain *footrest* 1, (b) desain *footrest* 2, (c) desain *footrest* 3

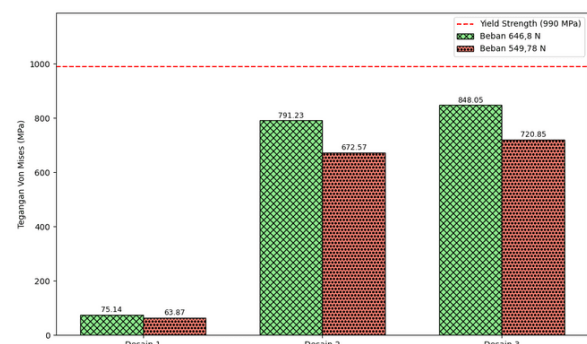
Hasil simulasi menunjukkan distribusi tegangan *von mises* pada model *footrest* untuk dua kondisi pembebanan. Pada pembebanan sebesar 646,8 N (berat penuh pengendara), distribusi tegangan dapat dilihat pada Gambar 5. Sementara itu, pada

pembebanan sebesar 549,78 N (kondisi pengendara berdiri), hasil distribusi tegangan ditampilkan pada Gambar 6.

Dari Gambar (5-6) yang menunjukkan hasil dari simulasi *von mises stress* dari ketiga desain yang telah diuji. Nilai maksimum dan perbandingan *von mises stress* ditampilkan pada Tabel 3 dan Grafik 1.

Tabel 3. Perbandingan hasil tegangan *von mises*

Desain Footrest	Beban 646,8 N	Beban 549,78 N
Desain 1	75,142 MPa	63,871
Desain 2	791,225 MPa	672,567
Desain 3	848,054 MPa	720,845



Grafik 1. Perbandingan tegangan *von mises* maksimum pada tiga desain *footrest*

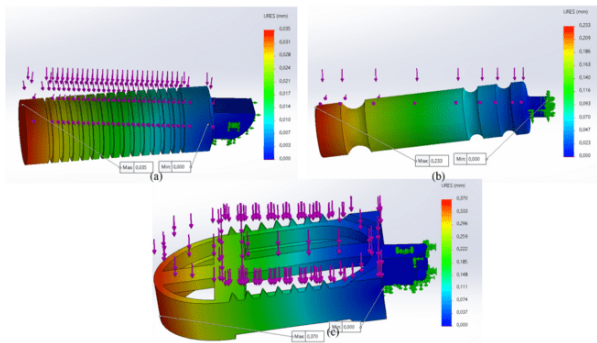
Grafik 1 memperlihatkan tegangan *von mises* maksimum pada tiga desain *footrest* saat dikenai beban 646,8 N dan 549,78 N. Garis merah menunjukkan batas *yield strength* material sebesar 990 MPa.

Desain 1 menghasilkan tegangan paling rendah pada kedua beban, jauh dari batas kekuatan material. Sementara desain 2 dan 3 menunjukkan tegangan yang jauh lebih tinggi dan mendekati batas tersebut. Ini menunjukkan bahwa desain 1 paling aman dan memiliki margin kekuatan terbesar, sedangkan desain 2 dan 3 perlu diperhatikan karena bekerja lebih dekat ke batas material

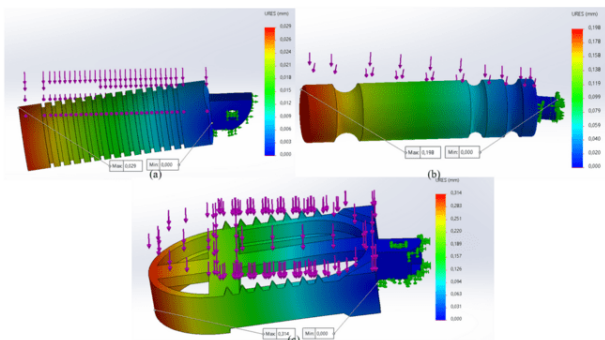
B. Displacement

Hasil simulasi menunjukkan deformasi total (*displacement*) pada model *footrest* untuk dua kondisi pembebanan, yaitu beban 646,8 N seperti

ditunjukkan pada Gambar 7 dan beban 549,78 N pada Gambar 8.

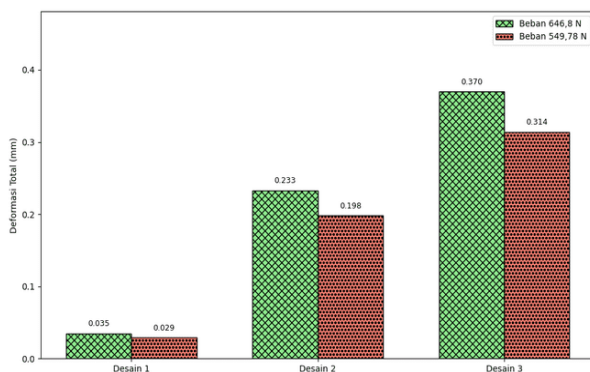


Gambar 7. Displacement pada tiga variasi desain footrest dengan beban 646,8 N, ditunjukkan pada (a) footrest 1, (b) footrest 2, (c) footrest 3



Gambar 8. Displacement pada tiga variasi desain footrest dengan beban 549,78 N, ditunjukkan pada (a) footrest 1, (b) footrest 2, (c) footrest 3

Dari Gambar (7-8) yang menunjukkan hasil dari simulasi *displacement* dari ketiga desain yang telah diuji. Nilai *displacement* ditampilkan pada Grafik 2 dan Tabel 4.



Grafik 2. Perbandingan *displacement* pada tiga desain footrest

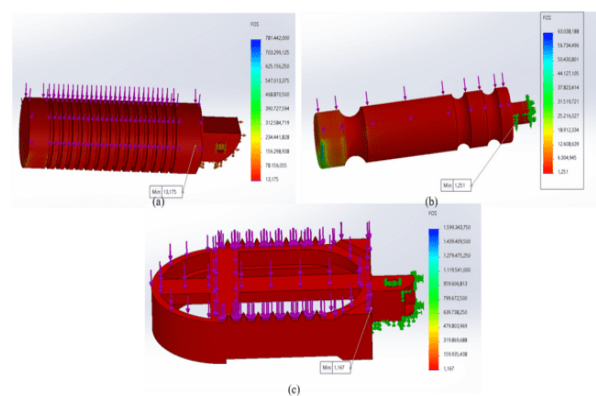
Tabel 4. Perbandingan hasil *displacement*

Desain Footrest	Beban 646,8 N	Beban 549,78 N
Desain 1	0,035 mm	0,029 mm
Desain 2	0,233 mm	0,198 mm
Desain 3	0,370 mm	0,314 mm

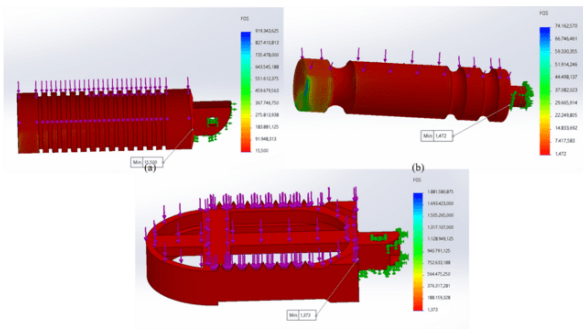
Grafik 2 menunjukkan total deformasi pada tiga variasi desain *footrest* di bawah beban 646,8 N dan 549,78 N. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa deformasi meningkat seiring dengan bertambahnya beban, sesuai dengan prinsip dasar mekanika material [15]. Desain 1 memiliki deformasi paling rendah pada kedua beban, yaitu 0,035 mm dan 0,029 mm, yang menunjukkan kekakuan struktural yang tinggi dan ketahanan bentuk yang baik. Sebaliknya, desain 3 menunjukkan deformasi tertinggi, yaitu 0,370 mm dan 0,314 mm, yang mengindikasikan kekakuan rendah serta potensi penurunan kenyamanan dan umur pakai. Oleh karena itu, dari aspek deformasi, desain 1 dinilai paling stabil secara struktural.

C. Safety Factor

Hasil simulasi menunjukkan nilai *safety factor* pada model *footrest* untuk dua kondisi pembebanan, yaitu beban 646,8 N seperti ditunjukkan pada Gambar 9, dan beban 549,78 N pada Gambar 10.



Gambar 9. Menunjukkan *safety factor* pada tiga variasi desain *footrest* dengan beban 646,8 N, masing-masing ditunjukkan pada (a) desain *footrest* 1, (b) desain *footrest* 2, (c) desain *footrest* 3

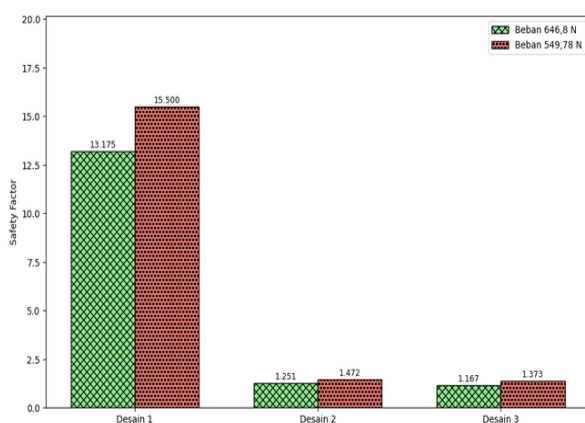


Gambar 10. Menunjukkan *safety factor* pada tiga variasi desain *footrest* dengan beban 549,78 N, masing-masing ditunjukkan pada (a) desain *footrest* 1, (b) desain *footrest* 2, (c) desain *footrest* 3

Dari gambar (9-10) yang menunjukkan hasil dari simulasi *safety factor* dari ketiga desain yang telah diuji. Nilai *safety factor* ditampilkan pada Tabel 5 dan Grafik 3.

Tabel 5. Perbandingan hasil *safety factor*

Desain Footrest	Beban 68,7 N	Beban 343,35 N
Desain 1	13,175	15,500
Desain 2	1,251	1,472
Desain 3	1,167	1,373



Grafik 3. Perbandingan *safety factor* pada desain *footrest*

Grafik 3 menunjukkan perbandingan nilai *safety factor* pada tiga variasi desain *footrest* terhadap dua kondisi pembebanan, yaitu 646,8 N dan 549,78 N. Desain 1 memiliki nilai *safety factor* tertinggi pada kedua kondisi, yaitu 13,175 dan 15,500, yang menunjukkan struktur dengan margin keamanan

paling besar. Sementara itu, desain 2 dan 3 memiliki nilai *safety factor* yang lebih rendah, namun masih berada di atas batas minimum. Nilai *safety factor* pada semua desain sedikit meningkat saat beban berkurang dari 646,8 N menjadi 549,78 N, sesuai dengan karakteristik struktur terhadap perubahan beban. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga desain tetap fungsional, namun desain 1 menunjukkan kinerja paling stabil dan aman dalam menahan beban.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah melakukan analisis statik terhadap tiga variasi desain *footrest* sepeda motor menggunakan metode elemen hingga (FEM) berbasis perangkat lunak SolidWorks, dengan material AISI 4140-T. Dua kondisi pembebanan digunakan dalam simulasi, yaitu beban penuh tubuh pengendara sebesar 646,8 N dan beban saat berdiri sebesar 549,78 N, masing-masing diterapkan secara vertikal pada permukaan *footrest*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi respons tegangan, deformasi, dan faktor keamanan dari masing-masing desain dalam menghadapi beban statik yang umum terjadi pada penggunaan nyata. Berdasarkan hasil simulasi, diperoleh beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. Tegangan *von mises* menunjukkan peningkatan pada seluruh desain saat beban diperbesar. Desain 1 menunjukkan tegangan tertinggi sebesar 75,14 MPa, yang masih sangat jauh di bawah *yield strength* material sebesar 990 MPa, menunjukkan bahwa desain ini mampu menahan beban tanpa risiko deformasi plastis. Sebaliknya, desain 2 dan 3 menunjukkan tegangan yang jauh lebih tinggi, mendekati batas *yield strength*, khususnya pada kondisi beban penuh, yaitu masing-masing 791,23 MPa dan 848,05 MPa.
2. Deformasi total (*displacement*) juga menunjukkan tren kenaikan sesuai penambahan beban. Desain 1 memiliki deformasi terkecil (maksimum 0,035 mm), menandakan kekakuan struktural yang sangat baik. Desain 2 dan 3 menunjukkan deformasi lebih besar (hingga 0,370 mm), yang mengindikasikan fleksibilitas

yang lebih tinggi namun dengan konsekuensi potensi berkurangnya kenyamanan dan kestabilan.

3. *Safety factor* (faktor keamanan) pada seluruh desain menurun saat beban meningkat, sejalan dengan teori dasar mekanika struktur. Desain 1 tetap mempertahankan faktor keamanan tinggi, yaitu 13,175 hingga 15,5, yang menunjukkan kapasitas struktural sangat baik. Desain 2 dan 3 menunjukkan nilai yang lebih rendah, meskipun masih berada di atas batas minimum yang dapat diterima (1,0), namun dengan margin keamanan yang sempit terutama pada beban tinggi.

Secara keseluruhan, Desain 1 menunjukkan performa terbaik dalam menahan beban statik, dengan tegangan yang rendah, deformasi minimal, dan faktor keamanan tinggi. Oleh karena itu, desain ini layak direkomendasikan sebagai pilihan utama untuk diaplikasikan pada *footrest* sepeda motor, khususnya dalam kondisi operasional normal maupun ekstrem (berdiri saat jalan tidak rata).

Sebagai saran untuk pengembangan lebih lanjut, analisis ini dapat diperluas dengan mempertimbangkan pembebanan dinamis, seperti gaya akibat getaran, benturan, atau beban berulang (*fatigue*), guna mengevaluasi performa desain secara lebih menyeluruh dan realistis sesuai kondisi penggunaan sepeda motor di lapangan. Selain itu, pengujian eksperimental secara langsung juga disarankan untuk memvalidasi hasil simulasi dan memastikan keandalan desain dalam situasi nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ibu Ratna Dewi Anjani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pertama, serta kepada Bapak Ujiburrahman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua, atas segala bimbingan, arahan, dan dukungan yang diberikan selama proses penyusunan penelitian ini. Semoga ilmu dan kebaikan yang telah diberikan menjadi amal jariyah dan memperoleh balasan yang setimpal dari Allah Subhanahu wa Ta'ala.

REFERENSI

- [1] I. Kadek Wahyu, I. Bagus Wirahaji, and I. Made Harta Wijaya, "ANALISIS PENINGKATAN PENGGUNAAN SEPEDA MOTOR DI KOTA DENPASAR," *Jurnal Widya Teknik*, vol. 20, no. 1, 2024.
- [2] R. Mayangsari, I. Bagus, A. Swarmadika, W. Surata, and M. Muliarta, "Kajian ergonomi desain tempat duduk sepeda motor "X berdasarkan antropometri pengendara," *Journal Physical Therapy UNISA*, vol. 4, no. 2, pp. 73–79, 2024, doi: 10.31101/jitu.3947.
- [3] K. Nafa Bangunmas, H. Setya Novanto, R. Rido Utomo, D. Arie Saputra, M. Solikin, and A. Yudianto, "Optimasi struktur footstep belakang sepeda motor menggunakan finite element method," 2022.
- [4] D. N. Ananda, R. Hanifi, A. Santosa, T. Mesin, F. Teknik, and S. Karawang, "Perancangan dan Analisis Tegangan pada Desain Footrest Sepeda Motor Menggunakan Autodesk Inventor," *JURNAL Teknik Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 1–5, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jtm>
- [5] Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, "Laporan Riskesdas 2018 Nasional," Jakarta, 2019. Accessed: May 07, 2025. [Online]. Available: <https://repository.badankebijakan.kemkes.go.id/id/eprint/3514/1/Laporan%20Riskesdas%202018%20Nasional.pdf>
- [6] I. Iatrakis, "Measurement and Analysis of Rider Input and Motorcycle Response in High-Performance Environments," Thesis (Masters), University Of Wales Trinity Saint David, 2023. Accessed: May 07, 2025. [Online]. Available: <https://repository.uwtsd.ac.uk/id/eprint/3324/>
- [7] D. L. . Logan, *A first course in the finite element method*, Fourth. Thomson, 2007. Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books/about/A_First_Course_in_the_Finite_Element_Met.html?id=WscIzgEACAAJ&redir_esc=y
- [8] S. Mahardika, "ANALISA REKAYASA SIFAT MEKANIK BAJA AISI 4140 DENGAN VARIASI SUHU TEMPERING

UNTUK MENINGKATKAN KEULETAN DAN KEKERASAN MATERIAL,” *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 6, p. 64, Jun. 2020, doi: 10.35308/jmkn.v6i1.2306.

- [9] G. M. Dominguez Almaraz, J. A. Ruiz Vilchez, and A. Dominguez, “Ultrasonic fatigue on the automotive steels: AISI/SAE 4140T and 1045,” in *Procedia Structural Integrity*, Elsevier B.V., 2019, pp. 594–599. doi: 10.1016/j.prostr.2019.08.204.
- [10] I. G. Wiratmaja, N. A. Wigrha, and K. Purnayasa, “ANALISIS TEGANGAN STATIK DAN DEFORMASI FRAME ELECTRIC GANESHA SCOOTER PORTABLE (E-GASPOL) MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS,” *Otopro*, pp. 8–17, Nov. 2023, doi: 10.26740/otopro.v19n1.p8-17.
- [11] MakeItFrom, “Quenched and Tempered 4140 Chromium-Molybdenum Steel.” Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/Quenched-and-Tempered-4140-Cr-Mo-Steel>
- [12] David V. Hutton, *Fundamentals of Finite Element Analysis*, 1st ed. New York: McGraw-Hill, 2004.
- [13] A. Nemade and A. Shikalgar, “The Mesh Quality significance in Finite Element Analysis,” *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, vol. 17, no. 2, pp. 44–48, 2020, doi: 10.9790/1684-1702054448.
- [14] C. Pisarciuc, I. Dan, and R. Cioară, “The Influence of Mesh Density on the Results Obtained by Finite Element Analysis of Complex Bodies,” *Materials*, vol. 16, no. 7, p. 2555, Mar. 2023, doi: 10.3390/ma16072555.
- [15] D. Gross, W. Ehlers, P. Wriggers, J. Schröder, and R. Müller, “Stress, Strain, Hooke’s Law,” in *Mechanics of Materials – Formulas and Problems*, 2017, pp. 1–28. doi: 10.1007/978-3-662-53880-7_1.