



SIMULASI RANGKA SEPEDA FIXIE DENGAN MATERIAL ALLOY 6061 MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Damarnur Ilalang Adhitiya^{1a}, Rizki Aulia Nanda¹, Agus Supriyanto¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang
rizki.auliananda@ubpkarawang.ac.id

ABSTRAK

Desain sepeda yang awalnya sederhana dan keterbatasan penggunaannya mengalami kemajuan yang pesat seiring berlalunya waktu. Terdapat peningkatan yang signifikan dalam aspek desain rangka, bahan baku, dan berbagai aksesoris pada sepeda, dimana pada rangka fixie memiliki perbedaan pada bagian *dropout*. Untuk menggunakan alloy 6061 pada rangka sepeda fixie perlu diketahui berapa beban yang dapat diterima, berapa nilai *safety factor* yang dihasilkan serta apakah penggunaan material alloy 6061 pada rangka sepeda fixie dapat diterapkan, maka simulasi metode elemen hingga dipilih yang bertujuan mengetahui kekuatan rangka sepeda fixie dengan menerapkan metode elemen hingga dan Mengetahui nilai *safety factor* yang dihasilkan. Desain rangka sepeda fixie dilakukan menggunakan software *Solidworks 2020 (Student Version)* dan simulasi metode elemen hingga dilakukan pada software *Abaqus (Learning Edition 2018)* Hasil yang diperoleh pada pengujian. Bahwa nilai stress rata-rata pada beban 65 kg sebesar 138,22 MPa, beban 70 kg sebesar 161,25 MPa, beban 75 kg sebesar 184,29 MPa. Displacement pada beban 65 kg sebesar $2,8 \times 10^{-6}$ mm, beban 70 kg sebesar $3,0 \times 10^{-6}$ mm, dan beban 75 kg sebesar $3,2 \times 10^{-6}$ mm. Nilai rata-rata *safety factor* yang didapat adalah 1,74. Simulasi finite elemen pada pengujian rangka sepeda fixie menggunakan Alloy 6061 dianggap aman dan dapat diterapkan.

Kata kunci: Faktor Keamanan, Metode Elemen Hingga, Perpindahan, Rangka Sepeda, Tegangan.

ABSTRACT

The initially simple design and limited use of bicycles have undergone rapid advancements over time. Significant improvements have been made in frame design, raw materials, and various accessories, with fixie frames showing differences in the dropout section. To utilize alloy 6061 for a fixie bike frame, it is essential to determine the load it can bear, the resulting safety factor, and whether the application of alloy 6061 for a fixie bike frame is feasible. Therefore, finite element simulation was chosen to determine the strength of the fixie bike frame using this method and to evaluate the resulting safety factor. The fixie bike frame design was created using SolidWorks 2020 (Student Version), and the finite element simulation was conducted using Abaqus (Learning Edition 2018). The test results revealed that the average stress value at a 65 kg load was 138.22 MPa, at a 70 kg load was 161.25 MPa, and at a 75 kg load was 184.29 MPa. The displacement values were 2.8×10^{-6} mm at 65 kg, 3.0×10^{-6} mm at 70 kg, and 3.2×10^{-6} mm at 75 kg. The average safety factor obtained was 1.74. The finite element simulation of the fixie bike frame using alloy 6061 was deemed safe and feasible for application.

Keywords: Bicycle Frame, Displacement, Finite Element Method, Safety Factor, Stress.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, menggunakan berbagai moda transportasi telah menjadi bagian penting dari gaya hidup sehari-hari masyarakat. Ini terlihat jelas dalam tren bersepeda, yang tak hanya untuk perjalanan jarak dekat, tetapi juga untuk kegiatan rekreasi, berkumpul dengan teman, dan mengejar hobi [1]. Berbagai macam sepeda sering digunakan oleh masyarakat termasuk sepeda lipat, sepeda gunung atau MTB, sepeda fixie, sepeda perkotaan, sepeda BMX, sepeda hybrid, sepeda tandem, dan roadbike [2]. Sepeda fixie adalah hasil pengembangan dari sepeda yang awalnya dirancang untuk pekerja di bidang pengantaran, yang memerlukan kecepatan dan efisiensi waktu dalam menjalankan tugasnya. Pada desain sepeda fixed gear, manusia berperan sebagai pengguna utamanya, tetapi beberapa komponen sepeda sengaja dikurangi untuk menyesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan jenis sepeda tersebut [3]. Pemilihan jenis rangka sepeda sangatlah penting [4], karena rangka sepeda sendiri memiliki fungsi sebagai penopang seluruh komponen dan pengendara sepeda. Dalam mendesain rangka sepeda berbagai faktor harus diperhatikan seperti struktur geometri rangka yang mendukung stabilitas sepeda, keamanan rangka yang menjamin keselamatan pengendara, kekuatan rangka yang mampu menahan beban, dan jenis material rangka yang sesuai dengan kebutuhan [5].

Dalam penelitian analisis struktur rangka sepeda, metode elemen hingga dapat digunakan untuk menyederhanakan proses analisis dan mempercepat waktu pengerjaan. Hasil dari analisis ini bisa berupa tegangan maksimum, di mana nilainya tidak boleh melebihi batas kekuatan luluh material agar rangka tidak patah. Selain tegangan, regangan dan perpindahan yang terjadi pada rangka juga dianalisis, dengan nilai maksimum yang tidak terlalu besar sehingga rangka hanya mengalami deformasi elastis [6].

Beberapa sumber membahas analisis kekuatan rangka sepeda, tetapi mereka tidak mengkhususkan pada penggunaan metode analisis elemen hingga dan analisis tegangan dalam konteks rangka sepeda. Penelitian yang telah dilakukan Yuris Setyoadi dkk 2018 dengan menggunakan material alloy 6061 pada rangka sepeda gunung yang penerapan beban seberat 245 kg pada bagian seattube dan 122 kg dibagian pedal mengakibatkan terjadinya tegangan maksimum sebesar 52,23 Mpa dengan nilai faktor keamanan sebesar 5,283 [4]. sedangkan pada penelitian Arif Mualana dkk 2019 rangka sepeda tandem dengan menggunakan material alloy 6061 pembebanan yang diberikan sebesar 100 kg menghasilkan tegangan maksimal sebesar 210,2 Mpa dengan nilai safety factor berada pada rentang 0,8626 hingga 15 (maksimum) [7].

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kekuatan dari rangka sepeda fixie dan hasil faktor keamanan yang didapat serta penggunaan jenis material alloy 6061 pada jenis rangka sepeda fixie. Dan batasan dari penelitian ini diantaranya, pembebanan hanya berasal dari pengemudi, analasi simulasi hanya melihat pengaruh tegangan, perpindahan, dan safety factor, serta pembebanan yang dilakukan pada sepeda hanya beban statis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan jenis rangka sepeda fixie. Selain itu, desain rangka yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis material alloy 6061. Dalam proses pemodelan rangka sepeda fixie dibantu dengan menggunakan *software Solidworks 2020 (Student Version)* dan proses simulasi metode elemen hingga pada rangka sepeda fixie menggunakan *software Abaqus (Learning Edition 2018)*.

Simulasi tersebut menggunakan persamaan dasar untuk menghitung besaran yang muncul saat rangka sepeda fixie diberi beban, dengan persamaan terkait yang meliputi gaya, tegangan, regangan, defleksi, safety factor.

Gaya

Istilah yang menggambarkan suatu aksi terhadap benda, yang menyebabkan interaksi dan ditentukan oleh titik kerja, bentuk, serta arah.

$$F = m \cdot g \quad (1)$$

Tegangan

Tegangan yang dimaksud dalam penelitian ini adalah gaya atau beban yang bekerja pada suatu material per satuan luas. Dalam konteks rekayasa dan fisika material, tegangan diukur sebagai gaya yang diterapkan pada suatu bahan dibagi dengan luas penampang bahan tersebut yang bertujuan untuk menunjukkan kekuatan gaya yang dapat menyebabkan suatu benda mengalami perubahan bentuk [8].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Regangan

Regangan mencakup transformasi bentuk suatu bahan yang timbul akibat penerapan gaya atau beban. Pengukuran regangan melibatkan perubahan dimensi atau deformasi relatif bahan tersebut, dan informasi ini digunakan untuk menilai respons elastis atau plastis suatu material terhadap beban yang diterapkan [9].

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (3)$$

Defleksi

Penelitian ini memerlukan nilai defleksi untuk menggambarkan transformasi bentuk pada balok atau batang dalam arah vertikal dan horisontal yang muncul akibat adanya beban yang diterapkan pada struktur tersebut [9].

$$\delta = \frac{F \cdot a (3L^2 - 4a^2)}{48 \cdot E \cdot I} \quad (4)$$

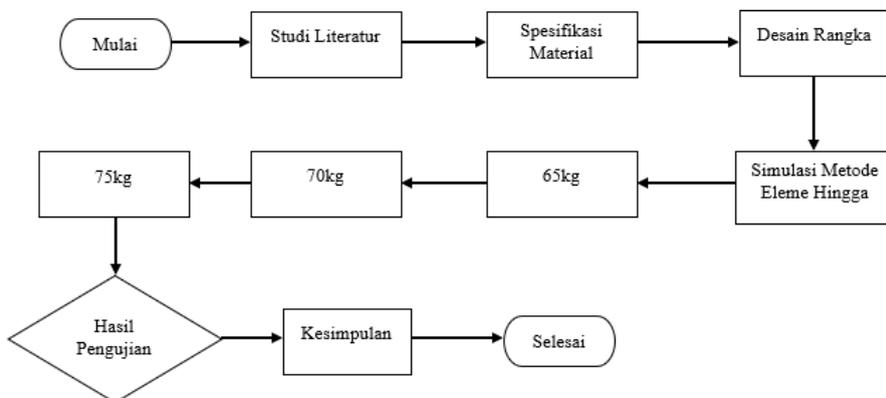
Safety factor

Nilai yang digunakan dalam proses perancangan guna memastikan bahwa suatu struktur atau komponen memiliki kemampuan untuk menahan beban atau gaya yang dikenakan tanpa mengalami kegagalan [10].

$$SF = \frac{\sigma \text{ yield strenght}}{\sigma \text{ von}} \quad (5)$$

2.1 Diagram Alir Penelitian

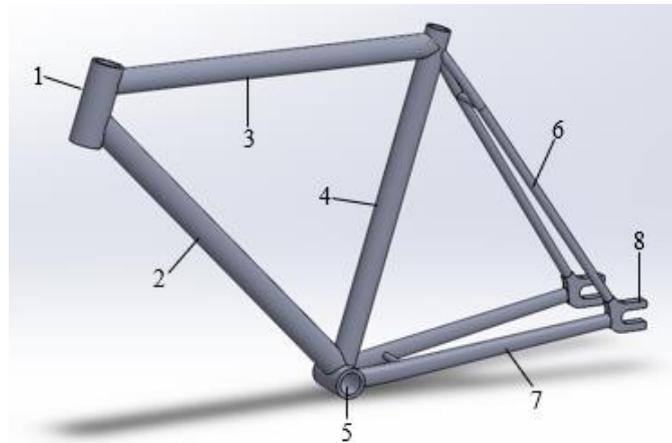
Tahap pertama dalam melakukan simulasi yaitu menentukan spesifikasi material, dimana pada penelitian ini digunakan material jenis alloy 6061. Tahapan selanjutnya membuat model rangka geometri fixie. Tahapan selanjutnya setelah melakukan pembuatan geometri rangka sepeda fixie adalah input data material pada software Abaqus Learning Edition 2018. Kemudian tahap selanjutnya mensimulasikan dengan beban yang telah ditentukan, lalu dari sini akan diperoleh hasil nilai tegangan, regangan, perpindahan, faktor keamanan yang berguna untuk menentukan kekuatan dari jenis material pada rangka sepeda fixie. Adapun alur analisis pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Pemodelan Rangka Sepeda Fixie

Dalam pembuatan design rangka sepeda fixie dilakukan dengan menggunakan bantuan Software Solidworks 2020 Student Version. Adapun hasil pemodelan rangka sepeda fixie dapat dilihat pada Gambar 2 dan nama-nama komponen rangka sepeda akan di jelaskan pada tabel 1.



Gambar 2. Desain Rangka Sepeda Fixie

1. *Headtube*

Merupakan tabung vertikal pada bagian depan sepeda tempat *fork* (garpu) *steer tube* dipasang menggunakan *headset*, dimana *headtube* sendiri menghubungkan *handlebar* (stang) dengan roda depan melalui *fork*.

2. *Downtube*

Tabung diagonal yang menghubungkan *headtube* ke *bottom bracket*. Merupakan tabung utama dalam struktur kerangka sepeda

3. *Tootube*

Tabung horizontal yang menghubungkan *headtube* ke *seattube*. Pada sepeda modern biasanya *tootube* sering memiliki sedikit kemiringan untuk meningkatkan kenyamanan dan ergonomi.

4. *Seatpost*

Tabung vertikal yang dipasang di dalam *seattube* dan menopang *saddle*.

5. *Bottom Bracket*

Komponen di bagian bawah kerangka sepeda, tempat *crankset* dan *spindle* dipasang. Lokasinya dihubungkan oleh *downtube* dan *seattube*.

6. *Seatstay*

Sepasang tabung kecil yang menghubungkan *seattube* ke *dropout* belakang.

7. *Chainstay*

Sepasang tabung yang menghubungkan *bottom bracket* ke *dropout* belakang yang sejajar dengan rantai belakang.

8. *Dropout*

Ujung dari *chainstay* dan *seatstay*, tempat roda depan atau belakang dipasang.

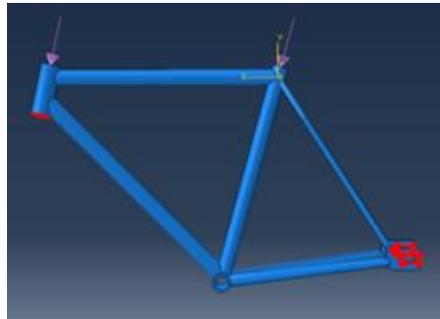
2.3 Pemodelan Rangka Sepeda Fixie

Pada penelitian ini dipilih jenis material Alloy 6061 karena Paduan aluminium dalam seri ini menunjukkan sifat mekanis yang luar biasa, kemampuan bentuk yang baik, ketahanan korosi yang tinggi, kemampuan las yang lebih baik, serta rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi. Terdapat nilai material properties yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Sifat Material Alloy 6061 [11]

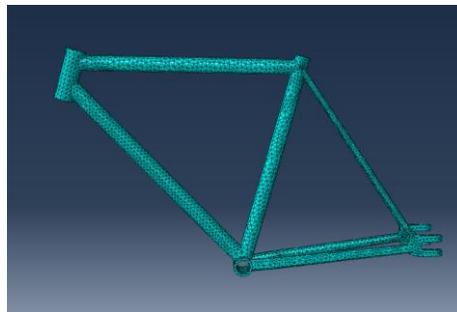
| Sifat Material | Alloy 6061 |
|--|------------------------|
| Young's modulus | 68.9 GPa |
| Poisson's ratio | 0.33 |
| Tensile yield stress | 276 MPa |
| Density | 2.70 g/cm ³ |
| Ultimate tensile strenght | 310 MPa |
| Elongation at break for 12.7mm (1/2in.) diameter | 17% |
| Brinell Hardness | 95 |
| Fracture toughness K_{Ic} (T-L orientation) | 29 MPa√m |

Metode simulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi statis. Nilai beban yang digunakan yaitu 65 kg, 70 kg, dan 75 kg. Titik pembebanan terletak pada pada bagian atas headtube dan seatpost, sementara titik tumpuan tumpuan roda depan dan roda belakang berada pada bagian bawah headtube dan dropout dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Titik Beban dan Titik Tumpuan

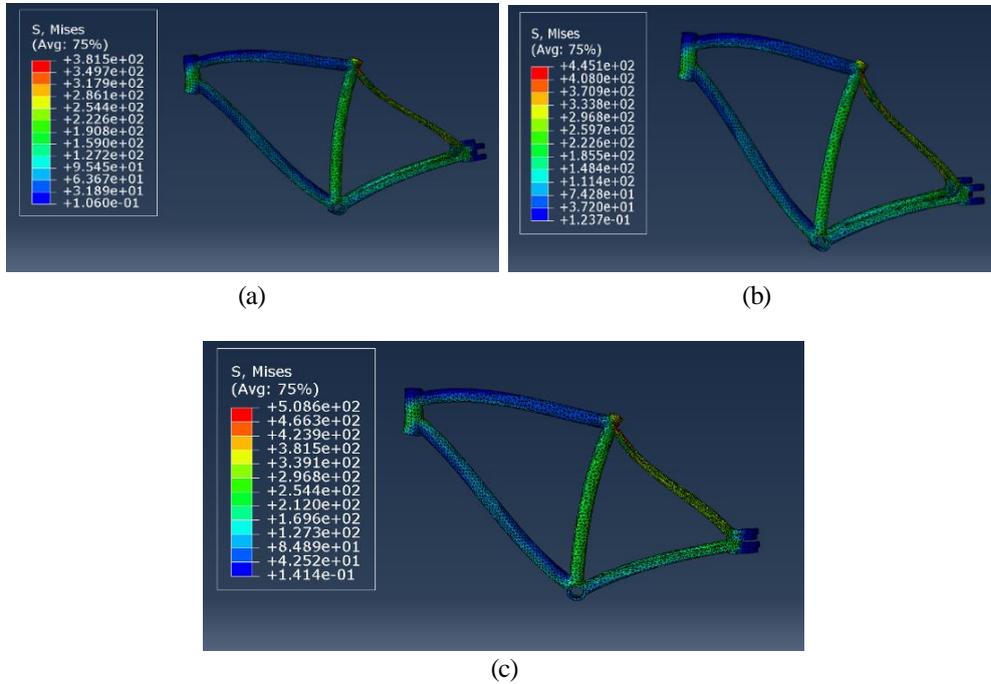
Proses *meshing* bertujuan untuk meminimalisir terjadinya error pada saat simulasi berjalan. Mesh memecah domain menjadi elemen-elemen kecil yang disebut elemen mesh atau sel mesh, yang kemudian digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang mengatur perilaku fisik sistem. Dalam Abaqus, proses meshing sangat penting untuk memastikan bahwa model dapat dianalisis dengan akurasi dan efisiensi tinggi, sehingga memungkinkan penyelesaian masalah rekayasa yang kompleks [12]. *Meshing* yang digunakan untuk analisis sepeda rangka fixie adalah mesh tetrahedral dengan jumlah elemen sebanyak 28581 dan nodal sebanyak 8150. Jenis *meshing* tetrahedral ini dipilih karena sangat efektif ketika diterapkan pada geometri yang kompleks. Hasil proses meshing bisa dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Proses *Meshing*

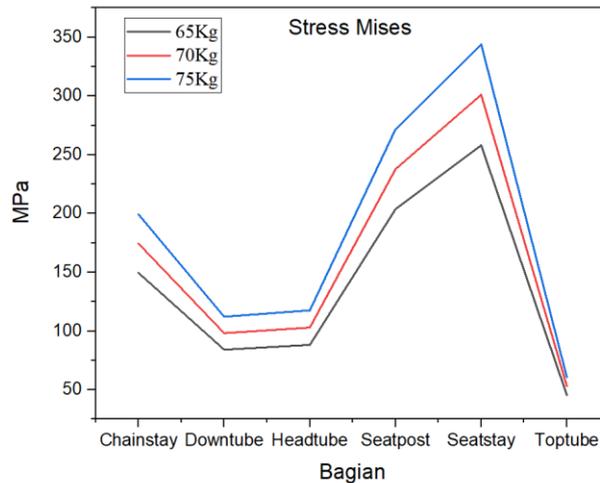
Dalam pemodelan rangka pada penelitian ini. Material dibagi menjadi beberapa titik pengamatan dalam bentuk node pada tiap bagian-bagian rangka sepeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari simulasi rangka sepeda fixie dengan aplikasi software yang digunakan adalah Abaqus (Learning Edition 2018). Simulasi dilakukan untuk melihat hasil Stress Mises, Max. Principal (Strain), Displacement, dan Safety Factor. Pada gambar 4 merupakan hasil simulasi Stress Mises dari 3 variasi beban.



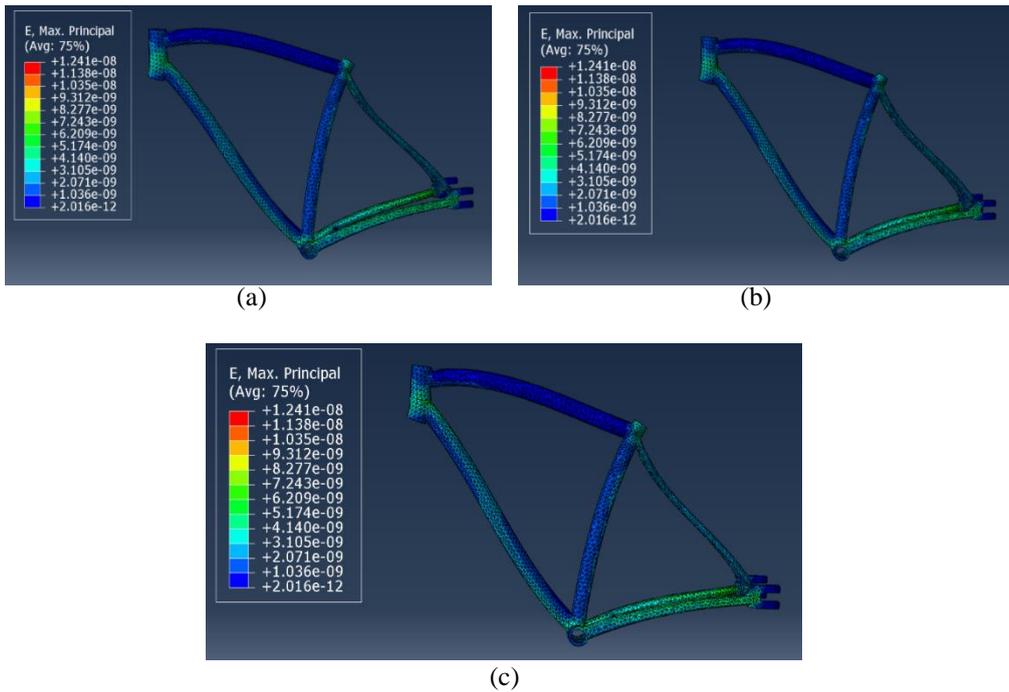
Gambar 5. Simulasi Stress Mises (a) 65kg (b) 70kg (c) 75kg



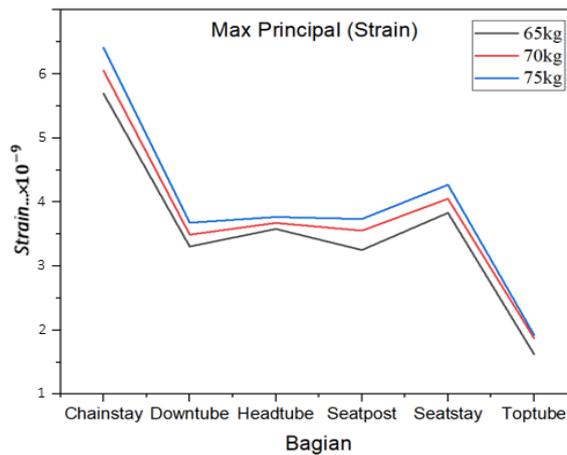
Gambar 6. Hasil Grafik Stress Mises dari 3 Variasi Beban

Dari gambar 6 terlihat bahwa pada bagian seatstay dari 3 variasi beban terjadi tegangan yang tinggi dengan nilai 258.08 MPa (65 kg), 301.09 MPa (70 kg), dan 344.10 MPa (75 kg). Sementara tegangan rendah yang terjadi berada pada bagian toptube dengan nilai 45.55 MPa (65 kg), 53.14 MPa (70 kg), dan 60.73 MPa (75 kg).

Pada Gambar 7 merupakan hasil simulasi yang diperoleh berupa Max Pricipal (Strain) pada 3 varian beban rangka.

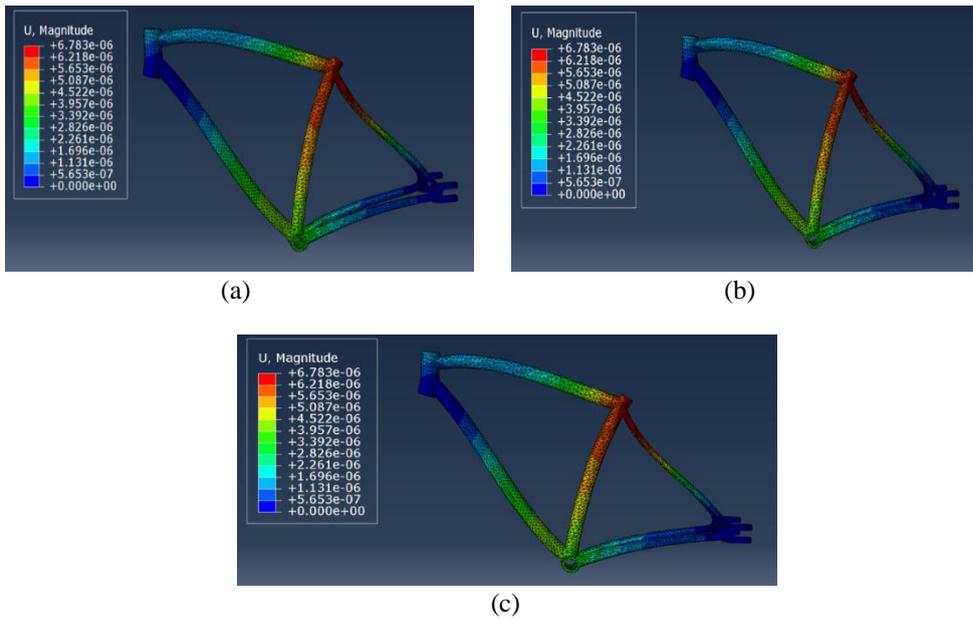


Gambar 7. Simulasi Max Principal (Strain) (a) 65kg (b) 70kg (c) 75kg

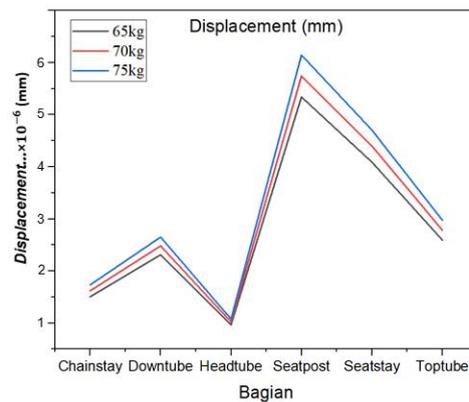


Gambar 8. Hasil Grafik Max Principal (Strain) dari 3 Variasi Beban

Dari gambar 8 terlihat bahwa pada bagian chainstay dari 3 variasi beban terjadi regangan yang tinggi dengan nilai $4,69 \times 10^{-9}$ (65kg), $5,05 \times 10^{-9}$ (70kg), dan $5,41 \times 10^{-9}$ (75kg). Sementara regangan rendah yang terjadi berada pada bagian toptube dengan nilai $6,2426 \times 10^{-10}$ (65kg), $8,7203 \times 10^{-10}$ (70kg), dan $9,2374 \times 10^{-10}$ (75kg). Nilai regangan tersebut terjadi pada sumbu Y. Pada gambar 9 merupakan hasil simulasi yang diperoleh berupa Displacement pada 3 varian beban rangka.



Gambar 9. Simulasi Displacement (a) 65kg (b) 70kg (c) 75kg



Gambar 10. Hasil Grafik Displacement dari 3 Variasi Beban

Dari gambar 10 terlihat bahwa pada bagian seatpost dari 3 variasi beban terjadi perpindahan yang tinggi dengan nilai $5,34 \times 10^{-6}$ mm (65kg), $5,74 \times 10^{-6}$ mm (70kg), dan $6,14 \times 10^{-6}$ mm (75kg). Sementara perpindahan rendah yang terjadi berada pada bagian headtube dengan nilai $9,67 \times 10^{-7}$ mm (65kg), $10,21 \times 10^{-7}$ mm (70kg), dan $10,75 \times 10^{-7}$ mm (75kg).

Pada analisis hasil simulasi diketahui bahwa nilai safety factor yang didapat dari 3 variasi beban sebesar 2.00 (65kg), 1.71 (70kg), 1.50 (75kg)

$$SF = \frac{276 \text{ MPa}}{138.22 \text{ MPa}} = 2.00$$

$$SF = \frac{276 \text{ MPa}}{161.25 \text{ MPa}} = 1.71$$

$$SF = \frac{276 \text{ MPa}}{184.29 \text{ MPa}} = 1.50$$

Pada tabel merupakan rekap hasil analisis yang telah dilakukan menggunakan Abaqus Learning Edition 2018.

Tabel 2. Rekap Hasil Analisis

| Name | Beban | | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 65kg | 70kg | 75kg |
| <i>Stress Mises (MPa)</i> | 138,22 | 161,25 | 184,29 |
| <i>Strain</i> | $2,54 \times 10^{-9}$ | $2,78 \times 10^{-9}$ | $2,96 \times 10^{-9}$ |
| <i>Displacement (mm)</i> | $2,80 \times 10^{-6}$ | $3,00 \times 10^{-6}$ | $3,21 \times 10^{-6}$ |
| <i>Safety Factor</i> | 2,00 | 1,71 | 1,50 |

Sebagai perbandingan tabel 3 merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan Yuris Setyoadi 2018.

Tabel 3. Hasil Penelitian Yuris Setyoadi 2018

| Beban | <i>Stress Mises (MPa)</i> | <i>Displacement (mm)</i> | <i>Safety Factor</i> |
|--------|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| 245 kg | 52,32 | 0,21816 | 2,83 |

Dari analisis simulasi yang telah dijalankan dengan pembebanan statis, pada tabel 2 dapat dijelaskan bahwa nilai rata-rata yang didapat pada stress mises sebesar 138,22 MPa (65kg), 161,25 MPa (70kg), 184,29 MPa (75kg) dan untuk nilai rata-rata dari strain menghasilkan sebesar $2,54 \times 10^{-9}$ (65kg), $2,78 \times 10^{-9}$ (70kg), $2,96 \times 10^{-9}$ (75kg). Sementara untuk nilai rata-rata dari displacement sebesar $2,80 \times 10^{-6}$ mm (65kg), $3,00 \times 10^{-6}$ mm (70kg), $3,21 \times 10^{-6}$ mm (75kg). Dan nilai safety factor yang didapat yaitu 2,00 (65kg), 1,71 (70kg), 1.50 (75kg). Dapat dikatakan nilai rata-rata tegangan dalam penelitian ini lebih besar dari pada yang telah dilakukan oleh Yuris Setyoadi 2018 namun hasil rata-rata pada displacement lebih rendah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi analisis rangka sepeda fixie dengan menggunakan material alloy 6061 dengan varian beban 65kg, 70kg, 75kg, dapat disimpulkan Stress Mises pada beban 65kg adalah 138,22 MPa, beban 70kg adalah 161,25 MPa, dan beban 75kg adalah 184,29 MPa. Dimana nilai tersebut tidak melebihi nilai yield strength dari material Alloy 6061 yakni 276 MPa. Sedangkan nilai rata-rata displacement beban 65kg sebesar $2,80 \times 10^{-6}$ mm, beban 70kg sebesar $3,00 \times 10^{-6}$ mm, dan beban 75kg sebesar $3,21 \times 10^{-6}$ mm. Simulasi menghasilkan nilai *safety factor* pada beban 65kg sebesar 2,00, beban 70kg sebesar 1,71, dan beban 75kg sebesar 1,50. Rata-rata nilai *safety factor* adalah 1,74. Penggunaan material *alloy* 6061 dapat diterapkan pada rangka fixie, karena pada hasil simulasi yang telah dilakukan nilai *safety factor* berada diatas nilai minimum. Di mana nilai minimum pada *safety factor* adalah 1, sementara nilai rata-rata *safety factor* yang didapat dari 3 variasi beban sebesar 1,74.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penelitian ini terdapat hambatan yang dihadapi, namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya dukungan, bantuan, bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih setulusnya kepada: Rizki Aulia Nanda, S.T., M.T., yang telah memberikan bimbingan dalam penelitian. Agus Supriyanto, S.T., M.T., yang telah memberikan bimbingan tata cara menulis karya ilmiah dengan benar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kholilah S, Tristiyono B, Susandari H. Desain Sepeda yang Mendukung Aktivitas dan Gaya Hidup Masyarakat Kota Metropolitan dengan Konsep Mudah dibawa dan Ringan 2019;8:307–13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v8i2.49681>.

- [2] Loppies VB, Satrijo D, Kurdi O. Analisis Rangka Roadbike Dengan Material Komposit Karbon Dan Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. vol. 10. 2022.
- [3] Ramadhan A, Sihombing JP. Kajian ergonomi desain sepeda fixed gear (fixie). *PRODUCTUM Jurnal Desain Produk (Pengetahuan Dan Perancangan Produk)* 2017;3:8. <https://doi.org/10.24821/productum.v3i1.1734>.
- [4] Setyoadi Y, Annanto GP. Optimasi Desain Rangka Sepeda Gunung Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Rotasi* 2018;20:172. <https://doi.org/10.14710/rotasi.20.3.172-177>.
- [5] Lin CC, Huang SJ, Liu CC. Structural analysis and optimization of bicycle frame designs. *Advances in Mechanical Engineering* 2017;9:1–10. <https://doi.org/10.1177/1687814017739513>.
- [6] Abidin Z, Janatama Aryadi P. Analisis Struktur Sepeda Lipat IZI ARC 16 dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Rekayasa Mesin* 2021;21:01–5. <https://doi.org/10.36706/jrm.v21i1.59>.
- [7] Maulana A, Ariatedja JB. Analisa Fatigue pada Rangka Sepeda Trandem 2019;8:48–53. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.12962/j23373539.v8i1.42547>.
- [8] Nendra LA, Balai W, Teknologi U, Antariksa P, Garut A, Penerbangan L, et al. Desain Dan Analisis Tegangan Crane Hook Model Circular Section Kapasitas 5 Ton Menggunakan Autodesk Inventor 2017. *Jurnal SIMETRIS* 2019;10.
- [9] Paksi JGA, Putra IACP, Indriansyah R. Perancangan Struktur Road Bike Frame Menggunakan Aluminium 6063 Melalui Proses Optimalisasi Perlakuan Panas. *Jurnal Teknik Mesin ITI* 2021;5:49. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i2.575>.
- [10] Setiawan R, Sugiyanto D, Daryus A. Analisis Simulasi Kekuatan Dan Pembuatan Rangka Kendaraan Sepeda Motor Listrik. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur* n.d.;8.
- [11] Drahansky M, Paridah M t, Moradbak A, Mohamed AZ, Owolabi F abdulwahab taiwo, Asniza M, et al. Experimental Investigations on AA 6061 Alloy Welded Joints by Friction Stir Welding. *Intech* 2016;i:13. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/57353>.
- [12] Aswin A, Anggara F. Perancangan Dan Analisis Tegangan Pressure Vessel Horizontal Separator Dengan Metode Elemen Hingga. *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika* 2022;7:83–97. <https://doi.org/10.20527/sjmeKinematika.v7i2.219>.