

Analisis desain *frame* sepeda listrik roda tiga sebagai alat bantu transportasi bagi penyandang disabilitas menggunakan software Autodesk Inventor

Alviani Hesthi Permata Ningtyas¹, Hidayat¹, Priyo Nugroho Rofiyanto¹

¹Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No. 101 GKB Gresik 61121
Email korespondensi: alvianihesthi@umg.ac.id

Abstrak

Alat transportasi pada dewasa ini merupakan kebutuhan yang primer bagi masyarakat khususnya penyandang disabilitas. Salah satunya yaitu sepeda. Pada komponen sepeda, *Frame* merupakan salah satu komponen yang paling penting yang berfungsi sebagai penopang beban dan tempat melekatkan berbagai komponen sepeda. Tujuan kajian ini yaitu untuk mengetahui apakah desain *frame* sepeda ini aman bagi penyandang disabilitas. Desain *frame* sepeda roda tiga menggunakan material steel dan dianalisis dengan menggunakan fitur *Finite Element Analysis* pada software *autodesk inventor*. Variasi beban yang diterima *frame* yaitu 60 kg, 75 kg dan 90 kg, diasumsikan sebagai massa dari pengemudi. Hasil yang diperoleh dari simulasi yaitu tegangan, displacement dan safety factor pada *frame* sepeda listrik. Pada kajian ini didapatkan tegangan maksimum sebesar 20,026 MPa dan displacement yang paling besar yaitu 0,045773 mm pada beban tertinggi, tetapi masih aman untuk digunakan karena menghasilkan safety factor sebesar 10,3366.

Kata kunci: sepeda listrik, disabilitas, *frame*, *autodesk inventor*.

Abstract

Transportation is a primary need for the community, especially people with disabilities. One of them is a bicycle. In bicycle components, the *frame* is one of the most important components that functions as a support for the load and a place to attach various bicycle components. The purpose of this study was to determine whether the bicycle *frame* design is safe for persons with disabilities. The tricycle *frame* design uses steel material and is analyzed using the *Finite Element Analysis* feature in the *Autodesk Inventor* software. The variations in the load received by the *frame* are 60 kg, 75 kg, and 90 kg which are assumed to be the mass of the driver. The results obtained from the simulation are the voltage, displacement and safety factor on the electric bicycle *frame*. In this study, the maximum stress is 20,026 MPa and the largest displacement is 0.045773 mm at the highest load, but it is still safe to use because it produces a safety factor of 10.3366.

Keywords: electric bicycles, disabilities, frames, *autodesk inventor*.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin pesat membuat kemajuan yang bermanfaat dan memudahkan bagi para konsumen. Salah satu perkembangan teknologi yang sedang marak pada masa pandemi COVID-19 di dunia transportasi yaitu keberadaan sepeda yang menjadi idola di masyarakat. Kendaraan roda dua menggunakan sistem penggerak manual yang dihasilkan dari gerak mekanis kaki yang mengayuh pedal dan sistem penggerak listrik [1].

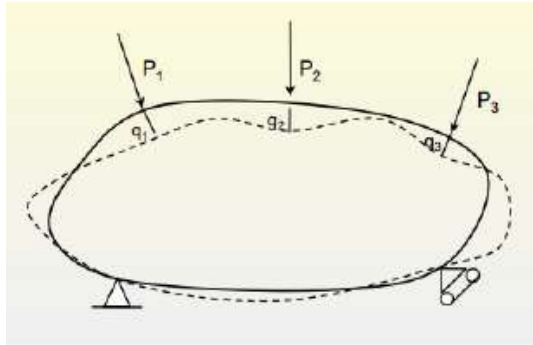
Dalam proses produksi alat transportasi, diperlukan proses pra-produksi seperti menentukan dimensi, menentukan desain, menentukan titik-titik tegangan dan material yang digunakan. Proses gambar dari gambar desain menjadi gambar yang siap untuk difabrikasi juga menjadi tahapan yang penting dalam proses pra-produksi. Proses desain bisa dilakukan dengan bantuan software agar hasil yang diperoleh mempunyai akurasi yang baik. Banyak software yang bisa digunakan untuk menganalisis desain yang telah

dibuat, salah satunya yaitu Autodesk Inventor 2018. Autodesk Inventor menawarkan *stress analysis* pada benda padat [1]–[4]. Analisis tegangan digunakan untuk mengetahui apakah rangka atau *frame* yang didesain mampu menerima beban yang diberikan.

Stress Analysis adalah salah satu dari alat pengujian struktur pada Autodesk Inventor yang menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Sistem kerjanya yaitu dengan memecah sebuah objek struktur yang akan diuji menjadi banyak elemen-elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan diolah menggunakan perhitungan khusus oleh software, sehingga mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Sebuah objek/struktur mendapat tiga buah gaya, sebut saja gaya P_1 , P_2 , dan P_3 . Pada arah dan lokasi yang sama dengan tiga gaya P_1 , P_2 , dan P_3 , terjadilah

displacement atau perpindahan pada komponen tersebut sebesar nilai q_1 , q_2 , dan q_3 .



Gambar 1. Displacement pada prinsip superposisi.

Menurut prinsip superposisi, besarnya displacement yang terjadi bisa dijabarkan pada Persamaan 1-3 berikut.

$$q_1 = f_{11}P_1 + f_{12}P_2 + f_{13}P_3 \quad (1)$$

$$q_2 = f_{21}P_1 + f_{22}P_2 + f_{23}P_3 \quad (2)$$

$$q_3 = f_{31}P_1 + f_{32}P_2 + f_{33}P_3 \quad (3)$$

secara ringkas dapat ditulis seperti Persamaan 4 berikut.

$$\{q\} = [f] \cdot \{P\} \quad (4)$$

dimana:

$$\{q\} = \begin{Bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \end{Bmatrix}; [f] = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix}; \{P\} = \begin{Bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix} \quad (5)$$

Matrik $[f]$ disebut sebagai matrik fleksibilitas. Dimana f_{ij} merupakan sebuah koefisien fleksibilitas yang mendefinisikan displacement di titik i yang dikarenakan satu unit beban yang bekerja di j , dan Persamaan 5 dapat pula seperti Persamaan 6 dan 7 berikut.

$$\{P\} = [k] \cdot \{q\} \quad (6)$$

dimana:

$$[k] = [f]^{-1} \quad (7)$$

2. Metode

Metode yang digunakan pada kajian ini yaitu sebagai berikut.

Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari referensi jurnal, teks dan paper, serta literatur lain yang terkait dengan kajian.

Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data dilakukan dengan melakukan perhitungan dan memperkirakan dimensi dengan referensi jurnal-jurnal terdahulu.

Pemodelan Desain Frame Sepeda Roda Tiga

Pada proses pemodelan desain frame sepeda roda tiga dengan memasukkan data dimensi, menggambar dan mendesain frame ke dalam software Autodesk Inventor 2018.

Simulasi dan Analisis Desain Chassis

Simulasi dan analisis desain rangka atau frame sepeda roda tiga menggunakan stress analysis pada software Autodesk Inventor Professional dengan metode Finite Element Analysis (FEA). Penerapan metode jenis ini adalah dengan membagi elemen kontinu menjadi elemen berhingga dan analisis dilakukan pada setiap elemen yang telah dibagi menjadi beberapa bagian tersebut dengan perhitungan secara komputasi numerik. Variasi dilakukan dengan memberikan beban pengendara yang berbeda yaitu 60 kg, 75 kg dan 90 kg. Berbeda 5 kg lebih rendah dengan variasi pada chassis mobil listrik[5].

Analisis Hasil Simulasi

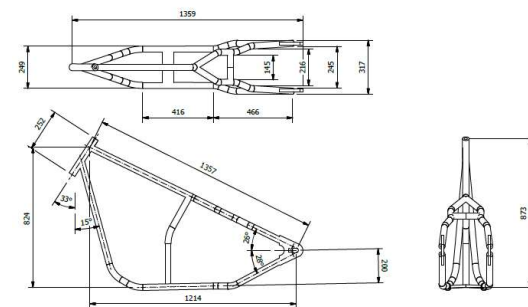
Hasil dari simulasi berupa distribusi tegangan, displacement dan safety factor di setiap frame. Kondisi luaran ini menjadi acuan analisis kekuatan dan keamanan dari frame sepeda roda tiga.

Kesimpulan

Setelah proses analisis dilakukan, ditarik sebuah kesimpulan dan saran untuk kajian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Pemodelan desain frame ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.

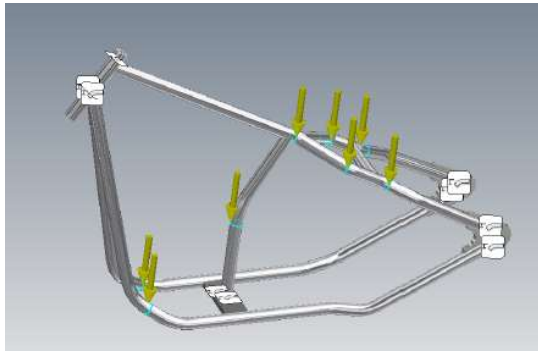


Gambar 2. Desain dan dimensi frame sepeda roda tiga dalam satuan mm.

Gambar 2 merupakan desain dan dimensi dari sepeda listrik untuk kalangan disabilitas. Sebelum dilakukan analisis diperlukan proses verifikasi material yang digunakan pada setiap rangka sepeda listrik yang telah dibuat. Material rangka yang digunakan yaitu steel. Material steel memiliki kelebihan yang stabil apabila digunakan, mudah dioperasikan, tahan lama dan

perawatan yang mudah [6]. *Steel* memiliki kriteria umum yaitu densitas $7,85 \text{ g/cm}^3$, *yield strength* sebesar 207 MPa, dan *ultimate tensile strength* 345 MPa, sedangkan untuk tegangan yang dimiliki oleh material *steel* yaitu modulus elastisitas sebesar 210 GPa, *Poisson's ratio* sebesar 0,3 *ul* dan modulus geser sebesar 80,7692 GPa. Peneliti lain menggunakan material Aluminium 6061 [7],[8], AISI 1018 HR [9], dan *mild steel* [3],[10]. Rangka sepeda berbentuk *hollow circle* dengan ukuran penampang diameter luar sebesar 35 mm, diameter dalam yakni 30 mm dan ketebalan sebesar 2.5 mm, berwarna abu-abu. Berbeda dengan [3],[9] yang menggunakan *hollow* yang berdiameter lebih besar yaitu 4 mm dan 3 mm.

Langkah selanjutnya yaitu menentukan *constraint* (tumpuan) sesuai dengan beban yang diterima rangka sepeda listrik seperti pada Gambar 3, sambungan pada rangka menggunakan sambungan las. Berbeda dengan kajian sebelumnya yang menggunakan sambungan *bolt* dan *nut*[11].



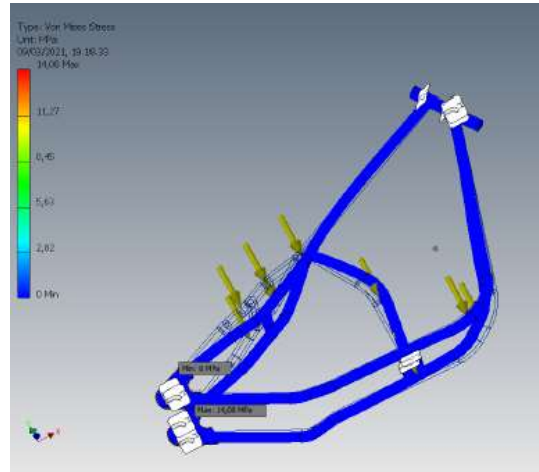
Gambar 3. Titik constraints

Hasil yang diperoleh dari analisis *frame* dengan menggunakan software Autodesk Inventor yaitu *displacement*, von mises *stress* dan *safety factor*.

Von Misses Stress

Tegangan salah satu *post-processor* adalah nilai hasil perhitungan hubungan tegangan-regangan pada benda uji. Regangan diperoleh dari deformasi yang dialami oleh benda uji sedangkan tegangan bernilai sama dengan von mises *stress*.

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada *frame* sepeda listrik dengan diberi beban sebesar 588,6 N berada pada rangka penghubung dengan roda belakang dengan besar tegangan yang terjadi yaitu 14,08 MPa, sedangkan tegangan minimum berada pada rangka penghubung dengan roda depan dan kemudi dengan nilai tegangan sebesar 0 MPa. Pada Tabel 1 berisi tentang nilai tegangan yang dihasilkan pada beban 882,9 N dan 735,75 N dimana semakin besar beban yang diterima *frame* maka semakin besar juga tegangan yang dihasilkan [12].



Gambar 4. Von mises stress pada beban 588,6 N.

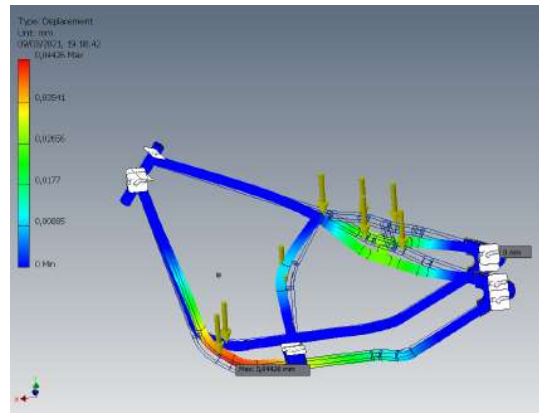
Tabel 1. Nilai tegangan minimum dan maksimum.

Beban (N)	Tegangan maksimum (MPa)	Tegangan minimum (MPa)
882,9	20,026	0,0000359936
735,75	17,0551	0,0000285162
588,6	14,0829	0,0000179604

Displacement

Pada beban 588,6 N terdapat *displacement* maksimum pada rangka roda belakang yang ditunjukkan pada Gambar 5 dengan nilai *displacement* yaitu 0,04426 mm dan *displacement* minimum berada pada rangka bagian rangka penghubung roda belakang dengan nilai minimum *displacement* sebesar 0 mm.

Pada Tabel 2 berisi tentang nilai tegangan *displacement* yang dihasilkan pada beban 882,9 N dan 735,75 N, di mana semakin besar beban yang diterima *frame*, maka semakin besar juga *displacement* yang terjadi.



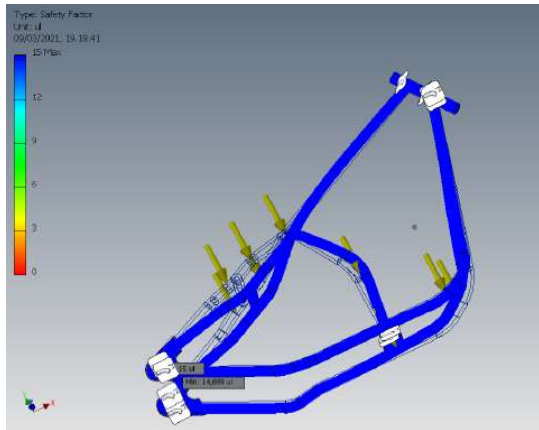
Gambar 5. Displacement pada beban 588,6 N.

Tabel 2. Nilai displacement.

Beban (N)	Nilai Displacement maksimum (mm)	Nilai Displacement minimum (mm)
882,9	0,05773	0
735,75	0,05105	0
588,6	0,04426	0

Safety Factor

Safety factor dinyatakan aman apabila nilai nya lebih dari 1. Pada beban 588,6 N, terdapat safety factor maksimum 15 ul seperti yang terlihat pada Gambar 6, sedangkan safety factor minimum sebesar 14,6986 ul.



Gambar 6. Safety factor pada beban 588,6 N.

Pada Tabel 3 berisi nilai safety factor yang dihasilkan pada beban 882,9 N dan 735,75 N, di mana semakin besar beban yang diterima frame maka semakin kecil juga safety factor yang dihasilkan.

Tabel 3. Nilai safety factor.

Beban (N)	Safety factor maksimum (ul)	Safety factor minimum (ul)
882,9	15	10,3366
735,75	15	12,1372
588,6	15	14,6986

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan pada kajian ini yaitu beban tertinggi memiliki tegangan maksimum sebesar 20,026 MPa dan displacement yang paling besar yaitu 0,045773 mm, tetapi frame tetap aman untuk digunakan karena safety factor melebihi dari 1 yaitu sebesar 10,3366. Untuk kajian selanjutnya dapat menggunakan material yang lebih ringan.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kami tujukan kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Gresik telah memberikan pendanaan internal pada kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] B. Setyono and A. Hamid, “PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN FRAME SEPEDA HIBRID ‘ TRISONA ’ MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR,” vol. 20, no. 2, pp. 37–46, 2016.
- [2] B. Setyono and S. Gunawan, “PERANCANGAN DAN ANALISIS CHASSIS MOBIL LISTRIK ‘ SEMUT ABANG ’ MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR PRO 2013,” pp. 69–78, 2015.
- [3] Sunardi, “Optimalisasi Desain Frame Sepeda Menggunakan Software Autodesk Inventor 2015,” vol. 20, no. 2, pp. 187–192, 2017.
- [4] L. H. Al Ichlas Imran, Samhuddin, Salimin, “Perancangan, analisa dan simulasi rangka sepeda listrik untuk masyarakat perkotaan,” vol. 9, no. 2, pp. 0–6, 2018.
- [5] H. Isworo, A. Ghofur, and G. Rudi, “Analisis displacement pada chassis mobil listrik wasaka 1),” vol. 6, no. 2, pp. 94–104, 2019.
- [6] R. Ariyansah and A. Gamayel, “LISTRIK SEPEDA STATIS MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK,” vol. 11, no. 1, pp. 20–25, 2021.
- [7] F. Toteles, Aris; Alhaffis, “ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Bengkalis Email : arishtoteles99@gmail.com 30,” Mach. J. Tek. Mesin, vol. 7, no. 1, pp. 30–37, 2021.
- [8] M. S. D. Ellianto and Y. E. Nurcahyo, “Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype,” J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater., vol. 4, no. 2, pp. 53–58, 2020.
- [9] F. A. Budiman, A. Septiyanto, S. Sudiyono, A. D. N. I. Musyono, and R. Setiadi, “Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel,” J. Rekayasa Mesin, vol. 16, no. 1, p. 100, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i1.1997.
- [10] Andriyanto, G. T. Setiadanu, Slamet, Y. Gunawan, G. T. A. Pratama, and N. Qolbi, “Pemodelan Rangka Prototipe Sepeda Listrik Kargo Roda Tiga Multiguna,” J. Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, vol. 19, no. 1, pp. 41–50, 2020.
- [11] M. R. Rinaldy, H. Poernomo, and T. A. Setiawan, “Desain Kendaraan Bermotor Roda Tiga Sebagai Alat Bantu Transportasi Bagi Penyandang Disabilitas,” Proc. Conf. Des. Manuf. Eng. its Appl., vol. 1, no. 1, pp. 55–59, 2018.
- [12] A. Saifullah and M. I. Mamungkas, “Analisis pembebanan vertikal pada frame sepeda

menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan ansys,” pp. 145–150, 2020.