



Studi Numerik Asesmen Struktur Rangka ATV Listrik menggunakan *Finite Element Analysis* *Numerical Study of Electric ATV Frame Structure Assessment using Finite Element Analysis*

Ahmad Arbi Trihatmojo^{1,a)}, Yoga Arob Wicaksono¹, Mega Lazuardi Umar²

¹Akademi Komunitas Negeri Pacitan

²Politeknik Negeri Banyuwangi

^{a)}Corresponding author: trihatmojo@aknpacitan.ac.id

Abstrak

ATV merupakan kendaraan yang dirancang untuk segala medan. Proses elektrifikasi ATV bermesin pembakaran dalam memerlukan proses desain ulang pada rangka utama. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain rangka ATV listrik dengan menggunakan dua jenis material yang berbeda, yaitu AISI 1020 dan AISI 4130. Metode analisis menggunakan *Finite Element Analysis* agar keandalan dan ketahanan rangka lebih optimal. Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa material AISI 4130 memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan AISI 1020. Nilai *von-mises stress* dan *yield strength* AISI 4130 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *von-mises stress* dan *yield strength* AISI 1020. Selain itu, nilai *factor of safety* dari AISI 4130 sebesar 2.1 jauh di atas standar minimum 1.5, jika dibandingkan dengan *factor of safety* AISI 1020 yang hanya 1.6.

Kata Kunci: ATV; rangka; FEA; AISI 1020; AISI 4130

Abstract

ATV is a vehicle designed for all terrain. The electrification process for ATV with internal combustion engine required a redesign of the main frame. This research aims to analyze the design of electric ATV frame using two different types of materials, namely AISI 1020 and AISI 4130. The analysis method used the *Finite Element Analysis* to optimize frame reliability and durability. From the analysis results it can be concluded that the AISI 4130 material has better strength compared to AISI 1020. The *von-mises stress* and *yield strength* values of AISI 4130 are higher than the *von-mises stress* and *yield strength* values of AISI 1020. Apart from that, the *factor of safety* value of AISI 4130 is 2.1, far above the minimum standard of 1.5, when compared to the *factor of safety* of AISI 1020 which is only 1.6.

Keywords: ATV; frame; FEA; AISI 1020; AISI 4130

PENDAHULUAN

ATV merupakan kendaraan multi fungsi yang dapat digunakan di berbagai kondisi jalan, termasuk daerah berpasir dan berlumpur [1]. Sebagian besar ATV dibekali dengan mesin pembakaran dalam berbahan bakar bensin. Elektrifikasi pada kendaraan jenis ATV memerlukan penyesuaian bentuk, terutama pada rangka yang menjadi tempat bagi motor listrik, sistem kontrol, dan baterai.

Rangka dirancang untuk menahan dampak dari beban yang bekerja pada kendaraan. Sehingga perlu didesain agar lebih tahan lama dan kuat untuk menahan semua kekuatan tumbukan di atas-Nya, selain itu harus memenuhi faktor keamanan maupun kenyamanan pengemudi [2]. Desain rangka harus memperhatikan distribusi bobot kendaraan yang tepat, karena hal tersebut dapat mempengaruhi letak sumbu roda yang akan berdampak pada radius putar,

momen lentur pada struktur rangka, serta tampilan visual kendaraan [3].

Beberapa penelitian mengenai desain rangka kendaraan yang dianalisis menggunakan *finite element analysis* (FEA), seperti pada penelitian rangka bus listrik [4] yang berfokus pada analisis tegangan dengan empat jenis pembebanan yaitu *vertical load*, *turning load*, beban akselerasi, serta beban pengereman yang diaplikasikan pada desain rangka bus listrik.

Selain itu, juga terdapat penelitian mengenai analisis desain rangka tubular *space frame* [5],[6],[7] yang berfokus pada peningkatan *torsional rigidity* serta aspek keamanan pada desain rangka yang akan di fabrikasi.

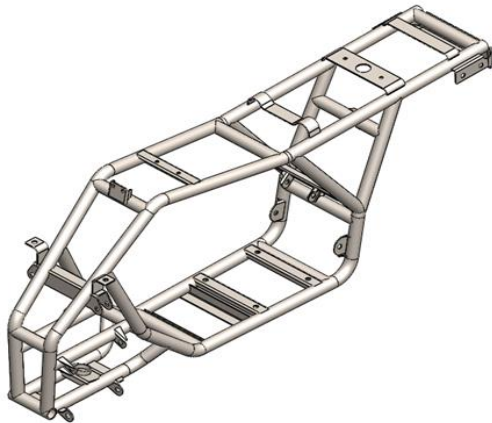
Analisis desain rangka yang menggunakan FEA juga dilakukan pada kendaraan roda dua seperti pada rangka

sepeda motor listrik [8] yang berfokus pada optimasi desain dengan menggunakan tiga jenis material yang berbeda untuk memperoleh kekuatan dan keamanan rangka yang diprasyartkan. Oleh karena itu, Untuk memperoleh rangka yang kuat dan aman maka perlu dilakukan analisis terhadap kekuatan rangka tersebut sebelum masuk proses fabrikasi, sehingga dapat diperkirakan kemampuan untuk menahan beban dengan tetap berada dalam batas keselamatan saat digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempercepat proses perancangan rangka ATV listrik dengan memanfaatkan potensi *finite element analysis* pada *software* Solidworks. Proses penilaian desain rangka berbasis perangkat lunak untuk menganalisis distribusi beban, kondisi batas, dan performa, yang bertujuan untuk menemukan pengaturan material paling efisien, sehingga dapat memenuhi persyaratan keamanan dan kinerja kendaraan.

METODE PENELITIAN

Untuk melakukan analisis desain rangka ATV listrik, langkah pertama yaitu dengan cara mengembangkan model berdasarkan dimensi rangka ATV bermesin bensin. Pada Gambar 1. menunjukkan geometri struktur rangka ATV listrik yang dikembangkan.

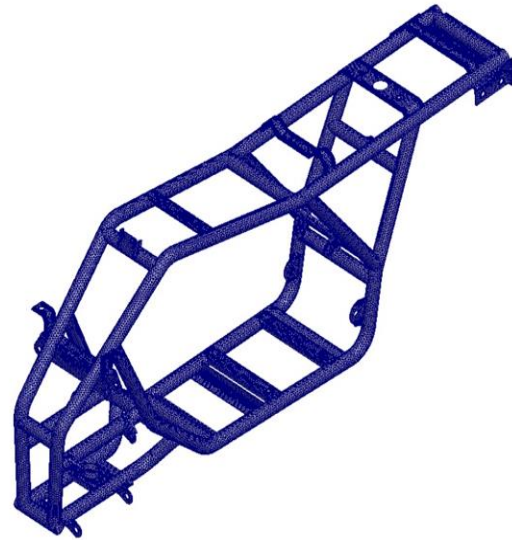


Gambar 1. Struktur rangka ATV listrik

Analisis statis memerlukan definisi material properti, diskritisasi model geometri struktur yang diuji, seperti ditunjukkan pada Gambar 2. serta penentuan kondisi batas dan beban. Material yang digunakan untuk rangka ATV listrik ini adalah baja tubular jenis AISI 4130 dan AISI 1020. Sifat atau properti dari material tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Properti Material

Properti	AISI 1020	AISI 4130
Elastic Modulus (N/mm ²)	205000	205000
Poisson's Ratio	0.29	0.285
Shear Modulus (N/mm ²)	80000	80000
Mass Density (kg/m ³)	7870	7850
Tensile Strength (N/mm ²)	420	560
Yield Strength (N/mm ²)	350	460



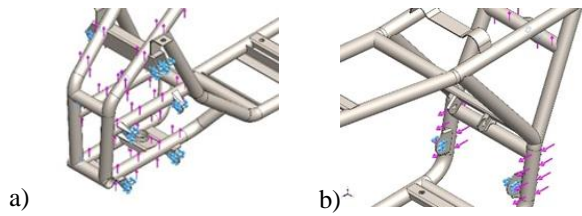
Gambar 2. Hasil diskritisasi

Setelah proses pemodelan dan *input* material, dilanjutkan dengan proses diskritisasi atau *meshing*. Jumlah total *node* dan total *element* yang dihasilkan dari proses diskritisasi seperti pada Gambar 2. yaitu 1.232.601 *node* dan 693.521 *element*. Susunan elemen rangka berbentuk parabola. Parameter diskritisasi yang dilakukan pada desain rangka ATV listrik ditunjukkan pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Parameter diskritisasi

Parameter Diskritisasi	Nilai
Maximum Element Size (mm)	5
Minimum Element Size (mm)	0.25
Min Number of Element in a Circle	8
Element Size Growth Ratio	1.4
Maximum Aspect Ratio	1889.4
% of elements with Aspect Ratio < 3	98.3
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.116

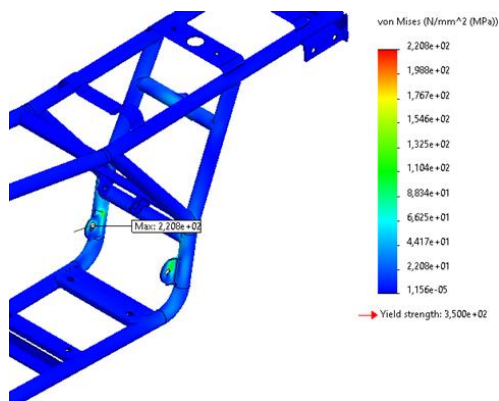
Berdasarkan kasus struktur penahan beban sederhana pada kendaraan roda dua tanpa suspensi, poros roda merupakan tempat penahan rangka [9]. Pembebanan yang diterapkan dalam model ini didasarkan pada berat komponen seperti motor listrik, sistem kontrol, baterai, bodi dan pengendara. Beban yang diaplikasikan bervariasi tergantung pada letak komponen dan massa pengendara [10]. Oleh karena itu, pada model ini diputuskan untuk menahan rangka di tempat pemasangan suspensi dan lengan ayun bagian depan maupun belakang seperti pada Gambar 3. Sedangkan untuk pembebanan ditempatkan pada struktur rangka di sekitar suspensi dan lengan ayun bagian depan sebesar 1650N, bagian struktur rangka sekitar suspensi belakang sebesar 2850N, dan bagian struktur rangka sekitar lengan ayun belakang sebesar 4600N.



Gambar 3. Kondisi batas (a) Bagian depan (b) Bagian belakang

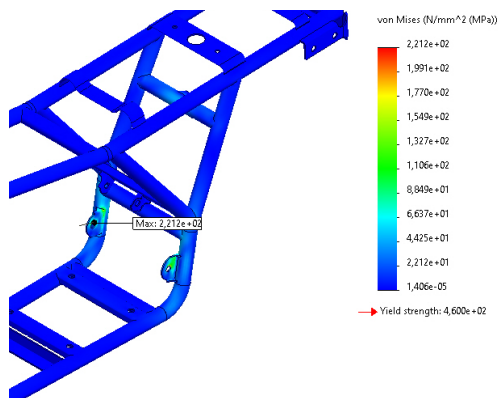
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah proses iterasi selesai dilakukan, maka diperoleh hasil simulasi numerik berupa tegangan atau *Von-Mises Stress*, *Strain*, *Displacement*, dan *Factor of Safety* yang dapat dilihat pada penjabaran berikut.



Gambar 4. Von-Mises stress AISI 1020

Zona dengan nilai maksimum *von-mises stress* pada rangka ATV listrik dalam berbagai kasus beban dapat dilihat pada Gambar 4. dan Gambar 5. Nilai *von-mises stress* digunakan untuk menentukan apakah suatu material akan luluh atau patah pada sebagian besar bahan yang ulet, seperti logam [11]. Kriteria luluh *von-mises stress* menyatakan bahwa jika nilai *von-mises stress* suatu material yang diberi beban sama dengan atau lebih besar dari batas luluh, maka material tersebut akan luluh atau patah [12].

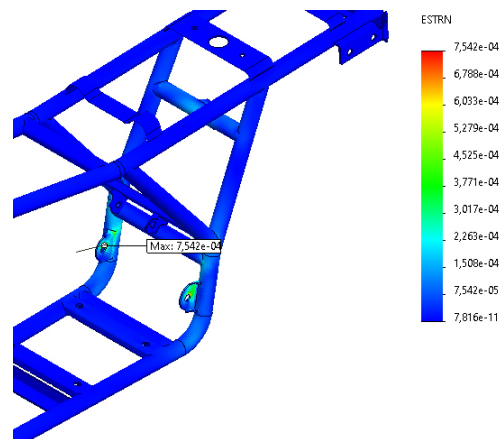


Gambar 5. Von-Mises stress AISI 4130

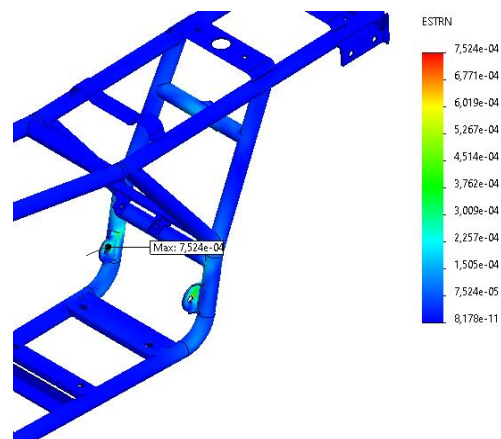
Hasil simulasi menunjukkan nilai *von-mises stress* maksimum dari kedua jenis material yaitu sebesar 220.8

MPa pada AISI 1020 dan 221.2 MPa pada AISI 4130. Dari Gambar 4. dan Gambar 5. dapat dilihat bahwa daerah *von-mises stress* maksimum terjadi di sekitar *mounting* lengan ayun belakang, sehingga untuk memperkecil risiko patah pada daerah tersebut dapat dilakukan penguatan pada bagian sambungan *mounting*.

Pada Gambar 6. dan Gambar 7. terlihat hasil yang diperoleh berdasarkan analisis yang telah dilakukan. Nilai *strain* maksimum dari kedua jenis material yaitu sebesar 7.542×10^{-4} pada AISI 1020 dan 7.524×10^{-4} pada AISI 4130. *Strain* merupakan perbandingan antara deformasi dan panjang aslinya, atau dapat diartikan sebagai persentase perpanjangan suatu benda saat diberi beban [13]. Zona *stress* dan *strain* maksimum terjadi pada daerah struktur rangka sekitar lengan ayun bagian belakang, hal tersebut dikarenakan besarnya gaya atau beban yang diterima pada daerah tersebut. Selain itu, hasil tersebut menunjukkan bahwa material AISI 4130 lebih tahan terhadap pembebanan yang diberikan dibandingkan dengan material AISI 1020.



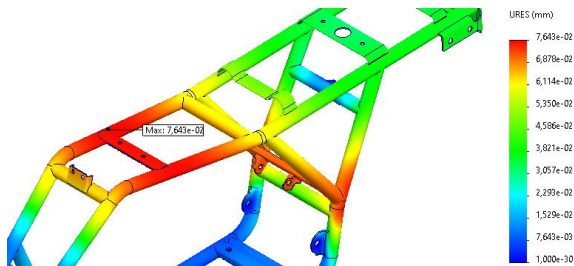
Gambar 6. Strain AISI 1020



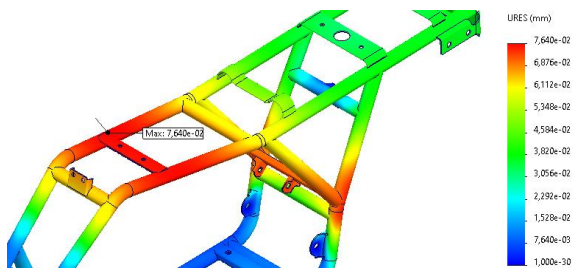
Gambar 7. Strain AISI 4130

Displacement merupakan jarak yang ditempuh suatu partikel atau benda dalam arah tertentu [14]. *Displacement* yang terjadi pada rangka ATV listrik dapat dilihat pada Gambar 8. dan Gambar 9. Dari gambar tersebut dapat

dilihat bahwa zona *displacement* maksimum terjadi pada daerah sekitar rangka bagian atas serta pada daerah sekitar suspensi dan *mounting* lengan ayun bagian belakang. Oleh karena itu, untuk mengurangi dampak tersebut, dapat ditambahkan *circular tube* dengan arah melintang yang berfungsi sebagai penguat tambahan. *Displacement* maksimum dari kedua jenis material yaitu sebesar 7.643×10^{-2} mm pada AISI 1020 dan 7.640×10^{-2} mm pada AISI 4130 seperti pada Gambar 8. dan Gambar 9. berikut ini.

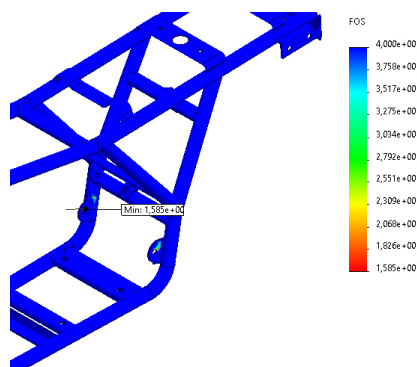


Gambar 8 Displacement AISI 1020

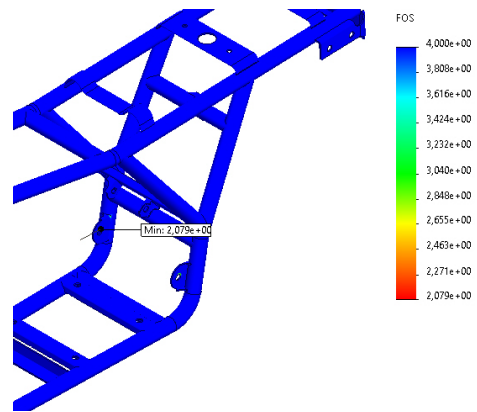


Gambar 9. Displacement AISI 4130

Factor of Safety (FoS) merupakan rasio yang menentukan daya dukung suatu sistem melebihi beban yang diharapkan [15]. Pada dasarnya, *factor of safety* memasukkan margin keselamatan dalam proses desain untuk mencegah kegagalan. Konstruksi dinyatakan aman apabila angka keselamatannya di atas 1.5. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 10. dan Gambar 11. dimana diperoleh nilai *FoS* minimum sebesar 1.6 pada AISI 1020 dan 2.1 pada AISI 4130. Hasil tersebut menunjukkan material AISI 1020 dapat memenuhi faktor keamanan minimum jika mengacu pada nilai keamanan yang diprasyaratkan.



Gambar 10. Factor of safety AISI 1020



Gambar 11. Factor of safety AISI 4130

PENUTUP

Simpulan

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai *von-mises stress*, *strain*, *displacement*, dan *factor of safety* dari desain rangka ATV listrik dengan dua jenis material yang berbeda. Dari hasil analisis ditunjukkan bahwa, desain rangka ATV listrik memiliki nilai *von-mises stress* maksimum sebesar 221,2 MPa pada jenis material AISI 4130. Sedangkan, nilai *strain* maksimum sebesar 7.542×10^{-4} dihasilkan oleh material AISI 1020. Selain itu, besar *displacement* maksimum juga terjadi pada AISI 1020 yaitu sebesar 7.643×10^{-2} mm. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa material AISI 4130 memiliki kekuatan yang baik dibandingkan dengan AISI 1020. Namun, harga dari material 4130 yang relatif lebih mahal dibandingkan dengan AISI 1020 dapat dijadikan pertimbangan, mengingat nilai *factor of safety* dari AISI 1020 masih berada diatas 1.5.

Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengembangan dengan menggunakan skenario pembebanan vertikal, akselerasi, maupun pengereman, yang bertujuan untuk mengetahui ruang rangka yang perlu di optimalkan agar dapat menyempurnakan desain rangka yang telah dirancang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. A. Government and A. C. Law, "Quad bike safety standard," no. October, pp. 2019–2021, 2021.
- [2] D. E. Malen, *Fundamentals of Automobile Body Structure Design*. 2011.
- [3] J. Brown and A. Robertson, *Motor Vehicle Structures: Concepts and Fundamentals*. 2002.
- [4] A. Wikarta and Y. Aditya Yudha, "Stress Analysis of Solar Electric Bus Chassis Using Finite Element Method," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 33–38, 2020, [Online]. Available:

<https://iptek.its.ac.id/index.php/jmes>.

- [5] L. Carlosgertz, A. Cervieri, A. F. Airesrodrigues, and L. De Albuquerque, "Chassis Design for Electric Car Prototype," *SAE Tech. Pap.*, vol. 2014-October, no. October, 2014, doi: 10.4271/2014-36-0215.
- [6] A. Eakambaram, P. Baskara Sethupathi, M. A. Saibalaji, and A. Baskar, "Experimental analysis and Validation of torsional stiffness of a Tubular space frame chassis," in *Materials Today: Proceedings*, 2021, vol. 46, pp. 7719–7727, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.238.
- [7] V. Chawla, P. Bhargava, and S. Verma, "Design, stimulation and fabrication of chassis of an FSAE female driven vehicle," in *Materials Today: Proceedings*, 2020, vol. 43, pp. 36–41, doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.202.
- [8] K. Stencel and M. Jureczko, "Optimal Design of Electric Motorcycle Tubular Frame using Topology Optimization," *WSEAS Trans. Appl. Theor. Mech.*, vol. 18, pp. 150–160, 2023, doi: 10.37394/232011.2023.18.14.
- [9] D. Covill, P. Allard, J. M. Drouet, and N. Emerson, "An Assessment of Bicycle Frame Behaviour under Various Load Conditions Using Numerical Simulations," *Procedia Eng.*, vol. 147, pp. 665–670, 2016, doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.269.
- [10] P. M. Kurowski, *Finite Element Analysis for Design*, vol. 44, no. 8. 2017.
- [11] D. Vdovin, Y. Levenkov, and V. Chichekin, "Light frame design for quad bike using topology optimization," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 589, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/589/1/012026.
- [12] D. Vdovin, I. Chichekin, and O. Ryakhovsky, "Quad bike frame dynamic load evaluation using full vehicle simulation model," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 589, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/589/1/012025.
- [13] V. Saplinova, I. Novikov, and S. Glagolev, "Design and specifications of racing car chassis as passive safety feature," in *Transportation Research Procedia*, 2020, vol. 50, pp. 591–607, doi: 10.1016/j.trpro.2020.10.071.
- [14] Z. Hongxue, W. Sanxia, L. Xiao, P. Zhifei, and Z. Guosheng, "Optimization for Side Structure of Vehicle Based on FEA," in *Procedia Computer Science*, 2022, vol. 208, pp. 196–205, doi: 10.1016/j.procs.2022.10.029.
- [15] D. Krzikalla, A. Slíva, J. Měsíček, and J. Petruš, "On modelling of simulation model for racing car frame torsional stiffness analysis," *Alexandria Eng. J.*, vol. 59, no. 6, pp. 5123–5133, 2020, doi: 10.1016/j.aej.2020.09.042.