

# Studi Kasus Perancangan Rangka Motor Listrik Tipe *Naked Bike* Menggunakan ANSYS

Arya Pratama Putra<sup>1</sup>, Budi Basuki<sup>1,\*</sup>, Sugiyanto<sup>1</sup>, Setyawan Bakti Wibowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Yacarana Sekip Unit IV Yogyakarta, 55281  
Email korespondensi: budi.basuki@ugm.ac.id

## Abstrak

Fungsi dari rangka pada motor listrik adalah menopang beban pengendara dan tempat penggabungan beberapa komponen motor, serta berperan sebagai bentuk dasar dari sepeda motor itu sendiri. Perancangan desain rangka motor listrik pun perlu dilakukan adanya analisis elemen hingga. Analisis tersebut mengkomputasikan dan menghasilkan rumus untuk memperkirakan tindakan yang dapat dilakukan pada benda kerja yang dimana metode ini melibatkan pembagian struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dan dihubungkan oleh node atau dengan kata lain diskretisasi elemen. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tingkat kekuatan luluh dari desain rangka motor listrik saat berada dalam kondisi pembebanan statis yang sesuai dengan standar keamanan muatan kendaraan roda dua di Indonesia. Subjek penelitian kali ini adalah desain rangka motor listrik dengan tipe rangka *naked bike*. Penggunaan material pada rangka yaitu aluminum alloy 6061 T6. Total pembebanan selama simulasi sebesar 265 kg. Kualitas diskretisasi elemen yang didapatkan pada desain rangka motor listrik sebesar 0,278 dengan ukuran tiap elemen sebesar 5,5 mm. Tegangan von Mises maksimum yang didapatkan sebesar 125,3 MPa dengan deformasi maksimum sebesar 0,08618 mm serta faktor keamanannya adalah 2,154. Hasil dari studi ini memberikan pernyataan bahwa desain rangka motor listrik mampu menahan beban selama simulasi.

**Kata kunci:** motor listrik, analisis elemen hingga, pembebanan statis, paduan aluminum.

## Abstract

The function of the frame on the electric motorcycle is to support the rider's load and where several motor components are combined, and also acts as the basic form of the motorcycle itself. The design of the electric motorcycle frame design also needs a finite element analysis. The analysis computes and produces formulas to estimate the actions that can be performed on the object, where this method involves dividing the structure into smaller elements connected by nodes or in other words, the discretization of elements. The objective of this research is to analyze the yield strength level of the electric motorcycle frame design under static loading conditions in accordance with the load safety standards of two-wheeled vehicles in Indonesia. The subject of this research is an electric motorcycle frame design with a *naked bike* frame type. The material used in the frame is aluminum alloy 6061 T6. The total loading during simulation is 265 kg. The quality of element discretization obtained in the electric motorcycle frame design is 0,278 with the size of each element of 5,5 mm. The maximum von Mises stress obtained is 125,3 MPa with a maximum deformation of 0,08618 mm and the safety factor is 2,154. The results of this study provide a statement that the electric motor frame design is able to withstand the load during simulation.

**Keywords:** electric motorcycle, finite element analysis, static loading, aluminum alloy.

## 1. Pendahuluan

Peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 disebabkan oleh konsentrasi gas-gas rumah kaca. Salah satu upaya dalam mengurangi emisi yang menyebabkan gas rumah kaca adalah dengan mengurangi suplai kendaraan dengan berbahan bakar minyak bumi. Penelitian terkait mobil SEM (*Shell Eco Marathon*) yang dimana bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar pada kendaraan bermotor seefektif mungkin pun telah dilakukan. Pengoptimalisasian desain dengan mengubah dimensi profil pada prototipe *chassis* mobil SEM berpengaruh pada turunnya nilai *displacement* pada desain tersebut [1]. Metode lain pun dilakukan dengan adanya konversi kendaraan berbahan bakar

minyak bumi ke kendaraan listrik mengalami perkembangan. Peningkatan penjualan mobil listrik di seluruh dunia sebesar 2,56 juta unit pada 2019 menjadi 3,24 juta unit pada 2020 meskipun kenaikan tersebut terjadi di tengah penurunan penjualan kendaraan secara keseluruhan sebesar 14%. Sepeda motor listrik menyumbang lebih dari 50% pada jumlah penjualan [2]. Data tersebut menginterpretasikan bahwa adanya minat terhadap motor listrik kedepannya.

Akan tetapi, sepeda motor listrik memiliki risiko yang dialami seperti tahapan siklus baterai ataupun siklus hidup sepeda motor itu sendiri [3]. Salah satu komponen yang memberikan dampak vital pada siklus tersebut adalah rangka/*frame*. Bagian rangka

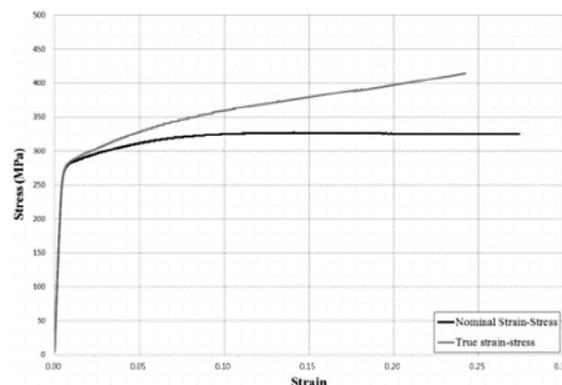
berfungsi sebagai menopang beban pengendara dan tempat penggabungan beberapa komponen motor. Penelitian terdahulu pun dilakukan dengan mengkonversi rangka Suzuki GS 500 E dan merancang model rangka dengan material AISI 4130 dan AISI 1018 [4], [5]. Pada bagian lebih spesifik seperti penelitian penyebaran distribusi tegangan pada *steering stem* sepeda motor pun dilakukan demi mengejar keefektifan demi mendapatkan hasil simulasi yang optimal [6]. Selain itu, penelitian mengenai perancangan rangka ergonomis telah dilakukan dengan memberikan batasan kondisi pada muatan awal motor listrik dan asumsi berat pengendara dan penumpang [7].

Tidak jauh dari penggunaan material, beberapa penelitian dilakukan pada sifat mekanis dari *aluminum alloy* 6061 T6. Pengujian mengenai penambahan senyawa ke dalam material tersebut menggunakan teknik *friction stir processing* menghasilkan kekerasan mikro meningkat dan memiliki ketahanan korosi yang baik [8]. Investigasi lain kepada tujuh spesimen berpenampang I *aluminum alloy* 6061 T6 dengan mengusulkan desain berdasarkan Eurocode 9 menunjukkan bahwa ketahanan stabilitas material menjadi meningkat [9]. Adapun uji komparasi yang dilakukan pada ketiga material, yaitu *magnesium alloy*, *titanium alloy*, dan *aluminum alloy* yang bertujuan untuk mengidentifikasi defleksi dan tegangan von Mises yang dihasilkan. Hasil yang didapat adalah *aluminum alloy* memiliki tingkat defleksi yang lebih rendah daripada *titanium alloy* [10]. Studi-studi di atas mengindikasikan bahwa *aluminum alloy* memiliki potensi dan mampu menghasilkan pengurangan berat yang signifikan pada kendaraan [11].

Penelitian lain yang masih memiliki kaitan mengenai material yang digunakan pada topik ini adalah melakukan uji analisis terhadap perilaku struktural sambungan baut tunggal yang dibuat dengan bahan *aluminum alloy* 6061 T6. Pengujian yang dilakukan ditekankan pada hasil kekuatan tarik maksimum dan terjadinya pengerutan (*curling*) pada area yang terkena pembebanan statis oleh baut tersebut. Adapun Gambar 1 menunjukkan kurva tegangan-regangan terukur yang diperoleh dari hasil uji tarik dan kurva tegangan-regangan sebenarnya untuk parameter dalam analisis ini [12].

Meskipun demikian, simulasi-simulasi pada penelitian hanya berfokus pada pembebanan statis yang disebabkan oleh beban dari akselerator, set baterai, dan komponen-komponen dalam rangka. Sementara itu, pada perspektif beban yang diakibatkan pengendara maupun penumpang tidak dikalkulasikan secara spesifik. Selain itu, model desain yang dirancang secara umum dilakukan tidak menyebutkan tipe rangka yang digunakan. Hal tersebut nantinya akan berdampak pada hasil analisis dikarenakan kurangnya informasi mengenai kegunaan rangka dan kondisi batas selama proses simulasi. Bahkan, dalam beberapa kasus dapat terjadi

kesalahan dalam perakitan rangka dan kesalahan penggunaan metode pengelasan yang menyebabkan kegagalan/keretakan pada rangka.



Gambar 1. Kurva tegangan-regangan aluminum alloy 6061 T6

Berdasarkan permasalahan di atas, kajian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap rancangan desain rangka motor listrik untuk memahami pengaruh pembebanan statis menggunakan metode elemen hingga. Model desain rangka motor listrik didasarkan atas postur tubuh orang Indonesia dengan memenuhi standar keamanan muatan kendaraan roda dua. Penentuan dalam penggunaan tipe rangka, material, dan variasi beban dilakukan. Batasan kondisi pada model rangka pun dibutuhkan untuk proses pembebanan statis/*static loading* sehingga kegagalan pada model rangka motor listrik dapat diketahui dan dihindari.

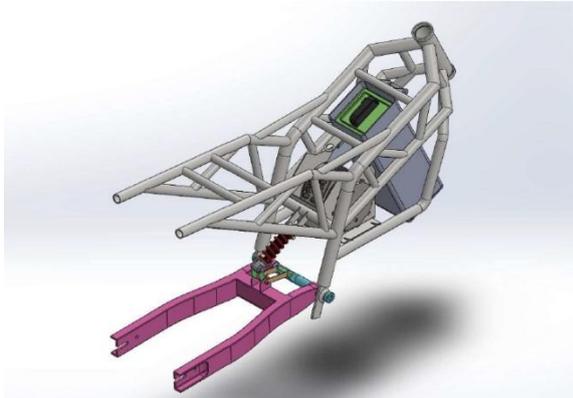
## 2. Metode

Fungsi dasar perancangan rangka sepeda motor salah satunya adalah fungsi statis yang di mana menitikberatkan pada beban pengendara, mesin, dan transmisi. Oleh karena itu, model rangka perlu mempertimbangkan terkait presisi, ketahanan material, dan kenyamanan bagi pengendara.

Seperti yang telah dibahas pada bab sebelumnya, proses perancangan difokuskan pada rangka motor listrik. Perancangan model rangka menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) yang mengukung tipe *naked bike*. Salah satu pertimbangan mendasar atas terpilihnya tipe rangka tersebut adalah desain jarak badan utama ke tanah (*ground clearance*) cukup tinggi dan ditujukan dalam keperluan sehari-hari dengan kelebihan mampu dikendarai pada medan yang sedikit berbatu hingga jalanan landai. Berikut desain rangka motor listrik tipe *naked bike* yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Selanjutnya, model rancangan dilakukan analisis elemen hingga dengan situasi pembebanan statis. Simulasi tersebut bertujuan untuk mengetahui tingkat kekakuan dan kekuatan material dalam menahan beban diam baik secara langsung ataupun tidak langsung, serta tingkat tegangan yang diberikan sebagai dampak menahan beban yang diterima.

Proses analisis akan dibantu menggunakan *software Computer Aided Engineering (CAE)*.



**Gambar 2.** Desain rangka motor listrik tipe naked bike

Beberapa komponen yang dibebankan pada rangka diantaranya set baterai, akselerator, dan transmisi. Selain dari komponen, beban pengendara dan penumpang pun dipertimbangkan. Sesuai dengan standar keamanan muatan kendaraan roda dua di Indonesia, khususnya pada motor listrik, beban maksimal yang dapat ditanggung sebesar 165 kg. Pembagian beban dihitung berdasarkan perhitungan antropometri rata-rata pria ataupun wanita dewasa di Indonesia. Tabel 1 menampilkan data mengenai perhitungan tersebut dan Tabel 2 menunjukkan asumsi beban yang digunakan dari komponen set baterai dan akselerator pada rangka.

**Tabel 1.** Parameter beban pengendara dan penumpang

Beban	Tangan	
		$2 \times F_{1x}$
	$2 \times 3,7\%$	$2 \times 11,4\%$
1650 N	122,859 N	377,025 N
<b>Resultan Gaya</b>	499,884 N	

Beban	Badan	
		$2 \times F_{2x}$
	4,3%	54%
1650 N	71,247 N	897,6 N
<b>Resultan Gaya</b>	968,847 N	

Beban	Kaki	
		$2 \times F_{3x}$
	1,8%	9,7%
1650 N	29,6175 N	151,6515 N
<b>Resultan Gaya</b>	181,269 N	

**Tabel 2.** Parameter Beban Komponen Rangka Motor Listrik

Komponen	Beban (N)
Motor	750
Set Baterai	560

Penentuan material pada penelitian kali ini didasarkan atas studi-studi sebelumnya yang dimana penggunaan baja karbon rendah seperti AISI 1018 ataupun AISI 1030 telah banyak diteliti. Oleh karena itu, material

yang digunakan pada simulasi kali ini adalah *aluminum alloy* dengan kode 6061 T6. Salah satu kelebihan yang dapat diberikan adalah mampu mengurangi berat dari rangka itu sendiri. Tabel 3 menjelaskan mengenai spesifikasi material *aluminum alloy 6061 T6* yang dikaitkan dengan topik pembahasan kali ini.

**Tabel 3.** Data spesifikasi aluminum alloy 6061 T6

Specification	Value
Mass density	2700 kg/m <sup>3</sup>
Young's modulus	69 GPa
Poisson's Ratio	0,33
Yield Strength	270 MPa
Ultimate Tensile Strength	310 MPa

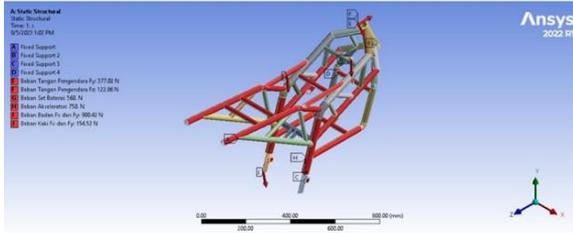
Setelah memasukkan data-data di atas, proses diskretisasi elemen dilakukan. Dalam metode elemen hingga, pembagian struktur menjadi elemen-elemen yang lebih kecil sangat diperlukan dalam memperhitungkan hasil simulasi secara akurat yang dinamakan sebagai diskretisasi elemen.

Proses diskretisasi pada umumnya memiliki pengukuran kualitas elemen yang dihasilkan. Salah satu metode yang sering digunakan adalah *skewness*. Nilai ini menginterpretasikan suatu permukaan atau sel pada benda kerja telah mendekati kondisi ideal atau belum saat simulasi berlangsung. Nilai yang dihasilkan bervariasi antara 0 hingga 1. Suatu elemen yang memberikan hasil diskretisasi sebesar 1 memiliki kondisi yang tidak ideal. Sementara elemen yang menunjukkan nilai mendekati atau sama dengan 0 memiliki kondisi ideal [13-14]. Oleh karena itu, kondisi elemen hasil diskretisasi dibagi menjadi beberapa klasifikasi seperti pada tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Kualitas Skewness

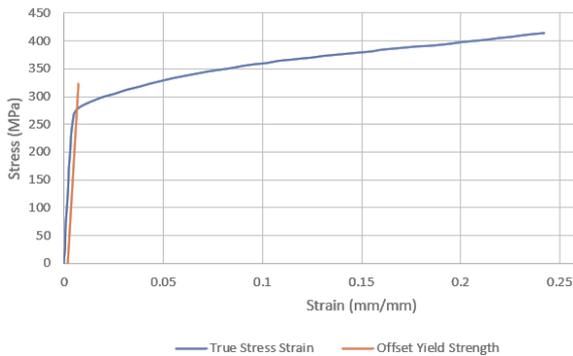
Skewness Value	Quality
1	Degenerate
0,9 - <1	Bad
0,75 - 0,9	Poor
0,5 - 0,75	Fair
0,25 - 0,5	Good
>0 - 0,25	Excellent
0	Equilateral

Setelah mendapatkan hasil diskretisasi yang sesuai dengan nilai kualitas *skewness*, parameter-parameter yang berpengaruh (*boundary condition, force resultant, physical properties*) pada simulasi pembebanan statis dilakukan penginputan seperti pada Gambar 3. Dimana *boundary condition* atau kondisi batas merujuk pada parameter-parameter yang diterapkan pada rangka motor listrik untuk mendefinisikan interaksi antara rangka motor listrik yang disimulasikan dengan lingkungan eksternalnya.



Gambar 3. Kondisi batas dan beban rangka motor listrik aluminum alloy 6061 T6

Hasil simulasi yang didapatkan nantinya akan dilakukan pengecekan kualitas kekakuan dan stabilitas struktur rangka berdasarkan kurva tegangan-regangan yang telah dibahas pada bab sebelumnya dengan penambahan *offset yield strength* yang memotong kurva tersebut yang ditampilkan pada Gambar 4.



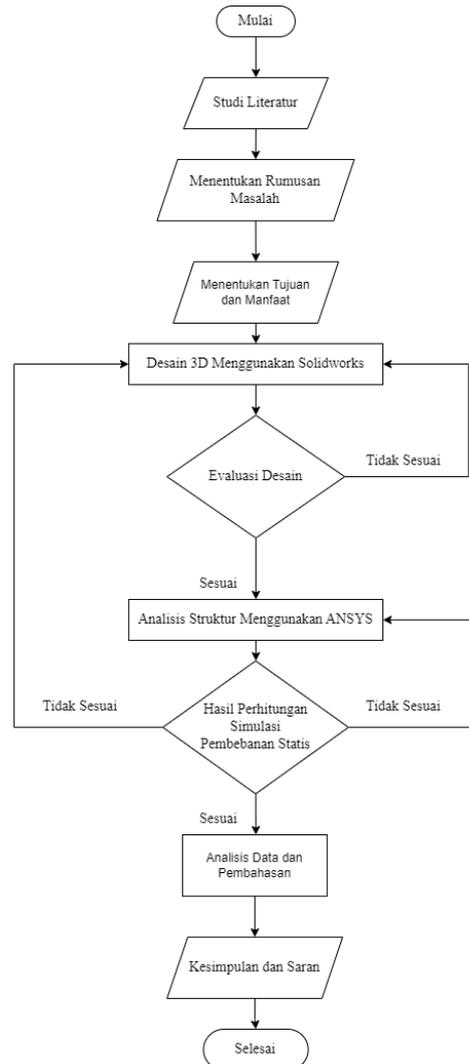
Gambar 4. Kurva tegangan-regangan rangka motor listrik aluminum alloy 6061 T6

Secara ringkas, penelitian akan berlangsung seperti yang akan ditampilkan pada Gambar 5 sebagai berikut.

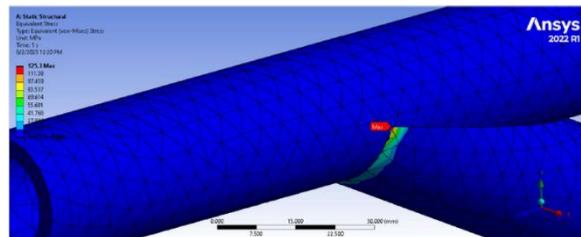
### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses simulasi, didapatkan hasil simulasi pembebanan statis yang diantaranya tegangan ekuivalen Von Mises, regangan ekuivalen, deformasi total, dan faktor keamanan. Hasil-hasil tersebut digunakan untuk mengetahui besaran beban yang mampu diterima oleh model dan tingkat kekuatan serta kekakuan material yang didapat.

Gambar 6 merupakan hasil tegangan von Mises dari desain rangka motor listrik dengan tegangan maksimum sebesar 125,3 MPa yang terletak pada daerah area rangka yang melindungi set baterai. Tegangan rata-rata yang diperoleh sebesar 7,61 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi tegangan yang terjadi pada rangka masih dalam batas kondisi aman dikarenakan beban yang diterima tidak melewati batas kekuatan luluh dari material *aluminium alloy 6061 T6*.

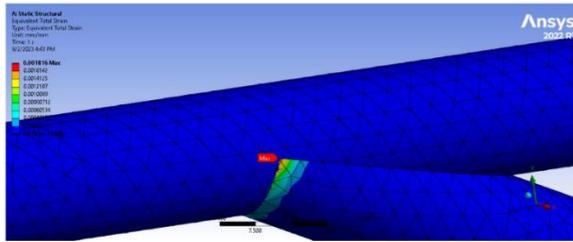


Gambar 5. Diagram alir penelitian



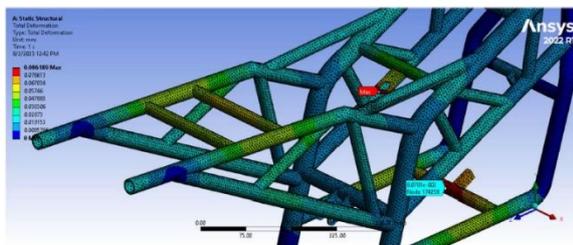
Gambar 6. Hasil tegangan von Mises rangka motor listrik-aluminum alloy 6061 T6

Pada regangan ekuivalen yang dihasilkan melalui pembebanan selama simulasi sebesar 0,001816 mm/mm untuk regangan maksimumnya dengan hasil ditunjukkan pada Gambar 7.



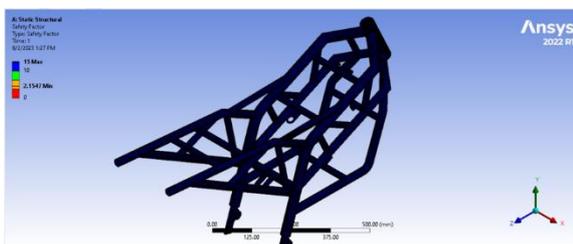
**Gambar 7.** Hasil regangan elastis ekuivalen rangka motor listrik-aluminum alloy 6061 T6

Selanjutnya, data mengenai deformasi rangka motor listrik digunakan untuk mengetahui pengaruh pembebanan statis pada perubahan bentuk rangka dari posisi awalnya. Deformasi maksimum yang dihasilkan pada simulasi sebesar 0,08618 mm yang terjadi pada area belakang penumpang seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Perubahan bentuk tersebut masih dalam kondisi yang aman karena tegangan maksimum yang terjadi masih di bawah kekuatan luluh material atau dalam kondisi elastis.



**Gambar 8.** Hasil deformasi total rangka motor listrik-aluminum alloy 6061 T6

Setelah mengetahui hasil tegangan von Mises dan regangan elastis ekuivalen selama simulasi, hasil faktor keamanan didapatkan. Dengan menggunakan fitur pada perangkat lunak, faktor keamanan didapatkan sebesar 2,154 yang dapat dilihat dari Gambar 8.



**Gambar 8.** Hasil faktor keamanan rangka motor listrik-aluminum alloy 6061 T6

Data-data mengenai tegangan von Mises maksimum dan regangan total pun didapatkan. Hasil yang ditunjukkan mengindikasikan bahwa struktur rangka motor listrik bekerja dengan baik pada situasi pembebanan statis. Hal ini dapat dibuktikan bahwa baik tegangan maupun regangan yang didapatkan masih di bawah batas *offset yield strength* pada kurva tegangan-regangan *aluminum alloy 6061 T6*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, kajian ini menghasilkan bahwa desain rangka motor listrik dengan material *aluminum alloy 6061 T6* mampu menahan beban yang diberikan sesuai standar muatan kendaraan roda dua di Indonesia. Tegangan von Mises maksimum yang dihasilkan sebesar 125,3 MPa dengan deformasi maksimum yang dihasilkan yaitu 0,08618 mm. Selain itu, faktor keamanan untuk keseluruhan desain rangka motor listrik sebesar 2,154 yang dimana hasil tersebut terhitung aman sesuai perhitungan metode elemen hingga. Maka dari itu, rangka motor listrik *naked bike* dengan tipe rangka teralis berhasil memenuhi kekakuan dan stabilitas struktur sesuai dengan kriteria pada kurva tegangan regangan.

#### Daftar Pustaka

- [1] J. M. Afiff, T. Sukarnoto, and M. F. Ramdhani, "Analisis defleksi dan kekuatan pada steering stem sepeda motor dengan metode simulasi elemen hingga," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 17, no. 1, pp. 1–7, Apr. 2022, doi: <https://doi.org/10.36289/jtmi.v19i1>.
- [2] T. Eccarius and C. C. Lu, "Powered two-wheelers for sustainable mobility: A review of consumer adoption of electric motorcycles," *Int J Sustain Transp*, vol. 14, no. 3, pp. 215–231, Jan. 2020, doi: [10.1080/15568318.2018.1540735](https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1540735).
- [3] N. de Assis Brasil Weber, B. P. da Rocha, P. Smith Schneider, L. C. Daemme, and R. de Arruda Penteado Neto, "Energy and emission impacts of liquid fueled engines compared to electric motors for small size motorcycles based on the Brazilian scenario," *Energy*, vol. 168, pp. 70–79, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.051>.
- [4] M. Hellwig and W. Ritschel, "The Electric Cafe-Racer Project," in *2020 21st International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM)*, 2020, pp. 1–5. doi: [10.1109/REM49740.2020.9313085](https://doi.org/10.1109/REM49740.2020.9313085).
- [5] M. Bagawan, M. Vamsi Krishna, P. Rohit Kumar, K. Gautam Krishna, T. Fatima, and V. Haygriva, "Design and analysis of electric motorcycle chassis frame," *Mater Today Proc*, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.072>.
- [6] A. Wahab, M. Rohman, A. Saepuddin, and M. Sulaiman, "Desain dan Simulasi Uji Kekuatan Chassis Mobil SEM Jenis *Prototype* Menggunakan Material Aluminium Alloy 7075," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 17,

- no. 1, pp. 78–85, Apr. 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i1.297.
- [7] P. Jeyapandiarajan, G. Kalaiarassan, J. Joel, R. Shirbhate, F. Felix Telare, and A. Bhagat, “Design and Analysis of Chassis for an Electric Motorcycle,” *Mater Today Proc*, vol. 5, no. 5, Part 2, pp. 13563–13573, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.352>.
- [8] D. Aruri, K. Adepu, K. Adepu, and K. Bazavada, “Wear and mechanical properties of 6061-T6 aluminum alloy surface hybrid composites [(SiC+Gr) and (SiC+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)] fabricated by friction stir processing,” *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 2, no. 4, pp. 362–369, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2013.10.004>.
- [9] Z. X. Wang, Y. Q. Wang, J. Sojeong, and Y. W. Ouyang, “Experimental investigation and parametric analysis on overall buckling behavior of large-section aluminum alloy columns under axial compression,” *Thin-Walled Structures*, vol. 122, pp. 585–596, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.TWS.2017.11.003.
- [10] S. Padmanabhan, T. Vinod Kumar, S. Thiagarajan, B. Gopi Krishna, and K. Sudheer, “Investigation of lightweight wheel design using alloy materials through structural analysis,” *Mater Today Proc*, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.MATPR.2023.01.013.
- [11] W. Zhang and J. Xu, “Advanced lightweight materials for Automobiles: A review,” *Mater Des*, vol. 221, p. 110994, Sep. 2022, doi: 10.1016/J.MATDES.2022.110994.
- [12] Y. Cho and T. Kim, “Estimation of ultimate strength in single shear bolted connections with aluminum alloys (6061-T6),” *Thin-Walled Structures*, vol. 101, pp. 43–57, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.tws.2015.11.017.
- [13] Logan DL. A First Course in the Finite Element Method (Fourth Edition). Nelson, United States of America;2007.
- [14] Kohnke P. ANSYS Manual Theory Reference. ANSYS Inc, Canonsburg;1992.