

Rancang Bangun Sepeda Motor Listrik (SEMOLI) Generasi 3

Nur AkhliS Sarihidaya Laksana^{1*}, Bayu Aji Girawan², Radhi Ariawan³, AkhliS Rahman Sari Nurhidayat⁴

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Jendral Sudirman

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

⁴Jl. Raya Mayjen Sungkono, Kalimanah, Kabupaten Purbalingga, 53371, Indonesia

E-mail: akhliSsl@pnc.ac.id¹, bayuajigirawan@pnc.ac.id², radhi.ariawan@pnc.ac.id³, akhliS.rahman@unsoed.ac.id⁴

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 25 Mei 2025

Direvisi: 7 Juli 2025

Diterima: 20 Juli 2025

Pada penelitian ini melakukan proses rancang bangun sepeda motor listrik (SEMOLI) generasi tiga merupakan pengembangan dari generasi sebelumnya dengan tujuan pengembangan kendaraan listrik menggunakan *gearbox*, guna menambahkan rasio percepatan untuk meningkatkan kecepatan pada medan datar, tanjakan dan pengujian konsumsi energi. sebagai salah satu solusi alternatif atas kenaikan bahan bakar dan menipisnya sumber energi fosil. Hasil penelitian ini mendukung program konversi kendaraan listrik nasional. Hasilnya dapat digunakan untuk pengembangan industri otomotif. Metode yang digunakan *research and development* (R&D). Proses rancang bangun dimulai menghitung kebutuhan rancangan pemindah daya dan rangka. dilakukan proses simulasi rangka menghasilkan tegangan maksimal 149 MPa dengan Tegangan ijin 163, 2 MPa dengan *displacement* sebesar 2 mm. Dikatakan aman dilanjutkan proses manufaktur dan fabrikasi. Proses uji coba kendaraan menghasilkan kecepatan maksimal kendaraan sebesar 55 km/jam dengan konsumsi energi rata – rata sebesar 27 watt/hour.

Abstract

Keywords:

design process;
energy consumption;
electric motorcycles.

In this research, the design process of the third generation of electric motorcycles (SEMOLI) is carried out, which is a development of the previous generation with the aim of developing electric vehicles using gearboxes, in order to add acceleration ratios to adjust to road or terrain conditions. as an alternative solution to the increase in fuel and the depletion of fossil energy sources. The results of this study support the national electric vehicle conversion program. The results can be used for the development of the automotive industry. The method used is research and development (R&D). The design process begins by calculating the design requirements for power transfer and frames. The frame simulation process produces a maximum stress of 149 MPa with an allowable stress of 163.2 MPa with a displacement of 2 mm. It is said to be safe to continue the manufacturing and fabrication process. The vehicle trial process produces a maximum vehicle speed of 55 km/h with an average energy consumption of 27 watts/hour.

*Penulis korespondensi:

Nur AkhliS Sarihidaya Laksana

E-mail: akhliSsl@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Kendaraan Listrik pada saat ini menjadi salah satu kendaraan yang banyak diminati oleh Masyarakat karena penggunaannya yang praktis. Selain itu untuk penggunaan sehari – hari tidak menimbulkan efek bising karena suara knalpot dan juga polusi udara karena efek hasil pembakaran. Peningkatan dari emisi gas buang setiap hari kian meningkat, selain itu juga peningkatan efek rumah kaca meningkatkan gas CO₂. Kendaraan listrik menjadi salah satu solusi untuk mengurangi emisi gas karbon dioksida [1-4]. Problem pada pengembangan kendaraan listrik adalah menyediakan komponen elemen penunjang. Salah satu langkah paling mudah adalah menggantikan komponen penggerak utama motor bakar yaitu poros engkol dan piston dengan motor listrik [1-4].

Kendaraan yang ada saat ini masih menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin pembakaran dalam memerlukan bahan bakar fosil sebagai sumber bahan bakar penggerak. Sedangkan umumnya kendaraan listrik menggunakan penggerak motor listrik dengan sumber tenaga baterai [5][6]. Kendaraan listrik merupakan salah satu alternatif kendaraan yang menggunakan yang menggunakan perangkat elektrik motor dan motor kontroler. Daya yang diteruskan berasal dari baterai yang diteruskan ke motor listrik menghasilkan putaran yang kemudian dimanfaatkan [7-9].

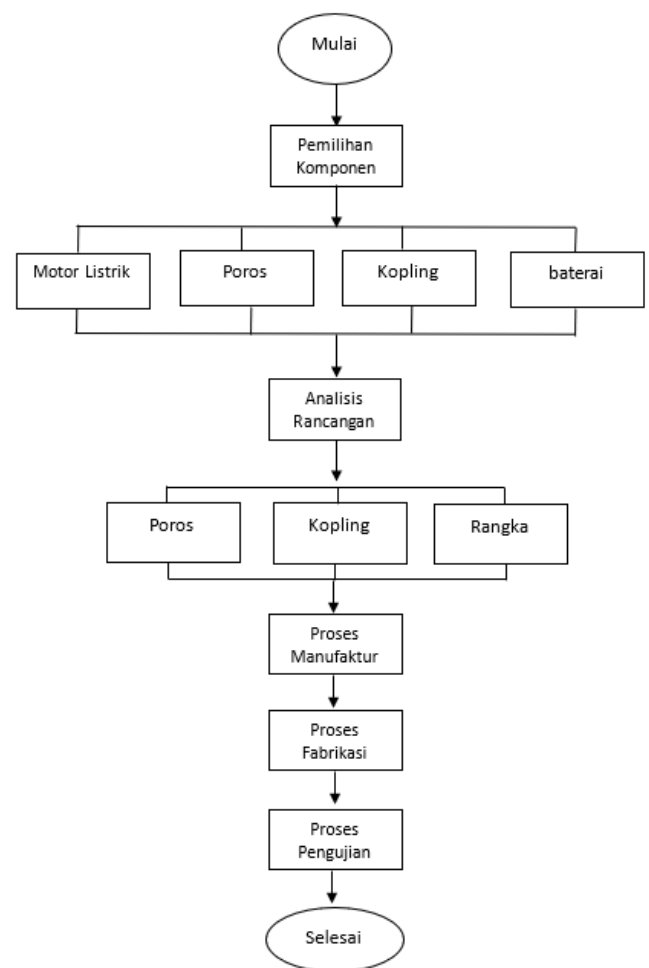
Pada penelitian sebelumnya [10] melakukan proses perancangan kendaraan listrik dengan sistem penggerak motor listrik yang langsung dihubungkan dengan sproket dan rantai. Hasil dari penelitian tersebut kecepatan kendaraan masih terbatas karena hanya memiliki satu rasio percepatan. Tahun selanjutnya dikembangkan sepeda motor listrik dengan sistem pemindah daya menggunakan transmisi CVT (*Continuously Variable Transmission*) [11], kendaraan ini dapat bergerak secara handal, namun masih terdapat kendala dengan perubahan percepatan. Percepatan kendaran belum maksimal dalam medan datar dan tanjakan. Dua kendaraan yang dibuat memiliki perbedaan pada sistem transmisi sehingga menghasilkan kecepatan yang berbeda. Konsumsi energinya juga memiliki perbedaan kendaraan [12].

Dalam perencanaan rancang bangun kendaraan listrik juga mempertimbangkan beberapa hal seperti kerangka kendaraan, motor listrik yang digunakan, baterai yang digunakan. Pada penelitian ini berfokus pada pengembangan sepeda motor listrik dengan transmisi menggunakan *gearbox*, guna menambah variasi kecepatan. Penelitian ini memiliki tujuan perbaikan kecepatan pada medan datar, tanjakan dan pengujian konsumsi energi. Hasil penelitian ini mendukung program konversi kendaraan listrik nasional. Hasilnya dapat digunakan untuk pengembangan industri otomotif

2. Metode

Metode Penelitian ini dengan metode *Research and Development* (R&D) yang ditunjukkan pada Gambar 1. Proses perancangan dimulai dari menghitung kebutuhan dari kendaraan listrik dari elemen masing-masing digunakan. Selanjutnya melakukan analisis rancangan untuk mengetahui secara detail dan perbaikan konsep perancangan. Setelah analisis perancangan selesai dilanjutkan tahap

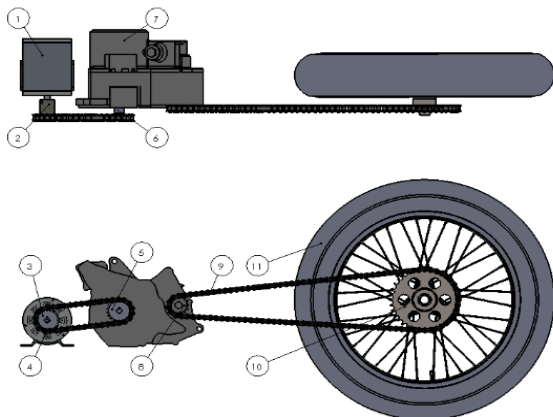
manufaktur dan fabrikasi. Tahap terakhir pengujian dari kendaraan. Awal melakukan penelitian ini melakukan proses perhitungan kebutuhan untuk memilih dan menghitung elemen mesin yang cocok digunakan. Dari gear dan sproket, poros, pasak, roda gigi dan rangka. Pada proses analisis rancangan dilakukan proses perhitungan dan justifikasi baik atau buruk untuk masing – masing komponen untuk dibuat atau produksi. Seperti halnya untung analisis rangka untuk mengetahui kuat tidaknya rangka jika diberi beban. Proses manufaktur merupakan proses pembuatan masing – masing komponen komponen yang dibuat seperti poros, pasak dan roda gigi. Untuk rangka dilakukan proses penyambungan tetap menggunakan metode pengelasan. Proses fabrikasi merupakan proses perakitan semua komponen kerangka seperti sistem kemudi, sistem pemindah daya, sistem suspensi. Tahap selanjutnya dilakukan proses pengujian alat seperti keandalan dan konsumsi energi.



Gambar 1. Flowchart Kegiatan Penelitian

Konsep dari pemindahan daya yang digunakan dengan cara mengkonversi mesin bakar dengan motor listrik pada bagian piston. Bagian piston digantikan dengan motor listrik. Putaran yang dihasilkan oleh motor listrik diteruskan langsung menuju poros engkol dari mesin, putaran yang dihasilkan akan diteruskan ke *gearbox* mesin. Dari *gearbox* mesin dilanjutkan menuju roda dengan transmisi tipe sproket

dan rantai. Konsep pemindah daya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsep Pemindah Daya

Keterangan

1. Motor Listrik
2. Kopling Tetap
3. Sproket
4. Rantai
5. Sproket
6. Rantai
7. Gearbox
8. Sproket
9. Rantai
10. velg
11. Ban

Adapun persamaan yang digunakan dalam perancangan kendaraan sepeda motor listrik generasi 3 [12], [13].

$$F_{rolling} = Cr * M * g \tag{1}$$

$$C = M * g * \sin \alpha \tag{2}$$

$$Fa = \frac{1}{2} \rho a * Cd * Af * C_d * Af * (V)^2 \tag{3}$$

$$F_1 = Ma \tag{4}$$

$$F_{total} = F_{rolling} + F_{gradien} + Fa + F_1 \tag{5}$$

Dimana Cr adalah koefisien *rolling resistance*, g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), α adalah *road gradient*, a adalah percepatan (m/s^2), Cd adalah koefisien *drag aerodynamic*, Fa adalah gaya *aerodynamic* (N), ρa adalah masa jenis (kg/m^3), M adalah Massa benda (kg), V adalah kecepatan (m/s) F_1 adalah gaya internal (N), Af adalah luas area (m^2).

2.1 Baterai

Baterai adalah perangkat yang menyimpan energi dalam bentuk energi kimia dan mengubahnya menjadi energi listrik saat dibutuhkan. Baterai umumnya terdiri dari beberapa sel elektrokimia yang bekerja bersama untuk menghasilkan tegangan dan arus listrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Material baterai yang digunakan lithium-ion. Untuk spesifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.



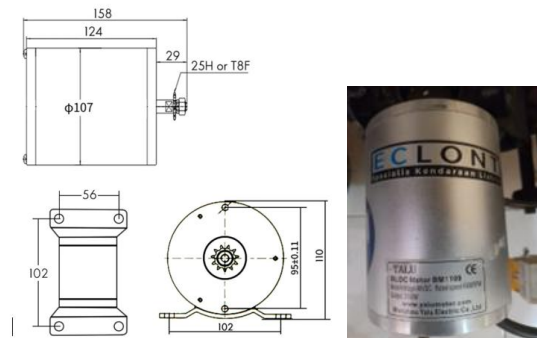
Gambar 3. Baterai kendaraan

Tabel 1. Spesifikasi Baterai

No	Baterai	Spesifikasi	
		Nilai	Satuan
1	Tegangan	48	Volt
2	Daya	2000 w	Watt

2.2 Motor Listrik

Motor listrik digunakan sebagai penggerak utama untuk menggantikan motor bakar. Ada beberapa kriteria yang digunakan dalam pemilihan motor listrik yaitu efisiensi, daya, ukuran, cara perawatan, faktor daya dan kecepatan [14]. Gambar 4 menunjukkan motor listrik yang digunakan dan Tabel 2 spesifikasi motor listrik.



Gambar 4. Motor Listrik

Tabel 2. Spesifikasi Motor Listrik YALU

No	Motor Listrik	Spesifikasi	
		Nilai	Satuan
1	Tegangan	48	Volt
2	Daya	2000 w	Watt
3	Torsi	6,9	Nm
4	Kecepatan	4500	Rpm

2.3 Kontroller

Kontroller yang digunakan untuk motor listrik menggunakan dari yalu dengan tegangan kerja 48 Volt arus DC dengan besar arus yaitu 45 A dengan daya 2000 Watt. Kontroller ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kontroler

2.4 Gearbox

Pada penelitian ini menggunakan *gearbox* dengan 4 rasio percepatan. *Gearbox* pada Gambar 6 memiliki 4 roda gigi percepatan dengan rasio yang berbeda dengan rasio primer 22 : 75 dan pada percepatan satu atau gigi satu 12 : 36, pada percepatan 2 atau roda gigi dua adalah 16 : 31, pada percepatan 3 atau roda gigi tiga adalah 20 : 27 dan percepatan 4 atau roda gigi 4 23 : 25.



Gambar 6. Gearbox

2.5 Swing Arm, Suspensi Belakang dan Suspensi Depan

Suspensi dan *swing arm* berfungsi untuk meredam getaran yang diakibatkan benturan antara roda dengan jalan. Getaran yang dihasilkan dari benturan antara kendaraan dan jalan diserap oleh komponen suspensi yaitu absorber, sehingga getaran tidak langsung diterima oleh rangka dan tubuh pengendara [15-18]. Suspensi yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 7a.



a

b

Gambar 7a. Suspensi Depan Kendaraan, 4b. Suspensi Belakang dan *Swing arm*

2.6 Rangka

Rangka kendaraan berfungsi untuk tempat melekatnya komponen kendaraan. Pada kasus ini kendaraan listrik rangka memiliki peran untuk tempat meletakkan motor listrik, baterai, dan sistem suspensi [19-22]. Untuk analisis rangka yang aman menggunakan perbandingan antara tegangan terjadi dengan tegangan ijin.

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{sf} \tag{6}$$



Gambar 8. Motor Listrik

σ_{ijin} adalah tegangan rangka yang diijinkan yang diterima oleh rangka. σ_y adalah *yield strength* dari material yang digunakan dalam rangka. Sf adalah *safety factor* dari material yang digunakan yaitu ASTM A53. *safety factor* dapat diperoleh dengan proses simulasi rangka dengan *software* Solidwork. Tabel 3 menunjukkan *mechanical properties*.

Tabel 3. Tabel *mechanical properties* bahan rangka

No	Strength	Mechanical Properties	
		Nilai	Satuan
1	Tensile Strength	330	MPa
2	Yield Strength	205	MPa

3. Hasil dan Pembahasan

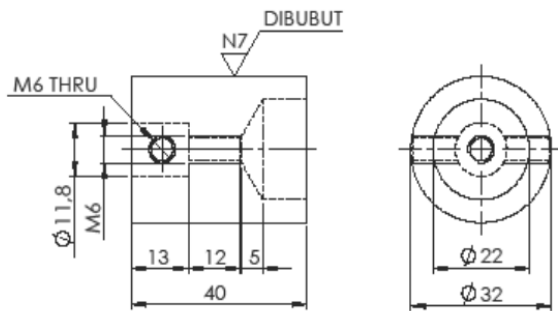
Setelah proses perencanaan dilakukan proses manufaktur yaitu membuat poros dan kopling tetap untuk meneruskan putaran dari motor listrik menuju *gearbox*. Proses manufaktur menggunakan mesin bubut untuk pembuatan kopling yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan poros *crankshaft* ditunjukkan pada Gambar 10. Kopling berfungsi untuk meneruskan putaran dari motor listrik menuju poros. Untuk tingkat kekasaran sebesar minimal N7 atau kisaran 1.6 mikron. selanjutnya dihubungkan dengan poros motor listrik dengan suaian sesak. Selanjutnya kopling disambungkan dengan poros untuk meneruskan putaran menuju *gearbox*.

$$dT = \left(\frac{16Te}{\pi ta}\right)^{\frac{1}{3}} \tag{7}$$

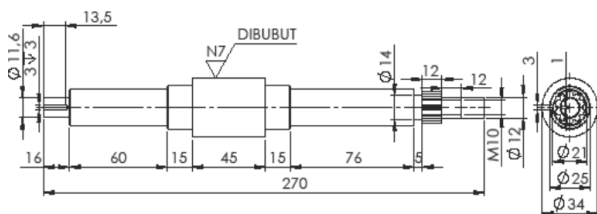
$$dm = \left(\frac{32Me}{\pi \sigma a}\right)^{\frac{1}{3}} \tag{8}$$

Dari persamaan (7) dan (8) digunakan untuk mencari diameter minimal poros. dT adalah diameter poros berdasarkan torsi ekuivalen. T_e adalah torsi ekuivalen. T_a adalah tegangan geser ijin, sedangkan dm adalah diameter

poros berdasarkan momen ekuivalen, M_e adalah momen ekuivalen, σ_a adalah tegangan tarik ijin. Berdasarkan hasil perhitungan dengan persamaan (7) dan (8) diameter poros adalah 11,16 mm.

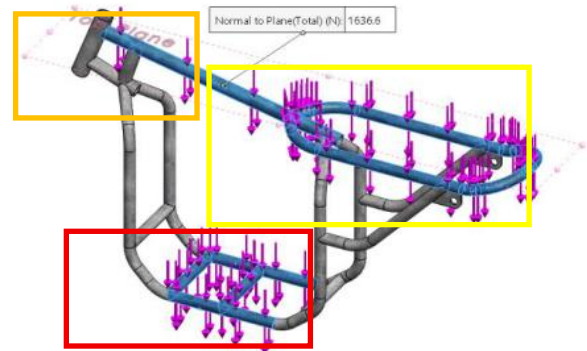


Gambar 9. Kopling Tetap

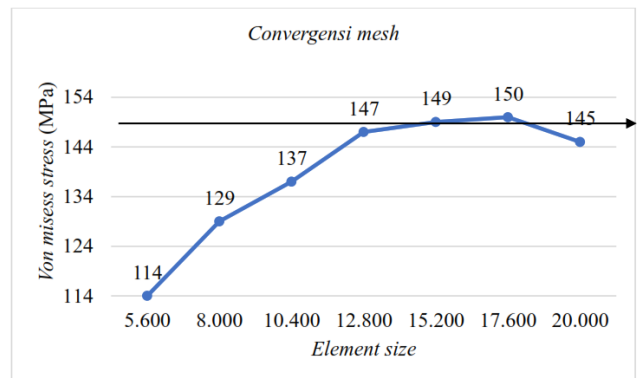


Gambar 10. Poros Chrankshaft

Gearbox memiliki 4 roda gigi percepatan dengan rasio yang berbeda dengan rasio primer 22 : 75 dan pada percepatan satu atau gigi satu 12 : 36, pada percepatan 2 atau roda gigi dua adalah 16 : 31, pada percepatan 3 atau roda gigi tiga adalah 20 : 27 dan percepatan 4 atau roda gigi 4 23 : 25. Pada proses perencanaan rangka dilakukan proses analisis tegangan dengan bantuan *software solidwork 2018* untuk mengetahui posisi mana dari rangka yang mengalami deformasi yang berlebihan. Pada gambar 11 menunjukkan setting pembebanan yang diasumsikan beban dari penumpang, *gearbox*, kontroler dan baterai. Pada Bagian yang berwarna orange menunjukkan pembebanan dari berat kontroler dan baterai seberat 3 kg, pada bagian yang ditunjukkan kolom merah menunjukkan beban *gearbox* dan motor listrik seberat 5 kg, pada bagian yang ditunjukkan pada kolom kuning merupakan beban penumpang 160 kg. Pada Gambar 12 menunjukkan hasil dari *convergensi mesh* dengan setting pada ujung untuk kemudi diberikan tumpuan *roll* dengan asumsi mengalami tegangan secara horizontal dari pengemudi yang ditunjukkan hasil berwarna biru. Simulasi pembebanan diasumsikan mengalami beban statis pada bagian tersebut.

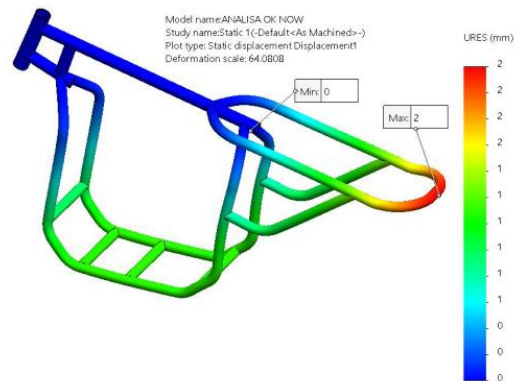


Gambar 11. Analisis Pembebanan Pada Rangka

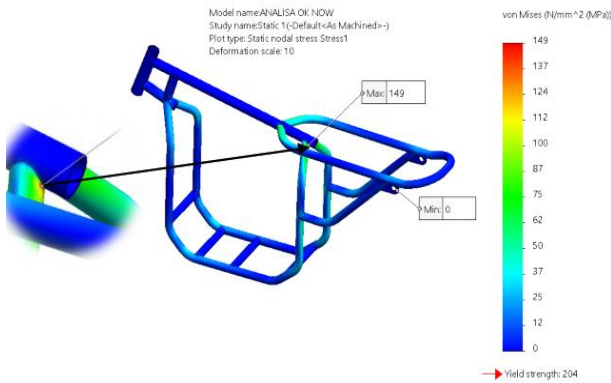


Gambar 12. Convergensi Mesh.

Pada Gambar 12 menunjukkan *convergensi mesh* dimana tegangan mulai stabil pada ukuran 12.8 mm ke atas, dimana artinya *konvergensi* tercapai tidak perlu mesh yang lebih halus karena hasil mulai stabil di antara 147 sampai 150 MPa. Pembebanan rangka kendaraan sepeda motor listrik generasi 3 sebesar 1636,6 N beban tersebut terdistribusi merata pada rangka jok pengendara sebesar 1470 N dengan rangka tengah 166,6 N. Hasil analisis rangka sepeda motor listrik generasi 3 yang ditunjukkan pada Gambar 13 dari hasil simulasi karena pembebanan mengalami *displacement* paling maksimal sebesar 2 mm pada bagian belakang dari rangka kendaraan atau ujung dari rangkang. Pada Gambar 14, menunjukkan tegangan sebesar 149 MPa sedangkan tegangan ijin rangka sebesar 163,2 MPa.

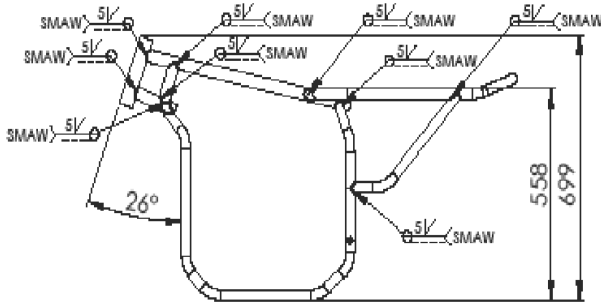


Gambar 13. Displacement Rangka



Gambar 14. Tegangan Von messes

Setelah tahapan analisis rancangan selesai melakukan proses fabrikasi dengan cara pengelasan menggunakan las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan model *single bevel butt* atau *groove weld* dengan ukuran 5 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Gambar Titik Pengelasan

Setelah proses pengelasan rangka dilakukan tahap selanjutnya yaitu proses *finishing* yaitu proses pelapisan dengan cat dengan metode *spray*. Hasil pengecatan ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Rangka Jadi

Setelah selesai proses pengecatan dilanjutkan proses perakitan komponen sesuai dengan desain. Pada Gambar 17.



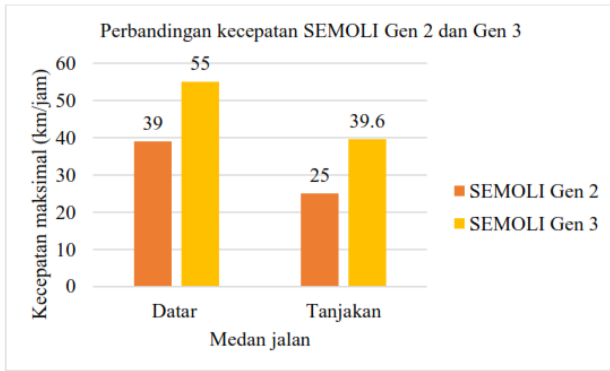
Gambar 17. Bentuk Jadi

Hasil kecepatan yang dihasilkan dengan 4 gigi percepatan adalah 55 km/jam. Hasil menunjukkan kecepatan tertinggi pada roda gigi 4 dipengaruhi oleh jenis motor listrik dan tipe transmisi. Kecepatan yang dihasilkan motor listrik banyak tereduksi atau berkurang karena penggunaan rantai yang kendor sehingga menyebabkan kehilangan kecepatan. Pada Gambar 18 yang ditunjukkan oleh kotak merah berisi sproket dan rantai untuk meneruskan putaran dari motor listrik ke *gearbox*.



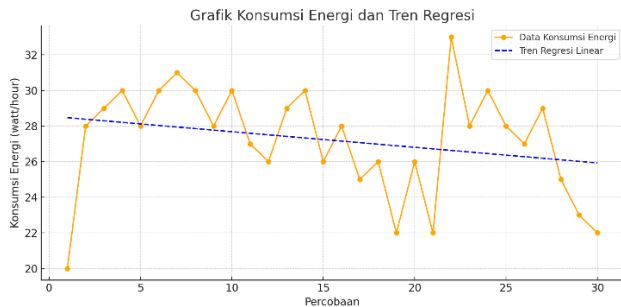
Gambar 18. Gerabox

Pengujian pada medan tanjakan dan medan mendatar yang ditunjukkan pada Gambar 19, saat medan datar SEMOLI Generasi 3 menunjukkan peningkatan signifikan dibanding Generasi 2 sebesar 41 %. Pada medan tanjakan terjadi perbedaan signifikan sebesar 58,4 %. Pada Gambar 20. Menunjukkan konsumsi energi dalam tiga puluh kali percobaan dengan parameter percobaan dilakukan di jalan lurus sepanjang 1 km dengan kecepatan maksimal dari kendaraan. Kendaraan disetting dengan baterai dalam kondisi penuh. Dari Gambar 20 menunjukkan nilai yang ubah-ubah dalam konsumsi kendaraan karena beberapa faktor di antara adalah kondisi jalan yang berubah ubah yang awalnya sepi menjadi ramai atau sebaliknya. Kecepatan angin yang berubah sehingga mempengaruhi laju kecepatan kendaraan. Konsumsi energi rata-rata adalah 27 *watt/hour*. faktor kecepatan mempengaruhi konsumsi energi. Semakin cepat kendaraan maka semakin hemat dalam konsumsi energinya.



Gambar 19. Perbandingan Kecepatan

Pengujian konsumsi energi yang ditunjukkan pada Gambar 20 menunjukkan konsumsi yang relatif stabil, meskipun mengalami fluktuasi. Tren dari grafik regresi menunjukkan penurunan efisiensi energi seiring dengan waktu atau penggunaan, yang mengindikasikan terjadi penurunan performa sistem.



Gambar 20. Konsumsi energi

4. Kesimpulan

Rancang bangun sepeda motor listrik generasi tiga dengan menggunakan gearbox berhasil dibuat. Kecepatan maksimal yang dihasilkan 41 % lebih tinggi pada medan datar dan 58,4 % lebih tinggi pada medan menanjakan dibandingkan dengan SEMOLI 2, dengan konsumsi energi rata-rata 27 watt/hour. Kekuatan tegangan rangka sebesar 149 MPa dengan tegangan ijin 163, 2 MPa sehingga disimpulkan dalam kondisi aman. Proses fabrikasi dengan menggunakan las SMAW. Perancangan sepeda motor listrik (SEMOLI) memiliki tiga tipe kaitan dengan percepatan. Pengembangan selanjutnya dapat mempertimbangkan desain dan tata letak komponen baterai dan motor penggerak agar lebih efisien dalam proses pendinginan dan transfer dayanya.

Daftar Pustaka

- [1] K. Shrivastava, R. Bansal, H. Jain, N. Doshi, N. Soni, and N. Soni, "CONVERSION OF CONVENTIONAL VEHICLE INTO AN ELECTRIC VEHICLE," 2020.
- [2] A. Eydgahi, "AC 2011-1048: CONVERTING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE VEHICLE TO AN ELECTRIC VEHICLE Converting an Internal Combustion Engine Vehicle to an Electric Vehicle."
- [3] A. S. Mohammed, A. Olalekan Salau, B. Sigweni, and A. M. Zungeru, "Conversion and performance evaluation of petrol engine to electric powered three-wheeler vehicle with an onboard solar charging system," *Energy Conversion and Management: X*, vol. 20, Oct. 2023, doi: 10.1016/j.ecmx.2023.100427.
- [4] Z. Tian, B. Gu, W. Gao, and Y. Zhang, "Performance evaluation of an electric vehicle thermal management system with waste heat recovery," *Appl Therm Eng*, vol. 169, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.114976.
- [5] Z. Zhang, B. Yang, Y. Zhang, L. Li, B. Zhao, and T. Zhang, "Powertrain modeling and performance simulation of a novel flywheel hybrid electric vehicle," *Energy Reports*, vol. 9, pp. 4401–4412, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.egy.2023.03.098.
- [6] M. Ghazali *et al.*, "Quantitative Analysis of the Effect of Operating Temperature on Energy Performance of an Electric Heavy Commercial Vehicle," in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2023, pp. 117–123. doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.384.
- [7] A. Eydgahi and E. L. Long IV, "Converting an internal combustion engine vehicle to an electric vehicle," in *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, American Society for Engineering Education, 2011. doi: 10.18260/1-2--17662.
- [8] S. Vasanthaseelan, D. S. Dharun, S. Sreerag, and R. Gokul, "CONVERSION OF IC ENGINE VEHICLE TO ELECTRIC VEHICLE," *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2019, [Online]. Available: www.irjet.net
- [9] S. S. Chauhan, K. Lamba, and D. Yagyasen, "Methods of Implementation in an Electric Vehicle Conversion and Vehicle Controller: A Review," *Evergreen*, vol. 11, no. 1, pp. 156–177, Mar. 2024, doi: 10.5109/7172252.
- [10] B. A. Girawan, N. Akhlis Sarihidaya Laksana, and D. Prabowo, "Perancangan Sepeda Listrik Semoli Untuk Beban 80 Kg," *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, vol. 3, no. 2, pp. 1–7, Oct. 2022, doi: 10.35970/accurate.v3i2.1556.
- [11] B. A. Girawan *et al.*, "APLIKASI CVT PADA SEPEDA MOTOR LISTRIK (SEMOLI) GENERASI 2," *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, vol. 05, no. 2, pp. 2722–4279, 2024, doi: 10.35970/accurate.v5i2.2547.
- [12] N. Akhlis Sarihidaya Laksana *et al.*, "Analisis Performa dan Studi Konsumsi Energi Kendaraan Listrik Sepeda Motor Listrik SEMOLI," vol. 15, no. 01, 2024, doi: 10.35970/infotekmesin.v15i1.2093.
- [13] C. O. Oloye, S. A. Olanlokun, O. S. Emene, E. I. Bello, J. F. Eiche, and K. A. Imoukhuede, "Electric Car Conversion," *Saudi Journal of Engineering and Technology*, vol. 9, no. 02, pp. 27–33, Feb. 2024, doi: 10.36348/sjet.2024.v09i02.001.
- [14] D. Pedrosa, V. Monteiro, H. Gonçalves, J. S. Martins, and J. L. Afonso, "A case study on the conversion of an internal combustion engine vehicle into an electric vehicle," in *2014 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2014*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2014. doi: 10.1109/VPPC.2014.7006994.
- [15] N. A. S. Laksana, B. A. Girawan, and J. S. Pribadi, "Desain dan Analisis Karakteristik Pegas Koil Sistem Suspensi Belakang untuk Kendaraan Ringan Sepeda Motor Listrik," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 59–66, Jan. 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.908.
- [16] X. Li, S. Wang, and J. Zhou, "Analysis of elliptical Hertz contact of steel wires of stranded-wire helical spring," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 28, no. 7, pp. 2797–2806, 2014, doi: 10.1007/s12206-014-0633-1.

- [17] C. J. Yang, W. H. Zhang, G. X. Ren, and X. Y. Liu, "Modeling and dynamics analysis of helical spring under compression using a curved beam element with consideration on contact between its coils," *Meccanica*, vol. 49, no. 4, pp. 907–917, 2014, doi: 10.1007/s11012-013-9837-1.
- [18] T. E. Putra, Husaini, and M. N. Machmud, "Predicting the fatigue life of an automotive coil spring considering road surface roughness," *Eng Fail Anal*, vol. 116, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.engfailanal.2020.104722.
- [19] K. Mounika, B. James, P. Rao, P. Srikanth, S. Lingareddy, and S. Sangeetha, "Automotive Chassis Frame Structural Analysis and Design Modification for Weight Reduction," *Journal of Science and Technology*, vol. 06, no. 02, pp. 2456–5660, doi: 10.46243/jst.2021.v6.i02.pp164-194.
- [20] T. S. Ramadhoni *et al.*, "Static Analysis of Electric Vehicle Prototype Frame," *International Journal of Mechanics, Energy Engineering and Applied Science (IJMEAS)*, vol. 2, no. 1, pp. 26–35, Jan. 2024, doi: 10.53893/ijmeas.v2i1.242.
- [21] K. Rao, U. Prasad, and V. Potturi, "Modeling And Analysis of An Innova Car Chassis Frame by Varying Cross Section." [Online]. Available: www.ijert.org
- [22] "Structural Analysis of Chassis Frame of a Prototype Car: A Finite Element Method," *Galaxy Science*, Dec. 2023. doi: 10.11594/nstp.2023.3636.