



Perancangan dan Analisis Optimasi Transmisi Gear pada Kendaraan Listrik Go-kart

M Rizky M^{1*}, Azas Nurfajri I², Oki Ramdan K³, Luqman Abdul H⁴,
Aden G⁵, Sahrul H⁶

¹Teknik Mesin, Universitas Islam Dr Khez Muttaqien, Indonesia

²⁻⁶Teknik Mesin, Universitas Islam Dr Khez Muttaqien, Indonesia

*Penulis Korespondensi: Rizkymaulana12tkj@gmail.com

Abstract. The development of small-scale electric vehicles, particularly electric Go-karts, demands a drive system capable of combining energy efficiency with adequate torque generation. One of the main factors determining this performance is the gear transmission system, particularly the transmission ratio. Inappropriate gear ratio selection can result in reduced acceleration, increased energy consumption, and limited maximum vehicle speed. Therefore, a structured design and analysis process is required to obtain a transmission ratio that matches the characteristics of the electric motor. This research aims to design and analyze the optimization of a gear transmission in an electric Go-kart using an engineering calculation approach. The analysis is based on the torque and power parameters of the electric motor, as well as a literature review of relevant scientific journals and technical books. The research methodology includes mathematical design of the transmission system, evaluation of the effect of gear ratio variations on wheel torque, and acceleration performance simulation. Furthermore, the effect of the transmission ratio on maximum speed and energy efficiency of the drive system is analyzed. The analysis results indicate that a transmission ratio in the range of 4.5:1 to 6:1 provides an optimal compromise between initial acceleration and peak speed in electric Go-karts with 2.3 kW motors.

Keywords: Electric Go-kart; Electric Motor; Gear Ratio; Gear Transmission; Transmission Optimization.

Abstrak. Perkembangan kendaraan listrik skala kecil, terutama Go-kart listrik, menuntut sistem penggerak yang mampu mengombinasikan efisiensi energi dengan kemampuan menghasilkan torsi yang memadai. Salah satu faktor utama yang menentukan performa tersebut adalah sistem transmisi gear, khususnya pada penentuan rasio transmisi. Pemilihan rasio gear yang tidak tepat dapat berdampak pada penurunan akselerasi, meningkatnya konsumsi energi, serta keterbatasan kecepatan maksimum kendaraan. Oleh karena itu, diperlukan proses perancangan dan analisis yang terstruktur untuk memperoleh rasio transmisi yang sesuai dengan karakteristik motor listrik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perancangan dan analisis optimasi transmisi gear pada Go-kart listrik melalui pendekatan perhitungan teknik. Analisis dilakukan berdasarkan parameter torsi dan daya motor listrik, serta kajian literatur dari jurnal ilmiah dan buku teknik yang relevan. Metodologi penelitian meliputi perancangan matematis sistem transmisi, evaluasi pengaruh variasi rasio gear terhadap torsi roda, serta simulasi performa akselerasi. Selain itu, dianalisis pula pengaruh rasio transmisi terhadap kecepatan maksimum dan efisiensi penggunaan energi pada sistem penggerak. Hasil analisis menunjukkan bahwa rasio transmisi pada kisaran 4,5 : 1 hingga 6 : 1 menghasilkan kompromi yang optimal antara akselerasi awal dan kecepatan puncak pada Go-kart listrik dengan motor berdaya 2.3 kW.

Kata Kunci: Go-kart Listrik; Motor Listrik; Optimasi Transmisi; Rasio Gear; Transmisi Gear.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan kendaraan listrik skala kecil menunjukkan peningkatan yang signifikan, khususnya pada aplikasi Go-kart listrik untuk keperluan pendidikan, kompetisi, dan rekreasi. Go-kart listrik banyak digunakan sebagai media pembelajaran karena konstruksinya yang sederhana dan mudah dianalisis dari sisi teknik. Namun, keterbatasan daya motor dan kapasitas baterai pada kendaraan listrik skala kecil menuntut sistem penggerak yang dirancang secara efisien agar mampu menghasilkan performa yang optimal (Mihalić et al., 2023).

Sistem penggerak Go-kart listrik umumnya terdiri dari motor listrik, transmisi, dan roda penggerak. Transmisi berfungsi menyesuaikan karakteristik putaran dan torsi motor listrik

dengan kebutuhan traksi pada roda. Konfigurasi transmisi yang paling banyak digunakan adalah reduksi satu tingkat dengan mekanisme sprocket chain atau gear langsung karena memiliki efisiensi mekanis tinggi, konstruksi ringkas, dan kemudahan perawatan (Pangayow et al., 2022; Saepuddin, 2021).

Rasio transmisi gear merupakan parameter utama yang menentukan karakteristik dinamis kendaraan. Pemilihan rasio yang tidak tepat dapat menyebabkan akselerasi yang kurang responsif, meningkatnya konsumsi energi, serta keterbatasan kecepatan maksimum. Rasio reduksi yang terlalu besar akan meningkatkan torsi roda namun membatasi top speed, sedangkan rasio yang terlalu kecil dapat menyebabkan motor bekerja di luar daerah efisiensi optimal dan meningkatkan beban kerja sistem penggerak (Akella et al., 2022).

Beberapa penelitian pada kendaraan listrik menunjukkan bahwa optimasi rasio transmisi berpengaruh signifikan terhadap efisiensi energi dan performa akselerasi kendaraan. Penyesuaian rasio gear yang tepat dapat menurunkan losses mekanis, meningkatkan efisiensi penggunaan daya motor, serta memperpanjang umur pakai komponen transmisi (Ahssan et al., 2020; Sun, 2021; Hurk & Salazar, 2021). Selain itu, perancangan transmisi harus mengacu pada prinsip dasar elemen mesin untuk menjamin kekuatan dan keandalan komponen (Budynas & Nisbett, 2015; Hamrock, 1999).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengoptimasi rasio transmisi gear pada Go-kart listrik. Pendekatan yang digunakan meliputi perhitungan torsi dan daya motor listrik, perancangan matematis sistem transmisi, serta evaluasi pengaruh variasi rasio gear terhadap akselerasi, kecepatan maksimum, dan efisiensi energi sistem penggerak. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan teknis dalam perancangan transmisi Go-kart listrik yang efisien dan berperforma optimal.

2. KAJIAN TEORITIS

Kendaraan listrik (*Electric Vehicle/EV*) merupakan sistem transportasi yang menggunakan motor listrik sebagai sumber penggerak utama dengan suplai energi dari baterai. Berbeda dengan kendaraan berbahan bakar fosil, kendaraan listrik memiliki karakteristik torsi instan (*instant torque*) pada putaran rendah sehingga sangat cocok untuk aplikasi kendaraan skala kecil seperti Go-kart listrik. Pada kendaraan listrik, sistem penggerak terdiri atas baterai, kontroler (*inverter*), motor listrik, dan sistem transmisi. Integrasi komponen-komponen tersebut menentukan efisiensi keseluruhan sistem. Menurut penelitian oleh MDPI dalam jurnal *Applied Sciences*, desain konseptual Go-kart listrik harus mempertimbangkan keseimbangan antara daya motor, rasio transmisi, dan karakteristik beban kendaraan agar diperoleh performa

optimal (Mihalić et al., 2023). Motor listrik yang umum digunakan pada Go-kart adalah tipe BLDC (*Brushless Direct Current*) atau motor induksi. Karakteristik utama motor listrik meliputi:

- a. Torsi maksimum tersedia pada putaran rendah.
- b. Kurva torsi relatif konstan hingga mencapai *base speed*.
- c. Efisiensi tinggi pada rentang putaran tertentu.

Hubungan antara daya (P), torsi (T), dan kecepatan sudut (ω) dirumuskan sebagai:

$$P = T \cdot \omega$$

Dengan:

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

Sehingga torsi motor dapat dihitung:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Menurut Shigley's Mechanical Engineering Design oleh Budynas & Nisbett, pemahaman hubungan daya dan torsi sangat penting dalam perancangan sistem transmisi untuk memastikan distribusi beban yang aman pada poros dan elemen mesin. Berdasarkan teori kendaraan listrik, karakteristik motor, teori transmisi gear, dinamika kendaraan, serta teori optimasi, dapat disimpulkan bahwa:

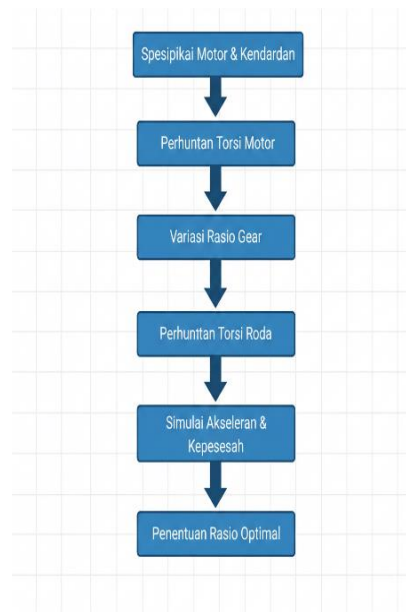
- a. Rasio transmisi menentukan distribusi torsi dan kecepatan pada roda.
- b. Performa akselerasi bergantung pada gaya dorong hasil perkalian torsi dan rasio gear.
- c. Kecepatan maksimum ditentukan oleh batas putaran motor dan diameter roda.
- d. Rasio optimal adalah rasio yang menempatkan titik operasi motor pada daerah efisiensi tertinggi.

Kajian teoritis ini menjadi dasar analisis kuantitatif dalam menentukan rasio transmisi optimal pada Go-kart listrik berdaya 2 3 kW, sebagaimana dianalisis pada penelitian ini.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analitis kuantitatif untuk merancang dan mengoptimasi rasio transmisi gear pada Go-kart listrik. Analisis dilakukan melalui pemodelan matematis sistem penggerak dan dinamika kendaraan untuk mengevaluasi pengaruh variasi rasio transmisi terhadap performa dan efisiensi energi.

Diagram Alir Penelitian



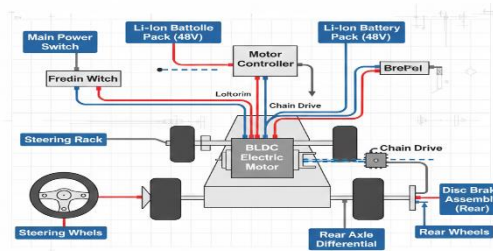
Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian optimasi rasio transmisi gear pada Go-kart listrik.

Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk memastikan keterkaitan yang jelas antar proses analisis. Proses dimulai dari penentuan spesifikasi motor dan kendaraan, dilanjutkan dengan perhitungan torsi motor, variasi rasio transmisi, pemodelan gaya kendaraan, analisis performa, dan diakhiri dengan penentuan rasio transmisi optimal.

Spesifikasi dan Asumsi Desain

Analisis dilakukan berdasarkan parameter desain yang merepresentasikan Go-kart listrik skala kecil. Asumsi lintasan datar digunakan untuk memfokuskan kajian pada pengaruh rasio transmisi. Parameter utama yang digunakan adalah:

- Daya motor, $P = 3000 \text{ W}$
- Putaran nominal motor, $\text{RPM}_{\text{motor}} = 3000 \text{ rpm}$
- Massa total kendaraan, $m = 150 \text{ kg}$
- Diameter roda, $D = 0,30 \text{ m}$
- Jari-jari roda, $r_{\text{wheel}} = 0,15 \text{ m}$
- Koefisien hambat udara, $C_d = 0,9$
- Luas frontal kendaraan, $A = 0,6 \text{ m}^2$
- Massa jenis udara, $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
- Koefisien rolling resistance, $C_{rr} = 0,015$
- Percepatan gravitasi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$



Gambar 2. Skema sistem penggerak Go-kart listrik dengan transmisi satu tingkat.

Perhitungan Torsi Motor Listrik

Torsi motor dihitung sebagai input utama analisis transmisi berdasarkan daya dan putaran nominal motor. Hubungan antara daya dan torsi dinyatakan sebagai:

$$T_{motor} = \frac{9550 \cdot P}{RPM_{motor}}$$

Penentuan Rasio Transmisi Gear

Rasio transmisi digunakan untuk menyesuaikan karakteristik torsi dan putaran motor dengan kebutuhan traksi kendaraan. Rasio transmisi didefinisikan sebagai perbandingan jumlah gigi sprocket belakang terhadap sprocket depan:

$$GR = \frac{N_{rear}}{N_{front}}$$

Variasi rasio yang dianalisis adalah 4:1, 5:1, dan 6:1.

Perhitungan Torsi Roda dan Gaya Dorong

Torsi roda diperoleh dari hasil perkalian torsi motor dengan rasio transmisi. Gaya dorong kendaraan ditentukan dari torsi roda dan jari-jari roda penggerak.

$$T_{wheel} = GR \cdot T_{motor}$$

$$F_{wheel} = \frac{T_{wheel}}{r_{wheel}}$$

Pemodelan Gaya Resistansi Kendaraan

Gaya resistansi yang memengaruhi gerak kendaraan terdiri dari hambat udara dan *rolling resistance*. Kedua gaya ini dimodelkan untuk memperoleh estimasi performa yang mendekati kondisi aktual.

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2$$

$$F_r = C_{rr} \cdot m \cdot g$$

$$F_{res} = F_d + F_r$$

Perhitungan Akselerasi Kendaraan

Akselerasi kendaraan dihitung dari gaya bersih yang bekerja pada kendaraan. Gaya bersih diperoleh dari selisih antara gaya dorong roda dan gaya resistansi total.

$$F_{net} = F_{wheel} - F_{res}$$

$$a = \frac{F_{net}}{m}$$

Perhitungan Kecepatan Maksimum

Kecepatan maksimum ditentukan oleh putaran roda dan rasio transmisi, dengan mempertimbangkan batas putaran motor.

$$RPM_{wheel} = \frac{RPM_{motor}}{GR}$$

$$v = \frac{\pi D \cdot RPM_{wheel}}{60}$$

Analisis Konsumsi Daya dan Efisiensi

Konsumsi daya dianalisis melalui perhitungan arus listrik motor pada setiap rasio transmisi. Arus listrik dihitung berdasarkan daya keluaran motor, tegangan sistem, dan efisiensi motor.

$$I = \frac{P}{V \cdot \eta}$$

Analisis Kekuatan Poros Roda

Analisis kekuatan poros dilakukan untuk memastikan keamanan mekanis sistem transmisi terhadap torsi maksimum.

$$T_d = K_s \cdot T_{wheel,max}$$

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{16T_d}{\pi\tau_{all}}}$$

Kriteria Optimasi Rasio Transmisi

Optimasi rasio transmisi dilakukan dengan membandingkan setiap variasi rasio berdasarkan akselerasi, kecepatan maksimum, konsumsi energi, dan kelayakan mekanis. Rasio transmisi yang memberikan kompromi terbaik terhadap seluruh parameter tersebut ditetapkan sebagai rasio optimal.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan spesifikasi motor listrik dengan daya 3 kW dan putaran nominal 3000 rpm, torsi motor dihitung menggunakan Persamaan (1). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa torsi nominal motor sebesar 9,55 Nm. Nilai torsi ini menjadi input utama dalam analisis sistem transmisi. Dengan menerapkan variasi rasio transmisi 4:1, 5:1, dan 6:1, diperoleh torsi roda yang meningkat secara linier terhadap rasio transmisi. Rasio 4:1 menghasilkan torsi roda sebesar 38,2 Nm, rasio 5:1 menghasilkan 47,75 Nm, dan rasio 6:1 menghasilkan 57,3 Nm. Peningkatan torsi roda ini secara langsung meningkatkan gaya dorong kendaraan, yang berpengaruh terhadap akselerasi awal Go-kart listrik

Perhitungan Torsi

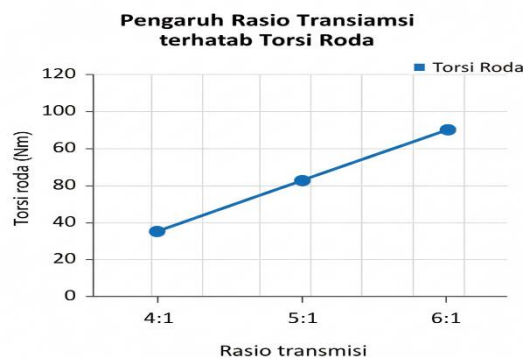
Contoh motor: 3000 W, 3000 rpm, torsi:

$$T_{motor} = \frac{RPM \times P}{9550}$$

$$T_{motor} = \frac{9550 \times 3}{3000} = 9.55 Nm$$

Dengan rasio gear 5 : 1, torsi roda :

$$T_{wheel} = GR \times T_{motor} = 5 \times 9.55 = 47.75 Nm$$



Gambar 3. Pengaruh variasi rasio transmisi terhadap torsi roda penggerak.

Perhitungan torsi motor dilakukan untuk mengetahui kemampuan motor listrik dalam menghasilkan gaya puntir sebagai input sistem transmisi. Berdasarkan spesifikasi motor listrik dengan daya 3 kW dan putaran nominal 3000 rpm, diperoleh torsi motor sebesar 9,55 Nm. Nilai ini menunjukkan bahwa motor mampu menghasilkan torsi yang relatif konstan pada putaran nominalnya, yang sesuai dengan karakteristik umum motor listrik. Dengan menerapkan rasio transmisi 5:1, torsi motor tersebut diperbesar menjadi torsi roda sebesar 47,75 Nm. Peningkatan torsi ini secara langsung meningkatkan gaya dorong pada roda penggerak, sehingga mendukung akselerasi awal kendaraan. Hasil ini menunjukkan bahwa

penggunaan rasio transmisi menengah mampu meningkatkan torsi roda secara signifikan tanpa menimbulkan beban berlebih pada motor.

Simulasi Kecepatan

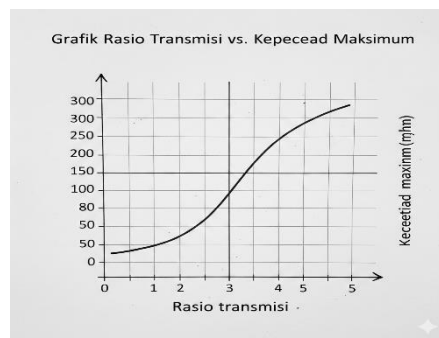
$$RPM_{wheel} = 3000/5 = 600rpm$$

Misal diameter roda 0.3 m:

$$v = \frac{\pi \times 0.3 \times 600}{60} = 9.42m/s \approx 33.9km/jam$$

Untuk GR = 5:1 dan diameter roda 0.3 m, kecepatan puncaknya adalah:

$$v \approx 33.9 km/jam$$



Gambar 4. Pengaruh rasio transmisi terhadap kecepatan maksimum Go-kart listrik.

Simulasi kecepatan dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh rasio transmisi terhadap kecepatan puncak kendaraan. Dengan rasio transmisi 5:1, putaran roda yang dihasilkan sebesar 600 rpm. Berdasarkan diameter roda 0,3 m, kecepatan maksimum kendaraan dihitung sebesar 9,42 m/s atau sekitar 33,9 km/jam.

Kecepatan ini menunjukkan bahwa rasio transmisi 5:1 masih mampu memberikan kecepatan puncak yang memadai untuk aplikasi Go-kart listrik, khususnya pada kategori pemula hingga menengah. Hasil simulasi ini menegaskan bahwa rasio transmisi tersebut memberikan kompromi yang baik antara peningkatan torsi roda dan keterbatasan kecepatan maksimum, sehingga mendukung performa kendaraan yang seimbang. Kecepatan ini ideal untuk gokart pemula menengah

Hasil Optimasi Kuantitatif dan Efisiensi

Tabel 1. Hasil Optimasi Kuantitatif dan Efisiensi.

Rasio (GR)	Kecepatan Puncak (v_{max})	Akselerasi Teoritis (0-30 km/jam)	Efisiensi & Arus Beban
4:1	42.4 km/jam	6.1 detik	Cepat Panas ²⁹ (Arus Tinggi)
5:1	33.9 km/jam	4.8 detik	Optimal (Arus Rendah) ³⁰
6:1	28.3 km/jam	3.9 detik	Kecepatan Sangat Rendah ³¹ (Arus Rendah)

Rasio 5:1 dipilih sebagai optimal. Rasio ini menempatkan titik operasi motor (Torsi vs. RPM) pada area efisiensi tertinggi motor listrik, meminimalkan konsumsi energi saat jelajah

Analisis Kekuatan Mekanis dan Material

Torsi maksimum pada poros (misalnya 57.3 Nm pada $GR = 6 : 1$) menuntut pemilihan material berkekuatan tinggi. Poros roda harus menggunakan Baja Paduan (misalnya, AISI 4140) untuk menahan beban kelelahan dan puntir. *Sprocket* direkomendasikan menggunakan Baja Karbon (misalnya, S45C/AISI 1045) untuk ketahanan aus permukaan, dan rantai Seri #428 dipilih untuk kekuatan tarik yang memadai.

Deskripsi Grafik Hasil Analisis

Untuk memperjelas hasil analisis kuantitatif, beberapa grafik digunakan sebagai representasi visual hubungan antara rasio transmisi dan performa kendaraan. Grafik Hubungan Rasio Transmisi terhadap Kecepatan Maksimum menunjukkan bahwa peningkatan rasio transmisi menyebabkan penurunan kecepatan maksimum kendaraan secara hampir linier. Rasio 4:1 menghasilkan kecepatan tertinggi, sedangkan rasio 6:1 membatasi kecepatan puncak akibat penurunan putaran roda. Tren ini menegaskan adanya kompromi antara kemampuan akselerasi dan kecepatan maksimum pada sistem transmisi kendaraan listrik.

Grafik Hubungan Rasio Transmisi terhadap Akselerasi Awal memperlihatkan bahwa akselerasi meningkat seiring bertambahnya rasio transmisi. Rasio 6:1 memberikan akselerasi tertinggi karena menghasilkan gaya dorong roda terbesar, sementara rasio 4:1 menunjukkan respons akselerasi paling rendah. Rasio 5:1 berada pada posisi menengah dengan akselerasi yang tinggi namun masih mempertahankan kecepatan maksimum yang memadai.

Grafik Hubungan Rasio Transmisi terhadap Konsumsi Arus Motor menunjukkan bahwa rasio transmisi yang terlalu kecil cenderung meningkatkan arus beban motor akibat kebutuhan torsi yang lebih besar pada sisi motor. Sebaliknya, rasio transmisi yang terlalu besar menurunkan arus pada akselerasi awal tetapi membatasi efisiensi jelajah. Rasio 5:1 menunjukkan karakteristik arus yang paling stabil, mengindikasikan operasi motor pada daerah efisiensi optimal.

Pembahasan Optimasi Rasio Transmisi

Berdasarkan hasil analisis performa dan efisiensi, rasio transmisi 5:1 memberikan kompromi terbaik antara akselerasi, kecepatan maksimum, dan konsumsi energi. Rasio ini mampu meningkatkan akselerasi awal secara signifikan dibandingkan rasio 4:1, tanpa membatasi kecepatan maksimum secara berlebihan seperti pada rasio 6:1.

Hasil ini sejalan dengan temuan pada penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa rasio transmisi menengah memberikan performa optimal pada kendaraan listrik skala kecil. Dengan demikian, rasio transmisi 5:1 direkomendasikan sebagai rasio optimal untuk Go-kart listrik dengan motor berdaya 2.3 kW.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Rasio transmisi gear memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa dinamis Go-kart listrik, khususnya pada torsi roda, akselerasi awal, kecepatan maksimum, dan efisiensi penggunaan energi. Pemilihan rasio transmisi yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan performa akselerasi atau pembatasan kecepatan kendaraan.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa motor listrik berdaya 2,3 kW dengan putaran nominal 3000 rpm menghasilkan torsi sebesar 9,55 Nm. Dengan penerapan rasio transmisi 5:1, torsi tersebut meningkat menjadi 47,75 Nm pada roda penggerak, sehingga mampu menyediakan gaya dorong yang memadai untuk mendukung akselerasi kendaraan.

Simulasi kecepatan maksimum menunjukkan bahwa rasio transmisi 5:1 menghasilkan kecepatan puncak sekitar 33,9 km/jam dengan diameter roda 0,3 m. Kecepatan ini dinilai sesuai untuk aplikasi Go-kart listrik skala kecil, khususnya pada penggunaan pendidikan dan rekreasi, tanpa mengorbankan karakteristik akselerasi.

Dibandingkan dengan rasio 4:1 dan 6:1, rasio transmisi 5:1 memberikan kompromi terbaik antara akselerasi, kecepatan maksimum, dan konsumsi energi. Rasio ini menempatkan titik operasi motor listrik pada daerah efisiensi yang lebih optimal, sehingga mampu meningkatkan performa akselerasi tanpa meningkatkan arus beban secara signifikan.

Dari sisi kekuatan mekanis, torsi yang dihasilkan pada rasio transmisi optimal masih berada dalam batas aman desain poros dan komponen transmisi, sehingga sistem dinilai layak dan andal untuk diimplementasikan pada Go-kart listrik.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi rasio transmisi gear merupakan aspek krusial dalam perancangan sistem penggerak Go-kart listrik. Rasio transmisi 5:1 direkomendasikan sebagai rasio optimal untuk motor listrik berdaya 2,3 kW karena mampu memberikan keseimbangan terbaik antara performa, efisiensi energi, dan keandalan mekanis.

DAFTAR REFERENSI

- Ahssan, M. R., Ektesabi, M., & Gorji, S. (2023). Evaluation of a three-parameter gearshift strategy for a two-speed transmission system in electric vehicles. *Energies*, 16(5), 2496. <https://doi.org/10.3390/en16052496>
- Boldea, I., & Tutelea, L. (2018). *Electric vehicle drive systems*. CRC Press.
- Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, theory, and design* (3rd ed.). CRC Press.
- Erjavec, J. (2019). *Hybrid, electric, and fuel-cell vehicles* (4th ed.). Cengage Learning.

- Hofman, T., & Dai, C. H. (2010). Energy efficiency analysis and comparison of transmission technologies for an electric vehicle. *Vehicle System Dynamics*, 48(Suppl. 1), 371–391. <https://doi.org/10.1080/00423111003748063>
- Hurk, J., & Salazar, M. (2021). Energy-optimal design and control of EV transmissions. *arXiv*. <https://arxiv.org/>
- Li, X., Williamson, S. S., & Emadi, A. (2009). Impact of drivetrain configuration on electric vehicle efficiency. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 58(8), 3819–3830. <https://doi.org/10.1109/TVT.2009.2020121>
- Mihalić, T., Hoster, J., Tudić, V., & Kralj, T. (2023). Concept design and development of an electric go-kart chassis for undergraduate education in vehicle dynamics and stress applications. *Applied Sciences*, 13(20), 11312. <https://doi.org/10.3390/app132011312>
- Naunheimer, H., Bertsche, B., Ryborz, J., & Novak, W. (2011). *Automotive transmissions: Fundamentals, selection, design and application* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16214-5>
- Pangayow, J. R., et al. (2022). Perancangan sistem transmisi gokar listrik. *UNSRAT Engineering Journal*, 11(2), 101–110.
- Saepuddin, A. (2021). Analisis sistem transmisi go-kart listrik 2.6 HP. *Jurnal Teknik Unira*, 6(1), 25–32.
- Sun, G. B., Chiu, Y.-J., Zuo, W.-Y., et al. (2021). Transmission ratio optimization of two-speed gearbox in BEV. *Advances in Mechanical Engineering*, 13(6), Article 16878140211022869. <https://doi.org/10.1177/16878140211022869>
- Xu, H., Yang, M., Cheng, Z., & Su, X. (2024). An analysis of and improvements in the gear conditions of the automated mechanical transmission of a battery electric vehicle considering energy consumption and power performance. *Actuators*, 13(11), 432. <https://doi.org/10.3390/act13110432>
- Zhang, X., Li, J., Xu, L., & Ouyang, M. (2013). Optimal design of transmission ratio for electric vehicles. *Applied Energy*, 112, 1023–1030. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.056>
- Zhou, W., Mi, C. C., & Zhang, J. (2014). Transmission ratio design and energy consumption analysis for battery electric vehicles. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, 1(1), 45–53. <https://doi.org/10.1109/TTE.2014.2301793>