

## Pengaruh Gear Ratio pada Motor BLDC *Mid Drive* 2 kW terhadap Kinerja Sepeda Motor Listrik Konversi

Fuad Adhi Prasetya<sup>1</sup>

Budi Basuki<sup>2</sup>

Benidiktus Tulung P.<sup>3</sup>

Agustinus Winarno<sup>4</sup>

Daniel Janthinus Kristianto<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada

<sup>5</sup>Departemen Research and Development & Business Development, PT Dharma Precision Parts, Cikarang

<sup>2</sup>Korespondensi penulis: budi.basuki@ugm.ac.id

**Article Info:** Received: January 30, 2026; Accepted: May 07, 2026; Available online: May 12, 2026

**DOI:** 10.30588/jeemm.v10i1.2605

**Abstract:** The reduction of carbon dioxide emissions, or decarbonization, across all sectors must be carried out seriously. One of these sectors is transportation, through the implementation of an electric vehicle (EV) ecosystem by converting fossil-fuel-powered motorcycles into electric motorcycles. This study aims to design and analyze the performance of a 2 kW mid-drive BLDC motor in an electric motorcycle conversion application. The transition to electric vehicles requires conversion components, such as a BLDC motor. A collaborative research project with an industrial partner, PT X, focuses on the design and modification of a 2 kW mid-drive type BLDC motor. The design process was carried out by varying the gear ratios of 0.68, 0.72, and 1.34 to obtain an electric motorcycle conversion speed suitable for urban road use. Dynotest results indicate that the gear ratio variation of 0.68 provides the best performance using 30T and 20T gears. The maximum speed achieved under this configuration was 78.8 km/h, with a torque of 24.18 Nm at 987 rpm and an output power of 2.8 kW at 1526 rpm.

**Keywords:** BLDC, gear ratio, performance

**Abstrak:** Pengurangan nilai emisi karbon dioksida atau dekarbonisasi di segala bidang perlu dilakukan dengan sungguh-sungguh. Salah satu bidangnya adalah pada transportasi dengan tindakan menerapkan ekosistem kendaraan listrik atau *Electric Vehicle* (EV) melalui konversi sepeda motor berbahan bakar fosil menjadi sepeda motor listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis performa motor BLDC tipe mid-drive berdaya 2 kW pada aplikasi konversi sepeda motor listrik. Perubahan menjadi kendaraan listrik memerlukan komponen untuk konversi, seperti motor BLDC. Kolaborasi penelitian dengan mitra PT X diarahkan pada desain dan memodifikasi motor BLDC tipe *mid drive* berdaya 2 kW. Perancangan dilakukan dengan memvariasikan *gear ratio* 0,68; 0,72; dan 1,34 untuk mendapatkan kecepatan konversi sepeda motor listrik yang sesuai digunakan di jalan perkotaan. Hasil pengujian menggunakan Dynotest menunjukkan bahwa variasi *gear ratio* 0,68 memberikan kinerja terbaik pada roda gigi 30T dan 20T. Kecepatan maksimum pada variasi tersebut adalah 78,8 km/jam dengan torsi 24,18 Nm pada 987 rpm dan daya keluaran sebesar 2,8 kW pada 1526 rpm.

**Kata Kunci:** BLDC, *gear ratio*, kinerja

### I. Pendahuluan

Kendaraan seperti sepeda motor adalah salah satu untuk melakukan kegiatan-kegiatan transportasi sehari-hari. Sepeda motor saat ini masih banyak menggunakan mesin pembakaran dalam atau *internal combustion chamber* (ICE) untuk mendapatkan energi dari bahan bakar fosil yang kurang ramah lingkungan akibat menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Emisi CO<sub>2</sub> menjadi penyumbang terbesar dalam komposisi gas rumah kaca di atmosfer global dengan persentase mencapai 80% (BMKG, 2022).

Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengungkapkan bahwa sektor transportasi memberikan kontribusi besar terhadap emisi, yakni sekitar 23,14% dari total emisi CO<sub>2</sub> global pada tahun 2021 (Faris, dkk., 2023). Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas

rumah kaca (GRK) hingga 41% pada tahun 2030 serta menargetkan pencapaian Net Zero Emission pada tahun 2060, yang selaras dengan penandatanganan Paris Agreement tahun 2016. Upaya pengurangan karbon dioksida atau dekarbonisasi pada bidang transportasi jalan raya menjadi krusial dan membutuhkan langkah yang konsisten serta berkesinambungan untuk membangun ekosistem kendaraan listrik (*Electric Vehicle/EV*) di Indonesia. Konversi sepeda motor berbasis mesin pembakaran dalam menjadi sepeda motor listrik adalah salah satu strategi yang ditempuh untuk mewujudkannya. Langkah strategis ini telah difasilitasi melalui regulasi resmi, yaitu Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor Bermesin Bakar menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai.

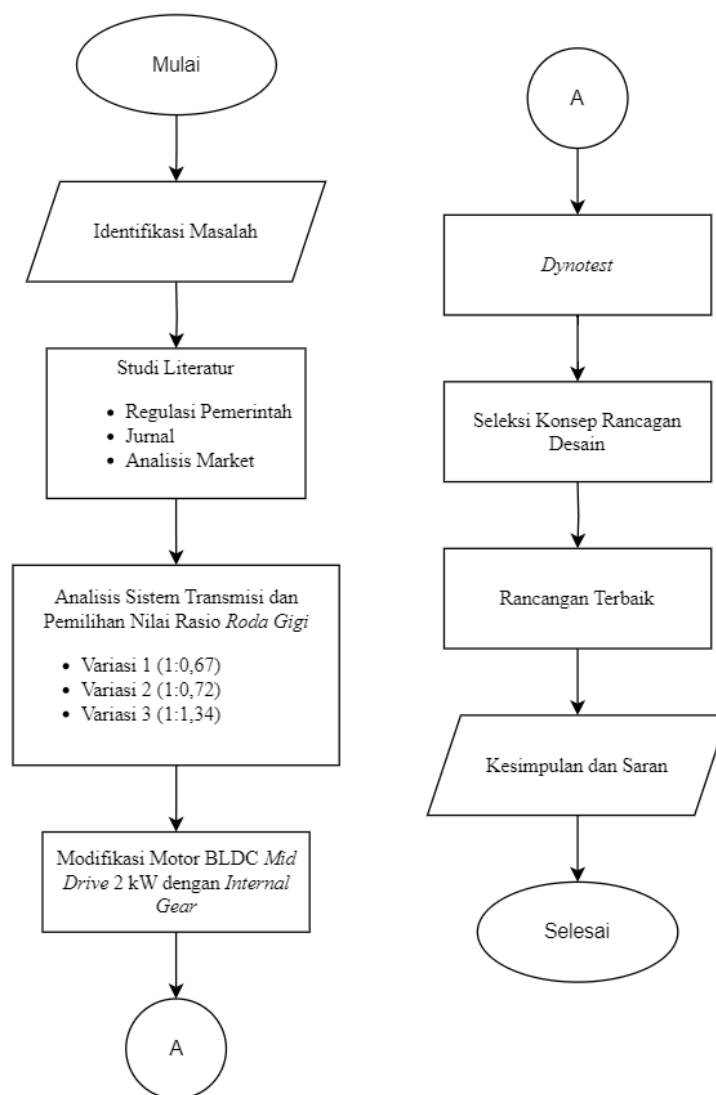
Motor BLDC adalah kependekan dari *brushless direct current motor* atau motor arus searah tanpa sikat. Motor BLDC merupakan jenis motor listrik yang tidak menggunakan sikat (*brush*) seperti pada motor DC konvensional. Proses komutasi perubahan arah arus untuk menghasilkan putaran pada BLDC dikendalikan secara elektronik menggunakan controller. Karena tidak ada gesekan antara sikat dan komutator, motor BLDC memiliki beberapa keunggulan, seperti: efisiensi lebih tinggi, umur pakai lebih panjang, perawatan lebih rendah, dan suara lebih halus. Pengembangan motor BLDC di Indonesia hingga saat ini masih terbatas karena ketergantungan pada komponen impor. Sebagai respon terhadap kondisi tersebut, PT X yang bergerak di bidang manufaktur komponen otomotif melakukan inovasi untuk mendukung kebijakan pemerintah sekaligus menyesuaikan diri dengan dinamika industri, salah satunya melalui pengembangan motor BLDC tipe *mid drive*. Sistem konversi sepeda motor listrik dengan tipe ini, motor BLDC ditempatkan di bagian tengah sepeda dan energi disalurkan ke roda melalui sistem transmisi, sehingga pengguna memiliki keleluasaan dalam mengatur putaran motor (LakshmiKanth, dkk., 2023; Spanoudakis, dkk., 2020; Sun, dkk., 2021). Pengaturan kecepatan motor BLDC menggunakan metode sinkron dan mem-variasikan PWM menunjukkan akurasi kecepatan dalam jarak  $\pm 3\%$  dari *set-point*, yang membuktikan bahwa kontrol elektronik dan rasio transmisi memiliki peran penting dalam performa sistem penggerak listrik (Andang, dkk., 2025). Penelitian ini secara khusus menitikberatkan pada perancangan motor BLDC *mid drive* berdaya 2 kW dengan penambahan *internal gear* sebelum masuk ke sistem *Continuously Variable Transmission* (CVT). Hal ini dilakukan karena putaran motor BLDC mengalami reduksi signifikan pada gardan, sehingga menghasilkan kecepatan roda yang relatif rendah, yakni sekitar 50 km/jam (Contò, dkk., 2022; Hinov, dkk., 2021). Variasi *gear ratio* digunakan untuk memengaruhi performa sepeda motor listrik konversi, khususnya dalam menghasilkan torsi dan kecepatan pada roda (Zhou, dkk., 2013). Oleh sebab itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan motor BLDC *mid drive* dengan penambahan *internal gear* sebelum poros motor masuk ke CVT, dengan tujuan untuk memperoleh konfigurasi *gear ratio* yang mampu meningkatkan kecepatan roda sepeda motor listrik konversi agar lebih optimal digunakan pada jalan perkotaan.

## II. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang tersusun secara sistematis, mulai dari tahap perencanaan hingga pengujian kinerja motor BLDC *mid drive*. Diagram alir pada Gambar 1 menunjukkan tahapan langkah kerja yang dilaksanakan selama penelitian yang diawali perancangan hingga tahap evaluasi hasil. Perancangan meliputi perencanaan, kalkulasi, analisis dengan bantuan perangkat lunak *Computer Aide Engineering* (CAE) – Ansys Motor-CAD, dan model 3D menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) - Solidworks (Insani dan Nugroho, 2020). Analisis desain motor penggerak untuk kendaraan listrik ringan (*Light Electric Vehicle*) memerlukan pengembangan model dinamika yang didasarkan pada perhitungan gaya, torsi, profil daya-kecepatan, siklus berkendara, dan parameter motor untuk memastikan performa yang optimal (Shet & Revankar, 2025). Spesifikasi motor BLDC yang dirancang tampak pada Tabel 1. Motor memiliki daya luaran nominal sebesar 2 kW dengan kecepatan putar maksimum 6000 rpm. Sistem catu daya menggunakan baterai dengan tegangan kerja 60 V, sedangkan torsi nominal motor berada pada rentang 2 hingga 4 Nm.

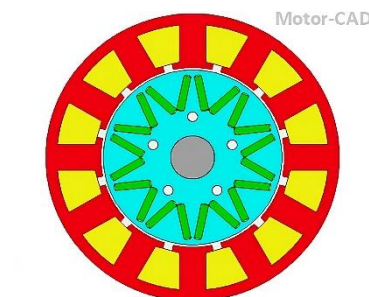
Tabel 1. Data spesifikasi motor BLDC *mid drive* 2 kW

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Daya luaran	2	kW
2	Kecepatan	6.000	rpm
3	Torsi	2 – 4	Nm
4	Tegangan Baterai	60	V



Gambar 1. Diagram alir penelitian

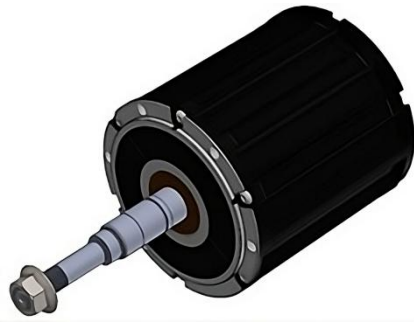
Desain elektromagnetik motor meliputi konfigurasi stator dan rotor pada motor BLDC *mid drive* ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 2. Dimensi utama stator dan rotor, seperti diameter luar dan dalam, ditetapkan untuk memenuhi kebutuhan performa serta keterbatasan ruang pada rangka sepeda motor konversi. Pemilihan motor BLDC *mid drive* 2 kW dengan dan tanpa *internal gear* diawali dengan melakukan studi dan riset komponen yang digunakan dalam motor listrik beserta sistem transmisi yang digunakan. Selanjtnya, kemudian, dilakukan pemodelan menggunakan *software* CAD seperti Gambar 3 dan Gambar 4.



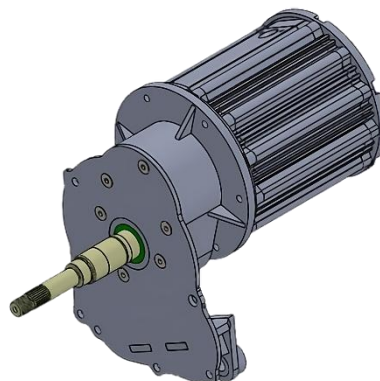
Gambar 1 Desain stator dan rotor

Tabel 2. Data stator dan rotor

Data	Nilai
Slot	12
Pole	10
Diameter luar stator	120 mm
Diameter dalam stator	75 mm
Diameter luar rotor	74 mm
Diameter dalam rotor	18,8 mm



Gambar 2. Model 3D motor BLDC mid drive 2 kw tanpa internal gear



Gambar 3. Model 3D motor BLDC mid drive 2 kw dengan penambahan internal gear

Pemilihan material dilakukan pada komponen utama motor dan sistem transmisi internal gear, yang meliputi stator, rotor, magnet, poros, dan roda gigi. Material stator dan rotor menggunakan baja silikon untuk meningkatkan karakteristik magnetik dan mengurangi rugi-rugi inti. Magnet permanen yang digunakan adalah neodymium dengan grade H, sedangkan poros motor menggunakan baja karbon S45C yang telah melalui proses pengerasan dengan kekerasan 22–32 HRC. Roda gigi internal menggunakan material SCM 415 dengan perlakuan carburizing hingga mencapai kekerasan 55–60 HRC. Rincian pemilihan material disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis material komponen

Komponen	Material
Stator dan Rotor	Baja paduan Si
Magnet	Neodymium (Grade H)
Poros	S45C (dikeraskan; 22-32 HRC)
Roda gigi	SCM 415 (dikarburising; 55-60 HRC)

Sebelum penambahan *internal gear*, dilakukan pengujian awal terhadap motor BLDC *mid drive* tanpa sistem roda gigi tambahan. *Internal gear* yang ditambahkan pada sistem ini berada dalam *housing*

motor BLDC, berfungsi untuk menyesuaikan putaran dan torsi sebelum daya diteruskan ke sistem transmisi menuju roda belakang, seperti tampak pada Gambar 4. Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh data kecepatan putar pada poros motor, puli, dan roda sepeda motor listrik konversi. Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur *tachometer* dengan motor dijalankan hingga mencapai putaran 5000 rpm. Data hasil pengujian awal tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan nilai *gear ratio* yang akan diterapkan pada sistem *internal gear* menggunakan persamaan:

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\tau_2}{\tau_1} \tag{1}$$

Keterangan: z = Jumlah gigi  
n = Kecepatan putar (RPM)  
 $\tau$  = Torsi (Nm)

Penggunaan motor BLDC tanpa *internal gear* menghasilkan reduksi secara signifikan pada putaran yang roda. Putaran motor BLDC sebesar 6000 rpm mengalami reduksi yang sangat besar pada bagian roda menjadi kecil yaitu 735 rpm dan kecepatan maksimal hanya mencapai kisaran 50 km/jam. Penambahan *internal gear* dengan variasi rasio tertentu bertujuan agar sepeda motor listrik konversi dapat mencapai kecepatan yang sebanding dengan sepeda motor bermesin 110 cc, yaitu hingga 80 km/jam, sehingga dipilih variasi *gear ratio* 1 dan 2. Variasi *gear ratio* 3 dipilih untuk mengetahui hubungan antara kenaikan torsi terhadap penurunan kecepatan. Penentuan nilai *gear ratio* dilakukan berdasarkan hubungan antara jumlah gigi, kecepatan putar, dan torsi yang dihasilkan. Variasi *gear ratio* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1:0,67; 1:0,72; dan 1:1,38. Setiap variasi *gear ratio* direalisasikan melalui perbedaan jumlah gigi pada roda gigi penggerak dan roda gigi yang digerakkan. Hasil perhitungan *gear ratio* serta data kecepatan putar motor dan roda ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai *gear ratio* dan kecepatan putar

Rancangan Desain	RPM (BLDC)	RPM (Roda)	Jumlah Gigi	
			Depan [z <sub>1</sub> ]	Belakang [z <sub>2</sub> ]
Tanpa Internal Gear (1:1)	5000	550	-	-
Variasi 1 (1:0,67)	7350	825	30	20
Variasi 2 (1:0,72)	6945	760	29	21
Variasi 3 (1:1,38)	3730	398	21	29

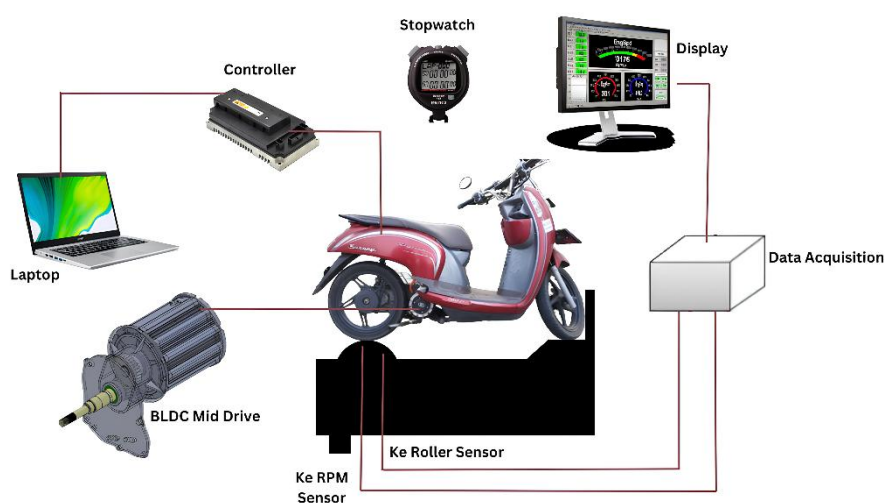
Proses perakitan sistem dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian utama. Bagian pertama adalah perakitan motor BLDC *mid drive*, yang meliputi pemasangan *isolator* pada stator, proses penggulungan kawat tembaga, pemasangan *wedge isolator*, pemasangan stator ke dalam rumah motor, penyambungan kabel fasa, perakitan rotor dan poros, pemasangan sensor hall, serta pemasangan penutup motor. Bagian kedua adalah perakitan sistem *internal gear* yang mencakup modifikasi poros rotor, pemasangan *bracket internal gear*, serta pemasangan roda gigi sesuai dengan variasi *gear ratio* yang direncanakan. Bagian ketiga adalah perakitan motor BLDC ke sepeda motor konversi tipe matic 110 cc seperti tampak pada Gambar 5, yang meliputi pemasangan *mounting* pada *crankcase*, penghubungan sistem CVT ke roda belakang, serta pengaturan arah putaran roda melalui penyetelan pada *controller*.



Gambar 4. Perakitan sepeda motor listrik konversi

Spesifikasi teknis pengujian ditetapkan sebagai acuan dalam perancangan desain sepeda motor listrik konversi sesuai dengan kebutuhan konsumen. Parameter utama yang digunakan meliputi kecepatan, torsi, serta daya keluaran. Target kecepatan kendaraan ditetapkan mengacu pada standar *Worldwide Motorcycle Test Cycle* (WMTC) dengan nilai kecepatan rata-rata 54,3 km/jam serta kemampuan mencapai kecepatan maksimum hingga sekitar 80 km/jam (Steven, (2002). Nilai torsi yang diharapkan berada pada kisaran yang setara dengan sepeda motor konvensional berkapasitas 110 cc, yaitu sekitar 8,1–8,4 Nm (Luthfi, dkk., 2023), sedangkan daya luaran minimum yang ditargetkan adalah 2,73 kW (Khaufanulloh, 2016). Parameter yang telah dijelaskan sebelumnya dijadikan acuan sekaligus target dalam menentukan spesifikasi akhir konversi yang paling optimal.

Pengujian kinerja dilakukan melalui metode *dynotest* atau dynamometer, yang bertujuan untuk memperoleh nilai unjuk kerja aktual dari rancangan motor BLDC, kemudian dibandingkan dengan hasil kalkulasi matematis. Bagan pelaksanaan pengujian serta proses pengambilan data *dynotest* ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Dynotest*

### III. Hasil dan Pembahasan

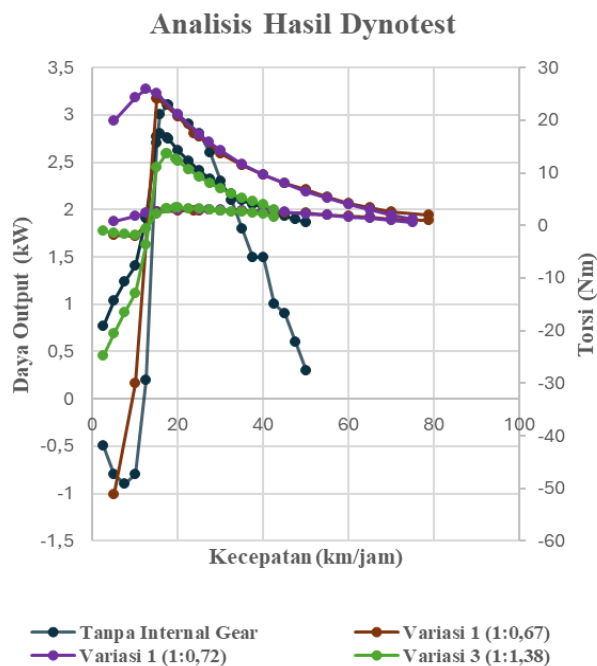
#### 1. Hasil Uji *Dynotest*

Pengujian kinerja motor BLDC mid drive berdaya 2 kW dilakukan setelah seluruh rangkaian perakitan sistem selesai, termasuk pemasangan internal gear dan integrasi dengan sepeda motor listrik konversi. Pengujian *dynotest* dilaksanakan untuk memperoleh data performa aktual motor, yang meliputi kecepatan kendaraan, torsi, serta daya luaran mekanis. Sebelum pengujian *dynotest*, dilakukan terlebih dahulu pengukuran kecepatan menggunakan tachometer dan perhitungan matematis pada masing-masing variasi rancangan sebagai data pembandingan.

Motor BLDC dioperasikan hingga mencapai putaran maksimum sebesar 5000 rpm pada pengujian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap variasi *gear ratio* menghasilkan karakteristik unjuk kerja yang berbeda. Data lengkap hasil *dynotest* disajikan pada Tabel 5, sedangkan hubungan antara kecepatan, torsi, dan daya luaran ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 7.

Tabel 5. Hasil *dynotest*

Rancangan Desain	Kecepatan Maksimal [km/jam]	Torsi Maksimal [Nm]	Daya Output Maksimal [kW]
Tanpa <i>Internal Gear</i>	51,8	17,51 pada 1595 rpm	3,1 pada 1784 rpm
<i>Internal Gear</i> (1:0,67)	78,8	24,18 pada 987 rpm	2,8 pada 1526 rpm
<i>Internal Gear</i> (1:0,72)	75,1	25,98 pada 829 rpm	3,0 pada 1794 rpm
<i>Internal Gear</i> (1:1,38)	40	13,57 pada 2215 rpm	3,3 pada 2502 rpm



Gambar 5. Grafik hasil dynotest

Berdasarkan pada Gambar 7, dapat diketahui bahwa penambahan *internal gear* dengan variasi rasio roda gigi yang lebih kecil mampu meningkatkan kecepatan, namun berdampak pada penurunan nilai torsi, seperti dilaporkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Singh & Kumar, 2021) (Martínez-Pérez, dkk., 2023).

Dari hasil pengujian, sepeda motor listrik konversi tanpa penambahan *internal gear* hanya mampu mencapai kecepatan maksimum sebesar 51,8 km/jam. Kondisi tersebut, torsi maksimum yang dihasilkan sebesar 17,51 Nm pada putaran 1595 rpm, sedangkan daya luaran maksimum tercatat sebesar 3,1 kW pada putaran 1784 rpm. Hasil ini menunjukkan bahwa tanpa sistem *internal gear*, performa kecepatan kendaraan masih relatif terbatas untuk penggunaan di jalan perkotaan.

Penerapan *internal gear* dengan rasio 1:0,67 memberikan peningkatan performa kecepatan yang paling signifikan. Sepeda motor listrik konversi mampu mencapai kecepatan maksimum sebesar 78,8 km/jam pada konfigurasi ini. Torsi maksimum yang dihasilkan adalah 24,18 Nm pada putaran 987 rpm, sedangkan daya luaran maksimum tercatat sebesar 2,8 kW pada putaran 1526 rpm. Peningkatan kecepatan tersebut menunjukkan bahwa rasio roda gigi yang lebih kecil mampu meningkatkan putaran roda secara efektif.

Variasi *internal gear* dengan rasio 1:0,72 menghasilkan kecepatan maksimum sebesar 75,1 km/jam. nilai torsi maksimum yang diperoleh adalah 25,98 Nm pada 829 rpm, sedangkan daya luaran maksimum mencapai 3,0 kW pada 1794 rpm pada konfigurasi ini. Meskipun nilai torsi maksimum pada rasio ini lebih besar dibandingkan rasio 1:0,67, kecepatan maksimum yang dicapai sedikit lebih rendah.

Sebaliknya, penerapan *internal gear* dengan rasio 1:1,38 menghasilkan karakteristik performa yang berbeda. Kecepatan maksimum yang dicapai hanya sebesar 40 km/jam, dengan torsi maksimum 13,57 Nm pada putaran 2215 rpm dan daya luaran maksimum sebesar 3,3 kW pada putaran 2502 rpm. Rasio roda gigi yang lebih besar menyebabkan peningkatan torsi dan daya pada putaran tinggi, namun berdampak pada penurunan kecepatan kendaraan.

## 2. Pembahasan

Hasil pengujian *dynotest* menunjukkan bahwa variasi gear ratio pada sistem *internal gear* berpengaruh langsung terhadap performa sepeda motor listrik konversi. Rasio roda gigi yang lebih kecil

cenderung meningkatkan kecepatan maksimum kendaraan, namun diikuti dengan penurunan nilai torsi. Sebaliknya, rasio roda gigi yang lebih besar mampu menghasilkan torsi yang lebih tinggi, tetapi mengurangi kecepatan yang dapat dicapai. Fenomena ini sejalan dengan karakteristik dasar sistem transmisi mekanis, di mana terdapat hubungan timbal balik antara kecepatan dan torsi.

Perbedaan antara hasil pengujian *dynotest* dan hasil perhitungan matematis disebabkan oleh sejumlah faktor yang tidak sepenuhnya dapat dimodelkan dalam simulasi. Faktor-faktor tersebut antara lain pembebanan aktual kendaraan yang meliputi massa kendaraan dan pengendara, rugi-rugi mekanis pada sistem transmisi, gaya gesek ban terhadap permukaan jalan, peningkatan temperatur selama pengujian, serta keterbatasan akurasi dan kalibrasi alat *dynotest*. Oleh karena itu, hasil pengujian eksperimental memberikan gambaran performa yang lebih representatif terhadap kondisi operasi nyata.

Apabila dikaitkan dengan kebutuhan penggunaan sepeda motor listrik konversi pada jalan perkotaan, kecepatan menjadi parameter yang lebih dominan dibandingkan torsi maksimum. Berdasarkan kriteria tersebut, variasi internal gear dengan rasio 1:0,67 menunjukkan kinerja yang paling sesuai karena mampu mencapai kecepatan mendekati sepeda motor konvensional berkapasitas 110 cc serta memenuhi standar kecepatan rata-rata WMTC. Meskipun nilai torsi pada konfigurasi ini sedikit lebih rendah dibandingkan variasi rasio lainnya, nilai tersebut masih berada dalam rentang yang dapat diterima untuk penggunaan harian.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan *gear ratio* yang tepat pada sistem *internal gear* merupakan faktor penting dalam meningkatkan performa sepeda motor listrik konversi. Penambahan *internal gear* dengan rasio yang sesuai mampu mengoptimalkan karakteristik kecepatan dan torsi motor BLDC mid drive sehingga lebih sesuai untuk aplikasi kendaraan listrik di lingkungan perkotaan.

#### **IV. Kesimpulan**

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengevaluasi performa motor BLDC tipe *mid drive* berdaya 2 kW yang diaplikasikan pada sepeda motor listrik hasil konversi. Upaya peningkatan performa dilakukan melalui penambahan sistem internal gear dengan variasi nilai *gear ratio* guna memperoleh karakteristik kecepatan dan torsi yang sesuai dengan kebutuhan penggunaan di jalan perkotaan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi gear ratio memberikan pengaruh yang signifikan terhadap performa sepeda motor listrik konversi. Penerapan *internal gear* dengan rasio 1:0,67 menghasilkan kinerja paling optimal dalam hal kecepatan, dengan capaian kecepatan maksimum sebesar 78,8 km/jam. Torsi maksimum yang diperoleh mencapai 24,18 Nm pada putaran 987 rpm, sedangkan daya luaran maksimum tercatat sebesar 2,8 kW pada putaran 1526 rpm pada konfigurasi tersebut,.

Dibandingkan dengan konfigurasi tanpa *internal gear* dan variasi rasio lainnya, rasio 1:0,67 menunjukkan keseimbangan yang paling sesuai antara kecepatan dan torsi untuk penggunaan sepeda motor listrik konversi di lingkungan perkotaan. Nilai performa yang dihasilkan telah memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan serta sebanding dengan sepeda motor konvensional berkapasitas 110 cc.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan *internal gear* dengan pemilihan *gear ratio* yang tepat merupakan solusi efektif untuk meningkatkan performa motor BLDC tipe *mid drive* pada aplikasi sepeda motor listrik konversi. Temuan dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem penggerak sepeda motor listrik, khususnya pada optimasi sistem transmisi untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi kendaraan.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT X karena telah menjadi mitra dan memberikan izin untuk melakukan penelitian di perusahaan tersebut. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada jajaran dosen Universitas Gadjah Mada yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

**Daftar Pustaka**

- Andang, A., Rahayu, A.U., Taufiqurrahman, I., & Paryono, E. (2025). *Kendali Kecepatan Motor BLDC dengan metode Mesin Sinkron dan Variasi PWM berbasis IoT*. *Infotekmesin*, 16(1).
- BMKG. (2022). Kondisi Gas Rumah Kaca. In *Buletin Gas Rumah Kaca* (Vol. 2, Issue 3, pp. 27–28).
- Contò, C., Ceraolo, M., & Di Gennaro, M. (2022). *E-Bike Motor Drive: A Review of Configurations and Energy Performance*. *Energies*, 15(15), 5590.
- Faris Adnan Padhilah, Ilham Rizqian Fahreza Surya, P. aji. (2023). *Indonesia Electric Vehicle Outlook 2023 Electrifying Transport Sector: Tracking Indonesia EV Industries and Ecosystem Readiness*. 1–44.
- Hinov, N., Kolev, I., & Nikolov, V. (2021). *Model-Based Estimation of Transmission Gear Ratio for Electric Vehicles*. *Electronics*, 10(21), 2692.
- Insani, I., & Nugroho, G. (2020). Perencanaan Motor Listrik BLDC Tipe Hub 1000W untuk Penggerak Sepeda Motor. *Seminar Nasional Informatika, 2020(Semnasif)*, 265–274.
- Khaufanulloh, R. H., Irawan, A., Mesin, P. T., Teknik, F., Jember, U. M., Otomotif, M., & Negeri, P. (2016). Karakteristik Performa Motor Bensin Pgmfi (Programmed Fuel Injection) Silinder Tunggal 110Cc Dengan Variasi. 01(March), 43–50.
- Lakshmikanth, S., Devarajaiah, R. M., Chowdhury, A., & Krishna, S. (2023). *Analytical Design of 3Kw BLDC Motor for Electric Vehicle Applications. 2023 3rd International Conference on Intelligent Technologies, CONIT 2023*, 1–7.
- Luthfi, A., Zulfika, D. N., & Rijanto, A. (2023). Analisa Performa Pada Sepeda Motor Honda Beat 110 Cc dengan Variasi Bahan Bakar dengan Nilai Oktan 90 Dan 92. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, 2(1), 265–269.
- Martínez-Pérez, L., Sánchez-Rangel, R., & Jiménez, A. (2023). *Improving the Autonomy of a Mid-Drive Motor Electric Bicycle: Component Efficiency and Reduction Systems*. *Machines*, 11(2), 112.
- Shet, M. S. K., & Revankar, S. T. (2025). Design and Performance Analysis of Motor Drive System of Light Electric Vehicle. *New Energy Exploitation and Application*, 4(1), 102–122.
- Singh, A., & Kumar, R. (2021). *Comparison of the Performances of Different Geared BLDC Motor Drives for Electric Bicycles*. *International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 13(2), 118–
- Spanoudakis, P., Vardakas, J., & Theodoropoulos, G. (2020). *Efficient Gear Ratio Selection of a Single-Speed Drivetrain for Electric Vehicles*. *Sustainability*, 12(24), 10349.
- Steven, H. (2002). *Worldwide Harmonised Motorcycle Emissions Certification Procedure. Technical Report*, 9, 1–131.
- Sun, G. B., Zhou, Y., Chen, Y., & Zhang, Y. (2021). *Transmission Ratio Optimization of Two-Speed Gearbox in Battery Electric Vehicles*. *Vehicle System Dynamics*, 59(9), 1352–1370.
- Zhou, X., Walker, P., Zhang, N., & Zhu, B. (2013). *Performance improvement of a two speed EV through combined gear ratio and shift schedule optimization*. *SAE Technical Papers*, 2.