

Rancang bangun motor BLDC 2 kw untuk kendaraan listrik e-scooter sesuai standar konversi sepeda listrik Indonesia

Rifki Dwi Putranto¹, Rifansyah Fitrah Haichal Sukino²,

^{1,2} Progam Studi Teknik Elektro, Telkom University Surabaya, Surabaya, Indonesia.

Corresponding Author : rifkidwi@telkomuniversity.ac.id

ABSTRACT

The main challenge faced by many countries is the limited fossil fuels due to the dwindling supply of fuel oil. Indonesia itself faces serious problems in providing sufficient fuel, even having to import from other countries, which can have a negative impact on the energy needs of its growing population. To overcome this problem, the use of renewable energy sources is a very relevant alternative solution. Renewable energy needs to be expanded, especially with the increasing price of fuel. One of the most prominent examples is the use of electrical energy. Electric motors have become a major focus in the development of electric vehicle technology and various industrial applications. One type of electric motor that is increasingly popular is the BLDC motor. The use of inefficient BLDC motors can cause significant energy waste, one of the factors that affects the design of BLDC motors is the winding configuration. This study aims to improve the performance of the 2kW electric motor dynamo to meet government regulations on electric vehicle conversion standards. BLDC motors are vital components in various industrial and transportation applications due to their high efficiency. This study focuses on the analysis of the BLDC motor winding configuration to achieve optimal energy efficiency by developing existing products. This study conducted simulations using Ansys Motor-CAD and performance tests were carried out under various load conditions. The results of the study showed an increase in efficiency from 82% to 87% and motor torque through variations in the winding configuration was obtained from 42 Nm to 54 Nm according to the results of the traction analysis of 44 Nm. This is expected to support the development of electric vehicles such as electric scooters.

Keywords: BLDC motor, energy efficiency, winding configuration, electric vehicle, government regulations.

ABSTRAK

Tantangan utama yang dihadapi oleh banyak negara adalah keterbatasan energi fosil karena semakin menipisnya persediaan bahan bakar minyak. Indonesia sendiri menghadapi masalah serius dalam menyediakan cukup BBM, bahkan harus mengimpor dari negara lain, yang dapat berdampak negatif pada kebutuhan energi untuk populasi yang terus berkembang. Untuk mengatasi masalah ini, pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi solusi alternatif yang sangat relevan. Energi terbarukan perlu diperluas penggunaannya, terutama dengan meningkatnya harga BBM yang terus naik. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah pemanfaatan energi listrik. Motor listrik telah menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi kendaraan listrik dan berbagai aplikasi industri. Salah satu jenis motor listrik yang semakin populer adalah motor BLDC. Penggunaan motor BLDC yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan energi yang signifikan, salah satu faktor yang memengaruhi desain motor BLDC adalah konfigurasi winding. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dinamo motor listrik 2kW guna memenuhi regulasi pemerintah terkait standar konversi kendaraan listrik. Motor BLDC menjadi komponen vital dalam berbagai aplikasi industri dan transportasi karena efisiensinya yang tinggi. Penelitian ini berfokus pada analisis konfigurasi winding motor BLDC untuk mencapai efisiensi energi yang optimal dengan mengembangkan produk eksisting. Penelitian ini melakukan Simulasi dilakukan menggunakan *Ansys Motor-CAD*, serta dilakukan uji performa dalam berbagai kondisi beban. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi dari 82% menjadi 87% dan torsi motor melalui variasi konfigurasi winding, yang didapatkan dari 42Nm menjadi 54Nm sesuai dengan kebutuhan dari hasil Analisa traksi yaitu 44Nm, Hal tersebut diharapkan dapat mendukung pengembangan kendaraan listrik seperti *electric scooter*.

Kata kunci: Motor BLDC, efisiensi energi, konfigurasi winding, kendaraan listrik, regulasi pemerintah

Manuscript received 10 May. 2025; accepted 24 May. 2025. Date of publication 26 May. 2025.
Journal Geuthee of Engineering and Energy is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi terus meningkat seiring dengan pertumbuhan kebutuhan konsumen, dan saat ini, Bahan Bakar Minyak (BBM) dominan sebagai sumber energi di seluruh dunia. Namun, tantangan utama yang dihadapi oleh banyak negara adalah keterbatasan energi fosil karena semakin menipisnya persediaannya. Indonesia sendiri menghadapi masalah serius dalam menyediakan cukup BBM, bahkan harus mengimpor dari negara lain, yang dapat berdampak negatif pada kebutuhan energi untuk populasi yang terus berkembang [1]. Untuk mengatasi masalah ini, pemanfaatan sumber energi terbarukan menjadi solusi alternatif yang sangat relevan. Energi terbarukan perlu diperluas penggunaannya, terutama dengan meningkatnya harga BBM yang terus naik. Salah satu contoh yang paling menonjol adalah pemanfaatan energi listrik. Motor listrik telah menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi kendaraan listrik dan berbagai aplikasi industri [2]. Salah satu jenis motor listrik yang semakin populer adalah motor BLDC. Keunggulan BLDC melibatkan keandalan, efisiensi tinggi, dan pemeliharaan yang lebih rendah dibandingkan dengan motor konvensional. Seiring dengan peningkatan kebutuhan akan motor listrik berdaya tinggi, penelitian dan pengembangan terkait desain motor BLDC menjadi semakin penting [3].

Salah satu faktor yang memengaruhi desain motor BLDC adalah konfigurasi winding. Selain itu, pencapaian efisiensi menjadi fokus penting untuk memastikan motor dapat menghasilkan tenaga sesuai dengan kebutuhan [7][8]. Pemerintah telah mengeluarkan regulasi dan kebijakan untuk mendorong penggunaan motor BLDC 2kW yang lebih efisien. Pada kaitannya dengan efisiensi energi, motor BLDC 2kW telah menjadi perhatian utama dalam implementasi regulasi pemerintah. Meskipun memiliki daya yang relatif kecil dibandingkan dengan motor BLDC lainnya, penggunaan motor BLDC 2kW yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan energi yang signifikan. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi motor BLDC 2kW menjadi suatu hal yang krusial guna memenuhi regulasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Dalam penelitian ini akan melakukan pengembangan BLDC in-wheel hub motor dengan membuat prototype menggunakan hasil simulasi parameter jumlah slot stator 48 dan pole magnet 40 agar bisa mendapatkan hasil yang lebih efisien dan bisa digunakan pada kendaraan listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh variasi jumlah kawat, konfigurasi belitan, dan ukuran kawat terhadap kinerja motor BLDC (Brushless DC Motor). Dalam hal ini, variasi jumlah kawat yang digunakan adalah 6, 7, dan 8, dengan konfigurasi belitan pertama menggunakan tembaga berdiameter 0,5 mm, serta konfigurasi belitan kedua menggunakan tembaga berdiameter 0,7 mm, dengan variasi jumlah lilitan sebanyak 3, 4, dan 5. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Ansys Motor-CAD untuk menganalisis performa motor dengan variasi winding tersebut. Dikarenakan perubahan parameter konfigurasi winding mempengaruhi performa motor listrik yang akan dibangun [2]. Penelitian juga mengimplementasikan motor BLDC dengan mempertimbangkan jumlah lilitan, jumlah putaran lilitan, serta ukuran kawat tembaga yang digunakan untuk mengetahui bagaimana faktor-faktor ini memengaruhi efisiensi dan performa motor. Selain itu, evaluasi dan analisis terhadap performa motor BLDC 2kW dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai kinerja motor dalam berbagai kondisi pengujian.

2. METODE

Dalam rancangan penelitian ini adalah pembuatan motor BLDC 2 kW. Pembuatan ini bertujuan untuk mengetahui kinerja motor BLDC 2kW yang lebih efisien. Pembuatan motor BLDC 2kW menggunakan simulasi ansys motor-cad. Untuk mengevaluasi pengaruh perbandingan winding pada kinerja motor BLDC, dilakukan simulasi menggunakan software simulasi ansys motor-cad. Simulasi ini mencakup variasi jumlah belitan dan konfigurasi winding untuk mengidentifikasi desain yang memberikan efisiensi tertinggi. Hasil simulasi akan menjadi dasar dalam pemilihan desain winding yang lebih efisien

2. 1. Spesifikasi Motor Listrik yang digunakan

Spesifikasi motor listrik yang digunakan dalam penelitian ini seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel. 1 Spesifikasi Motor Listrik

No	Parameter	Nilai dan satuan
1	Tegangan	72V
2	Daya	2000W
3	Arus	60A
4	Torsi	44Nm
5	Rpm	567

2. 2. Parameter Winding Menggunakan Anyx Motor-Cad

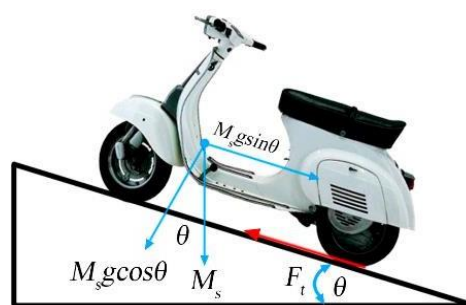
Proses *winding* parameter adalah tahapan untuk memvalidasi dan mensimulasikan diameter serta jumlah kawat. Dalam penentuan kecepatan putaran, daya keluaran, efisiensi, dan torsi, hal tersebut sangat bergantung pada jumlah dan diameter kawat.

2. 3. Analisis Data

Data yang diperoleh dari simulasi, pembangunan motor BLDC, dan uji kinerja akan dianalisis secara mendalam. Analisis ini melibatkan perbandingan antara hasil eksperimen dengan hasil simulasi, serta evaluasi terhadap kinerja motor BLDC pada berbagai kondisi operasional. Melalui metodologi ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan pemahaman mendalam tentang pengaruh perbandingan winding terhadap kinerja motor BLDC, serta membangun motor listrik yang efisien dengan daya 2kW sesuai dengan regulasi efisiensi energi.

2. 4. Analisa Kebutuhan Traksi Kendaraan

Gambar berikut ini menunjukkan kebutuhan traksi pada e-scooter dengan beberapa gaya untuk menentukan besar gaya traksi yang dibutuhkan supaya memenuhi desain spesifikasi.



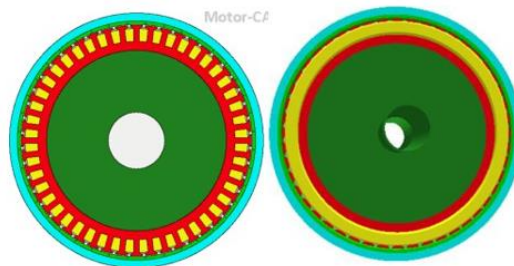
Gambar. 1 e-scooter

Gambar 1 Analisa Kebutuhan Traksi Kendaraan

2. 5. Desain optimum Wheelhub

Motor didesain dengan software ANSYS Motor CAD dengan menentukan parameter rotor dan stator dengan motor eksisting sebagai referensi. Motor pada bagian awal didesain di dalam menu geometry pada software ANSYS Motor CAD untuk menentukan nilai parameter stator dan rotor secara radial, axial dan 3D. Tahap perancangan ini dimulai dengan

menentukan tipe slot yaitu paralel slot dan stator ducts (none). Dilanjutkan dengan menentukan nilai parameter utama stator yaitu jumlah slot, diameter luar stator dan diameter dalam stator. Gambar di bawah merupakan nilai parameter stator yang terdapat pada software ANSYS Motor CAD



Gambar. 2 Desain Optimum Whellhub

Tabel. 2 Desain Optimum Whellhub

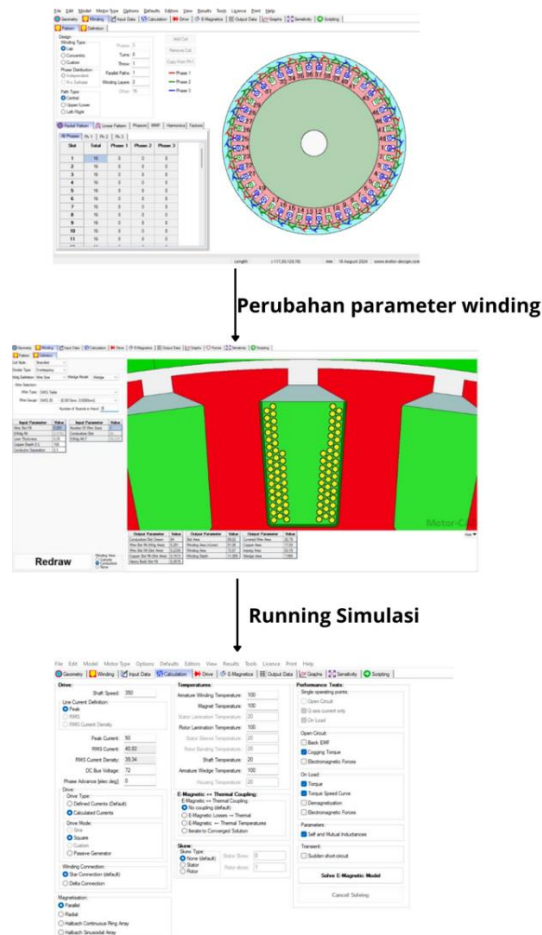
Parameter Motor	WHM Optimum	Satuan
Pole	40	-
Slot	48	-
Back Iron Thickness	3	mm
Tooth Width	5	mm
Slot Depth	14,35	mm
Slot Corner Radius	0,5	mm
Slot Opening	2,7	mm
Tooth Tip Depth	1,5	mm
Tooth Tip angle	30	Deg
Axle Dia	159	mm
Axle Hole Dia	23	mm
Wire Gauge	SWG 22	-
Wire Dia	0,7722-0,71112	mm
Number Stranded	5	-
Wire Slot Fill	0,3278	-
Turn	8	-

Karakteristik performa desain yang digunakan untuk mengevaluasi pencapaian target spesifikasi motor sangat penting dalam proses pengembangan. Fokus utama dari desain awal adalah untuk mengoptimalkan dua aspek kinerja utama: karakteristik kecepatan dan torsi. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa motor memenuhi standar yang diinginkan dalam berbagai kondisi operasional. Dengan menganalisis dan memprioritaskan kecepatan dan

torsi, dari desain dapat memastikan bahwa motor tidak hanya memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga memberikan performa yang bagus.

2. 6. Konfigurasi Dinding

Konfigurasi winding atau pengaturan lilitan kawat dalam stator menjadi aspek penting dalam peningkatan performa WHM. Agar motor dapat menghasilkan torsi yang lebih besar, diameter kawat dan jumlah lilitan ditingkatkan sehingga lebih banyak arus yang dapat dialirkan ke motor. Namun, peningkatan jumlah lilitan ini berpotensi mengurangi kecepatan putar motor. Oleh karena itu, dilakukan simulasi dengan 18 variasi konfigurasi winding untuk menemukan kombinasi optimal antara torsi dan kecepatan. Pada gambar 3 dapat dilihat alur perubahan parameter yang dilakukan.



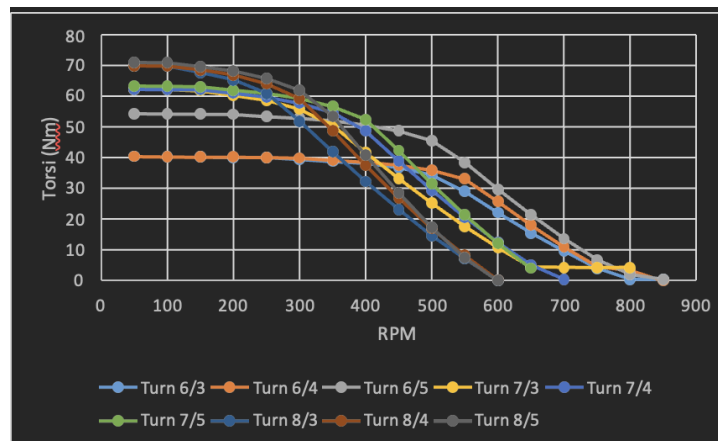
Gambar 3, Alur simulasi perubahan parameter.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Verifikasi Hasil Simulasi

Untuk memperoleh hasil simulasi terbaik, dilakukan 18 kali percobaan dengan berbagai konfigurasi winding menggunakan kawat SWG 25 dan SWG 22. Pada perbandingan kawat SWG 22 dengan SWG 25 didapatkan hasil SWG 22 lebih baik dikarenakan dalam tebal kawat yang lebih tebal dapat menerima arus yang tinggi sehingga mengurangi *losses* dari panas yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan perubahan variasi jumlah kawat sebanyak 6, 7, dan 8. Dengan parameter variasi jumlah putaran sebanyak 3, 4, dan 5 per slot. Setiap konfigurasi diuji dalam simulasi untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap performa motor, terutama dalam hal efisiensi daya, torsi, serta kecepatan putar. Hasil dari perbandingan

tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik, yang memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dampak dari variasi jumlah kawat dan lilitan terhadap performa motor.



Gambar 4 Grafik torsi terhadap kecepatan putar SWG 22.

B. Analisis Kerugian pada Operasi Maksimum

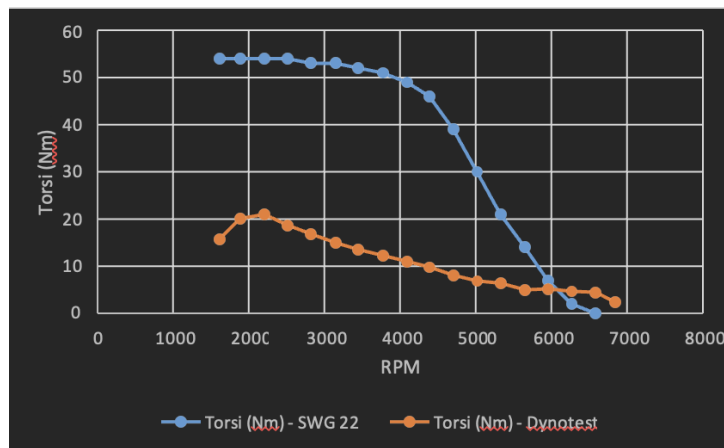
Pada operasi maksimum, kenaikan temperatur pada gulungan terjadi akibat arus tinggi yang diperlukan untuk menghasilkan torsi besar. Oleh karena itu, dilakukan simulasi untuk memprediksi kerugian daya dalam sistem WHM. Kerugian terbesar terjadi pada kerugian tembaga (copper loss) sebesar 427,8 W, diikuti oleh kerugian pada inti stator sebesar 30,36 W dan kerugian pada rotor sebesar 9,42 W.

Kerugian tembaga terjadi karena resistansi dalam lilitan kawat, sementara kerugian pada inti stator dan rotor disebabkan oleh efek histerisis dan eddy current. Kerugian histerisis terjadi akibat perubahan arah magnetisasi pada inti stator yang berulang-ulang, mengubah sebagian energi menjadi panas. Sementara itu, eddy current terjadi di stator dan rotor akibat medan elektromagnetik yang membangkitkan arus liar dalam material. Untuk mengurangi kerugian ini, disarankan penggunaan material inti dengan laminasi lebih tipis, sehingga dapat mengurangi efek eddy current pada rotor.

C. Analisis Hasil Simulasi terhadap Hasil Dynotest

Tabel 3 Hasil Perbandingan Simulasi dengan Eksperimen

RPM	kecepatan (m/s)	P out (W) - SWG 22	Torsi (Nm) - SWG 22	P out (W) - Dynotest	Torsi (Nm) - Dynotest
1053	16,8	285	54	1656	15,02
1283	20,47	568	54	2814	20,95
1591	25,39	851	54	4148	24,90
1932	30,84	1134	54	4383	21,66
2248	35,87	1400	53	4540	19,29
2521	40,24	1661	53	4481	16,97
2844	45,39	1908	52	4482	15,05
3144	50,18	2122	51	4432	13,46
3463	55,26	2295	49	4337	11,96
3764	60,07	2387	46	4273	10,84
4087	65,23	2218	39	4156	9,71
4394	70,13	1867	30	3944	8,57
4703	75,06	1457	21	3438	6,98
5015	80,04	999	14	2925	5,57
5336	85,16	530	7	2867	5,13
5651	90,19	25,2	2	2284	3,86
5955	95,04	104	0	2819	4,52
6305	100,63			2133	3,23



Gambar 5 Grafik perbandingan dynotest dengan simulasi

Pengujian Dynotest dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi dengan performa aktual motor dalam tiga mode: Eco, Ride, dan Sport. Hasil menunjukkan bahwa torsi awal hasil simulasi lebih tinggi dibandingkan dengan hasil Dynotest, tetapi mengalami penurunan setelah mencapai 3000 RPM. Sebaliknya, hasil Dynotest menunjukkan torsi awal yang lebih rendah tetapi lebih stabil di kecepatan tinggi.

- Mode Eco: Torsi awal 29 Nm, kecepatan maksimum 6066 RPM. Mode ini lebih optimal untuk efisiensi energi.
- Mode Ride: Torsi awal 24 Nm, kecepatan maksimum 6305 RPM. Mode ini memberikan keseimbangan antara akselerasi dan kecepatan.
- Mode Sport: Torsi awal 20 Nm, kecepatan maksimum 6838 RPM.

Mode ini memberikan akselerasi tinggi dengan kecepatan puncak yang lebih besar. Hasil Dynotest juga menunjukkan bahwa daya output motor meningkat hingga 4000 W dalam rentang kecepatan menengah (2000–3500 RPM), tetapi mengalami fluktuasi sebelum akhirnya menurun di atas 5000 RPM. Hal ini menunjukkan bahwa Dynotest lebih optimal dalam menghasilkan daya pada kecepatan menengah, sedangkan hasil simulasi memiliki performa lebih terbatas pada kecepatan tinggi. Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa konfigurasi winding SWG 22 dengan 6 lilitan per slot memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan daya dan torsi motor listrik. Namun, untuk meningkatkan performa di kecepatan tinggi, diperlukan optimalisasi lebih lanjut, seperti penyesuaian jumlah lilitan atau penggunaan material kawat dengan resistansi lebih rendah.

4. KESIMPULAN

Motor-CAD, implementasi motor BLDC dengan variasi winding, dan evaluasi performa motor BLDC 2kW dihasilkan bahwa variasi jumlah kawat, konfigurasi belitan, dan ukuran kawat berpengaruh signifikan terhadap performa motor BLDC. Peningkatan jumlah lilitan meningkatkan efisiensi namun dapat menurunkan kecepatan putar, sementara penggunaan kawat dengan diameter lebih besar meningkatkan arus, torsi, dan performa motor.

Variasi jumlah lilitan dan ukuran kawat memengaruhi torsi dan daya motor. Kawat dengan diameter kecil meningkatkan efisiensi pada kecepatan tertentu, sedangkan kawat besar menghasilkan torsi lebih tinggi tetapi dengan konsumsi daya yang lebih besar. Pemilihan konfigurasi winding yang tepat dapat meningkatkan performa motor. Evaluasi menunjukkan bahwa optimasi winding meningkatkan efisiensi dan daya output motor. Simulasi dan uji Dynotest menunjukkan korelasi yang baik, dengan motor yang dioptimalkan menghasilkan torsi yang cukup untuk traksi kendaraan serta kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan desain awal. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan motor BLDC yang lebih efisien untuk aplikasi kendaraan listrik, seperti e-scooter.

REFERENCES

- [1] G. Fawaid, "Implementasi dan Pengujian Axial Flux Permanent Magnet Pada Motor BLDC 5 kW Sebagai Aplikasi Kendaraan Listrik," Tesis, Inst. Teknol. Sepuluh Nop., 2019.
- [2] M. Muslimin, P. P. Dhyani, D. Luqyana, and D. J. K. Kristianto, "Perancangan dan Pembuatan Prototipe Motor Listrik BLDC 350 dan 3000 Watt," *J. Mek. Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 78–83, 2023, doi: 10.32722/jmt.v4i2.5888.
- [3] E. Elakkia, S. Anita, R. Girish Ganesan, and S. Saikiran, "Design and Modelling of Bldc Motor for Automotive Applications," *Int. J. Elec&Electr.Eng&Telecoms*, vol. 1, no. 1, 2015, [Online]. Available: www.ijeetc.com
- [4] K. Toker, O. Tosun, N. F. O. Serteller, and V. Topuz, "Design, Optimization and Experimental Study of Axial and Hub BLDC Motors in-Wheel Application for Light Electric Vehicles," *MELECON 2022 - IEEE Mediterr. Electrotech. Conf. Proc.*, no. June 2022, pp. 354–359, 2022, doi: 10.1109/MELECON53508.2022.9842975.
- [5] S. S. Jadhav et al., "Design and Simulation of Bldc Motor," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 05, pp. 2582–5208, 2022, [Online]. Available: www.irjmets.com
- [6] D. C. Putro, "EFISIENSI PENGGUNAAN MOTOR BLDC TERHADAP BEBAN DAN KECEPATAN SEPEDA MOTOR LISTRIK," no. April, pp. 1–6, 2024.
- [7] O. Tosun, K. Toker, O. Tosun, N. F. O. Serteller, and V. Topuz, "The Design, Optimization, and Experimental Study of Hub and Axial Flux BLDC Motor Under Operating Conditions For Light Electric Vehicles," *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst. J.*, vol. 8, no. 3, pp. 272–282, 2023, doi: 10.25046/aj080330.
- [8] C. Sudjoko, "Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon," vol. 2, no. 2, pp. 54–68, 2021.
- [9] M. Sumantri and S. Nuryadi, "Analisis Pengaruh Variasi Slot Dan Pole Terhadap Tegangan Dan Efisiensi Daya Pada Perancangan Generator Magnet Permanen Menggunakan Software Magnet," *Tek. Elektro*, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [10] J. Liang, J. W. Jiang, B. Bilgin, and A. Emadi, "Shaft Design for Electric Traction Motors," *IEEE Trans. Transp. Electrif.*, vol. 4, no. 3, pp. 720–731, 2018, doi: 10.1109/TTE.2018.2859409.
- [11] Mashuda, "Kajian Optimasi Unjuk Kerja Motor Dc Sepeda Motor Listrik Rojo Geni Dengan Metode Rewiring Dan Recoiling Pada Kondisi Stasioner," Skripsi, pp. 10–11, 2014, [Online]. Available: <https://repository.its.ac.id/1716/1/2110030064-Non Degree.pdf>
- [12] A. Mukhlisin, Prabowo, and M. N. Yuniarto, Study numerical and experimental a cooling of axial brushless direct current (BLDC) motor for electric scooter, vol. 1983. 2018. doi: 10.1063/1.5046231.
- [13] A. Cahyadi, "Optimalisasi Desain Motor Brushless DC 1 kW Untuk Mengurangi Torsi Cogging Pada Kendaraan Listrik," *Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, pp. 0–5, 2018.
- [14] P. Renaud, S. Louis, P. Damien, and A. Miraoui, "Design optimization method of BLDC motors within an industrial context," *2017 IEEE Int. Electr. Mach. Drives Conf. IEMDC 2017*, 2017, doi: 10.1109/IEMDC.2017.8002263.
- [15] Putranto Rifki Dwi, "Pengembangan Prototipe in-Wheel Brushless Dc Motor 2 Kw Sebagai Sistem Powertrain Pada Skuter Elektrik," pp. 11–13, 2022.
- [16] M. Markovic, P. Ragot, and Y. Perriard, "Design optimization of a BLDC motor: A comparative analysis," *Proc. IEEE Int. Electr. Mach. Drives Conf. IEMDC 2007*, vol. 2, no. December 2014, pp. 1520–1523, 2007, doi: 10.1109/IEMDC.2007.383653.

- [17] V. Bogdan, M. Adrian, L. Leonard, B. Alexandra, S. Alecsandru, and N. Ionut, "Design and Optimization of a BLDC Motor for Small Power Vehicles," SIELMEN 2021 - Proc. 11th Int. Conf. Electromechanical Energy Syst., no. August, pp. 438–443, 2021, doi: 10.1109/SIELMEN53755.2021.9600327.
- [18] P. Jannus, B. Nainggolan, and P. Marton, "Analisis Motor BLDC pada Sepeda Listrik," pp. 342–351, 2021, [Online]. Available: <http://prosiding.pnj.ac.id> .
- [19] A. S. Çabuk, S. Sağlam, and Ö. Üstün, "Investigation on efficiency of in-wheel BLDC motors for different winding structures," J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ., vol. 34, no. 4, pp. 1975–1985, 2019, doi: 10.17341/gazimmfd.571649.
- [20] R. Faridhoni and I. D. Fahrizal, "Rancang Bangun Motor Brushless DC (BLDC) untuk Kendaraan Area Perkotaan," no. 18524066, pp. 1–74, 2022.
- [21] P. S. Manufaktur, J. T. Mesin, and P. N. Jakarta, "PERANCANGAN MOTOR BLDC TIPE HUB 3 KW UNTUK KENDARAAN RODA DUA DENGAN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA," 2023.