

ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET TERHADAP NILAI KV DAN SUHU PADA PROTOTYPE MOTOR BLDC

Muhammad Ivan Rizaldi¹, Fatkhur Rohman²

2141220068@student.polinema.ac.id¹, fatkhur_rohman@polinema.ac.id²

Politeknik Negeri Malang

ABSTRAK

Motor BLDC (Brushless Direct Current) merupakan motor listrik tanpa sikat yang semakin banyak digunakan dalam berbagai aplikasi karena keunggulannya dalam efisiensi pengendalian kecepatan. Salah satu aspek penting dalam desain motor ini adalah bentuk magnet permanen yang digunakan pada rotor, yang dapat memengaruhi karakteristik kinerja motor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana pengaruh bentuk magnet, lingkaran dan persegi panjang, terhadap nilai kecepatan (KV) dan suhu operasional motor BLDC. Pengujian dilakukan secara eksperimental pada prototipe motor BLDC dengan konfigurasi stator 9 slot dan 12 kutub rotor. Tegangan input dijaga tetap sebesar 48 Volt tanpa beban, dan nilai KV dihitung dari perbandingan antara kecepatan putaran (RPM) dengan tegangan input. Sementara suhu motor diukur menggunakan alat thermogun selama 20 menit saat pengoperasian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bentuk magnet memberikan dampak terhadap performa motor. Magnet berbentuk lingkaran menghasilkan nilai KV sebesar 120 RPM/V dan suhu rata-rata 32 °C sementara magnet persegi panjang menghasilkan nilai KV sebesar 90 RPM/V namun suhu kerja lebih tinggi yaitu 46,2 °C. Bahwa bentuk magnet berpengaruh langsung terhadap efisiensi kecepatan dan kestabilan suhu motor BLDC.

Kata Kunci: Motor BLDC, Bentuk Magnet, Nilai KV, Suhu Kerja.

ABSTRACT

Brushless Direct Current (BLDC) motors are brushless electric motors that are increasingly used in various applications due to their superior speed control efficiency. One important aspect of this motor design is the shape of the permanent magnets used in the rotor, which can affect the motor's performance characteristics. This study aims to analyze the influence of magnet shapes, circular and rectangular, on the speed (KV) and operating temperature of BLDC motors. Experimental testing was conducted on a prototype BLDC motor with a 9-slot stator and 12-pole rotor configuration. The input voltage was maintained at 48 volts without load, and the KV value was calculated from the ratio of the rotational speed (RPM) to the input voltage. Meanwhile, the motor temperature was measured using a thermogun for 20 minutes during operation. The test results showed that the magnet shape impacted motor performance. The circular magnet produced a KV value of 120 RPM/V and an average temperature of 32°C, while the rectangular magnet produced a KV value of 90 RPM/V but a higher operating temperature of 46.2°C. The magnet shape directly affects the speed efficiency and temperature stability of BLDC motors.

Keywords: BLDC Motor, Magnet Shape, KV Value, Operating Temperature

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang kelistrikan mengalami kemajuan yang sangat pesat dari tahun ke tahun. Di era modern ini, hampir semua perangkat membutuhkan pasokan energi listrik. Seiring dengan semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, permintaan terhadap energi listrik pun terus meningkat. Oleh karena itu, pemanfaatan energi terbarukan menjadi solusi penting, terutama untuk perangkat skala kecil maupun besar. Salah satu alternatif yang digunakan adalah motor induksi yang berfungsi sebagai generator induksi untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik sendiri memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan dan dapat diperoleh melalui berbagai

metode, termasuk melalui pemanfaatan medan magnet. Salah satu inovasi terbaru dalam bidang ini adalah motor Brushless Direct Current (BLDC), yang dikenal memiliki efisiensi tinggi dan aplikasi yang semakin luas [1].

Motor BLDC (Brushless DC) adalah jenis motor listrik yang bekerja tanpa menggunakan sikat, sehingga memiliki usia pakai yang lebih lama, membutuhkan sedikit perawatan, dan menawarkan tingkat keandalan yang tinggi. Motor ini terdiri dari dua komponen utama, yaitu rotor yang dilengkapi dengan magnet permanen dan stator yang berisi lilitan kawat tembaga untuk menghasilkan medan magnet. Pergantian polaritas pada motor ini dikendalikan secara elektronik, memungkinkan kontrol yang lebih akurat dan responsif. Teknologi motor BLDC menggabungkan prinsip kerja elektromagnetik dengan rangkaian elektronika, sensor, serta algoritma kontrol berbasis mikrokontroler [2].

Stator merupakan salah satu komponen utama dalam motor BLDC yang bersifat statis atau tidak bergerak. Inti stator terbuat dari bahan feromagnetik yang disusun secara berlapis-lapis pada inti ini terdapat slot-slot yang berfungsi sebagai tempat lilitan kawat. Ketika kawat tersebut dialiri arus listrik, akan timbul medan magnet yang mampu memutar magnet permanen pada rotor proses ini menciptakan lapisan-lapisan tempat terbentuknya gaya gerak listrik, yang selanjutnya berperan dalam menghasilkan daya keluaran pada sistem generator Listrik [3].

Kumparan merupakan susunan gulungan kawat tembaga yang berfungsi menghasilkan medan magnet. Saat dialiri arus listrik, arus tersebut mengikuti arah lilitan kawat dan menciptakan induksi elektromagnetik yang membentuk medan magnet arah lilitan dan besar arus listrik yang mengalir menentukan kutub medan magnet yang terbentuk. Pada motor BLDC, kumparan yang berada di stator terhubung langsung dengan sumber tegangan DC, sehingga konduktor di dalamnya berfungsi sebagai magnet yang memicu terjadinya gaya elektromagnetik [4].

Kekuatan medan magnet yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh besarnya arus yang mengalir melalui kumparan. Arus yang kecil menghasilkan medan magnet yang lemah, sedangkan arus yang besar menciptakan medan magnet yang lebih kuat. Kemampuan kawat tembaga dalam menghantarkan arus ditentukan oleh ukuran diameternya semakin besar diameter kawat, semakin tinggi daya hantar arusnya [5].

Dalam mengembangkan motor BLDC, desain yang optimal sangat berperan penting dalam meningkatkan performa motor, terutama dalam hal efisiensi kecepatan putaran dan pengendalian suhu kerja, dua aspek tersebut merupakan indikator utama dalam menilai kinerja motor BLDC. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap performa tersebut adalah bentuk magnet permanen yang digunakan pada rotor. Variasi bentuk magnet, seperti magnet persegi panjang dan magnet lingkaran, diduga memberikan perbedaan dalam nilai konstanta kecepatan (KV) dan suhu operasi motor. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi bentuk magnet terhadap nilai KV dan suhu pada prototype motor BLDC. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik performa motor berdasarkan bentuk magnet, sehingga dapat menjadi acuan dalam menentukan konfigurasi magnet yang optimal pada pengembangan motor BLDC di masa depan. Penelitian ini juga bertujuan untuk menambah wawasan serta mengidentifikasi faktor signifikan yang mempengaruhi kecepatan putaran dan kestabilan suhu motor.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen komparatif, yaitu jenis penelitian yang bertujuan untuk membandingkan kelompok atau kondisi yang berbeda untuk mengidentifikasi perbedaan atau kesamaan performa motor BLDC [24]. Populasi

penelitian adalah prototype motor BLDC dengan variasi bentuk magnet yang digunakan pada rotor. Penelitian ini melibatkan dua jenis desain magnet yang berbeda, di mana variabel utama yang diukur adalah nilai Kecepatan per Volt (KV) dan suhu motor BLDC. Nilai KV diukur berdasarkan hubungan antara kecepatan putar (RPM) dan tegangan yang diberikan pada motor, sementara suhu motor diukur menggunakan alat pengukur suhu berbasis thermogun untuk pengukurannya dilakukan di beberapa titik utama yang berpengaruh terhadap performa dan distribusi panas motor mengetahui distribusi panas pada rotor dan stator. Proses eksperimen dilakukan dengan memvariasikan bentuk magnet pada rotor menggunakan prototype motor BLDC. Parameter operasional lainnya, seperti arus, tegangan, dijaga tetap konstan untuk memastikan evaluasi performa setiap desain magnet dilakukan secara konsisten. Data yang diperoleh dianalisis untuk melihat pengaruh bentuk magnet terhadap perubahan nilai KV dan distribusi suhu, menentukan desain magnet yang paling optimal dalam meningkatkan efisiensi dan performa motor BLDC [25].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bentuk magnet permanen terhadap nilai konstanta kecepatan (KV) dan suhu kerja pada prototipe motor Brushless Direct Current (BLDC). Dua parameter utama yang menjadi fokus pengujian adalah nilai KV motor dan temperatur permukaan motor selama beroperasi. Variasi bentuk magnet yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu magnet berbentuk persegi panjang dan magnet berbentuk lingkaran.

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan motor dalam kondisi tanpa beban menggunakan sistem controller. Untuk pengukuran nilai KV, motor dijalankan menggunakan sumber tegangan konstan, dan kecepatan putaran (RPM) diukur menggunakan dua metode, yaitu tachometer digital dan sensor hall.

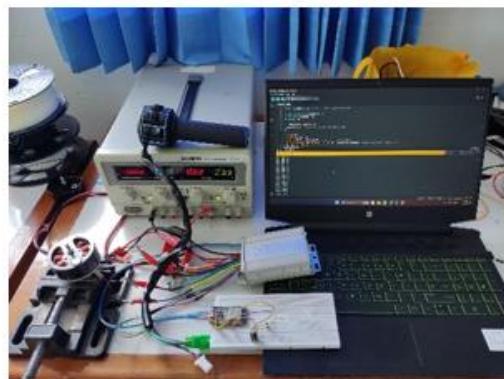
Untuk pengukuran suhu, motor dijalankan selama 20 menit dan suhu permukaan motor dicatat setiap 2 menit menggunakan thermogun. Data suhu dicatat secara berkala untuk kedua bentuk magnet untuk mengetahui kenaikan suhu serta kestabilan termal selama operasi. Sebagai acuan dalam mengevaluasi performa termal, suhu awal atau suhu lingkungan dicatat sebesar 28,6°C. Nilai suhu maksimum serta grafik kenaikan suhu terhadap waktu dijadikan dasar analisis perbandingan karakteristik suhu antara kedua bentuk magnet.

Hasil Pengujian Kecepatan Putaran per Volt (KV)

Pengujian dilakukan menggunakan sensor Hall dengan metode kontak langsung, di mana sensor ditempatkan pada bagian atas stator yang telah dipasangi magnet. Data hasil pengujian dicatat dan didokumentasikan. Setiap variasi bentuk Pengujian magnet dilakukan sebanyak satu kali percobaan dengan menggunakan motor BLDC yang memiliki konfigurasi 9 slot stator dan menggunakan kawat tembaga berdiameter 0,45 mm. Salah satu parameter penting untuk mengetahui karakteristik performa motor BLDC adalah nilai KV (kecepatan per volt).

Nilai KV menunjukkan seberapa cepat motor berputar (dalam satuan RPM) untuk setiap volt tegangan yang diberikan. Semakin tinggi nilai KV, semakin tinggi kecepatan putaran motor per volt, namun biasanya menghasilkan torsi yang lebih rendah. Sebaliknya, motor dengan KV rendah memiliki putaran lebih lambat per volt, tetapi cenderung menghasilkan torsi lebih besar.

a. Kecepatan Motor BLDC Magnet Persegi Panjang



Gambar 1. Kecepatan Motor BLDC Magnet Persegi Panjang

Gambar 1. kecepatan motor BLDC magnet persegi panjang Pada pengujian menggunakan power supply motor menghasilkan kecepatan putaran sebesar 4260 RPM saat diberi tegangan sebesar 48 Volt. Maka nilai KV motor dapat dihitung sebagai berikut

$$KV = \frac{4260 \text{ RPM}}{48 \text{ VOLT}} = 90 \text{ RPM/V}$$

Berdasarkan hasil pengujian, motor BLDC dengan magnet berbentuk persegi panjang memiliki nilai KV sebesar 90 RPM/V, yang menunjukkan bahwa motor akan berputar sebesar 90 putaran per menit untuk setiap volt tegangan yang diberikan.

b. Kecepatan Motor BLDC Magnet Lingkaran



Gambar 2. Kecepatan Motor BLDC Magnet Lingkaran

Pada pengujian yang dilakukan menggunakan power supply, motor mampu menghasilkan kecepatan putaran sebesar 5640 RPM pada saat diberikan tegangan sebesar 48 Volt. Berdasarkan data tersebut, nilai KV motor dapat dihitung dengan rumus:

$$KV = \frac{5640 \text{ RPM}}{48 \text{ VOLT}} = 120 \text{ RPM/V}$$

Berdasarkan hasil pengujian, motor BLDC dengan magnet berbentuk lingkaran memiliki nilai KV sebesar 120 RPM/V, yang menunjukkan bahwa motor akan berputar sebesar 120 putaran per menit untuk setiap volt tegangan yang diberikan.

Hasil dari pengujian kecepatan putaran motor BLDC dengan bentuk magnet persegi Panjang dan bentuk magnet lingkaran di catat dalam bentuk tabel, berikut merupakan tabel 1. hasil pengujian kecepatan putaran motor BLDC.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kecepatan Putaran Motor BLCD

No	Variasi Magnet	Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan (Volt)	Kecepatan per Volt (KV)
1	Magnet Persegi Panjang	4260	48	90
2	Magnet Lingkaran	5640	48	120

Setelah dilakukan pengujian dan diperoleh nilai kecepatan putaran per volt (KV) untuk motor BLDC dengan menggunakan magnet berbentuk persegi panjang dan magnet berbentuk lingkaran, data hasil pengukuran tersebut kemudian disajikan dalam bentuk grafik batang. Penyajian grafik ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis pada tahap selanjutnya. Grafik perbandingan kecepatan putaran ditampilkan pada Gambar 4.14 grafik perbandingan magnet persegi Panjang dan lingkaran.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Magnet Persegi Panjang dan Magnet Lingkaran

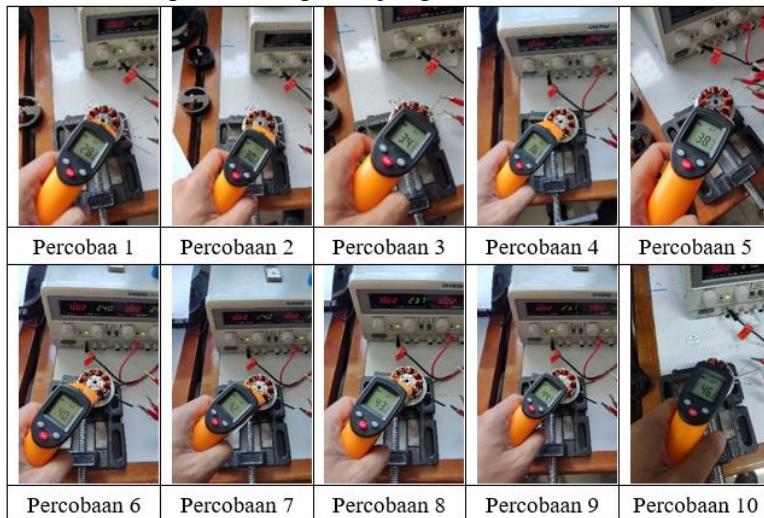
Grafik di atas menunjukkan perbandingan kecepatan putar (RPM) motor BLDC yang menggunakan dua variasi bentuk magnet, yaitu magnet persegi panjang dan magnet lingkaran, pada tegangan yang sama sebesar 48 Volt. Dari grafik terlihat bahwa kecepatan putar tertinggi diperoleh pada penggunaan magnet berbentuk lingkaran, yaitu sebesar 5640 RPM, sedangkan magnet persegi panjang menghasilkan kecepatan yang lebih rendah yaitu 4260 RPM.

Perbedaan ini mengindikasikan bahwa bentuk magnet berpengaruh signifikan terhadap performa motor, khususnya dalam menghasilkan kecepatan putar. Magnet lingkaran cenderung memberikan medan magnet yang lebih merata dan simetris di sekitar rotor, sehingga menghasilkan gaya tarik yang lebih stabil dan efisien selama proses berputar. Sebaliknya bentuk magnet persegi panjang menghasilkan distribusi medan yang kuat, yang dapat menurunkan efisiensi perputaran motor.

Hasil Pengujian Suhu Motor BLDC

Pengujian ini menggunakan alat ukur thermogun untuk mengukur suhu pada stator motor BLDC, pengukuran dilakukan pada saat motor sedang berputar. Pengambilan gambar dari posisi atas motor karena pada posisi atas dapat memuat suhu yang berada di dalam motor. Setelah pengambilan gambar mencatat suhu yang tertera pada gambar.

a. Suhu Motor BLDC Magnet Persegi Panjang



Gambar 4. Suhu Motor BLDC Magnet Persegi Panjang

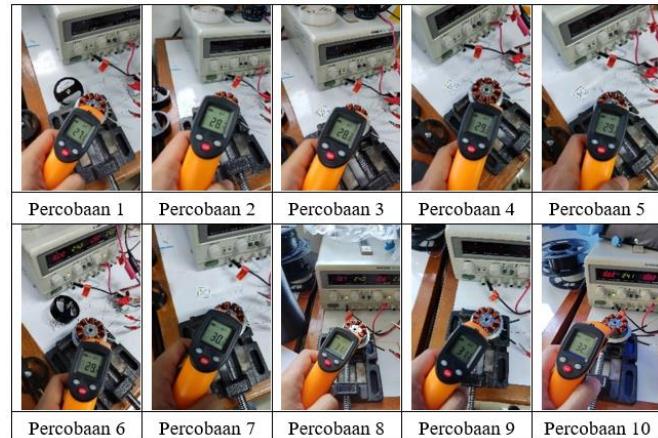
Pada Gambar 4. suhu motor BLDC magnet persegi panjang data suhu tersebut diperoleh melalui proses pengujian dan dicatat dalam bentuk tabel sebagai dasar analisis terhadap kinerja suhu motor selama pengoperasian

Tabel 2. Data Suhu Motor BLDC Magnet Persegi Panjang

Bentuk Magnet	Waktu Pengujian		Suhu (°C)
	Motor BLDC	(Menit)	
Magnet Persegi Panjang	2		28.6
	4		30.2
	6		34.9
	8		36.7
	10		38.1
	12		40.3
	14		42.1
	16		43.2
	18		44.7
	20		46.2

Pada tabel 2. data suhu motor BLDC magnet persegi Panjang data diperoleh melalui proses pengujian dan pencatatan suhu motor secara berkala pada waktu 2 sampai 20 menit selama pengoperasian untuk mengetahui kenaikan suhu pada motor dengan bentuk magnet persegi panjang.

b. Suhu Motor BLDC Magnet Lingkaran



Gambar 5. Suhu Motor BLDC Magnet Lingkaran

Gambar 5. suhu motor BLDC magnet lingkaran dengan data diambil melalui uji termal dan disusun dalam bentuk tabel untuk dianalisis sebagai indikator performa termal motor selama pengujian.

Tabel 3. Data Suhu Motor BLDC Magnet Lingkaran

Bentuk Magnet	Waktu Pengujian		Suhu (°C)
	Motor BLDC	(Menit)	
Magnet Lingkaran	2		27.5
	4		28.4
	6		28.8
	8		29
	10		29.2
	12		29.4
	14		30.6
	16		31.4
	18		31.9
	20		32

Data diperoleh dari hasil pengujian dan pencatatan suhu motor secara bertahap setiap 2 hingga 20 menit selama motor dioperasikan, dengan tujuan untuk mengamati peningkatan suhu pada motor yang menggunakan magnet berbentuk lingkaran.



Gambar 6. Grafik Suhu Motor BLDC Magnet Persegi Panjang dan Lingkaran

Berdasarkan grafik perbandingan suhu motor BLDC terhadap waktu pengujian selama 20 menit, terlihat adanya perbedaan yang cukup signifikan antara bentuk magnet persegi panjang dan magnet lingkaran. Pada magnet berbentuk persegi panjang, suhu motor mengalami peningkatan yang cukup tajam dari 28,6°C pada menit ke 2 hingga mencapai 46,2°C pada menit ke 20. Peningkatan suhu ini menunjukkan bahwa motor dengan magnet persegi panjang cenderung menghasilkan panas lebih tinggi selama beroperasi.

Sementara itu pada motor yang menggunakan magnet berbentuk lingkaran, kenaikan suhu berlangsung lebih stabil dan cenderung lambat. Suhu awalnya tercatat sebesar 27,5°C dan hanya meningkat menjadi 32,0°C di akhir pengujian. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa bentuk magnet memengaruhi efisiensi termal motor, di mana magnet lingkaran menunjukkan performa termal yang lebih baik dan cenderung menjaga suhu motor tetap rendah selama pengujian berlangsung.

Magnet dengan bentuk lingkaran lebih unggul dari sisi efisiensi termal, karena mampu menjaga kenaikan suhu pada tingkat yang lebih rendah. Hal ini menjadikannya pilihan yang lebih tepat untuk aplikasi motor yang memerlukan kestabilan suhu jangka panjang dan efisiensi kerja yang tinggi.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bentuk magnet terhadap performa motor BLDC, khususnya dalam hal kecepatan per volt (KV) dan suhu kerja motor. Dua jenis bentuk magnet yang dibandingkan dalam pengujian adalah magnet berbentuk persegi panjang dan lingkaran. Setiap jenis magnet diuji menggunakan tegangan 48 Volt, dan parameter yang diamati mencakup kecepatan putaran motor serta suhu yang dihasilkan selama pengoperasian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai KV berbeda antara kedua bentuk magnet. Motor dengan magnet berbentuk lingkaran menghasilkan nilai KV sebesar 120 RPM/V, sedangkan magnet berbentuk persegi panjang menghasilkan KV sebesar 90 RPM/V. Menunjukkan bahwa magnet berbentuk lingkaran memiliki kemampuan untuk menghasilkan kecepatan putaran per volt yang lebih tinggi. Artinya, untuk setiap volt tegangan yang diterima, motor dengan magnet lingkaran dapat berputar lebih cepat dibandingkan dengan magnet persegi Panjang untuk dikaitkan dengan distribusi medan magnet yang lebih merata pada bentuk lingkaran, yang memungkinkan efisiensi induksi elektromagnetik yang lebih baik.

Namun dalam aspek termal atau suhu kerja, magnet berbentuk lingkaran juga menunjukkan performa yang lebih unggul. Pengujian suhu selama 20 menit menunjukkan bahwa suhu maksimum yang dicapai oleh motor dengan magnet lingkaran hanya 32°C, sedangkan motor dengan magnet persegi panjang mencapai suhu 46,2°C. Kenaikan suhu pada magnet persegi panjang juga terjadi lebih tinggi, dan untuk magnet lingkaran menunjukkan kenaikan suhu yang lebih stabil dan lambat.

Bahwa bentuk magnet memiliki pengaruh signifikan terhadap performa motor BLDC. Magnet lingkaran lebih unggul dalam hal kecepatan per volt dan efisiensi termal. Sementara magnet persegi Panjang meskipun menghasilkan nilai KV lebih rendah, tetap menunjukkan kestabilan operasional yang baik dalam skenario tertentu. Oleh karena itu, pemilihan bentuk magnet perlu disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi spesifik. Dibutuhkan kecepatan tinggi dan efisiensi panas, magnet lingkaran lebih direkomendasikan, namun, dalam kondisi di mana torsi lebih diutamakan dan suhu tidak menjadi kendala utama, magnet persegi panjang tetap dapat menjadi alternatif yang layak.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh bentuk magnet terhadap nilai KV dan suhu pada prototype motor BLDC, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh bentuk magnet terhadap nilai KV hasil pengujian menunjukkan bahwa bentuk magnet mempengaruhi nilai KV motor BLDC. Motor dengan magnet berbentuk lingkaran menghasilkan nilai KV sebesar 120 KV, sedangkan motor dengan magnet berbentuk persegi panjang menghasilkan nilai KV sebesar 90 KV.
2. Pengaruh bentuk magnet terhadap suhu dari pengujian suhu selama 20 menit operasi, motor dengan magnet berbentuk persegi panjang mengalami kenaikan suhu hingga 46,2°C, sedangkan motor dengan magnet berbentuk lingkaran hanya mencapai 32°C.

Saran

1. Pengujian dengan beban sebaiknya dilakukan pada penelitian berikutnya untuk memperoleh gambaran kinerja motor yang lebih nyata sesuai aplikasi di dunia industri atau kendaraan listrik.
2. Peningkatan akurasi pengukuran dengan menggunakan alat ukur suhu dan kecepatan digital dengan tingkat presisi tinggi, serta pencatatan data secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan sensor terintegrasi.
3. Disarankan agar bahan inti stator menggunakan material khusus seperti silicon steel

agar efek arus eddy dapat diminimalkan, sehingga efisiensi kerja motor meningkat secara signifikan

DAFTAR PUSAKA

- “IET Electric Power Appl - 2021 - Korkosz - Frequency analysis in fault detection of dual-channel BLDC motors with combined.pdf.” .
- A. A. Listrik, “No Title.” [Online]. Available: https://www.google.com/imgres?imgurl=https://blog.kakaocdn.net/dna/Lho2m/btqyDCMraMd/AAAAAAAAAAAAAAACHSJExrJtB5_UT1KVVwF8cbV9qGfsIJg6P_Tp4cBbK/img.png?credential%3DyqXZFxplC7KVnFOS48ylbz2pIh7yKj8%26expires%3D1751295599%26allow_ip%3D%26allow_refere.
- A. P. Magnet, “No Title.” [Online]. Available: <https://ki-dragon.tistory.com/3>.
- C. F. Yuliyanto and Asrori, “Pengaruh Jumlah Slot Stator Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu pada Motor BLDC,” *J. Mech. Eng.*, vol. 1, no. 3, p. 11, 2024.
- C. R. Harahap, “Sistem Pengendalian Kecepatan Dua Motor Brushless DC (BLDC) dengan Nine Switch Inverter Menggunakan Metode PWM,” *Electrician*, vol. 16, no. 3, pp. 338–345, 2022.
- D. Mohanraj et al., “A Review of BLDC Motor : State of Art , Advanced Control Techniques , and Applications,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 54833–54869, 2022.
- E. F. Adelina and A. Setiawan, “Unjuk Kerja Motor Brushless Direct Current 3 Phase Tipe Axial Flux dengan Perbedaan Bentuk Magnet Neodymium.”
- J. Jatmiko, A. Basith, A. Ulinuha, M. A. Muhsin, and I. S. Khak, “Analisis Peforma dan Konsumsi Daya Motor BLDC 350 W pada Prototipe Mobil Listrik Ababil,” *Emit. J. Tek. Elektro*, vol. 18, no. 2, pp. 55–58, 2018.
- L. S. dan Delta, “No Title.”
- M. F. Azizi, W. Hadi, and G. D. Kalandro, “Rancang Bangun Motor Bldc Axial Flux Menggunakan Dua Kawat Email Pada Lilitan Kumparan Stator,” *J. Arus Elektro Indones.*, vol. 6, no. 2, p. 52, 2020.
- M. Franata Saragih, “Simulasi Pengendali Kecepatan Motor DC Seri Dengan Menggunakan Penyearah Terkendali Penuh Berbasis PSIM,” *J. Minfo Polgan*, vol. 11, no. 2, pp. 116–120, 2022.
- M. Korkosz and B. Pakla, “Frequency Analysis of Partial Short-Circuit Fault in BLDC,” 2022.
- Muhammad Baroq Arkham, “Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Motor Brushless Dc Dengan Menggunakan Dynamometer Generator,” *Digit. Repos. Univ. Jember*, vol. 8, no. 2, p. 106, 2022.
- N. I. Suendri and S. Hani, “ANALISIS PERFORMA BRUSHLESS MOTOR DC PADA MOBIL LISTRIK MOLISTA 18 , Suendri , Analisis Performa Brushless Motor DC Pada Mobil Listrik Molista,” pp. 18–25.
- R. Afif, W. Hadi, and W. Cahyadi, “Analisis Frekuensi Terhadap Kecepatan Motor BLDC (Brushless Direct Current) Satu Fasa Kontruksi Kontruksi,” *J. Arus Elektro Indones.*, pp. 22–23, 2018.
- R. Hayati, A. Budiman, and D. Puryanti, “Karakterisasi Suseptibilitas Magnet Barium Ferit yang Disintesis dari Pasir Besi dan Barium Karbonat Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk,” *J. Fis. Unand*, vol. 5, no. 2, pp. 187–192, 2016.
- R. N. K. (KV), “No Title.”
- R. S. Munte, Rismita, M. S. Jailani, and Siregar Isropil, “Jenis Penelitian Eksperimen dan Noneksperimen (Design Klausal Komparatif dan Design Korelasional),” *J. Pendidik.* , vol. 7, no. 3, pp. 27602–27605, 2023.
- R. Sawitri, “Studi gejala arus eddy pada plat alumunium menggunakan solenoid silinder.”
- S. Hall, “No Title.”
- S. Harbintoro and L. Krisnadi, “Pembuatan inti stator motor listrik dengan menggunakan proses milling profil electric motor stator core making using profile milling process,” vol. 14, no. 2, pp. 209–219, 2020.

- S. Inrunner, “No Title.”
- S. Outrunner, “No Title.”
- S. P. Singh, K. Kumar, S. K. S. Verma, J. Singh, and N. Tiwari, “A Review on Control of a Brushless DC Motor Drive,” *Int. J. Futur. Revolut. Comput. Sci. Commun. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 82–97, 2018.
- S. Saurav, M. Muthuganesh, P. K. Chaurasia, and S. Murugan, “Feasibility study of using permanent magnets as indirect temperature monitor in irradiation capsule of nuclear research reactor,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 992, no. 1, 2020.
- Sudarta, “ANALISIS PENGARUH BENTUK MAGNET PERMANEN PADA ROTOR DAN JARAK ANTAR MAGNET PADA GENERATOR MAGNET PERMANEN ARAH FLUKS AKSIAL 1 FASA,” vol. 16, no. 1, pp. 1–23, 2022.
- Y. C. Wibowo and S. Riyadi, “AnalisaPembebanan padaMotorBrushless DC(BLDC),” *Semin. Nas. Instrumentasi, Kontrol, dan Otomasi*, pp. 10–11, 2018.