

Pengaruh Jumlah Slot Stator Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu pada Motor BLDC

Catur Fajar Yuliyanto¹, Asrori Asrori^{2*}

^{1,2} Politeknik Negeri Malang

DOI: <https://doi.org/10.47134/jme.v1i3.2962>

*Correspondence: Asrori

Email: asrori@polinema.ac.id

Received: 08-05-2024

Accepted: 12-06-2024

Published: 12-07-2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) adalah jenis motor DC yang tidak menggunakan *brush*, dan memiliki kinerja yang sangat efisien, keandalan tinggi, umur lebih Panjang. Motor ini terdiri dari bagian rotor yang terdapat magnet permanen dan pada bagian stator terdiri dari lilitan kawat tembaga untuk menciptakan medan magnet. Inti stator untuk mengalirkan fluks magnet ke setiap lilitan kawat, sehingga dapat memutar rotor. Stator memiliki sejumlah slot untuk menempatkan lilitan atau kumparan. Stator terbuat dari tumpukan lempengan pelat dengan material *Silicon Steel*. Fabrikasi motor BLDC dengan jenis motor *Outrunner*. Metode penelitian adalah dengan metode eksperimen. Sedangkan teknik pengumpulan data yang digunakan adalah pengujian langsung. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah slot 15, 18 stator terhadap kecepatan putaran (RPM) dan suhu (°C). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa motor BLDC dengan slot 15 mempunyai kecepatan putaran tertinggi 3833 RPM dan suhu 40,3 °C. Motor BLDC Slot 18 mempunyai kecepatan putaran 3834 RPM dan suhu maksimal 41,5 °C. sehingga dari hasil eksperimen tersebut disimpulkan bahwa jumlah slot mempengaruhi kecepatan putaran dan suhu motor BLDC.

Kata Kunci: BLDC, RPM, Suhu, Stator

Abstract: Brushless Direct Current (BLDC) motor is a type of DC motor that does not use brushes, and has highly efficient performance, high reliability, longer life. This motor consists of a rotor part that has permanent magnets and the stator part consists of copper wire windings to create a magnetic field. The stator core to deliver magnetic flux to each wire winding, so as to rotate the rotor. The stator has a number of slots for placing the windings or coils. The stator is made of a stack of plates with Silicon Steel material. BLDC motor fabrication with Outrunner motor type. The research method is the experimental method. While the data collection technique used is direct testing. This study aims to determine the effect of the number of slots 15, 18 stator on rotation speed (RPM) and temperature (°C). The results of this study are BLDC motor with slot 15 has the highest rotation speed of 3833 RPM and a temperature of 40.3 °C. Slot 18 BLDC motor has a rotation speed of 3834 RPM and a maximum temperature of 41.5 °C. so that from the experimental results it is concluded that the number of slots affects the rotation speed and temperature of the BLDC motor.

Keywords: BLDC, RPM, Temperature, Stator

Pendahuluan

Perkembangan dunia bidang teknologi saat ini mengalami kenaikan signifikan, dengan salah satu aspek utamanya adalah evolusi dalam bidang energi listrik. Pada era modern ini, hampir semua perangkat memerlukan pasokan energi listrik. Penggunaan energi listrik terus meningkat seiring berjalannya waktu, sementara cadangan bahan bakar fosil semakin menipis bahkan habis (Calvaruso et al., 2021; Lu & Kate, 2023; Yew & Lee, 2020). Oleh karena itu, penerapan sumber energi alternatif menjadi suatu kebutuhan, terutama dalam perangkat berskala kecil atau rumah tangga bahkan dunia industri (Kumar & Singh, 2019; Mohanraj et al., 2022). Salah satu solusi yang diusulkan adalah memanfaatkan motor induksi sebagai generator induksi, atau dapat merubah energi listrik menjadi energi menjadi energi mekanik (Sumantri & Nuryadi, 2019). Secara umum, energi listrik memainkan peran krusial dalam berbagai aspek kehidupan salah satunya inovasi terbaru di zaman ini yaitu motor induksi tiga fasa karena memiliki struktur yang kompleks dan mudah dirawat (Dani & Erivianto, 2023; Ashok & Kumar, 2017). teknologi 3 fasa ini biasa disebut dengan motor *Brushless Direct Current* (BLDC).



Gambar 1. Motor BLDC

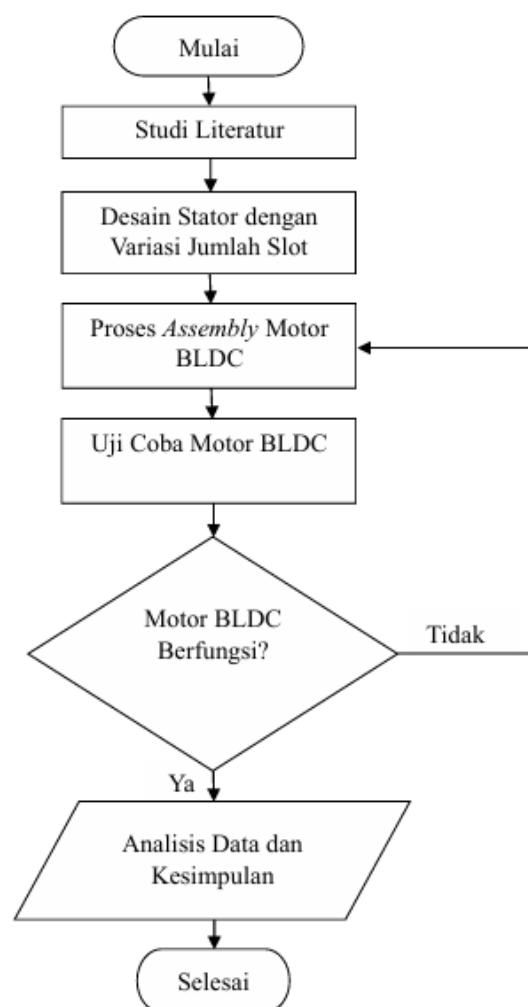
Motor BLDC adalah jenis motor DC yang tidak menggunakan sikat atau brush, dan memiliki kinerja yang sangat efisien, keandalan tinggi, umur lebih panjang. Motor ini biasa digunakan dalam berbagai bidang seperti otomotif, kesehatan dan otomatisasi robot di industri (MacKay & Smith, 2017; Salehi et al., 2020). Motor jenis ini memiliki banyak keunggulan daripada motor DC biasa (Naseri et al., 2016). Saat ini teknologi motor BLDC memiliki keunggulan dibandingkan motor jenis lain (Asrori dkk., 2020). Motor ini mempunyai komponen utama terdiri dari rotor dan stator. Pada bagian berputar disebut rotor sebagai tempat magnet permanen dan bagian yang diam disebut stator (Pramono & Pratama, 2016). Stator adalah komponen tempat gulungan kawat tembaga yang berfungsi menghantarkan aliran magnet ke setiap kumparan, yang memungkinkan rotor berputar (Harbintoro & Krisnadi, 2020).

Dalam pengembangan motor BLDC, desain yang optimal memegang peranan penting dalam menentukan performa motor, terutama dalam menghasilkan kecepatan putaran (Mistry & Gandhi, 2014). Salah satu faktor yang berpengaruh yaitu jumlah slot stator (Mahmud et al., 2020; Shifat & Hur, 2020). Komponen utama tersebut berpengaruh

dalam menghasilkan kecepatan (RPM) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$). Oleh sebab itu penulis melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah slot stator terhadap kecepatan putaran (RPM) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$) motor BLDC.

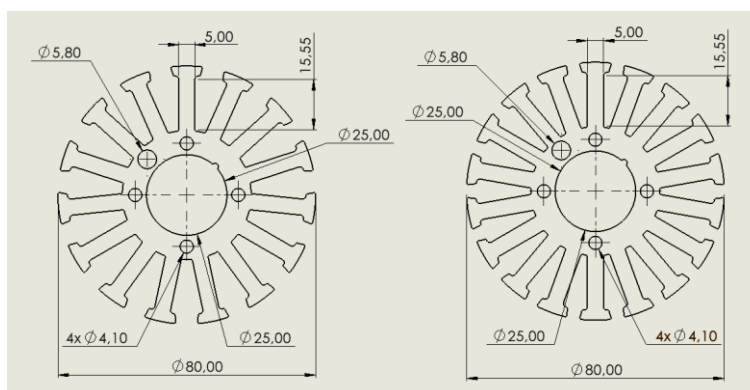
Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di lab Teaching Factory jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan dilaksanakan pada bulan Maret 2024. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen langsung yaitu analisis pengaruh jumlah slot stator terhadap kecepatan putaran dan suhu motor BLDC. Tahapan penelitian ini ditampilkan pada flowchart berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahap pertama yaitu menentukan ukuran dan bentuk inti stator. stator komponen yang tidak bergerak atau statis dalam motor berperan sebagai medan magnet berputar untuk menghasilkan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga dapat menghasilkan tenaga mekanik (Fawaid, 2019). pembuatan desain inti stator dengan bantuan perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD) pada gambar 3 berikut desain stator yang di buat.



Gambar 3. Desain Inti Stator Slot 15 dan 18

Setelah desain selesai dibuat dengan spesifikasi diameter luarnya adalah 80 mm dan diameter dalamnya 25 mm. Kemudian melakukan pemotongan dengan mesin *laser cutting* pelat yang digunakan untuk stator adalah *silicon steel* dengan ketebalan 0,25 mm. Baja silikon dapat dianggap sebagai bahan inti rotor untuk motor berkecepatan tinggi, yang memberikan solusi terhadap masalah gaya sentrifugal dan kehilangan rotor yang terjadi selama pengoperasian motor berkecepatan tinggi (Ma dkk., 2022).

Tahap kedua proses perakitan stator dengan menyatukan lembaran pelat yang telah di potong menggunakan resin dengan ketebalan stator 10 mm yang berarti kurang lebih 40 lembar plat yang ditumpuk kemudian di pres menggunakan alat pres hidrolik sampai resin mengeras setelah proses pengepresan selesai hasil dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Pelat stator setelah di lem dan di pres

Langkah selanjutnya melakukan lilitan kawat tembaga dengan spesifikasi kawat 0,6 mm proses ini diawali dengan melakukan pemasangan isolator menggunakan lakban kertas sehingga tidak menyebabkan bocornya arus listrik ke stator. Hubungan lilitan pada motor BLDC memiliki 2 jenis belitan hubungan listrik yaitu hubungan delta atau hubungan segitiga dan hubungan star atau hubungan Y. kedua hubungan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda tergantung kebutuhan motor BLDC. Hubungan delta adalah menghubungkan 3 lilitan yang berbentuk seri dan menyebabkan daya akan terbagi pada masing-masing hubungan. Motor yang menggunakan lilitan jenis delta memiliki torsi yang

lebih kecil apabila kecepatan putaran rendah. Dan torsi akan meningkat apabila kecepatannya tinggi tetapi lebih torsiya lebih tinggi dari rangkaian star (Harjono & Widodo, 2021).

Tahap ketiga yaitu uji coba motor BLDC apakah motor dapat berputar, sebelum melakukan pengujian menyiapkan alat yang akan digunakan. Untuk mendapatkan performa yang lebih baik, motor BLDC memerlukan fasilitas penggerak kontrol untuk mengontrol kecepatan (Mahmud dkk., 2020). *Controller* merupakan inverter 3 fasa digunakan untuk mengubah arus DDC menjadi AC 3 fasa sehingga dapat menggerakkan motor BLDC. *Controller* pada motor listrik sering diartikan sebagai otak dari rancangan karena mempunyai peran yang sangat penting dalam keberhasilan motor listrik bergerak (Prasetyo dkk., 2022). Spesifikasi controller tegangan 48V dengan kapasitas 500 watt. Dalam penelitian ini sumber listrik utama menggunakan listrik PLN sehingga membutuhkan power supply yang berfungsi sebagai pengubah arus tegangan tinggi *Alternating Current* (AC) ke arus tegangan rendah *Direct Current* (DC) agar tidak melebihi batas maksimal sehingga dapat menyalurkan listrik ke controller sesuai kebutuhan. Berikut gambar setting alat yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 5. Setting alat

Berikut spesifikasi 2 motor BLDC yang akan di teliti untuk diketahui kecepatan putaran dan suhu ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor BLDC

Keterangan	Slot 15	Slot 18
Jumlah Slot	15	18
Diameter Stator	80 mm	80 mm
Diameter Rotor	100 mm	100 mm
Jumlah Magnet	20	20
Diameter Kawat Tembaga	0.6 mm	0.6 mm
Jumlah Lilitan per Slot	25	25

Hubungan Lilitan	Seri	Seri
Tegangan Listrik	48 V	48 V

Hasil dan Pembahasan

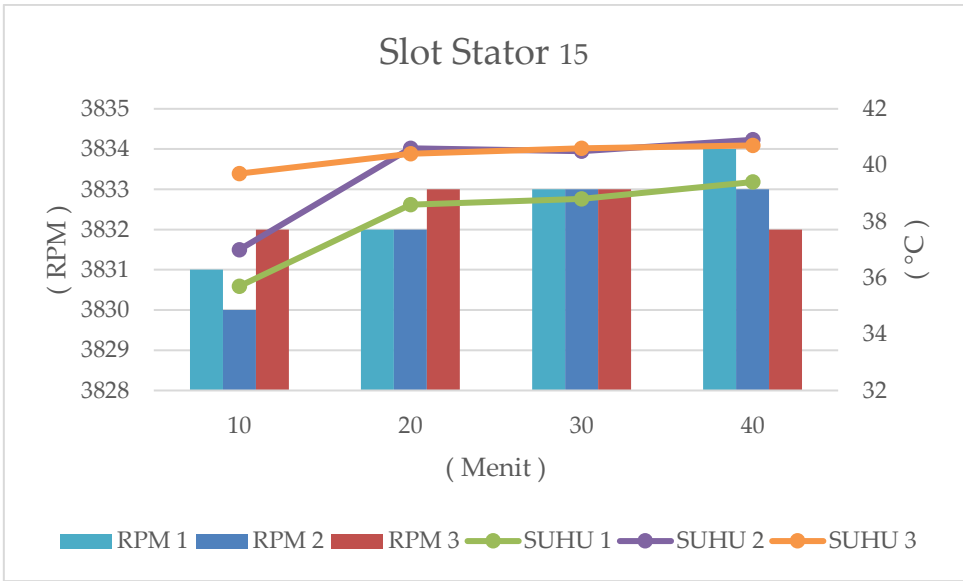
Hasil Pengujian Slot Stator 15 Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu

Pada pengujian ini yang di tampilkan pada Tabel 2. Menunjukan hasil semakin lama waktu menyebabkan naiknya suhu motor BLDC dengan suhu tertinggi pada 40,9 °C. Tetapi untuk kecepatan putaran tidak mengalami perubahan yang besar dengan kecepatan 3832-3834 RPM selama 40 menit

Tabel 2. Pengujian 15 Slot Stator Terhadap RPM dan (°C)

Waktu (Menit)	RPM			Suhu (°C)		
	RPM 1	RPM 2	RPM 3	SUHU 1	SUHU 2	SUHU 3
10	3831	3830	3832	35,7	37,0	39,7
20	3832	3832	3833	38,6	40,5	40,4
30	3833	3833	3833	38,8	40,5	40,6
40	3834	3833	3832	39,4	40,9	40,7

Setelah nilai di dapatkan untuk memudahkan dalam menganalis kecepatan putaran dan suhu pada slot stator 15 maka hasil dari coba 1, 2, dan 3 di tampilkan dalam bentuk grafik. Pada Gambar 6 terlihat hasil dari grafik bahwa semakin lamanya waktu dapat menyebabkan meningkatnya suhu.



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Slot Stator 15

Sehingga dapat disimpulkan bertambahnya waktu menyebabkan kenaikan suhu dan kecepatan putaran meskipun pada percobaan ke 3 mengalami fluktuatif kecil slot stator 15 ini.

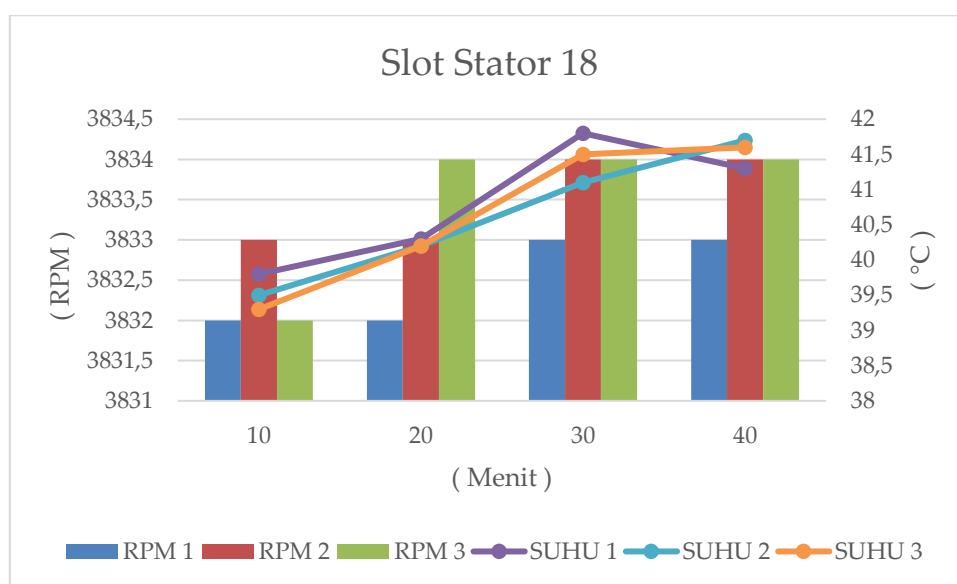
Hasil Pengujian 18 Slot Stator Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu

Pada pengujian slot stator 18 yang di tampilkan pada Tabel 3. Menunjukkan hasil semakin lama waktu menyebabkan naiknya suhu motor BLDC dengan suhu tertinggi pada 41,8 °C. Tetapi untuk kecepatan putaran tidak mengalami perubahan yang besar dengan kecepatan tertinggi 3834 RPM selama 40 menit.

Tabel 3. Pengujian Slot Stator 18 Terhadap RPM dan (°C)

Waktu (Menit)	RPM			Suhu (°C)		
	RPM 1	RPM 2	RPM 3	SUHU 1	SUHU 2	SUHU 3
10	3832	3833	3832	39,8	39,5	39,3
20	3832	3833	3834	40,3	40,2	40,2
30	3833	3834	3834	41,8	41,1	41,5
40	3833	3834	3834	41,3	41,7	41,6

Setelah nilai di dapatkan untuk memudahkan dalam menganalis kecepatan putaran dan suhu pada slot stator 18 maka hasil dari coba 1, 2, dan 3 kemudian di tampilkan dalam bentuk grafik. Pada Gambar 7 terlihat hasil dari grafik bahwa juga semakin lamanya waktu dapat menyebabkan meningkatnya kecepatan putaran dan suhu meskipun tidak terlalu banyak perubahannya.



Gambar 7. Grafik Hasil Uji Slot Stator 18

Sehingga dapat disimpulkan bertambahnya waktu menyebabkan kenaikan suhu tetapi kecepatan putaran tidak terlalu banyak peningkatan pada slot stator 18 ini.

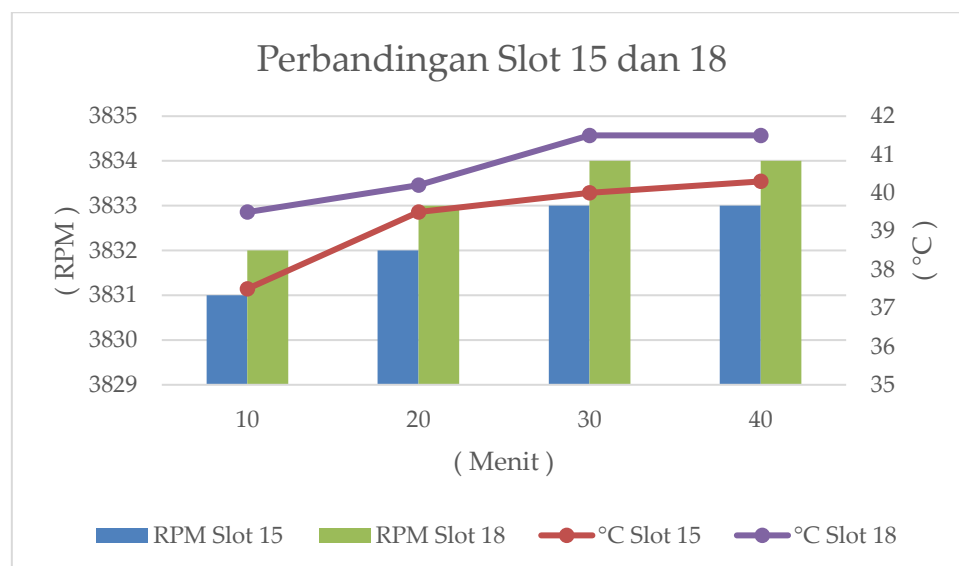
Hasil Perbandingan Slot Stator 15 dan 18 Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu

Pada Tabel 4 merupakan nilai rata-rata dari pengujian slot stator 15 dan 18 dari hasil rata-rata menunjukkan kecepatan putaran tertinggi pada waktu ke 40 menit terjadi pada slot stator 18 dengan rata rata 3834 RPM dengan suhu 41,5 °C. sedangkan slot stator 15 hanya rata rata 3833 RPM dengan suhu 40,3 °C.

Tabel 4. Hasil Nilai Rata-rata Slot Stator 15 dan 18

Waktu (Menit)	Slot 15		Slot 18	
	RPM	°C	RPM	°C
10	3831	37,5	3832	39,5
20	3832	39,5	3833	40,2
30	3833	40,0	3834	41,5
40	3833	40,3	3834	41,5

Dari nilai rata-rata diatas untuk mempermudah analisis perbandingan antara slot 15 dan 18 terhadap kecepatan putaran dan suhu maka ditampilkan dalam bentuk grafik berikut.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Slot Stator 15 dan 18

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kecepatan putaran dan suhu pada kedua slot (Slot 15 dan Slot 18) secara umum cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu meskipun kecepatan putaran ada beberapa fluktuasi kecil, nilai kecepatan putaran menunjukkan naiknya tren dari menit ke 10 hingga 40. Hasil dari perbandingan ini slot stator 18 mempunyai kecepatan putaran tertinggi yaitu rata-rata 3834

RPM dengan suhu hampir 42 °C sedangkan slot stator hanya mempunyai kecepatan putaran tertinggi rata-rata 3833 RPM dengan suhu kurang dari 41 °C.

Kesimpulan

Hasil dari penelitian ini yang berjudul Pengaruh Jumlah Slot Stator Terhadap Kecepatan Putaran dan Suhu pada Motor BLDC berdasarkan data yang telah didapat disimpulkan bahwa jumlah slot stator mempengaruhi kecepatan putaran dan suhu pada motor BLDC. Semakin banyak jumlah slot maka akan menambah nilai kecepatan putaran dan suhu. Dimana pada slot stator 18 mencapai kecepatan putaran 3834 RPM dan suhu 41.5 °C sedangkan slot stator 15 kecepatan putarannya 3833 RPM dengan suhu 40,3 °C.

Pustaka:

- Asrori, A., Rohman, F., Faizal, E., & Karis, M. (2020). THE DESIGN AND PERFORMANCE INVESTIGATION OF SOLAR E-BIKE USING FLEXIBLE SOLAR PANEL BY DIFFERENT BATTERY CHARGING CONTROLLER. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, 10(3).
- Dani, A., & Erivianto, D. (2023). Studi Perbandingan Arus Start Motor Induksi Sistem Pengasutan Dol Dan Star Delta Menggunakan Automation Studio. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 4(4), 413–422. <https://doi.org/10.59141/jist.v4i4.602>
- Fawaid, G. (2019). IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN AXIAL FLUX PERMANENT MAGNET PADA MOTOR BLDC 5 KW SEBAGAI APLIKASI KENDARAAN LISTRIK. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Harbintoro, S., & Krisnadi, L. (2020). PEMBUATAN INTI STATOR MOTOR LISTRIK DENGAN MENGGUNAKAN PROSES MILLING PROFIL. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 209. <https://doi.org/10.26578/jrti.v14i2.6374>
- Harjono, D., & Widodo, W. (2021). Analisis Sistem Penggerak Motor BLDC Pada Mobil Listrik Poncar. *Jurnal ELIT*, 2(1), 11–22. <https://doi.org/10.31573/elit.v2i1.212>
- Ma, D., Tian, B., Zheng, X., Li, Y., Xu, S., & Pei, R. (2022). Study of High-Silicon Steel as Interior Rotor for High-Speed Motor Considering the Influence of Multi-Physical Field Coupling and Slotting Process. *Materials*, 15(23), 8502. <https://doi.org/10.3390/ma15238502>
- Mahmud, M., M., S., H., A., & Nurashikin, A. (2020). Control BLDC Motor Speed using PID Controller. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(3). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0110359>
- Pramono, W. B., & Pratama, H. P. (2016). PERANCANGAN MOTOR LISTRIK BLDC 10 KW UNTUK SEPEDA MOTOR LISTRIK.
- Prasetyo, Y. M., Budiarto, S., Perdana, M. P., & Siswadi, S. (2022). Rancang Bangun Ulang Motor Listrik Berbasis Android Dengan Sistem Motor Brushless Direct Current

- (BLDC) 3 Phase Kapasitas 1000 Watt. *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)*, 1(01), 13–18. <https://doi.org/10.38156/jisti.v1i01.11>
- Sumantri, M., & Nuryadi, S. (2019). *ANALISIS PENGARUH VARIASI SLOT DAN POLE TERHADAP TEGANGAN DAN EFISIENSI DAYA PADA PERANCANGAN GENERATOR MAGNET PERMANEN MENGGUNAKAN SOFTWARE MAGNET*. Universitas Teknologi Yogyakarta.
- Ashok, R. B., & Kumar, B. M. (2017). Comparative Analysis of BLDC motor for different control topology. *Energy Procedia*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217323627>
- Calvaruso, M., Militello, C., Minafra, L., Regina, V. La, & ... (2021). Biological and mechanical characterization of the random positioning machine (rpm) for microgravity simulations. *Life*. <https://www.mdpi.com/2075-1729/11/11/1190>
- Kumar, R., & Singh, B. (2019). Grid interactive solar PV-based water pumping using BLDC motor drive. *IEEE Transactions on Industry Applications*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8760445/>
- Lu, D., & Kate, A. (2023). Rpm: Robust anonymity at scale. *Proceedings on Privacy Enhancing Technologies*. <https://petsymposium.org/popets/2023/popets-2023-0057.php>
- MacKay, A., & Smith, D. A. (2017). Challenges for empirical research on rpm. *Review of Industrial Organization*. <https://doi.org/10.1007/s11151-016-9562-8>
- Mahmud, M., Motakabber, S. M. A., & ... (2020). Control BLDC motor speed using PID controller. ... *Journal of Advanced* https://www.researchgate.net/profile/Md-Mahmud-53/publication/340427917_Control_BLDC_Motor_Speed_using_PID_Controller/links/5e8b313da6fdcca789f84e8b/Control-BLDC-Motor-Speed-using-PID-Controller.pdf
- Mistry, M., & Gandhi, F. (2014). Helicopter performance improvement with variable rotor radius and RPM. *Journal of the American Helicopter Society*. <https://www.ingentaconnect.com/content/ahs/jahs/2014/00000059/00000004/art00011>
- Mohanraj, D., Arul david, R., Verma, R., & ... (2022). A review of BLDC motor: state of art, advanced control techniques, and applications. *Ieee* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9774372/>
- Naseri, F., Farjah, E., & Ghanbari, T. (2016). An efficient regenerative braking system based on battery/supercapacitor for electric, hybrid, and plug-in hybrid electric vehicles with BLDC motor. *IEEE Transactions on* <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7572053/>
- Salehi, S., Olyaeemanesh, A., Mobinizadeh, M., & ... (2020). Assessment of remote patient monitoring (RPM) systems for patients with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Diabetes \&* <https://doi.org/10.1007/s40200-019-00482-3>
- Shifat, T. A., & Hur, J. W. (2020). An effective stator fault diagnosis framework of BLDC motor based on vibration and current signals. *IEEE Access*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9110877/>
- Yew, Z. J., & Lee, G. H. (2020). Rpm-net: Robust point matching using learned features.

Proceedings of the IEEE/CVF Conference
[http://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2020/html/Yew_RPM-
Net_Robust_Point_Matching_Using_Learned_Features_CVPR_2020_paper.html](http://openaccess.thecvf.com/content_CVPR_2020/html/Yew_RPM-Net_Robust_Point_Matching_Using_Learned_Features_CVPR_2020_paper.html)