

## Desain dan analisis pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC pada purwarupa kendaraan listrik

Leo Arinando<sup>1\*</sup>, Fatkhur Rohman<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Otomotif Elektronik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang<sup>1,2</sup>

Jl. Soekarno Hatta no. 09, Malang 64141, Indonesia

leo.arienando86@gmail.com<sup>1</sup>

fatkhur\_rohman@polinema.ac.id<sup>2</sup>

### Abstract

*Electric vehicles are currently being developed with the concept of saving energy and environmentally responsible. Electric vehicles use electric motors as the main driving motor. The electric motor which is currently increasingly used is the Brushless Direct Current (BLDC) motor. The BLDC motor controller is more expensive than the price of the BLDC motor itself. The BLDC motor controller has a working temperature range when working. The purpose of this study was to analyze the effect of variations in load values and the speed of electric vehicles on the temperature of the BLDC motor controller. This research was conducted by the experimental method by giving a treatment, then evaluating the effect caused on an object of research. The results showed that there was an influence of load value variations on the BLDC motor controller temperature. Values that look significant are at speeds of 0.5 m/sec and 2.5 m/sec starting from 3 kg to 5 kg. There is no influence on the variation of speed values on the temperature of the BLDC motor controller. The temperature value is stable at 2 kg and 3 kg loads with speed variations from 0.5 m/sec to 2.5 m/sec. Simultaneously variations in load and speed values affect the temperature of the BLDC motor controller by 57.7% with the lowest temperature value at 0.5 m/s and a load of 1 kg with a temperature of 33.34 °C and the highest temperature value at a speed of 2.5 m/sec and a load of 5 kg with a temperature of 37.58 °C.*

**Keywords:** *Electric vehicles, controllers, BLDC motors, temperature.*

### Abstrak

Kendaraan listrik saat ini sedang terus dikembangkan dengan mengusung konsep hemat energi dan ramah lingkungan. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai motor penggerak utama. Motor listrik yang saat ini semakin banyak digunakan adalah motor BLDC (*Brushless Direct Current*). Kontroler motor BLDC justru lebih mahal dari harga motor BLDC sendiri. Kontroler motor BLDC memiliki rentang suhu kerja pada saat bekerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh variasi nilai beban dan laju kecepatan kendaraan listrik terhadap suhu kontroler motor BLDC. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yaitu dengan cara memberi suatu perlakuan, kemudian melakukan evaluasi terhadap pengaruh yang ditimbulkan pada suatu objek penelitian. Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh variasi nilai beban terhadap suhu kontroler motor BLDC. Nilai yang terlihat signifikan yaitu pada kecepatan 0.5 m/det dan 2.5 m/det mulai dari beban 3 kg hingga 5 kg. Variasi nilai kecepatan tidak terdapat pengaruh terhadap suhu kontroler motor BLDC. Nilai suhu stabil pada beban 2 kg dan 3 kg dengan variasi kecepatan dari 0.5 m/det sampai 2.5 m/det Sedangkan secara simultan variasi nilai beban dan kecepatan berpengaruh terhadap suhu kontroler motor BLDC sebesar 57,7% dengan nilai suhu terendah pada kecepatan 0.5 m/det dan beban 1 kg dengan suhu 33.34°C dan nilai suhu tertinggi pada kecepatan 2.5 m/det dan beban 5 kg dengan suhu 37.58°C.

**Kata kunci:** Kendaraan listrik, kontroler, motor BLDC, suhu.

## Pendahuluan

Kendaraan listrik saat ini sedang terus dikembangkan dengan mengusung konsep hemat energi dan ramah lingkungan. Kendaraan listrik menggunakan motor listrik sebagai motor penggerak utama. Motor listrik yang saat ini semakin banyak digunakan adalah motor BLDC (*Brushless Direct Current*). Efisiensi motor yang tinggi, perawatan yang mudah, dan dimensi yang lebih kecil menjadi alasan utama digunakannya motor ini. Motor BLDC ini memiliki sistem pengendalian yang rumit. Hal ini dikarenakan penggunaan komutator elektronik yang menggantikan komutator mekanik. Kontroler motor BLDC justru lebih mahal dari harga motor BLDC sendiri [10].

Kontroler motor BLDC memiliki rentang suhu kerja pada saat bekerja. Jika suhu kerja kontroler berlebih, maka kontroler dapat mengalami kerusakan. Terdapat banyak penyebab terjadinya suhu kerja kontroler motor BLDC berlebih, antara lain: beban berlebih yang diterima motor BLDC, kondisi catu daya tidak normal, durasi yang lama motor BLDC berputar, dan kondisi lingkungan kerja motor BLDC [10].

Dari permasalahan tersebut, sebelumnya ada beberapa penelitian yang telah dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Frank Koudi tahun 2015 tentang *EV motor controller target cooling by using micro thermoelectric cooler*. Penelitian tersebut diketahui bahwa metode yang digunakan untuk melakukan pendinginan kontroler menggunakan mikro elemen *thermoelectric* semikonduktor. Tetapi pendinginan dengan metode ini kurang efektif jika digunakan dalam waktu yang lama. Hal ini disebabkan panas tidak dapat berpindah secara efektif jika suhu *thermoelectric* semikonduktor meningkat [4].

Penelitian lain juga pernah dilakukan oleh Fachrul Arifin (2015), tentang perancangan dan implementasi pengaturan kecepatan motor Brushless DC

menggunakan metode *model predictive control (MPC)*. Penelitian tersebut diketahui menggunakan metode *model predictive control* dimana respon kecepatan motor BLDC akan kembali pada referensi yang diinginkan ketika kendaraan listrik tersebut diberi pembebanan [3].

Penelitian lain juga pernah dilakukan Richard Parsons (2018), tentang *Odrive Mosfet temperature rise measurements using the onboard thermistor*. Pada penelitian ini diketahui bahwa dapat terjadi peningkatan suhu kontroler sampai 100°C hanya dengan waktu 30 detik dengan input berupa arus sebesar 90 Ampere. Sehingga diperlukan sistem pendingin pada saat penggunaan kontroler jika arus yang digunakan cukup tinggi [8].

Berdasarkan masalah tersebut, terbentuklah penelitian ini untuk menganalisa pengaruh variasi nilai beban dan kecepatan terhadap suhu kontroler motor BLDC. Kontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah kontroler *Odrive* yang didesain oleh Oskar Weigl beserta team *Odriverobotics*.

## Tinjauan Teoritis

Motor BLDC salah satu jenis motor yang saat ini meningkat popularitasnya. Motor BLDC banyak digunakan di banyak industri seperti otomotif, penerbangan, medis, perangkat otomasi industri dan instrumentasi. Sesuai dengan namanya, motor BLDC tidak menggunakan *brush* atau sikat di dalamnya untuk keperluan komutasi, namun komutasinya diatur secara elektronik. Motor BLDC memiliki beberapa keuntungan dari pada motor DC diantaranya adalah karakteristik kecepatan dan torsi yang lebih baik, respon dinamik yang tinggi, efisiensi tinggi, masa pakai yang lama, tidak berisik saat motor bekerja, dan jangkauan kecepatan yang lebih tinggi [10].

Kelebihan dari motor BLDC sendiri adalah responsif, operasi kecepatan tinggi, *high power density*, serta keandalan tinggi. Motor BLDC juga disebut sebagai PMSM motor (*Permanent Magnet Synchronous*

*Motor*) yang merupakan motor listrik *synchronous AC* 3 fasa. *Synchronous* berarti medan magnet yang dibangkitkan oleh stator dan medan magnet yang dibangkitkan oleh rotor berputar pada frekuensi yang sama. Perbedaan pemberian nama ini terjadi karena BLDC memiliki BEMF berbentuk *trapezoid* sedangkan PMSM memiliki BEMF berbentuk *sinusoidal*. BLDC dan PMSM memiliki struktur yang sama dan dapat dikendalikan dengan metode *six-step* maupun metode PWM [10].

*Odrive* adalah salah satu kontroler motor BLDC yang dikembangkan oleh Oskar Weigl Bersama tim *odriverobotic*. Kontroler ini memiliki kelebihan yaitu dapat mengatur torsi, kecepatan, kontrol posisi, dan *trajectory planning*. *Odrive* juga dilengkapi dengan dua tipe *braking modes* yaitu *regenerative braking* dan *brake resistor*. *Odrive* saat ini tersedia dengan versi 24V dan 48V. Kontroler ini juga menerapkan *open source* dalam pengembangannya sehingga semua orang mendapat akses *software* maupun *hardware*. *Odrive* mampu menjalankan dua motor dengan *peak current* <120A setiap motor. *Interfaces* yang dapat digunakan yaitu *PC*, *Raspberry pi*, serta ROS nodes [8].

Kelebihan kontroler *Odrive*:

1. Dapat mengontrol 2 buah motor BLDC.
2. Tersedia versi 24 V dan 48 V.
3. Arus Maksimal 120 Ampere.
4. Arus kontinyu tergantung pada sistem pendingin.
5. Umpan balik encoder untuk perpindahan yang tepat.
6. Didukung 2 mode pengereman yaitu *brake resistor* dan *regenerative braking*.
7. Dapat menggunakan baterai yang opsional.
8. Bersifat *open source* baik *hardware* maupun *software*.
9. Dapat menggunakan banyak *interface* antara lain: *USB*, *UART*, *Servo PWM*, *CAN*, dan Pin digital dan analog.

## Metode Penelitian

Untuk mendapatkan suatu hasil kajian secara aktual mengenai purwarupa

kendaraan listrik yang akan dianalisa suhu kontroler motor BLDC dengan perubahan beban dan kecepatan laju kendaraan, maka pengujian dimulai dari suatu perencanaan desain konstruksi, pembuatan, pengujian dan pembuatan laporan hasil uji.

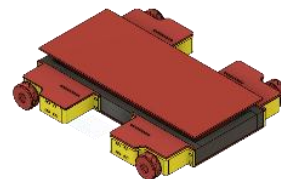
Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yaitu dengan cara memberi suatu perlakuan, kemudian melakukan evaluasi terhadap pengaruh yang ditimbulkan pada suatu objek penelitian. Objek penelitian dalam hal ini adalah kontroler motor BLDC, beberapa variabel yang diberikan dalam penelitian eksperimen antara lain variasi nilai beban dan kecepatan laju kendaraan listrik, serta variabel terikatnya yaitu nilai suhu kontroler motor BLDC.

Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan dan beban yang bervariasi yaitu kecepatan 0.5 m/det sampai 2.5 m/det dengan beban 1 kg sampai 5 kg pada setiap variasi kecepatan. Kemudian dilanjutkan dengan menganalisa suhu kontroler yang diperoleh dari percobaan.

Alat dan bahan yang digunakan :

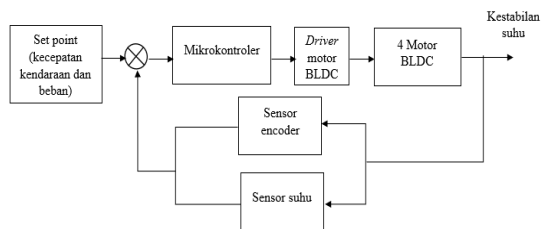
1. Multimeter
2. Komputer/Laptop
3. Kompas Digital
4. Roda mekanum
5. *Odrive (driver motor)*
6. Besi Hollow
7. Motor BLDC 1400 KV
8. Baterai Li-po 2200 mAh
9. Sensor Encoder
10. *Charger* Baterai

Desain prototype kendaraan listrik pada penelitian ini diperlihatkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Desain purwarupa

Kerangka konsep penelitian (Gambar 2) merupakan sistem *close loop* yang memiliki beberapa komponen utama seperti Driver motor Odrive sebagai kontrol penggerak motor BLDC, sensor encoder sebagai pendeteksi kecepatan motor, motor BLDC 1400 KV sebagai penggerak kendaraan, sensor suhu yang berfungsi untuk membaca suhu kontroler motor BLDC secara *real time*.



Gambar 2. Kerangka Konsep Penelitian

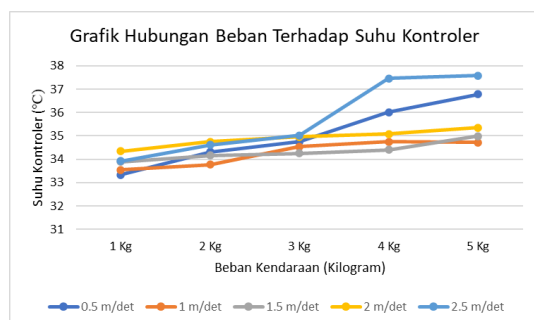
### Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan dengan beban kendaraan 1 kg sampai dengan 5 kg dengan kecepatan kendaraan 0.5 m/det sampai dengan 2.5 m/det. Suhu kontroler motor BLDC akan diuji dengan pemberian beban dan kecepatan secara berurutan seperti ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian

No	Beban (kg)	Suhu Kontroler °C				
		0.5 m/det	1 m/det	1.5 m/det	2 m/det	2.5 m/det
1	1	33.34	33.55	33.89	34.35	33.92
2	2	34.32	33.77	34.17	34.75	34.61
3	3	34.75	34.54	34.26	34.96	35.02
4	4	36.02	34.75	34.41	35.08	37.46
5	5	36.79	34.72	34.99	35.36	37.58

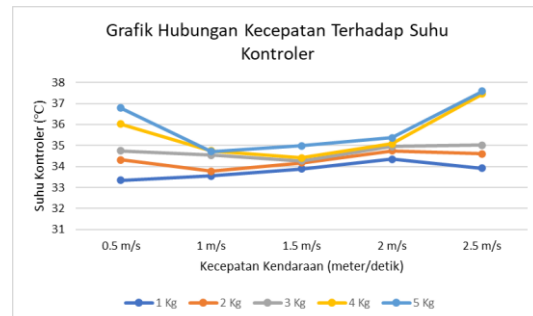
Secara grafis hubungan perubahan beban terhadap suhu kontroler motor BLDC dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan beban terhadap suhu kontroler

Pada gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara beban kendaraan terhadap nilai suhu kontroler ketika kendaraan dijalankan. Berdasarkan grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar nilai beban maka terdapat peningkatan terhadap nilai suhu dari kontroler motor BLDC. Nilai yang terlihat naik signifikan yaitu pada kecepatan kendaraan 0.5 m/det dan 2.5 m/det mulai dari beban 3 kg hingga 5 kg, dimana nilai suhu kontroler paling besar di dapatkan pada beban 5 kg dengan kecepatan kendaraan 2.5 m/det sebesar 37,58°C, serta nilai suhu kontroler terendah pada beban 1 kg dengan kecepatan kendaraan 0.5 m/det sebesar 33,34°C. Peningkatan suhu kontroler pada semua beban terjadi peningkatan rata-rata sebesar 6,186% pada kecepatan 0.5 m/det, 3,802% pada kecepatan 1 m/det, 4,054% pada kecepatan 1.5 m/det, 5,73% pada kecepatan 2 m/det, dan 8,238% pada kecepatan 2.5 m/det.

Secara grafis hubungan perubahan kecepatan terhadap suhu kontroler motor BLDC dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan terhadap suhu kontroler

Pada Gambar 4. menunjukkan grafik hubungan antara kecepatan kendaraan terhadap nilai suhu kontroler ketika kendaraan dijalankan. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada pengaruh signifikan terhadap suhu kontroler ketika kecepatan kendaraan berubah. Nilai suhu kontroler mengalami penurunan pada kecepatan 1 m/det dibandingkan dengan suhu kontroler pada kecepatan 0.5 m/det pada semua beban. Sedangkan peningkatan tertinggi terjadi pada kecepatan 2.5 m/det dengan beban 4 kg dan 5 kg. Nilai suhu

stabil pada beban 2 kg dan 3 kg dengan variasi kecepatan kendaraan dari 0.5 m/det sampai 2.5 m/det. Peningkatan suhu kontroler pada semua kecepatan terjadi peningkatan rata-rata sebesar 2,42% pada beban 1 kg, 2,934% pada beban 2 kg, 5,144% pada beban 3 kg, 7,704% pada beban 4 kg, dan 8,748% pada beban 5 kg.

### Kesimpulan

Suhu kontroler motor BLDC cenderung meningkat dengan bertambahnya nilai beban kendaraan. Sedangkan penambahan kecepatan laju kendaraan tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap perubahan suhu kontroler motor BLDC. Nilai suhu kontroler paling besar didapatkan pada beban 5 kg dengan kecepatan kendaraan 2.5 m/det sebesar 37.58°C, serta nilai suhu kontroler terendah pada beban 1 kg dengan kecepatan kendaraan 0.5 m/det sebesar 33.34°C. Penambahan nilai beban terhadap suhu kontroler motor BLDC mengalami peningkatan dengan kisaran rata-rata 5.602% pada semua kecepatan sedangkan penambahan laju kendaraan terhadap suhu kontroler motor BLDC mengalami peningkatan dengan kisaran rata-rata 5.39 % pada semua beban kendaraan.

### Referensi

- [1] Bambang Sujanarko (2013). Desain Kontrol PWM Pengatur Kecepatan Motor BLDC Untuk Mobil Listrik. Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2013. 42-48.
- [2] Bayraktar, H.C., dan Balik, H.H. (2015). The Control of Brushless DC Motors. *International Journal Of Electronics, Mechanical And Mechatronics Engineering*. 5(2) 919-932.
- [3] Fachrul Arifin, Josapath Pramudijianto, dan Ali Fatoni (2015). Perancangan dan Implementasi Pengaturan Kecepatan Motor Brushless DC Menggunakan Metode Model Predictive Control (MPC). *Jurnal Teknik ITS*. 4(2). 41-47.
- [4] Frank Kou, Po Huang, Chih Yu, dan Min Chun (2015). EV Motor Controller Target Cooling by Using Micro Thermoelectric Cooler. *World Electric Vehicle Journal*. 7. 390-397.
- [5] Huda, M.A.N., dan Rohman, F. (2019). Implementasi dan Analisis Kendali Kecepatan Pada Motor BLDC 1 KW Tanpa Beban Menggunakan Algoritma PID. *Jurnal ELTEK*. 17(02) 94-106.
- [6] Jalil, A. (2018). Robot Operating System (ROS) dan Gazebo Sebagai Media Pembelajaran Robot Interaktif. *Jurnal Ilmiah*. 10(3) 284-289.
- [7] NXR.Northwestern.edu (2012). Rotary Encoder. Diakses dari ([http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary\\_Encoder](http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Rotary_Encoder)). 4 Januari 2020.
- [8] Parsons, Richard (2018). Odrive Mosfet temperature rise measurements using the onboard thermistor. *Odriverobotics.com*. (n.d.). ODriver High Performance Motor Control.
- [9] Widianoro, M dan Rohman, F. (2019). Perancangan Sistem Navigasi Otomatis Pada Mobil Tunas Autron. *Jurnal ELTEK*, 1-14.
- [10] Yadamale, P. (2003). Brushless DC (BLDC). *Motor Fundamentals*. U.S.A. Microchip Technology Inc.