MONITORING TORSI MOTOR BLDC
SKALA LABORATORIUM

SKRIPSI

Program Studi Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

TRYANDRO PUTRA PRIYATMAN

NIM. D1021221076

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

MONITORING TORSI MOTOR BLDC SKALA LABORATORIUM

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Jurusan Teknik Elektro

Skripsi Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Dalam Bidang Teknik Elektro

Oleh:

TRYANDRO PUTRA PRIYATMAN
NIM D1021221076



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2026

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan Skripsi yang berjudul **"MONITORING TORSI MOTOR BLDC SKALA LABORATORIUM"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama	: TRYANDRO PUTRA PRIYATMAN
NIM	: D1021221076
Jurusan	: Teknik Elektro
Program Studi	: Teknik Elektro
Konsentrasi	: Teknik Kendali

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya

Pontianak, 05 Oktober 2026

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Prof. Dr.-Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM	Hendro Priyatman, S.T., M.T.
NIP. 197507162000121001	NIP. 196806011995031003

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Tryandro Putra Priyatman
NIM	:	D1021221076
Jurusan	:	Teknik Elektro

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **"MONITORING TORSI MOTOR BLDC SKALA LABORATORIUM"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 05 Oktober 2026
Yang membuat pernyataan,

Tryandro Putra Priyatman
NIM. D1021221076

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

MONITORING TORSI MOTOR BLDC SKALA LABORATORIUM

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh:

Tryandro Putra Priyatman
NIM. D1021221076

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 05 Oktober 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM NIP. 197507162000121001
Dosen Pembimbing Pendamping	: Hendro Priyatman, S.T., M.T. NIP. 196806011995031003
Dosen Penguji Utama	: Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM NIP. 197404011999031003
Dosen Penguji Pendamping	: F. Trias Pontia Wigyarianto, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. NIP. 197510012000031001

Pontianak, 05 Oktober 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama,

Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM
NIP. 197507162000121001

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan segala puji dan syukur kepada Allah SWT, Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan yang tidak pernah putus.
2. Keluarga besar yang senantiasa memberikan semangat selama masa perkuliahan.
3. Dosen pembimbing dan seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro, atas ilmu dan bimbingan yang diberikan.
4. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Elektro angkatan 2022, atas kebersamaan dan dukungannya.
5. Almamater tercinta, Universitas Tanjungpura.

ABSTRAK

Motor *Brushless Direct Current* (BLDC) merupakan salah satu jenis motor listrik yang banyak digunakan pada berbagai aplikasi industri dan penelitian karena memiliki efisiensi tinggi, umur pakai yang panjang, serta kebutuhan perawatan yang rendah. Dalam kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium, pemantauan nilai torsi motor BLDC secara *real-time* sangat penting untuk mengetahui karakteristik kerja motor pada berbagai kondisi pembebanan. Namun, proses pengukuran torsi masih banyak dilakukan secara manual sehingga kurang efektif dalam memperoleh data yang akurat dan berkesinambungan. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor arus PZEM-017, sensor proximity sebagai pendukung analisis konsumsi daya, serta mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data dan media komunikasi. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 dan ditampilkan pada antarmuka monitoring sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pengamatan dan pengambilan data. Metode penelitian meliputi tahap perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, integrasi sistem, pengujian sensor, serta pengujian keseluruhan sistem pada beberapa variasi pembebanan motor BLDC. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat digunakan sebagai media praktikum maupun penelitian untuk mendukung analisis motor BLDC secara lebih efektif dan efisien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan beban mekanis memengaruhi parameter operasional motor BLDC, di mana peningkatan beban berbanding lurus dengan kenaikan arus dan torsi terhitung pada *setpoint* kecepatan 100, 200, dan 300 RPM. Sistem monitoring berbasis IoT berhasil merekam dinamika respon transien saat motor awal berjalan maupun kondisi tunak (*steady-state*) terhadap variasi pembebanan 2–20 kg secara kuantitatif pada setiap perubahan beban per kilogram. Dalam penelitian ini, pemantauan nilai torsi difungsikan sebagai parameter utama untuk mengevaluasi kinerja operasional motor BLDC secara real-time. Nilai torsi digunakan untuk mengukur respons sistem terhadap variasi beban mekanis, di mana peningkatan beban terbukti berbanding lurus dengan kenaikan nilai torsi dan arus pada berbagai setpoint kecepatan

Kata kunci: Motor BLDC, Torsi, ESP32, PZEM-017, Laboratorium.

ABSTRACT

The Brushless Direct Current (BLDC) motor is widely used in various industrial and research applications due to its high efficiency, long service life, and low maintenance requirements. In laboratory-based practical work and research, real-time monitoring of BLDC motor torque is crucial for understanding the motor's operating characteristics under various loading conditions. However, torque measurement is often still performed manually, making it less effective for obtaining accurate and continuous data. The developed system utilizes, a PZEM-017 current sensor to support power consumption analysis, and an ESP32 microcontroller as the central unit for data processing and communication. Measurement data is processed by the ESP32 and displayed on a monitoring interface, facilitating user observation and data acquisition. The research methodology encompasses hardware design, software design, system integration, sensor testing, and overall system testing across various BLDC motor load conditions. Consequently, the designed system serves as a valuable tool for practical work and research, enabling more effective and efficient analysis of BLDC motor. Test results show that increasing mechanical load directly affects the operational parameters of the BLDC motor, where higher load leads to an increase in current and estimated torque across speed setpoints of 100, 200, and 300 RPM. The system successfully monitored quantitative changes in speed, current, and torque per kilogram of load (2–20 kg) during both transient start-up and steady-state conditions. In this study, torque value monitoring serves as the primary parameter for evaluating the operational performance of the BLDC motor in real-time. Torque values are used to measure the system's response to mechanical load variations, where an increase in load is shown to be directly proportional to the rise in torque and current across various speed setpoints.

Keywords: BLDC Motor, Torque, ESP32, PZEM-017, Laboratory.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat kepada Allah SWT, yang telah memberikan kesempatan, kekuatan dan ketabahan serta melimpahkan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul "Monitoring Torsi Motor BLDC Skala Laboratorium". Penyusunan Skripsi ini dilaksanakan dengan tujuan juga merupakan persyaratan akademis yang harus dilaksanakan setiap mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.

Selama proses penyusunan Skripsi ini, banyak pihak yang telah memberikan kontribusi dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat:

1. Bapak Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Prof. Dr.-Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
3. Bapak Jannus Marpaung, S.T., M.T., IPM, selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak F. Trias Pontia Wigyarianto, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng., selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Hendro Priyatman, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Pendamping sekaligus Kepala Laboratorium Teknik Kendali yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
6. Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM, selaku Dosen Penguji Utama.
7. F. Trias Pontia Wigyarianto, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng. selaku Dosen Penguji Pendamping.
8. Bapak Supriyono S.T., M.T., selaku Pranata Laboratorium Pendidikan Teknik Kendali Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak yang telah memberikan tempat untuk belajar dan bimbingan serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.
9. Seluruh dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan.

10. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik angkatan 2022, khususnya Program Studi Teknik Elektro, atas kebersamaannya bersama penulis selama menjalani perkuliahan.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat sebagai bahan literatur untuk menambah Ilmu pengetahuan dan masukan bagi semua pihak.

Pontianak, 05 Oktober 2026
Penulis,

Tryandro Putra Priyatman
NIM. D1021221076

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN iv
HALAMAN PENGESAHAN v
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
KATA PENGANTAR ix
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Batasan Masalah 2
1.5 Sistematika Penulisan 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Landasan Teori 4
2.1.1 Motor Listrik 4
2.1.2 Motor BLDC 4
2.1.3 Performa Motor BLDC 6
2.1.4 *Internet Of Things* (IoT) 7
2.1.5 Torsi Motor 7
2.1.6 Sensor dan Mikrokontroller 9
2.2 Penelitian Terdahulu 9
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 11
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 11
3.2 Metode Penelitian 11
3.2.1 Tahapan Penelitian 11
3.2.2 Diagram Blok Kecepatan Motor BLDC 13
3.2.3 Diagram Skematik Motor BLDC 14
3.2.3 Perhitungan Torsi Motor BLDC 15
3.2.4 Variabel Penelitian 16
3.3 Alat Yang Digunakan Untuk Penelitian 17

3.1.1 Laptop 17
3.1.2 Inverter BLDC 18
3.1.3 Motor BLDC 19
3.4 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian 19
3.1.4 Baterai LifePO4 19
3.1.5 Kabel Jumper 20
3.1.6 ESP 32 21
3.1.7 Sensor Proximity J12A3-4-Z 22
3.1.8 Modul PZEM - 017 23
3.1.9 Software Arduino IDE 24
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Hasil Pemrograman 25
4.1.1 Kodingan yang digunakan untuk Motor BLDC 25
4.2 Hasil Rancangan Perangkat Keras 27
4.3 Hasil Pengujian Torsi Awal Dengan Beban 2-10 Kg 27
4.4 Hasil Pengujian Torsi Awal Dengan Beban 4-20 Kg 30
4.5 Hasil Dari Layar HMI 45
4.6 Unjuk Kerja Pemantauan Real-Time dan Respons Kendali 47
4.6.1 Faktor yang memengaruhi akurasi hasil estimasi torsi antara lain: 47
4.7 Rangkuman Pembahasan Hasil 48
BAB 5 PENUTUP 50
5.1 Kesimpulan 50
5.2 Saran 51
DAFTAR PUSTAKA 52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Motor BLDC 7
Gambar 3.1. Lokasi Laboratorium Teknik Kendali 12
Gambar 3.2. Diagram alir tahapan penelitian 13
Gambar 3.3. Diagram Blok Kendali Kecepatan Motor BLDC 15
Gambar 3.4. Diagram Skematik Pengujian Sistem Motor BLDC 16
Gambar 3.5. Laptop Untuk Program 18
Gambar 3.6. Inverter Motor BLDC 19
Gambar 3.7. Motor BLDC 20
Gambar 3.8. Baterai LifePO4 ……..…...20
Gambar 3.9. Kabel Jumper 21
Gambar 3.10. ESP 32.....22
Gambar 3.11. Sensor Proximity.....23
Gambar 3.12. Sensor PZEM – 017 24
Gambar 3.13. Software Arduino IDE 25
Gambar 4.1. Kodingan dari Arduino 25
Gambar 4.2. Perangkat Keras Motor BLDC 28
Gambar 4.3. Tampilan 100 RPM 46
Gambar 4.4. Tampilan 200 RPM 47
Gambar 4.5. Tampilan 300 RPM 47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu 10
Tabel 3.1. Spesifikasi Laptop Yang Digunakan.....17
Tabel 3.2. Parameter Motor BLDC 19
Tabel 3.3. Spesifikasi Baterai per sel 20
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Torsi Awal Motor BLDC 100 RPM Dengan Beban 2 – 10Kg 29
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Torsi Awal Motor BLDC 200 RPM Dengan Beban 2- 10Kg 30
Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Torsi Awal Motor BLDC 100 RPM Dengan Beban 4-20Kg 32
Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Torsi Awal Motor BLDC 200 RPM Dengan Beban 4-20Kg 33
Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Torsi Awal Motor BLDC 300 RPM Dengan Beban 4-20Kg 35
Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Motor BLDC Tanpa Beban Ketika kondisi Keadaan Tunak (Beban rangka) 37
Tabel 4.7. Hasil Pengukuran Setpoint 100 RPM Ketika Keadaan Tunak Dengan Beban 2-10 Kg 38
Tabel 4.8. Hasil Pengukuran Setpoint 200 RPM Ketika Keadaan Tunak Dengan Beban 2-10 Kg 40
Tabel 4.9. Hasil Pengukuran Setpoint 100 RPM Ketika Keadaan Tunak Dengan Beban 4-20 Kg 41
Tabel 4.10. Hasil Pengukuran Setpoint 200 RPM Ketika Keadaan Tunak Dengan Beban 4-20 Kg 43
Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Setpoint 300 RPM Ketika Keadaan Tunak Dengan Beban 4-20 Kg 45

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor *Brushless DC (*BLDC) adalah salah satu beban yang digunakan dalam bidang industri. Perlu adanya sistem monitoring kecepatan putaran, arus lebih, dan suhu pada motor listrik yang digunakan untuk memberitahukan informasi kepada operator sebagai bahan analisis untuk perawatan dan pengamanan motor listrik [1].

Dengan perkembangan teknologi maka sistem monitoring dikembangkan dengan *Internet Of Things* (IoT). Dalam pengoperasian motor BLDC, kecepatan putaran motor tidak konstan. Kecepatan motor jauh berkurang karena adanya beban yang harus dipikul oleh motor. Oleh karena itu dirancang pula alat untuk monitoring dengan internet of things dan kontrol motor agar kecepatan putar dapat stabil [2].

Motor BLDC merupakan motor sinkron magnet permanen yang memiliki keluaran gelombang berbentuk trapezoidal. Motor BLDC disuplai dari sumber 3 fasa menggunakan inverter. Desain fisik motor BLDC tidak memiliki komutator. Komutator diproses secara elektronik. Kelebihan yang dimiliki motor BLDC antara lain memiliki efisiensi tinggi, torsi awal tinggi, karakteristik kecepatan dan torsi linier, ukuran kompak, densitas daya tinggi dan pengaturan kecepatan lebih luas dibandingkan jenis motor lain. Pengoperasian motor BLDC dapat dilakukan dengan menggunakan sensor maupun tanpa sensor. Pada pengoperasian menggunakan sensor, hall sensor dipasang untuk mendeteksi posisi rotor. Kekurangannya, metode ini membutuhkan biaya lebih mahal, lebih rumit, ukuran besar dan menghasilkan riak torsi tinggi. Riak torsi yang tinggi dapat mengurangi keandalan, menimbulkan kebisingan dan keausan yang dapat mengurangi umur mesin [3]

Tujuan utama adalah merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring torsi motor BLDC yang dapat dioperasikan pada skala laboratorium, dengan fokus pada akurasi, *real-time*, dan kemudahan akses data. Secara ilmiah, penelitian ini dapat menjadi dasar untuk aplikasi komersial, seperti dalam sistem otomasi pabrik, dengan potensi peningkatan produktivitas hingga 20% berdasarkan studi kasus dari [4]. Motor BLDC memiliki keunggulan dibandingkan motor DC konvensional, antara lain efisiensi tinggi, torsi besar, perawatan rendah, serta kemampuan kendali kecepatan dan posisi yang lebih presisi**.**

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini mengenai Monitoring Torsi Motor BLDC Skala Laboratorium untuk memonitor torsi pada motor listrik yang dilakukan menggunakan sistem yang dirancang.

1.2 Rumusan Masalah

Motor BLDC banyak digunakan karena memiliki efisiensi tinggi dan karakteristik putaran yang baik, namun pada saat beroperasi dengan perubahan beban, kecepatan putaran motor dapat berubah dan kondisi kerja motor menjadi sulit diketahui secara langsung. Dalam pengujian di laboratorium, pemantauan torsi diperlukan untuk mengetahui kemampuan motor dalam menghasilkan gaya putar ketika mengalami perubahan beban serta untuk mengetahui karakteristik kinerja motor selama beroperasi. Namun, tanpa sistem monitoring yang mampu memperoleh dan menampilkan data secara real-time, perubahan kondisi torsi dan parameter pendukung seperti arus, tegangan, serta RPM sulit diamati dan dianalisis secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring torsi motor BLDC skala laboratorium yang mampu mengakuisisi, mengolah, dan menampilkan data torsi secara real-time sehingga karakteristik kerja motor terhadap perubahan beban dan kecepatan dapat diketahui dengan lebih mudah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring torsi motor BLDC skala laboratorium yang mampu memantau perubahan torsi secara real-time terhadap variasi beban dan kecepatan putaran motor.

1.4 Batasan Masalah

Supaya tidak meluas pokok permasalahan pada penelitian ini, maka dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini terbatas pada monitoring torsi motor BLDC menggunakan teknologi IoT.
2. Parameter yang dipantau utamanya adalah torsi, dengan tambahan data seperti arus baterai, RPM Aktual, daya, arus beban, dan tegangan.

3. Motor BLDC dalam kondisi baik dan tidak mengalami kerusakan mekanis selama pengujian, serta lingkungan laboratorium bebas dari interferensi elektromagnetik yang signifikan.
4. Penelitian ini menggunakan teknologi IoT tetapi tidak membahas tentang teknologi IoT nya.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari skripsi ini disusun dalam lima bab terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisi kajian penelitian terkait serta pemaparan teori yang berkaitan dengan motor BLDC, Monitoring torsi, integrasi teknologi Internet of Things (IoT).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi bahan dan alat penelitian serta metode yang berkaitan dengan perancangan skema, fungsi, dan analisis hasil pada sistem kontrol yang akan dibuat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan pembahasan mengenai data-data penelitian dan analisis data penelitian yang telah dilakukan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian yang dilakukan serta juga berisikan saran untuk pengembangan pada penelitian yang nantinya dapat dilakukan.