

PENINGKATAN EFISIENSI KONTROL MOTOR *BLDC* DENGAN METODE SIX STEP BERBASIS KONTROL *PID*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya

Teknik (A.Md.T)

Pada Prodi Teknik Elektronika



Oleh:

MOH SOHIBUR RIFKY

NPM: 2323050003

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)

UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir oleh:
MOH SOHIBUR RIFKY
NPM: 2323050003

Judul:
**PENINGKATAN EFISIENSI KONTROL MOTOR *BLDC* DENGAN
METODE SIX STEP BERBASIS KONTROL *PID***

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang
Tugas Akhir Prodi Teknik Elektronika

Tanggal: 2 Juli 2026

Pembimbing I



Fidya Eka Prahesti, M.T
NIDN.0702108901

Pembimbing II



Dr. M. Dewi Manikta Puspitasari, M.Pd
NIDN. 0730128701

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir:

MOH SOHIBUR RIFKY

NPM: 2323050003

Judul:

**PENINGKATAN EFISIENSI KONTROL MOTOR *BLDC* DENGAN METODE
SIX STEP BERBASIS KONTROL *PID***

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian/Sidang Tugas

Akhir Prodi Teknik Elektronika FTIK UN PGRI Kediri

Pada tanggal: 15 Juli 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyarat

Panitia Penguji:

1. Ketua : Fidya Eka Prahesti, M.T
2. Penguji 1 : Elsanda Merita Indrawati, M.Pd, M.T
3. Penguji 2 : Dr. M. Dewi Manikta Puspitasari, M.Pd



Mengetahui,
Dekan FTIK

Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini saya,

Nama : Moh Sohibur Rifky
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat /tgl. Lahir : Madura, 22 Juni 2002
NPM : 2323050003
Fak/Jur./Prodi. : FTIK/D3 Teknik Elektronika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.) di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 15 Juli 2026

Yang Menyatakan

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rifky', is written over a yellow revenue stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000 RUPIAH', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '277BEANX285448494'.

MOH SOHIBUR RIFKY
NPM.2323050003

MOTTO

Mungkin ini akan menjadi masa muda yang palingku inget seumur hidup, tentang perjuangan seorang Anak Muda yang meraba jalannya Sendiri, Membangun Relasinya Sendiri Dan berusaha menyelamatkan Masa depannya, karena dunia Meludahiku berkali kali, tapi aku masih berdiri tegak layaknya seorang jagoan yang di lindungi doa ibuku.

“Keberhasilan dimulai dengan keberanian untuk mencoba.”

(- Walt Disney)

ABSTRAK

Moh Sohibur Rifky. Tugas Akhir, Teknik Elektronika, FTIK UN PGRI Kediri, 2026.
Peningkatan Efisiensi Kontrol Motor *Blde* Dengan Metode Six Step Berbasis Kontrol *Pid*

Kata kunci: Motor *BLDC*, *Six Step Commutation*, *PID*, ESP32, Efisiensi, Kontrol Kecepatan.

Motor *Brushless Direct Current (BLDC)* merupakan motor listrik yang memiliki efisiensi tinggi, torsi besar, umur pakai panjang, serta membutuhkan perawatan yang rendah sehingga banyak digunakan pada kendaraan listrik dan sistem otomasi industri. Namun, metode pengendalian motor *BLDC* menggunakan *Six step commutation* tanpa sistem umpan balik masih memiliki kelemahan berupa ketidakstabilan kecepatan dan konsumsi daya yang relatif tinggi ketika terjadi perubahan beban maupun kondisi operasi. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui respon arus pada sistem control motor *BLDC* saat pengujian Akselerasi; (2) mengetahui respon kecepatan pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian Efisiensi; (3) mengetahui respon daya pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian Efisiensi.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, serta sensor Hall untuk pembacaan kecepatan motor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan sistem *Six Step* tanpa *PID* dan sistem *Six Step* dengan kontrol *PID* berdasarkan parameter tegangan, arus, daya, kecepatan motor, serta efisiensi sistem.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kontrol *PID* mampu meningkatkan performa sistem secara signifikan. Konsumsi arus menurun dari rata-rata 3,70 A menjadi 1,29 A atau berkurang sebesar 65,14%, sedangkan daya listrik menurun dari 179,78 W menjadi 63,60 W atau mengalami penghematan sebesar 64,62%. Selain itu, kecepatan maksimum motor meningkat dari 1,3 km/jam menjadi 11 km/jam serta mampu mempertahankan kestabilan putaran pada rentang 9–11 km/jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kombinasi metode *Six step commutation* dan kontrol *PID* mampu meningkatkan efisiensi sistem hingga 64,62%, mengurangi konsumsi energi, serta menghasilkan respon kecepatan yang lebih stabil dibandingkan sistem tanpa *PID*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik, dan karunianya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul “Peningkatan Efisiensi Kontrol Motor *BLDC* Dengan Metode *Six Step* Berbasis Kontrol *PID*” dengan baik. Dengan kerendahan hati, penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd., selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang selalu memberikan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Elsanda Merita Indrawati, M.Pd., M.T., selaku Ketua Prodi D-III Teknik Elektronika, yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada peneliti dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Fidya Eka Prahesti, M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Dr. M. Dewi Manikta Puspitasari, M.Pd. selaku dosen pembimbing 2 yang juga telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ucapan terimakasih kepada kedua orang tua, yang selalu memberi doa dan dukungan moral maupun materi yang tak bisa terhitung, sehingga peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Ucapan terimakasih kepada teman-teman kelas seangkatan Teknik Elektronika UNP Kediri angkatan tahun 2023 dan yang selalu menemani dari awal kuliah hingga sampai akhir semester serta membantu memberi motivasi sehingga peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Seluruh dosen dan staf Program Studi D3 Teknik Elektronika atas ilmu dan dukungan yang telah diberikan. Serta kepada teman-teman Himpunan Mahasiswa Teknik Elektronika (HITEK) atas bantuan dan suportnya.
9. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada kekasih tercinta, Putri Kartika Natasya, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, semangat, motivasi, perhatian, serta dukungan yang tiada henti selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta selalu menemani dan memberikan kekuatan di setiap proses yang penulis lalui hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga segala kebaikan, kesabaran, dan pengorbanan yang telah diberikan mendapat balasan terbaik dari Allah SWT.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, mitra, dan para pembaca. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Kediri, 15 Juli 2026



MOH SOHIBUR RIFKY
NPM. 2323050003

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
MOTTO	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
BAB II KAJIAN TEORI.....	4
A. Landasan Teori	4
B. Kerangka Berfikir	8
C. Hipotesis Penelitian	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
A. Desain penelitian	11
B. Alat Dan Bahan Penelitian.....	11
C. Objek Penelitian	15

D.	Perancangan Sistem.....	16
E.	Flowchart Sistem	20
F.	Prosedur Penelitian	22
G.	Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
H.	Teknik Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		27
A.	Hasil Penelitian.....	27
B.	Pembahasan	34
BAB V PENUTUP.....		37
A.	Kesimpulan.....	37
B.	Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem Tanpa Kontrol <i>PID</i>	28
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem Dengan Kontrol <i>PID</i>	30
Tabel 4.3 Perbandingan Efisiensi Sistem.....	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 ESP 32.....	11
Gambar 3.2 Driver Motor <i>BLDC</i>	12
Gambar 3.3 Handle Gas.....	12
Gambar 3.4 Sensor Arus ACS712	13
Gambar 3.5 Sensor Tegangan ZMPT101B	13
Gambar 3.6 <i>DC-DC</i> Converter	14
Gambar 3.7 Dioda.....	14
Gambar 3.8 ML 348(IC).....	15
Gambar 3.9 Diagram Blok Sistem.....	16
Gambar 3.10 Flowchart Sistem	20
Gambar 3.11 Diagram Alur Penelitian	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program ESP32	40
Lampiran 2. Cara Menggunakan Alat.....	74
Lampiran 3. Data Hasil Uji Coba	75
Lampiran 4. Hasil Akhir Alat	77
Lampiran 5. Bimbingan Tugas Akhir	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi motor listrik semakin meningkat seiring kebutuhan sistem industri modern, kendaraan listrik, dan otomasi yang memerlukan motor dengan efisiensi tinggi, respon cepat, serta konsumsi daya rendah. Motor *Brushless Direct Current (BLDC)* menjadi salah satu solusi utama karena memiliki keunggulan berupa efisiensi tinggi, torsi besar, umur pakai panjang, dan minim perawatan dibanding motor *DC* konvensional (Rusli, Jati, Ari, Nugroho, & Asrarul, 2022).

Penggunaan motor tidak lepas dari kemajuan teknologi. Motor *BLDC* merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan karena kelebihan yang dimilikinya. Motor *BLDC* mempunyai efisiensi tinggi dan waktu operasi lama, hal ini disebabkan karena motor *BLDC* menggunakan komutasi elektrik. Desain pengaturan kecepatan motor *BLDC* dengan *Programmable Array Logic* sudah ada dengan menggunakan metode *six step commutation*. Desain tersebut menghasilkan sinyal tegangan tiga fasa yang berbentuk trapezoid untuk memutar motor dan dihasilkan kecepatan maksimum sebesar 116,8 rpm. Nilai arus akan meningkat dan tegangan akan menurun saat dilakukan pengujian dengan beban kecil (Jati & Hapsari, 2022).

Motor listrik banyak digunakan dalam aplikasi sehari-hari. Hanya saja motor listrik yang sering digunakan yaitu motor *DC* dan motor induksi. Keunggulan motor *DC* sendiri memiliki efisiensi yang tinggi, namun motor *DC* mempunyai kerugian yaitu masih menggunakan *brush* dalam komutasi yang mengakibatkan biaya perawatan yang mahal. *Brush* pada motor *DC* juga dapat mengalami kerusakan karena *brush* akan menimbulkan *arching* dalam proses komutasinya. Untuk memenuhi kebutuhan performa yang baik, torsi tinggi, kecepatan tinggi, dan biaya perawatan yang lebih murah maka mesin listrik yang cocok digunakan adalah motor *Brushless Direct Current (BLDC)* (Anugrah, P.K, & Dewantara, 2020).

Inverter merupakan teknologi *converter* yang digunakan untuk mengubah arus searah (*DC*) menjadi arus bolak-balik (*AC*). (*Authoritative Dictionary of*

IEEE). AC yang dikonversi dapat menyesuaikan kebutuhan tegangan serta frekuensi dengan bantuan *transformator*, saklar, dan sirkuit kontrol yang tepat. Ada berbagai macam jenis *inverter*, jenis *inverter* yang banyak digunakan diantaranya adalah *six step inverter*. Aplikasi dari *six-step inverter* 3 fasa sendiri ini faktanya banyak digunakan di industri. Listrik 3 fase merupakan listrik AC (*alternating current*) yang mempunyai 3 penghantar dimana ketiga penghantar tersebut memiliki tegangan sama namun setiap fasanya memiliki perbedaan 120° . Listrik 3 fasa sering disebut dengan system R-S-T. 3 fasa yang di simbolkan “R”, “S” , “T” untuk setiap penghantar pada setiap fasa dan simbol “N” pada penghantar netral. *Inverter* 3 fasa merupakan *inverter* dengan tegangan keluaran berupa tegangan bolak-balik (AC) 3 fasa yang berbentuk gelombang persegi. Rangkaian *inverter* 3 fasa tunggal sederhana terdiri dari 6 buah komponen *switching* yakni S1, S2, S3, S4, S5, S6 dan membutuhkan 6 sinyal PWM untuk dapat beroperasi (Prawesti & Pracoyo, 2021).

Kontrol *PID* merupakan sistem kendali konvensional yang umum digunakan untuk mengatur kecepatan motor *DC* berkat struktur sederhana dan kemudahan implementasinya. Pengendalian ini menggabungkan tiga parameter *proportional*, *integral*, dan *derivative*- untuk menghasilkan sinyal kontrol. Selain memiliki struktur yang sederhana dan mudah diimplementasikan, kontrol *PID* juga terbukti mampu memberikan kinerja yang baik dalam berbagai kondisi. Namun, pengendali *PID* memiliki keterbatasan, terutama dalam menangani sistem nonlinier dan perubahan parameter lingkungan (Diono, Pratama, & Kurniawan, 2025).

Penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan karena hingga saat ini masih terdapat keterbatasan dalam penerapan Motor *BLDC* berupa efisiensi tinggi, torsi besar, umur pakai lebih lama, serta perawatan yang lebih rendah dibandingkan motor konvensional. Namun, dalam pengoperasiannya masih terdapat beberapa kendala seperti ketidakstabilan kecepatan, respon sistem yang kurang optimal, serta terjadinya rugi-rugi daya akibat metode pengendalian yang belum maksimal. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem kontrol yang mampu meningkatkan performa dan efisiensi kerja motor *BLDC*, Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif sekaligus referensi bagi pengembangan karena dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi sistem kendali motor listrik

yang lebih hemat energi dan memiliki performa lebih baik. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem penggerak pada kendaraan listrik dan industri modern yang saat ini terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan teknologi ramah lingkungan dan efisiensi energi.

A. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana respon arus pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian akselerasi?
2. Bagaimana respon kecepatan pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian efisiensi?
3. Bagaimana respon daya pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian efisiensi?

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan karena memiliki tujuan, diantaranya :

1. Mengetahui respon arus pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian akselerasi.
2. Mengetahui respon kecepatan pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian Efisiensi.
3. Mengetahui respon daya pada sistem kontrol motor *BLDC* saat pengujian efisiensi.

C. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan efisiensi performa motor *BLDC* melalui penerapan metode kontrol *Six Step* yang dipadukan dengan kontrol *PID* sehingga konsumsi daya menjadi lebih optimal dan mengurangi *error* pengendalian, serta menjaga kestabilan putaran motor ketika terjadi perubahan beban dan hemat energi. Selain itu mampu memberikan solusi dalam meningkatkan efisiensi dan kestabilan pengoperasian motor *BLDC* yang banyak digunakan pada kendaraan listrik

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, R. F., P.K, I. D., & Dewantara, B. Y. (2020). *Kontrol Motor Brushless DC Menggunakan Six Step Comutation Dengan Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)*. 7(2).
- Diono, Pratama, Y. R., & Kurniawan, B. (2025). *Perbandingan Metode PID Dan Fuzzy Logic Control Dalam Sinkronisasi Dua Motor DC*. 17(2), 97–108.
- Fathoni, M. A., & Rahmawati, E. (2015). *Perancangan I-V Meter Berbasis Mikrokontroler Dan Pc Untuk Menentukan Karakterisasi Dioda Mochammad Arief Fathoni , Endah Rahmawati*. 04, 37–40.
- Ikhsan, M., Widi, B., Wilyanti, S., Olivia, A., Faizah, S., & Pangestu, A. (2022). *Motor BLDC 1 Kw Pada Sepeda Motor Listrik*. *Jurnal Edukasi Elektro*, 6(2), 149–156.
- Jati, B. P., & Hapsari, J. P. (2022). *ESC Fullbridge 3 Fasa Motor BLDC Berdaya Besar Menggunakan Kontroler Arduino*. 5(02), 2–7.
- Khotimah, N. D., Subiyantoro, & Rifa'i, M. (2021). *Desain Sistem Kontrol Kecepatan Motor Menggunakan Kendali PID Pada Solar E-Bike*. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 8(2), 11. <https://doi.org/10.33795/Elk.V8i2.271>
- Prawesti, R. D., & Pracoyo, A. (2021). *Rancang Bangun Six-Step Inverter 3 Fasa Sebagai Modul Pembelajaran Elektronika Daya*. 8(9).
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2022). *Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan DC Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere*. *Jurnal Sutet*, 2(1), 1–17.
- Rusli, M. R., Jati, M. P., Ari, M., Nugroho, B., & Asrarul, O. (2022). *BLDC Motor Drives With A Programmable Simplified C-Block To Generate Accurate Six-Step PWM Based On STM32 Microcontroller*. 7(November), 112–118.
- Saputra, M., Djulihenanto, S., & Ridzki, I. (N.D.). *DC-DC Converter 1300 Va Dengan Pengendali Arus Berbasis Pengendali Arduino Mega Untuk Aplikasi*. 20–26.
- Yoal, H., Dirgantara, W., & Subairi. (2023). *Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Penetas Telur Otomatis Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno Berbasis Iot*. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 2(2), 176–183. <https://doi.org/10.56211/Blendsains.V2i2.356>
- Zmptb, A. C. S., Fauzan, F. N., Utami, S., Reza, M., & Pratama, B. (2024). *Monitoring Sistem Kelistrikan Tiga Fasa Berbasis Iot Dengan Sensor*. 13(April), 24–29.