



**RANCANG BANGUN ALAT KALIBRATOR KECEPATAN PUTAR
BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DENGAN KENDALI
PID, *MOVING AVERAGE FILTER*, DAN *EXPONENTIAL MOVING
AVERAGE***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:
Wisnu Firmansyah
40040321650035

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN ALAT KALIBRATOR KECEPATAN PUTAR
BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DENGAN KENDALI
PID, *MOVING AVERAGE FILTER*, DAN *EXPONENTIAL MOVING
AVERAGE***

Disusun oleh:

Wisnu Firmansyah

40040321650035

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Jumat, 26 Juni 2026

Ketua Penguji



Jatmiko Endro Suseno, S.Si., M.Si., Ph.D., F. Med.

NIP. 198902142020122012


Penguji 1



Dr. Lisa Yihaa Roodhiyah, S.Si., M.Si.

NPPU H.7.199210062022042001

Penguji 2



Ari-Bawono Putranto, S.Si, M.Si.

NIP. 198501252019031007

Mengetahui,

Ketua Program Studi S. Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi

Universitas Diponegoro

Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

ii

**HALAMAN PERSETUJUAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN ALAT KALIBRATOR KECEPATAN PUTAR
BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DENGAN KENDALI
PID, *MOVING AVERAGE FILTER*, DAN *EXPONENTIAL MOVING
AVERAGE***

Diajukan Oleh:
Wisnu Firmansyah
40040321650035

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH
Tanggal, 26 Juni 2026

Dosen Pembimbing I



Jatmiko Endro Suseno, S.Si., M.Si., Ph.D., F. Med.
NIP. 198902142020122012

Mengetahui,
Ketua Program Studi S. Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Privo Sasmoko, S.T., M.Eng.
NIP. 197009161998021001

SURAT PRNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wisnu Firmansyah
NIM : 40040321650035
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Alat Kalibrator Kecepatan Putar Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno Dengan Kendali PID, *Moving Avrage Filter*, Dan *Exponential Moving Average*

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ini ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 17 Juni 2026
Yang membuat pernyataan,

Wisnu Firmansyah

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga atas izin Allah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik terapan (S.Tr.T) dari Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
2. Dr. Moh. Ridwan, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknologi Industri.
3. Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Otomasi.
4. Jatmiko Endro Suseno, S.Si., M.Si., Ph.D., F. Med. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah banyak membantu, membimbing, dan memberikan dukungan dengan sabar dalam pengerjaan tugas akhir ini.
5. Ahmad Ridlo Hanifuddin Tahier, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kerja Praktik sekaligus dosen pembimbing tugas akhir yang mengarahkan dan membantu dalam rancangan tugas akhir ini.
6. Kedua orang tua tercinta, yang menjadi alasan terbesar penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah. Terima kasih atas setiap doa yang dipanjatkan tanpa henti, setiap pengorbanan yang diberikan tanpa pernah meminta balasan, serta kasih sayang yang tidak pernah berkurang sedikit pun. Tidak ada kata yang mampu menggambarkan betapa besar jasa dan cinta yang telah diberikan. Segala pencapaian yang diraih penulis hingga saat ini tidak akan pernah terlepas dari doa dan perjuangan kedua orang tua.
7. Seluruh keluarga besar penulis, yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dan doa selama penulis menempuh pendidikan. Kehangatan dan kebersamaan keluarga menjadi kekuatan tersendiri bagi penulis dalam menghadapi berbagai tantangan selama masa perkuliahan.
8. Ibu Nando beserta keluarga, yang telah menerima penulis dengan penuh kebaikan selama menjalani kehidupan di perantauan. Terima kasih atas

perhatian, bantuan, kepedulian, dan dukungan yang telah diberikan. Kehadiran Ibu Nando dan keluarga membuat penulis merasa tidak sendiri meskipun berada jauh dari kampung halaman. Kebaikan dan ketulusan yang diberikan akan selalu menjadi kenangan berharga yang tidak akan pernah penulis lupakan.

9. Rheza Ardian beserta keluarga, yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan hidup penulis selama berada di perantauan. Terima kasih atas segala bantuan, perhatian, dukungan, dan kebaikan yang telah diberikan. Kehangatan yang diberikan membuat penulis merasa memiliki keluarga kedua selama berada jauh dari rumah. Tidak hanya membantu dalam kehidupan sehari-hari, Rheza Ardian beserta keluarga juga telah banyak membimbing, mendukung, dan mengemong penulis dalam dunia voli sehingga penulis dapat berkembang, belajar, dan memperoleh banyak pengalaman berharga yang akan selalu dikenang.
10. Om Rizal, yang telah menjadi sosok yang sangat berarti bagi penulis selama masa perantauan. Terima kasih atas segala perhatian, kepedulian, bimbingan, nasihat, dan dukungan yang telah diberikan dengan tulus. Om Rizal bukan hanya membantu penulis dalam menjalani kehidupan sehari-hari, tetapi juga menjadi sosok yang banyak mengarahkan dan mengemong penulis dalam dunia voli. Berkat dukungan, kepercayaan, dan pelajaran yang diberikan, penulis belajar banyak hal tentang kerja keras, kedisiplinan, tanggung jawab, sportivitas, dan arti sebuah keluarga yang tidak selalu terikat oleh hubungan darah. Kebaikan yang telah diberikan akan selalu menjadi bagian dari perjalanan hidup yang tidak akan pernah penulis lupakan.
11. Seluruh teman-teman voli, yang telah memberikan kebersamaan, persahabatan, semangat, dukungan, serta berbagai kenangan yang sangat berharga selama masa perkuliahan dan perantauan. Lapangan voli bukan hanya menjadi tempat berolahraga, tetapi juga menjadi tempat penulis menemukan keluarga baru, belajar tentang kerja sama, perjuangan, dan kebersamaan. Berbagai canda tawa, cerita, kemenangan, maupun kekalahan yang dilalui bersama telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari perjalanan hidup penulis.

12. Bapak dan Ibu dosen, khususnya dosen pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, ilmu, serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas kesabaran, dedikasi, dan ilmu yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
13. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada sahabat terbaik, Bagas Sufyan dan Zaki Pahlevi, yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas setiap dukungan, doa, semangat, canda, dan kebersamaan yang mampu mengurangi lelah serta memberikan kekuatan di setiap proses yang dilalui. Tanpa disadari, kehadiran kalian menjadi penyemangat yang membuat penulis percaya bahwa setiap kesulitan pasti dapat dilewati. Semoga persahabatan ini tetap terjalin erat dan segala kebaikan yang telah diberikan mendapat balasan yang berlimpah dari Tuhan Yang Maha Esa.
14. Seluruh sahabat, teman seperjuangan, dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, motivasi, serta doa selama penulis menjalani perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
15. Terakhir, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri. Terima kasih karena telah mampu bertahan dan terus melangkah hingga sampai pada titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah ketika menghadapi berbagai kesulitan, kegagalan, keraguan, dan kelelahan selama menjalani perkuliahan maupun proses penyusunan skripsi. Menjalani kehidupan sebagai perantau jauh dari keluarga bukanlah hal yang mudah. Ada banyak hari yang diwarnai rasa rindu, kekhawatiran, dan perjuangan yang mungkin tidak diketahui oleh banyak orang. Namun semua itu berhasil dilewati dengan penuh kesabaran, keyakinan, dan semangat untuk terus berjuang. Skripsi ini bukan hanya sebuah karya ilmiah sebagai syarat memperoleh gelar sarjana, tetapi juga menjadi bukti dari perjalanan panjang, pengorbanan, doa, dan usaha yang telah dilakukan selama bertahun-tahun. Untuk semua langkah yang telah ditempuh, untuk setiap air mata yang pernah jatuh, dan untuk setiap harapan yang terus diperjuangkan, terima kasih karena telah bertahan hingga hari ini.

Penulis menyadari, bahwa dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PRNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Tugas Akhir	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Tachometer	12
2.3 Kalibrasi Alat Ukur	13
2.4 Mikrokontroler Arduino Uno	13
2.5 Sensor Optocoupler	14
2.6 Kontrol PID (<i>Proportional Integral Derivative</i>)	15
2.7 Moving Average Filter	17
2.8 Exponential Moving Average (EMA)	18
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Diagram Blok Sistem	11
3.2 Diagram Blok Komponen Penyusun Alat	12
3.3 Flowchart Sistem	14
3.4 Gambar Konsep 3D Alat	16
3.5 Spesifikasi dan Fitur Alat	17

a.	Kebutuhan Perangkat Keras	17
b.	Kebutuhan Perangkat Lunak	17
3.6	Cara Pembuatan / Fabrikasi Alat	18
3.6.1	Wiring Elektrikal	18
3.6.2	Mekanik	19
3.7	Penentuan Parameter Kontrol PID	20
3.8	Metode Kalibrasi Tachometer Nonkontak	21
3.8.1	Langkah-Langkah Kalibrasi	21
BAB IV	PENGUJIAN DAN ANALISA	22
4.1	Pengujian Sistem Kalibrator Kecepatan Putar	22
4.2	Pengujian Menggunakan PID	22
4.2.1	Tujuan Pengujian Menggunakan PID	22
4.2.2	Metode Kontrol Pengujian Menggunakan PID	22
4.2.3	Pengujian Sebelum Menggunakan PID	23
4.2.4	Pengujian Setelah Menggunakan PID	25
4.2.5	Analisis Pengujian Menggunakan PID	26
4.2.6	Pembahasan Pengujian Menggunakan PID	27
4.3	Pengujian Kestabilan Sistem	28
4.3.1	Tujuan Pengujian Kestabilan Sistem	28
4.3.2	Pengembangan Sistem pada Pengujian Kestabilan Sistem	28
4.3.3	Hasil Pengujian Kestabilan Sistem	28
4.3.4	Analisis Pengujian Kestabilan Sistem	30
4.3.5	Pembahasan Pengujian Kestabilan Sistem	31
4.4	Pengujian Keakurasian Sistem	32
4.4.1	Tujuan Pengujian Keakurasian Sistem	32
4.4.2	Pengembangan Sistem pada Pengujian Keakurasian Sistem	32
4.4.3	Hasil Pengujian Keakurasian Sistem	33
4.4.4	Analisis Pengujian Keakurasian Sistem	35
4.4.5	Pembahasan Pengujian Keakurasian Sistem	36
4.5	Analisis Perbandingan Ketiga Pengujian	37
4.5.1	Perbandingan Metode Kontrol	37
4.5.2	Perbandingan Hasil Sistem	37
4.5.3	Pengaruh Filter terhadap Sistem	38
4.6	Kesimpulan Hasil Pengujian	38

BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tachometer	13
Gambar 2. 2 Mikrokontroler Arduino Uno	14
Gambar 2. 3 Modul Sensor Optocoupler Omron EE-SX672.....	15
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem	11
Gambar 3. 2 Diagram Blok Komponen Penyusun Alat	13
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem.....	15
Gambar 3. 4 Isometric View	17
Gambar 3. 5 Skematik Rangkaian.....	18
Gambar 4. 1 Grafik Respon Sistem Sebelum Menggunakan PID	24
Gambar 4. 2 Grafik Respon Sistem Setelah Menggunakan PID	26
Gambar 4. 3 Grafik Respon Kestabilan Sistem	29
Gambar 4. 4 Grafik Respon Keakurasian Sistem.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu yang Relevan	6
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sebelum Menggunakan PID	23
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Setelah Menggunakan PID	25
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kestabilan Sistem	29
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Keakurasian Sistem.....	33
Tabel 4. 5 Analisis Transien Keakurasian	35

ABSTRAK

**RANCANG BANGUN ALAT KALIBRATOR KECEPATAN PUTAR
BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DENGAN KENDALI
PID, MOVING AVERAGE FILTER, DAN EXPONENTIAL MOVING
AVERAGE**

Wisnu Firmansyah

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat kalibrator tachometer portable berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan menggunakan sensor optocoupler sebagai pembaca kecepatan putaran motor DC. Sistem menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor optocoupler OMRON EE-SX672, motor DC, driver motor BTS7960B, dan LCD I2C sebagai media tampilan RPM. Metode kontrol yang diterapkan meliputi PID (Proportional Integral Derivative), feedforward, Exponential Moving Average (EMA), dan Moving Average Filter untuk meningkatkan kestabilan pembacaan RPM dan mengurangi noise sensor. Pengujian dilakukan dalam tiga tahap pengembangan sistem untuk mengetahui peningkatan performa alat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menghasilkan pembacaan RPM yang stabil dan akurat, dengan nilai error pada sebagian besar pengujian berada di bawah 1% serta memiliki linearitas yang sangat baik terhadap tachometer standar. Penggunaan adaptive feedforward, filtering bertingkat, dan optimasi PWM terbukti mampu meningkatkan kestabilan sistem, mengurangi overshoot, dan memperhalus pembacaan sensor. Berdasarkan hasil penelitian, alat yang dirancang layak digunakan sebagai media kalibrator tachometer portable yang stabil, akurat, ekonomis, dan mudah digunakan di lapangan.

Kata kunci: Kalibrator Tachometer, Arduino Uno, Optocoupler, PID, Moving Average Filter, Exponential Moving Average, RPM.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF ROTATION SPEED CALIBRATOR BASED ON ARDUINO UNO MICROCONTROLLER WITH PID CONTROL, MOVING AVERAGE FILTER, AND EXPONENTIAL MOVING AVERAGE

Wisnu Firmansyah

Automation Engineering Technology, Vocational School, Diponegoro University

This research aims to design and develop a portable tachometer calibrator based on the Arduino Uno microcontroller using an optocoupler sensor for DC motor rotational speed measurement. The system utilizes Arduino Uno as the main controller, OMRON EE-SX672 optocoupler sensor, DC motor, BTS7960B motor driver, and I2C LCD as the RPM display interface. The control methods applied include PID (Proportional Integral Derivative), feedforward, Exponential Moving Average (EMA), and Moving Average Filter to improve RPM reading stability and reduce sensor noise. The testing process was conducted in three stages of system development to evaluate the performance improvement of the device. The results show that the system is capable of producing stable and accurate RPM readings, with most error values below 1% and excellent linearity compared to the standard tachometer. The implementation of adaptive feedforward, multilevel filtering, and PWM optimization successfully improved system stability, reduced overshoot, and refined sensor readings. Based on the research results, the designed device is feasible to be used as a portable tachometer calibrator with stable, accurate, economical, and practical performance for field applications.

Keywords: *Tachometer Calibrator, Arduino Uno, Optocoupler, PID, Moving Average Filter, Exponential Moving Average, RPM.*