

**MODUL PERAGA PERBANDINGAN KARAKTERISIK KONTROL P,
PI DAN PID PADA SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI
TIGA FASA MENGGUNAKAN VFD BERBASIS ARDUINO UNO DAN
MONITORING KECEPATAN DENGAN LABVIEW**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi



Disusun oleh :
Alfayeth Zalva Chikal
40040320650001

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI

SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2025

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

MODUL PERAGA PERBANDINGAN KARAKTERISIK KONTROL P, PI DAN PID PADA SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN VFD BERBASIS ARDUINO UNO DAN *MONITORING* KECEPATAN DENGAN LABVIEW

Diajukan Oleh :

Alfayeth Zalva Chikal

40040320650001

Telah dilakukan pembimbingan dan dinyatakan layak untuk mengikuti ujian tugas akhir di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Menyetujui,
Dosen Pembimbing,



Priyo Sasmono, S.T.,M.Eng
NIP. 197009161998021001

Tanggal, 12 Juni 2025

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



Priyo Sasmono, S.T.,M.Eng
NIP. 197009161998021001

Tanggal, 12 Juni 2025

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

MODUL PERAGA PERBANDINGAN KARAKTERISIK KONTROL P, PI DAN PID PADA SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN VFD BERBASIS ARDUINO UNO DAN MONITORING KECEPATAN DENGAN LABVIEW

Diajukan Oleh :

Alfayeth Zalva Chikal

40040320650001

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

Pada Tanggal 12 Juni 2025

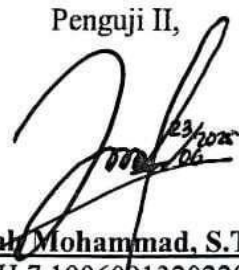
Tim Penguji,
Ketua Penguji/Pembimbing,


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

Penguji I,


Ahmad Ridlo Hanifudin T, S.Si., M.Si.
NPPU. H.7.199504152022041001

Penguji II,


Luthfansyah Mohammad, S.Tr. T., M.T
NPPU. H.7.199609132022041001

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro


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

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Alfayeth Zalva Chikal
NIM : 4004032065001
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Judul Tugas Akhir : Modul Peraga Perbandingan Karakteristik Kontrol P, PI dan PID Pada Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan VFD Berbasis Arduino UNO dan *Monitoring* Kecepatan Dengan LABVIEW

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, 12 Juni 2025
Penulis,



Alfayeth Zalva Chikal

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. Bapak Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si. selaku Dekan Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
2. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas arahan, bimbingan, bantuan serta saran yang diberikan selama penyusunan Laporan Tugas Akhir
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro atas ilmu yang telah diberikan.
5. Kedua orang tua tercinta, Ibu Ratih Permata Martiani dan Bapak Jamil Ramdan, terima kasih atas segala pengorbanan yang tak pernah diminta untuk dibalas, atas doa-doa yang mengiringi setiap langkah meski penulis jarang bertanya, atas kehadiran yang selalu menjadi tempat pulang paling tenang. Maaf bila selama ini penulis belum mampu menunjukkan rasa terima kasih itu secara langsung.
6. Teman-teman Teknologi Rekayasa Otomasi Angkatan 2020 yang telah banyak memberi pengalaman, kritik dan saran sehingga saya bisa membuat Laporan Tugas Akhir.
7. Lulu Aida Ahlam, terima kasih telah menjadi bahu yang tak pernah lelah menopang di saat semangat mulai goyah.

Yang telah saya sebutkan sebelumnya, saya mengucapkan terimakasih yang mendalam dan semoga Allah SWT membalas budi baik dari semua pihak yang telah memberikan bimbingan dan arahan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Semoga tugas akhir yang saya buat dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan dapat dikembangkan untuk kemajuan ilmu pengetahuan nantinya.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.4 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Motor Induksi.....	8
2.2.2 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa.....	10
2.2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa	11
2.3 Variable Frequency Drive (VFD).....	13

2.4 Arduino UNO	15
2.5 PWM to Voltage Converter Module.....	17
2.6 Sensor Proximity Induktif.....	20
2.7 Relay	22
2.8 LCD (Liquid Crystal Display) I2C 16x2	23
2.9 Keypad (I2C).....	25
2.10 Power Supply	27
2.11 Regulator Tegangan XL4015	28
2.12 Miniature Circuit Breaker (MCB).....	30
2.13 Arduino IDE.....	31
2.14 LabVIEW	31
2.15 Kontrol PID (Proportional - Integral - Derivatif).....	33
1. Kontroler P (<i>Proportional</i>).....	34
2. Kontroler I (<i>Integral</i>)	34
3. Kontroler D (<i>Derivatif</i>)	35
4. Rise Time	36
5. Settling Time	36
6. Maximum Overshoot	36
7. Steady-State Error	37
8. Metode Ziegler-Nichols	37
2.16 Rumus Perhitungan Diskrit.....	38
BAB III METODE PENELITIAN	40
3.1 Diagram Blok Komponen.....	40
3.2 Diagram Blok Sistem	42
3.3 Desain 3D	43

3.4 Spesifikasi dan Fitur	45
3.5 Flowchart Sistem	46
3.6 Teknik Fabrikasi Alat	47
3.6.1 Perancangan Elektrikal.....	47
3.6.2 Perancangan instalasi Platform NI LabVIEW	51
3.6.3 Perancangan Program Menggunakan Aplikasi Arduino IDE.....	54
3.6.4 Perancangan Mekanik	56
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	59
4.1 Pengujian PWM <i>to Voltage</i> (0 – 10V)	59
4.2 Pengujian Sensor Proximity Induktif.....	60
4.3 Pengujian Keseluruhan Alat.....	62
4.3.1 Identifikasi Model Sistem Open Loop 1200 RPM.....	62
4.3.2 Parameter P, PI dan PID Dengan Ziegler Nichols Open Loop	65
4.3.3 Pengujian Metode Berdasarkan Hasil Kp, Ki, Kd ke Dalam Sistem.	67
4.3.4 Pengujian Metode PI dan PID Dengan <i>Tuning Trial and Error</i>	71
4.3.5 Pengujian Metode PI dan PID Dengan Gangguan.....	74
4.3.6 Analisa Hasil Perbandingan Metode P, PI dan PID Dengan Perbedaan Interval 0,25s dan 0,1s.....	78
4.3.7 Pengujian <i>Monitoring</i> Ni LabVIEW.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	93
5.1 Kesimpulan	93
5.2 Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....	96
LAMPIRAN.....	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor Induksi Tiga Fasa.....	8
Gambar 2. 2 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa	9
Gambar 2. 3 Rotor Sangkar Tupai	10
Gambar 2. 4 Rotor Belitan.....	11
Gambar 2. 5 Motor induksi yang dihubungkan dengan sumber tiga fasa	12
Gambar 2. 6 Spesifikasi VFD.....	14
Gambar 2. 7 Rangkaian Skematik VFD007EL21A	15
Gambar 2. 8 Arduino UNO.....	16
Gambar 2. 9 Spesifikasi Arduino UNO	17
Gambar 2. 10 PWM to Voltage Converter Module	18
Gambar 2. 11 Rangkaian Skematik PWM to Voltage Conveter Module.....	19
Gambar 2. 12 Sensor Proximity Induktif.....	20
Gambar 2. 13 Cara Kerja Sensor Proximity	20
Gambar 2. 14 Rangkaian Skematik Sensor Proximity Induktif.	21
Gambar 2. 15 Relay 4 Channel.....	22
Gambar 2. 16 Rangkaian Skematik Relay 4 Channel	23
Gambar 2. 17 LCD I2C 16x2	24
Gambar 2. 18 Rangkaian Skematik LCD 16x2 to I2C	24
Gambar 2. 19 Keypad 4x4.....	25
Gambar 2. 20 I2C Keypad.....	26
Gambar 2. 21 Rangkaian Skematik Power Supply.....	27
Gambar 2. 22 Power Supply 24V 5A	28
Gambar 2. 23 Regulator Tegangan XL4015.....	29
Gambar 2. 24 Rangkaian Skematik Regulator Tegangan XL4015.....	29
Gambar 2. 25 Miniature Circuit Breaker (MCB)	30
Gambar 2. 26 Tampilan Arduino IDE.....	31
Gambar 2. 27 Tampilan Front Panel LabVIEW	32
Gambar 2. 28 Tampilan Blok Diagram LabVIEW	33
Gambar 2. 29 Blok Diagram Kontrol Proportional	34

Gambar 2. 30 Blok Diagram Kontrol Integral.....	35
Gambar 2. 31 Blok Diagram Kontrol Derivatif.....	35
Gambar 2. 32 Grafik yang menunjukkan rise time, settling time, dan overshoot	37
Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem.....	40
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem Kontrol P, PI dan PID.....	42
Gambar 3. 3 (a) Desain 3D Tampak Depan (b) Desain 3D Tampak Samping	44
Gambar 3. 4 Tampilan Dimensi Alat Keseluruhan	45
Gambar 3. 5 Flowchart Sistem	46
Gambar 4. 1 (a) Hasil pengukuran konversi PWM to Voltage (b) Hasil frekuensi pada VFD dari konversi PWM to Voltage	60
Gambar 4. 2 Hasil pengukuran tachometer.	62
Gambar 4. 3 Open Loop 1200 RPM.....	63
Gambar 4. 4 Grafik Respon Metode P Tuning Ziegler-Nichols	67
Gambar 4. 5 Grafik Respon Metode PI Tuning Ziegler-Nichols.....	68
Gambar 4. 6 Grafik Respon Metode PID Tuning Ziegler-Nichols.....	70
Gambar 4. 7 Grafik Respon Metode PI Tuning Trial and Error	71
Gambar 4. 8 Grafik Respon Metode PID Tuning Trial and Error	73
Gambar 4. 9 Metode PI Interval 0,25s Diberikan Gangguan	75
Gambar 4. 10 Metode PI Interval 0,1s Diberikan Gangguan	75
Gambar 4. 11 Metode PID Interval 0,25s Diberikan Gangguan	77
Gambar 4. 12 Metode PID Interval 0,1s Diberikan Gangguan	77
Gambar 4. 13 (a) Program Arduino IDE Untuk Pushbutton LabVIEW (b) Program Arduino IDE Untuk Setpoint LabVIEW (c) Program Blok Diagram LabVIEW Untuk Pushbutton dan Setpoint.....	90
Gambar 4. 14 (a) Program Blok Diagram LabVIEW Untuk Menampilkan Data (b) Program Serial Arduino IDE.....	90
Gambar 4. 15 Tampilan Front Panel LabVIEW	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka.....	7
Tabel 2. 2 Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa	9
Tabel 2. 3 Konfigurasi Pin yang Digunakan Pada VFD007EL21A	15
Tabel 2. 4 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino UNO	16
Tabel 2. 5 Spesifikasi PWM to Voltage Converter Module.....	18
Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor Proximity Induktif.....	21
Tabel 2. 7 Spesifikasi Relay 4 Channel	22
Tabel 2. 8 Spesifikasi LCD I2C 16x2.....	24
Tabel 2. 9 Spesifikasi keypad 4x4	26
Tabel 2. 10 Spesifikasi Power Supply 24V 5A	28
Tabel 2. 11 Spesifikasi Regulator Tegangan MP1584	29
Tabel 2. 12 Spesifikasi Miniature Circuit Breaker (MCB).....	30
Tabel 2. 13 Penentuan Parameter PID	38
Tabel 3. 1 Spesifikasi dan Fitur Alat.....	45
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin Input Pada Komponen Arduino UNO	48
Tabel 3. 3 Konfigurasi Relay 4 Channel.....	49
Tabel 3. 4 Konfigurasi PWM to Voltage	49
Tabel 4. 1 Pengujian konversi PWM to Voltage 0-10 V.....	59
Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Proximity Interval 0,25 s	61
Tabel 4. 3 Pengujian Sensor Proximity Interval 0,1s	61
Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Pendekatan Ziegler-Nichols	78
Tabel 4. 5 Hasil Perbandingan Pendekatan Trial and Error.....	80
Tabel 4. 6 Hasil Pengiriman Data Real Time Ke Excel.....	92

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Data Open loop dan Pengujian Inverter 40 Hz.....	98
Lampiran 2. Source Code Program Arduino IDE	101
Lampiran 3. Data Sheet Delta VFD007EL21A	106
Lampiran 4. Data Sheet Sensor Proximity Induktif LJ12A3-4-Z/BX.....	108
Lampiran 5. Data Sheet Arduino UNO.....	109
Lampiran 6. Data sheet PWM to Voltage Converter Module (0 - 10 V).....	111
Lampiran 7. Data Sheet Relay	112
Lampiran 8. Data Sheet LCD I2C	114
Lampiran 9. Data Sheet Keypad.....	115

INTISARI

MODUL PERAGA PERBANDINGAN KARAKTERISTIK KONTROL P, PI DAN PID PADA SISTEM KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN VFD BERBASIS ARDUINO UNO DAN *MONITORING* KECEPATAN DENGAN LABVIEW

Alfayteh Zalva Chikal

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa sangat penting dalam sistem industri untuk menjaga kestabilan dan efisiensi operasional. Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang dan membandingkan sistem kendali P, PI, dan PID berbasis Arduino UNO yang terhubung dengan Variable Frequency Drive (VFD), dengan sistem monitoring real-time melalui LabVIEW. Modul ini dikembangkan sebagai alat peraga edukatif untuk memperlihatkan perbedaan karakteristik respons dari masing-masing jenis kontrol. Penalaan parameter kontrol dilakukan menggunakan metode Ziegler-Nichols open loop dan dilanjutkan dengan metode trial and error, dengan pengujian difokuskan pada target kecepatan 1200 RPM dan dua interval sampling, yaitu 0,25 detik dan 0,1 detik. Untuk interval 0,1 detik, sistem memiliki target waktu tunda 0,4 detik dan waktu naik 5,7 detik. Hasil awal dengan tuning Ziegler-Nichols menghasilkan waktu tunda 0,7 detik, waktu naik 6,5 detik, dan waktu tunak yang belum optimal karena terjadi *overshoot*. Setelah *tuning* ulang dengan metode *trial and error*, sistem menunjukkan peningkatan performa, yaitu waktu tunda 0,5 detik, waktu naik 6,4 detik, dan waktu tunak 6,8 detik, tanpa *overshoot*. Interval 0,1 detik menghasilkan respons yang lebih cepat dan stabil dibandingkan 0,25 detik, yang memiliki waktu stabilisasi lebih panjang dan error steady-state yang lebih besar. Secara keseluruhan, kontrol PID terbukti memberikan performa terbaik dibandingkan kontrol P dan PI, terutama pada interval sampling yang lebih cepat. Sistem monitoring dengan LabVIEW juga memberikan kemudahan dalam pengamatan dan pengaturan sistem secara *real-time*. Modul ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran dan eksperimen dalam implementasi sistem kontrol motor industri berbasis mikrokontroler.

Kata Kunci: Motor induksi tiga fasa, PID, Mikrokontroler, VFD, LabVIEW.

ABSTRACT

DEMONSTRATION MODULE FOR COMPARATIVE OF P, PI AND PID CONTROL CHARACTERISTICS IN A THREE-PHASE INDUCTION MOTOR SPEED CONTROL SYSTEM USING VFD BASED ON ARDUINO UNO AND SPEED MONITORING WITH LABVIEW

Alfayeth Zalva Chikal

Automation Engineering Technology, Vocational School, Diponegoro University

Speed control of three-phase induction motors is crucial in industrial systems to ensure operational stability and efficiency. This final project aims to design and compare P, PI, and PID control systems based on Arduino UNO connected to a Variable Frequency Drive (VFD), with real-time monitoring using LabVIEW. The system is developed as an educational demonstration module to visualize the response characteristics of each control method. Controller parameters were tuned using the Ziegler-Nichols open-loop method and refined through trial and error. The experiment focused on a target speed of 1200 RPM, tested at two sampling intervals: 0.25 seconds and 0.1 seconds. For the 0.1-second interval, the system's expected performance was 0.4-second time delay and 5.7-second rise time. Initial results with Ziegler-Nichols tuning produced a 0.7-second time delay and 6.5-second rise time, with a settling time that failed to meet expectations due to overshoot. After re-tuning via trial and error, the system improved significantly, achieving a 0.5-second time delay, 6.4-second rise time, and 6.8-second settling time with no overshoot. The 0.1-second sampling interval consistently delivered better accuracy and responsiveness than the 0.25-second interval. Overall, the PID controller provided superior performance compared to P and PI, particularly at faster sampling intervals. The LabVIEW-based monitoring system also enabled real-time observation and control. This module is expected to serve as a valuable learning tool for practical applications of industrial motor control using microcontrollers.

Keywords: *Three-phase induction motor, PID, Microcontroller, VFD, LabVIEW.*