



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN TRAINER PENGENDALIAN
KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PID
BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN
INTEGRASI HMI**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Rifal Rizky Ramadan
2303321009

PROGRAM STUDI D3-ELEKTRONIKA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN TRAINER PENGENDALIAN
KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN PID
BERBASIS MIKROKONTROLER DENGAN
INTEGRASI HMI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Diploma Tiga**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Rifal Rizky Ramadan

2303321009

PROGRAM STUDI D3-ELEKTRONIKA INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rifal Rizky Ramadan

NIM : 2303321009

Tanda Tangan :

Tanggal : Depok, Kamis 16 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Rifal Rizky Ramadan

NIM : 2303321009

Program Studi : D3-Elektronika Industri

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Trainer Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Berbasis Mikrokontroler dengan Integrasi HMI

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 6 juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**

Pembimbing I

Yurixa S. P. , S.Si.,M.T.
NIP.19960707202406200

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 16 juli 2026

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "*Rancang Bangun Trainer Sistem Kendali Kecepatan Motor DC Berbasis Mikrokontroler dengan Integrasi Human Machine Interface (HMI)*" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga pada Program Studi D3 Elektronika Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi D3 Elektronika Industri.
3. Ibu Yurixa S. P., S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi.
5. Rekan satu tim serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 16 Juli 2026

Penulis
Rifal Rizky Ramadan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Pengendalian kecepatan motor DC merupakan salah satu kompetensi dasar yang penting dalam bidang elektronika industri, namun pemahaman mahasiswa terhadap konsep ini sering kali masih bersifat teoretis karena keterbatasan media pembelajaran yang interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sebuah trainer pengendalian kecepatan motor DC berbasis kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID) yang dijalankan oleh mikrokontroler dan dilengkapi antarmuka Human Machine Interface (HMI). Sistem disusun menggunakan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 sebagai pusat kendali, motor DC bergearbox JGA25 yang dilengkapi rotary encoder sebagai objek yang dikendalikan, driver L298N sebagai penggerak daya, serta panel HMI TJC 2,4 inci yang berkomunikasi melalui jalur UART untuk menampilkan dan mengatur parameter secara langsung. Algoritma PID diterapkan untuk menjaga kecepatan putaran motor agar sesuai dengan nilai acuan, dengan parameter $K_p = 0,4$; $K_i = 0,03$; dan $K_d = 0,03$ serta waktu pencuplikan 100 ms. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi nilai PWM dan setpoint, kemudian membandingkan kecepatan aktual yang terbaca encoder terhadap nilai yang diinginkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor mampu mencapai kecepatan maksimum sebesar 335,30 RPM pada PWM 255, dan kontrol PID berhasil menstabilkan kecepatan motor pada berbagai nilai setpoint dengan respons yang memadai. Dengan demikian, trainer yang dibangun dapat berfungsi sebagai media pembelajaran yang membantu mahasiswa memahami prinsip pengendalian kecepatan motor DC secara nyata dan interaktif.

Kata kunci: trainer, motor DC, kontrol PID, ESP32, HMI, kecepatan

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRACT

Direct current (DC) motor speed control is one of the fundamental competencies in industrial electronics, yet students' understanding of this concept often remains theoretical due to the limited availability of interactive learning media. This study aims to design and build a DC motor speed control trainer based on a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller, driven by a microcontroller and equipped with a Human Machine Interface (HMI). The system is built using an ESP32 DevKit V1 microcontroller as the control center, a JGA25 geared DC motor with a rotary encoder as the controlled object, an L298N driver as the power actuator, and a 2.4-inch TJC HMI panel communicating through a UART line to display and adjust parameters directly. A PID algorithm is implemented to keep the motor rotational speed in line with the reference value, using parameters $K_p = 0.4$, $K_i = 0.03$, and $K_d = 0.03$ with a 100 ms sampling time. Testing was carried out by applying variations of PWM values and setpoints, then comparing the actual speed read by the encoder against the desired value. The results show that the motor reached a maximum speed of 335.30 RPM at PWM 255, and the PID controller successfully stabilized the motor speed at various setpoints with adequate response. Therefore, the developed trainer can serve as a learning medium that helps students understand the principles of DC motor speed control in a real and interactive way.

Keywords: DC motor, PID control, ESP32, HMI, trainer, speed.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan masalah	2
1.5 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Referensi Penelitian	4
2.2 Trainer Sistem PID.....	6
2.3 ESP32 Dev Kit V1	6
2.4 Motor DC JGA25 (Magnetic Encoder).....	7
2.5 Driver Motor L298N.....	8
2.6 Hall Sensor	9
2.7 Power Supply	10
2.8 Human Machine Interface (HMI).....	10
2.9 Sistem Komunikasi	11
2.10 Kontrol PID (Proportional Integral Derivative).....	11
2.10.1 Komponen proportional (P).....	12
2.10.2 Komponen integral (I)	12
2.10.3 Komponen derivative (D)	12
2.10.4 Blok Diagram PID	13
2.11 Parameter Kinerja Sistem PID	13
2.11.1 Rise Time	13
2.11.2 Settling Time.....	14
2.11.3 Overshoot	14
2.11.4 Steady-State Error	14



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	17
3.1 Perancangan Alat	17
3.1.1 Deskripsi Alat	17
3.1.2 Cara Kerja Alat	18
3.1.3 Spesifikasi Alat	19
3.1.4 Diagram Blok.....	21
3.2 Flowchart Sistem.....	22
3.3 Wiring Diagram	23
3.4 Realisasi Alat	25
3.4.1 Perancangan Perangkat Keras.....	25
3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	38
4.1 Pengujian Komunikasi HMI dan ESP32	38
4.1.1 Deskripsi Pengujian	38
4.1.2 Prosedur Pengujian	38
4.1.3 Data Hasil Pengujian	39
4.1.4 Analisa Data / Evaluasi	40
4.2 Pengujian Encoder Sebagai Pembaca Kecepatan Motor.....	41
4.2.1 Deskripsi Pengujian	42
4.2.2 Prosedur Pengujian	42
4.2.3 Data Hasil Pengujian	42
4.2.4 Analisa Data / Evaluasi	44
4.3 Pengujian Open Loop.....	44
4.3.1 Deskripsi Pengujian	44
4.3.2 Prosedur Pengujian	44
4.3.3 Data Hasil Pengujian	45
4.3.4 Analisa Data / Evaluasi	46
4.4 Pengujian Mode Closed Loop	46
4.4.1 Deskripsi Pengujian	46
4.4.2 Prosedur Pengujian	47
4.4.3 Data Hasil Pengujian Metode (A dan B)	47
4.4.4 Analisa Data / Evaluasi dan Kesimpulan Untuk Metode A dan B.....	51
BAB V PENUTUP.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53

5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	57



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Esp32 Dev Kit V1	7
Gambar 2. 2 Motor Dc jga-25 sumber : (https://id.shp.ee/ekYzwqWM)	8
Gambar 2. 3 Driver L298n	9
Gambar 2. 4 Magnetic Encoder	9
Gambar 2. 5 HMI TJC sumber : (https://www.techonicsltd.com)	11
Gambar 2. 6 Gambar Blok Diagram PID	13
Gambar 2. 7 Grafik Respon PID(sumber : by <u>Hikmatul Amri</u>)	15
Gambar 3. 1 Flowchart Cara kerja Alat	18
Gambar 3. 2 Blok Diagram	21
Gambar 3. 3 Flow Chart	22
Gambar 3. 4 Wiring Diagram	23
Gambar 3. 5 Realisasi Alat	25
Gambar 3. 6 Halaman 1 HMI	29
Gambar 3. 7 Halaman 2 HMI	29
Gambar 3. 8 Halaman 3 HMI	30
Gambar 3. 9 Halaman 4 HMI	30
Gambar 3. 10 Halaman 5 HMI	31
Gambar 3. 11 Halaman 6 HMI	31
Gambar 4. 1 Grafik Respon RPM Terhadap PWM	43



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

TABEL 3. 1 SPESIFIKASI ALAT	19
TABEL 3. 2 KONFIGURASI KOMPONEN	26
TABEL 3. 3 STRUKTUR SISTEM	27
TABEL 3. 4 HALAMAN HMI	28
TABEL 3. 5 INTEGRASI HMI DENGAN ESP32.....	32
TABEL 3. 6 PARAMETER PID	36
Tabel 4. 1 Pengujian HMi-Esp32.....	39
TABEL 4. 2 PENGUJIAN ENCODER	42
TABEL 4. 3 PENGUJIAN OPEN LOOP	45
TABEL 4. 4 PARAMETER PID MODE A.....	48
TABEL 4. 5 DATA PENGUJIAN METODE A.....	48
TABEL 4. 6 DATA PENGUJIAN VARIASI KD.....	49
TABEL 4. 7 PENALAAN PARAMETER PID(SP 300RPM).....	50

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor DC merupakan salah satu aktuator yang banyak digunakan dalam sistem otomasi industri karena memiliki karakteristik yang mudah dikendalikan dan mampu menghasilkan respon yang baik terhadap perubahan kecepatan (Ma'arif et al., 2021). Pada berbagai proses industri, pengendalian kecepatan motor DC diperlukan untuk menjaga kestabilan proses dan memastikan sistem bekerja sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah kontrol Proportional-Integral-Derivative (PID), karena mampu memperkecil error serta mempertahankan kecepatan motor agar tetap sesuai dengan nilai setpoint yang ditentukan (Alanro & Supriyono, 2023).

Dalam dunia pendidikan vokasi, khususnya pada bidang elektronika industri, sistem kendali merupakan salah satu kompetensi yang harus dikuasai oleh mahasiswa. Namun, proses pembelajaran sering kali masih didominasi oleh teori dan simulasi perangkat lunak sehingga mahasiswa belum memperoleh pengalaman yang cukup dalam mengimplementasikan sistem kendali pada perangkat nyata. Kondisi tersebut menyebabkan adanya kesenjangan antara pemahaman teoritis dan kemampuan praktis dalam menerapkan kontrol PID pada suatu plant (Alanro & Supriyono, 2023).

Perkembangan teknologi mikrokontroler memungkinkan implementasi sistem kendali dengan biaya yang relatif rendah dan kinerja yang memadai. Mikrokontroler dapat digunakan untuk membaca sensor, menghitung algoritma PID, serta mengendalikan aktuator secara real-time. Selain itu, penggunaan Human Machine Interface (HMI) memungkinkan pengguna melakukan pengaturan parameter kontrol, seperti setpoint, konstanta PID, serta memantau kondisi sistem secara langsung melalui tampilan yang interaktif dan mudah digunakan (Andika, 2025).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan konsep sistem kendali dengan implementasi nyata di lapangan. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dirancang dan dibangun sebuah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

trainer sistem kendali kecepatan motor DC berbasis mikrokontroler dengan integrasi Human Machine Interface (HMI). Trainer ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran yang efektif untuk membantu mahasiswa memahami prinsip kerja kontrol PID, proses tuning parameter, serta implementasi sistem kendali kecepatan motor DC secara langsung, sehingga dapat meningkatkan kompetensi mahasiswa sesuai dengan kebutuhan industri otomasi dan instrumentasi (Alanro & Supriyono, 2023).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan trainer pengendalian kecepatan motor DC berbasis mikrokontroler dengan integrasi HMI?
2. Bagaimana mengintegrasikan HMI, ESP32, driver motor, motor DC, dan encoder pada trainer pengendalian kecepatan motor DC?
3. Bagaimana mengimplementasikan kontrol PID pada trainer untuk mengatur kecepatan motor DC berdasarkan nilai setpoint?
4. Bagaimana hasil pengujian fungsi trainer pada mode open loop dan closed loop?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Merealisasikan trainer sistem kontrol kecepatan motor DC berbasis kontrol PID sebagai media praktikum.
- b. Mengimplementasikan sistem kontrol PID pada trainer untuk mengendalikan kecepatan motor DC.
- c. Melakukan pengujian fungsi trainer untuk mengetahui unjuk kerja sistem dalam mengatur kecepatan motor DC melalui mode open loop dan closed loop.

1.4 Batasan masalah

Agar pembahasan tugas akhir lebih terarah, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Tugas akhir ini difokuskan pada rancang bangun dan implementasi trainer pengendalian kecepatan motor DC berbasis mikrokontroler dengan integrasi HMI.
2. Motor yang digunakan adalah motor DC gearbox yang dilengkapi dengan magnetic encoder sebagai sensor pembaca kecepatan.
3. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pengendali utama untuk membaca data encoder, menerima data dari HMI, menghitung kontrol PID, dan menghasilkan sinyal PWM ke driver motor.
4. HMI digunakan sebagai antarmuka untuk memilih mode operasi, memasukkan nilai setpoint, memasukkan parameter PID, serta menampilkan nilai kecepatan motor secara real-time.
5. Pengujian sistem difokuskan pada pengujian fungsi trainer, meliputi komunikasi HMI dengan ESP32, pembacaan encoder, hubungan PWM terhadap RPM, mode open loop, dan mode closed loop.
6. Kontrol PID digunakan sebagai metode pengendalian kecepatan motor DC yang diimplementasikan pada trainer, bukan sebagai objek analisis matematis secara mendalam.
7. Penelitian ini tidak membahas identifikasi model matematis motor DC, analisis kestabilan sistem secara lanjutan, optimasi parameter PID, maupun perbandingan metode kontrol.
8. Pengujian parameter PID dilakukan secara fungsional untuk menunjukkan bahwa sistem closed loop dapat bekerja berdasarkan setpoint dan umpan balik RPM aktual.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari perancangan alat Tugas Akhir ini adalah :

1. Alat rancang bangun trainer sistem kontrol kecepatan motor DC berbasis kontrol PID.
2. Modul job sheet/lab sheet praktikum sistem kontrol kecepatan motor DC.
3. Laporan Tugas Akhir.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian trainer pengendalian kecepatan motor DC menggunakan PID berbasis mikrokontroler dengan integrasi HMI, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Trainer berhasil direalisasikan dengan ESP32 DevKit V1 sebagai pengendali utama, HMI TJC sebagai antarmuka pengguna, driver motor L298N sebagai penggerak motor, motor DC gearbox dengan magnetic encoder sebagai plant sekaligus sensor kecepatan, serta catu daya sebagai sumber tegangan sistem.
2. Integrasi antar komponen berjalan sesuai fungsi yang dirancang: HMI digunakan untuk memilih mode operasi, memasukkan setpoint dan parameter PID, serta menampilkan RPM aktual; ESP32 menerima data dari HMI melalui komunikasi UART, membaca pulsa encoder, menghitung RPM aktual, dan menghasilkan sinyal PWM untuk mengatur kecepatan motor melalui driver L298N.
3. Karakterisasi PWM terhadap RPM menunjukkan hubungan yang meningkat seiring kenaikan PWM, dari 0 RPM (PWM 0) hingga 335,30 RPM (PWM 255), dengan kecenderungan tidak sepenuhnya linear akibat karakteristik motor, driver, tegangan suplai, dan faktor mekanik. Data ini menjadi acuan pada mode open loop untuk mengatur kecepatan motor berdasarkan nilai PWM.
4. Mode closed loop dengan kontrol PID berhasil diimplementasikan dan diuji melalui dua metode (parameter tetap dengan setpoint bervariasi, dan setpoint tetap dengan parameter bervariasi). Dengan parameter $K_p = 0,4$; $K_i = 0,03$; dan $K_d = 0,03$, sistem mampu menjejaki setpoint 100–200 RPM dengan overshoot kecil (di bawah 1%), rise time cepat, dan galat keadaan tunak rendah.
5. Secara keseluruhan, trainer yang dibuat telah menjalankan fungsi utamanya sebagai media implementasi pengendalian kecepatan motor DC berbasis PID dengan integrasi HMI, serta mampu menunjukkan prinsip kerja



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pengaturan kecepatan motor pada mode open loop dan closed loop secara fungsional.

5.2 Saran

Trainer yang telah direalisasikan pada penelitian ini terbukti mampu menjalankan fungsi pengendalian kecepatan motor DC berbasis PID dengan baik, baik pada mode open loop maupun closed loop. Sebagai peluang pengembangan lebih lanjut untuk memperluas cakupan aplikasi dan nilai edukatif trainer, berikut beberapa arah yang dapat dipertimbangkan pada penelitian selanjutnya:

1. Menambahkan modul perekaman data respons secara real-time (ke komputer atau kartu memori) sebagai fitur pelengkap, sehingga trainer dapat mendukung kegiatan analisis data dan dokumentasi eksperimen yang lebih mendalam.
2. Mengeksplorasi metode penalaan PID alternatif (seperti Ziegler–Nichols, auto-tuning, atau gain scheduling) serta metode kendali pembanding (seperti Fuzzy-PID), sebagai variasi materi pembelajaran mengenai pendekatan kendali motor DC.
3. Mengeksplorasi variasi komponen pendukung — seperti encoder dengan resolusi berbeda dan driver motor alternatif berbasis MOSFET — guna memperluas cakupan trainer pada aplikasi dengan karakteristik yang lebih beragam.
4. Mengintegrasikan konektivitas nirkabel (Wi-Fi/Bluetooth) untuk mendukung pengembangan berbasis IoT, serta menambahkan skenario pengujian dengan variasi pembebanan mekanis sebagai materi pembelajaran mengenai disturbance rejection.
5. Memperluas fungsi trainer dengan menambahkan mode pengendalian posisi motor, serta melengkapi fitur proteksi tambahan (seperti sensor arus/overcurrent protection) untuk mendukung standar keselamatan pada skala praktikum yang lebih luas.

Dengan arah pengembangan tersebut, trainer ini berpotensi terus berkembang menjadi media pembelajaran instrumentasi dan kendali yang semakin komprehensif dan relevan dengan kebutuhan industri.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

Alanro, F. F., & Supriyono, H. (2023). *Trainer praktikum pengendali kecepatan motor DC dengan PID berbasis Arduino* [Naskah Publikasi, Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <https://eprints.ums.ac.id/114002/>

Amanda, N., Franky, F., Dwisaputra, I., & Setiawan, I. M. A. (2025). Analisis dampak variasi konstan pengontrol PID pada kontrol kecepatan motor DC. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 3(1), 120–128. <https://doi.org/10.33504/jitt.v3i1.278>

Andika, A. (2025). Pengembangan media pembelajaran kontrol kecepatan motor DC berbasis Arduino dan visualisasi data menggunakan Human Machine Interface (HMI) [Skripsi Diploma, Universitas Muhammadiyah Malang]. <https://eprints.umm.ac.id/21657/>

Azim, F., dkk. (2024). Implementasi kendali PID pada kecepatan motor DC sebagai media pembelajaran berbasis Arduino dan LabVIEW. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer Elektro (JTECE)*, 6(2), 139–151. <https://journal.ittelkom-pwt.ac.id/index.php/jtece/article/view/1461>

Espressif Systems. (2023). *ESP32 series datasheet*. https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

Fajar, R., & Rusimamto, P. W. (2024). Rancang bangun sistem kendali kecepatan putaran motor DC menggunakan PID controller. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(2), 135–143. <https://doi.org/10.26740/jte.v13n2.p135-143>

Li, Z. (2023). Review of PID control design and tuning methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2649(1), 012009. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2649/1/012009>

Lumban Gaol, D., & Siregar, E. R. (2026). Analisis perbandingan kontrol P, PI, dan PID pada pengaturan kecepatan motor DC berbasis simulasi MATLAB. *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 3(1). <https://ejurnal.kampusakademik.co.id/index.php/jinu/article/view/7558>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ma'arif, A., & Setiawan, N. R. (2021). Control of DC motor using integral state feedback and comparison with PID: Simulation and Arduino implementation. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(5), 456–461.

<https://doi.org/10.18196/jrc.25122>

Praselia, A. M., Hariyanto, T., Huda, A., Sartika, L., & Fitriani, F. (2023). Monitoring dan kendali kecepatan motor universal menggunakan HMI. *Elektrika Borneo*, 9(1). <https://doi.org/10.35334/eb.v9i1.3502>

Santoso, D., & Izci, D. (2026). Control strategy design for DC motor speed regulation using PID controller. *SEED: Journal of Scientific Research*. <https://ejournal.publine.or.id/index.php/seed/article/view/396>

STMicroelectronics. (2023). *L298: Dual full-bridge driver* [Datasheet]. <https://www.st.com/resource/en/datasheet/l298.pdf>

Subarta, B., Eteruddin, H., & Setiawan, D. (2024). Analisis perbandingan sistem kendali PID dan sistem kendali Fuzzy PID pada pengontrolan kecepatan motor DC. *TELKA*, 10(2), 178–192. <https://telka.ee.uinsgd.ac.id/TELKA/article/view/telka.v10n2.178-192>

TJC Intelligent. (2024). *Panduan penggunaan layar HMI TJC* [Manual produk].

Zumhari, Mardiana, & Hasnita, U. (2025). Motor speed control sensor using Hall effect sensor based on IoT. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 4(4), 86–90. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v4i4.385>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1 RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama **Rifal Rizky Ramadan**, lahir di Sukabumi pada tanggal 25 Oktober 2004, merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 1 Jayanegara (2016), SMPI Al-Basyry (2019), dan SMAN 1 Kabandungan (2023). Saat ini penulis sedang menempuh pendidikan Diploma III Program Studi Teknik Elektronika Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *"Rancang Bangun Trainer Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan PID Berbasis Mikrokontroler dengan Integrasi HMI"*.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Spesifikasi Komponen

Lampiran ini menyajikan spesifikasi teknis komponen utama yang digunakan pada perancangan trainer sebagai acuan pemilihan dan kesesuaian komponen terhadap sistem. Rincian lengkap tiap komponen dapat dilihat pada datasheet resmi yang tercantum pada Daftar Pustaka.

1. Motor DC JGA25 (dengan gearbox 1:34 dan encoder)

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Motor DC bergearbox (gear ratio 1:34)
Tegangan kerja	12 V DC
Kecepatan tanpa beban	± 294 rpm
Kecepatan berbeban	± 236 rpm
Torsi nominal	2,2 kg·cm
Torsi stall	11 kg·cm
Arus nominal	0,35 A
Arus stall	4,7 A
Encoder	Hall effect, 2 kanal, 12 CPR (± 408 pulsa/putaran poros)
Tegangan encoder	3,5 – 20 V DC



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Mikrokontroler ESP32

Tabel 1 Spesifikasi ESP32

Parameter	Spesifikasi
Prosesor	Dual-core Xtensa LX6, hingga 240 MHz
Memori	SRAM 520 KB, Flash 4 MB
Tegangan kerja	3,3 V DC
Konektivitas	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2
GPIO	34 pin (mendukung PWM, ADC, UART, I ² C, SPI)
Antarmuka serial	UART (digunakan untuk komunikasi HMI, 115200 bps)

3. Driver Motor L298N

Tabel 2 Spesifikasi L298N

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Dual H-Bridge (full-bridge)
Tegangan suplai motor	5 – 35 V DC (modul)
Tegangan logika	5 V DC
Arus keluaran	2 A per kanal (puncak $\pm$ 3 A)
Metode kendali	PWM + arah (IN1/IN2, ENA)
Proteksi	Dilengkapi dioda flyback internal



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Layar HMI TJC (kompatibel Nextion)

Tabel 3 Spesifikasi HMI

Parameter	Spesifikasi
Tipe layar	LCD sentuh (resistive touchscreen)
Komunikasi	UART serial TTL
Baud rate	115200 bps
Tegangan kerja	5 V DC
Fungsi	Antarmuka masukan setpoint & parameter PID, serta visualisasi respons

5. Modul Step-Down XL4005 (DC-DC Buck Converter)

Tabel 4 Spesifikasi xl4005

Parameter	Spesifikasi
Tipe	Buck converter (step-down)
Tegangan masukan	5 – 32 V DC
Tegangan keluaran	Diatur $\pm$ 5 V DC
Arus keluaran maksimum	5 A
Fungsi	Menurunkan 12 V ke 5 V untuk ESP32, HMI, dan kipas

6. Catu Daya (Power Supply SMPS)

Tabel 5 Spesifikasi SMPS

Parameter	Spesifikasi
Tegangan keluaran	12 V DC
Fungsi	Sumber utama motor dan sistem (diturunkan ke 5 V via XL4005)

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Listing Program

Berikut listing program (firmware) yang ditanamkan pada mikrokontroler ESP32 sebagai kendali utama trainer, mencakup pembacaan encoder, mode open loop, mode closed loop (PID), komunikasi dengan HMI, serta pengukuran otomatis parameter respons sistem.

1. Pembacaan Kecepatan (Encoder)

Menghitung RPM dari pulsa encoder, lalu dihaluskan dengan low-pass filter.

```
void IRAM_ATTR encoderISR() { encoderCount++; } // hitung pulsa
```

// dijalankan tiap 100 ms:

```
rpm = (pulsa / PPR) * (60000.0 / SAMPLE_MS); // konversi ke RPM
```

```
filteredRPM = alpha * rpm + (1 - alpha) * filteredRPM; // filter (alpha = 0.4)
```

2. Feedforward (Tabel Karakterisasi PWM–RPM)

Menentukan PWM awal berdasarkan hasil karakterisasi open loop (interpolasi linear).

```
int pwmFromRPM(float rpm) {
    // cari 2 titik tabel yang mengapit rpm, lalu interpolasi
    float r = (rpm - rpmTable[i]) / (rpmTable[i+1] - rpmTable[i]);
    return pwmTable[i] + r * (pwmTable[i+1] - pwmTable[i]);
}
```

3. Kalkulasi Kendali PID (Closed Loop)

Error dihitung, lalu output PID menjadi **koreksi** terhadap feedforward.

```
error = setpointRPM - filteredRPM;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
if (fabs(error) < RPM_DEADBAND) error = 0; // deadband ±5 RPM (anti getar)
else integral += error * dt; // akumulasi (dibatasi anti wind-up)
```

```
P = Kp * error;
```

```
I = Ki * integral;
```

```
D = Kd * (error - prevError) / dt;
```

```
pwm = pwmFromRPM(setpointRPM) + (P + I + D); // feedforward + koreksi PID
```

```
pwm = constrain(pwm, PWM_MIN, PWM_MAX);
```

```
prevError = error;
```

4. Komunikasi dengan HMI

Terima perintah/parameter dari HMI, dan **kirim** data untuk ditampilkan.

```
// --- Terima dari HMI ---
```

```
if (in == 'O') currentMode = MODE_OPEN_LOOP; // pilih mode
```

```
if (in == 'C') currentMode = MODE_CLOSED_LOOP;
```

```
if (in == 'T') currentMode = MODE_STOP;
```

```
// prefix "SP"/"KP"/"KI"/"KD" diikuti 4 byte nilai -> setpoint & parameter PID
```

```
// --- Kirim ke HMI ---
```

```
HMI_SERIAL.print("n0.val="); HMI_SERIAL.print(rpm); // angka RPM
```

```
HMI_SERIAL.print("z0.val="); HMI_SERIAL.print(gauge); // gauge
```

```
HMI_SERIAL.print("add "); ... // grafik waveform (SP & RPM)
```

5. Struktur Program Utama



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

C++

void setup() {

    // inisialisasi pin, PWM (ledc), interrupt encoder, serial HMI

}

void loop() {

    readHMI();           // baca perintah HMI

    if (waktunya sampling / 100 ms) {

        hitung RPM + filter;

        switch (mode) {   // STOP / OPEN LOOP / CLOSED LOOP

            open loop -> runOpenLoop();

            closed loop-> runClosedLoop();

        }

        sendToHMI();      // tampilkan data ke HMI

    }

}
  
```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

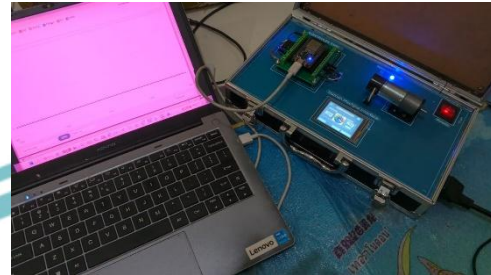
Lampiran 4 Dokumentasi Realisasi

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Trainer Beroperasi



Pengujian Trainer



Trainer Tampak Depan



Finalisasi Perancangan



Tampak Keseluruhan Trainer



Rancang Bangun Trainer