

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR

**IMPLEMENTASI ROTARY ENCODER PADA SISTEM PENGATURAN
KECEPATAN MOTOR DC DENGAN KONTROL PID
BERBASIS PLC DAN HMI SIEMENS**

Oleh :

Muhammad Al Fikram/0032146

Naufal Anggara/0032149

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1



Aan Febriansyah, M.T.

Pembimbing 2



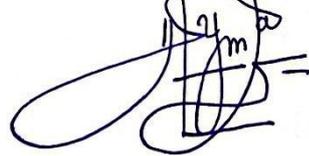
Indra Dwisaputra, M.T.

Penguji 1



Eko Sulistyono, M.T.

Penguji 2



Yang Agita Rindri, M.Eng.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Muhammad Al Fikram NIM : 0032146

Nama Mahasiswa 2 : Naufal Anggara NIM : 0032149

Dengan Judul : IMPLEMENTASI ROTARY ENCODER
PADA SISTEM PENGATURAN
KECEPATAN MOTOR DC DENGAN
KONTROL PID BERBASIS PLC DAN
HMI SIEMENS

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 31 Mei 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Muhammad Al Fikram


.....

2. Naufal Anggara


.....

ABSTRAK

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan salah satu pembelajaran utama yang diajarkan di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Untuk memaksimalkan proses pembelajaran, diperlukan media pembelajaran yang portable, mudah dibawa, dan dioperasikan. Media pembelajaran tersebut berbentuk Trainer Kit yang berfokus pada pembelajaran analog pada PLC. Analog pada PLC merupakan aspek yang sangat penting dan wajib dikuasai oleh mahasiswa, khususnya mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yang akan terjun ke industri manufaktur di masa depan. Untuk itu, dibangunlah sebuah Trainer Kit dan modul praktikum yang berfokus pada pengaplikasian Analog pada PLC dengan harapan mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat lebih mudah memahami dan mengerti penggunaan analog pada PLC. Trainer Kit ini berisi beberapa tombol dan lampu indikator sebagai input dan output PLC, Potensiometer dan Motor DC sebagai analog input dan output utamanya, Rotary Encoder yang digunakan untuk menampilkan kecepatan Motor DC serta sebuah HMI (Human Machine Interface) yang dapat menampilkan sistem atau program yang akan dibuat. Dengan Trainer Kit ini, dilaksanakan percobaan mengenai pengaplikasian PID pada kontrol kecepatan Motor DC. Telah dilakukan juga pengujian trainer kit kepada beberapa mahasiswa. Setelah mahasiswa menggunakan trainer kit tersebut, mereka diminta mengisi kuesioner yang berisi penilaian mengenai performa, keamanan, kemudahan pengoperasian, serta kualitas konstruksi. Dari hasil kuesioner tersebut, diperoleh rata-rata nilai sebesar 4,16 dari skala 5,0.

Kata kunci: Analog, Motor DC, PLC, Rotary Encoder

ABSTRACT

Programmable Logic Controller (PLC) is one of the main subjects taught at the Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. To maximize the learning process, a portable, easy-to-carry, and easy-to-operate learning medium is required. This learning medium takes the form of a Trainer Kit focused on analog learning on PLCs. Analog on PLCs is a very important aspect and must be mastered by students, especially those at the Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, who will enter the manufacturing industry in the future. Therefore, a Trainer Kit and practical module focusing on the application of analog on PLCs have been developed with the hope that students at the Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung can more easily understand and comprehend the use of analog on PLCs. This Trainer Kit includes several buttons and indicator lights as PLC input and output, a potentiometer and DC motor as the main analog input and output, a rotary encoder used to display the speed of the DC motor, and a Human Machine Interface (HMI) to display the system or program to be created. Using this Trainer Kit, an experiment was conducted on the application of PID control for DC motor speed control. The Trainer Kit was also tested by several students. After using the Trainer Kit, they were asked to fill out a questionnaire evaluating performance, safety, ease of operation, and construction quality. From the results of the questionnaire, an average score of 4.16 out of 5.0 was obtained.

Keywords: Analog, DC Motor, PLC, Rotary Encoder

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan proyek akhir dengan judul “Implementasi Rotary Encoder Pada Sistem Kecepatan Motor DC Dengan Kontrol PID Berbasis PLC dan HMI Siemens”.

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan doa, dorongan dan motivasi sehingga Proyek Akhir ini dapat terlaksana dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, melimpahkan rahmat dan hidayah.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Irwan, M.Sc., Ph.D selaku Wakil Direktur I Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Muhammad Subhan, M.T selaku Wakil Direktur II Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Eko Sulistyono, M.T selaku Wakil Direktur III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Bapak Ocsirendi, M.T selaku Kepala Prodi D3 Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

8. Bapak Aan Febriansyah, M.T selaku Dosen Pembimbing I pada Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
9. Bapak Indra Dwisaputra, M.T selaku Dosen Pembimbing II pada Proyek Akhir Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
10. Kedua orang tua yang selalu senantiasa memberikan dukungan, semangat, kasih sayang dan do'a yang tak pernah putus disetiap sujud mereka.
11. Seluruh pihak yang telah membantu memberi semangat dan masukan dalam menyelesaikan proyek akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis memohon maaf apabila dalam penulisan terdapat kesalahan kata, pengetikan dan kekeliruan sehingga membingungkan para pembaca dalam memahami maksud dari isi laporan.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun sehingga dapat menyempurnakan laporan ini dan menjadi acuan dalam menyusun laporan selanjutnya. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Sungailiat, 31 Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Proyek Akhir.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	4
2.1.1 PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC.....	4
2.2 <i>Human Machine Interface (HMI)</i>	5
2.2.1 HMI Siemens TP700 Comfort.....	6
2.3 <i>Rotary Encoder</i>	6
2.3.1 <i>Rotary Encoder E50S8-100-3-T-24</i>	7
2.4 Motor DC.....	7
2.4.1 Motor DC RS-555	8
2.5 Kontrol PID	8
2.5.1 Metode <i>Ziegler-Nichols (ZN)</i>	9
2.5.2 Auto Tunning PID mode <i>Fine-Tunning</i>	10
BAB III METODE PELAKSANAAN.....	11
3.1 Studi Literatur	12
3.2 Waktu Tunggu Pemesanan Komponen	12
3.3 Desain Sistem	12
3.3.1 Desain Trainer Kit	13
3.3.2 Wiring Diagram PLC ke Motor DC	14

3.3.3	Wiring Diagram Analog Ouput PLC 0-20 mA ke 0-10 Volt.....	15
3.4	Pengaturan Hardware.....	15
3.5	Konfigurasi Perangkat Lunak.....	16
3.6	Pengujian dan Debugging.....	16
3.7	Perbaikan Program.....	17
3.8	Pengujian Penggunaan Trainer Kit.....	17
3.9	Pembuatan Laporan Proyek Akhir.....	17
BAB IV PEMBAHASAN		18
4.1	Implementasi Rotary Encoder dalam Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC	18
4.1.1	Pemilihan Tipe <i>Rotary Encoder</i> dan <i>Interfacing</i> dengan PLC.....	18
4.1.2	Perbandingan Hasil Pembacaan RPM pada PLC dengan Tachometer	19
4.2	Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Konrol PID.....	20
4.2.1	Tuning Parameter PID Metode <i>Ziegler-Nichols (ZN)</i> dengan pendekatan Osilasi	21
4.2.2	Pengujian Pengendali P, I, dan D Secara Terpisah.....	25
4.2.2	Pengujian Pengendali <i>Proportional Integral (PI)</i>	25
4.2.3	Pengujian Pengendali <i>Proportional Derivative (PD)</i>	27
4.2.4	Pengujian Pengendali <i>Proportional, Integral, dan Dervative (PID)</i>	27
4.3	Integrasi PLC dan HMI Siemens dalam Sistem	29
4.3.1	Visualisasi Operasional.....	29
4.4	Pengujian Pengguna terhadap Trainer Kit	32
4.4.1	<i>User Acceptance Test (UAT)</i>	33
4.5	Tantangan yang Diatasi.....	36
4.5.1	Integrasi Perangkat Keras dan Lunak.....	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	42
5.3	Penutup	42
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ilustrasi Otomasi Industri	1
Gambar 2. 1 PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC.....	5
Gambar 2. 2 HMI Siemens TP700 Comfort.....	6
Gambar 2. 3 Rotary Encoder	7
Gambar 2. 4 Motor DC RS-555	8
Gambar 2. 5 Kontrol PID	9
Gambar 2. 6 Blok Diagram dari PID_Compact	10
Gambar 3. 1 Diagram Alur Pengerjaan Proyek Akhir.....	11
Gambar 3. 2 Desain Trainer Kit 1	13
Gambar 3. 3 Desain Trainer Kit 2	13
Gambar 3. 4 Wiring Diagram PLC ke Motor DC	14
Gambar 3. 5 Wiring Diagram Analog Output PLC 0-20 mA ke 0-10 Volt.....	15
Gambar 3. 6 Trainer Kit PLC dan HMI.....	16
Gambar 4. 1 Perhitungan RPM dengan Tachometer.....	20
Gambar 4. 2 Grafik Osilasi.....	21
Gambar 4. 3 Periode Osilasi.....	22
Gambar 4. 4 Data Block PID.....	23
Gambar 4. 5 Verifikasi Hasil Perhitungan Nilai PID.....	24
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Perhitungan <i>Fine Tuning</i>	24
Gambar 4. 7 Pengujian Pengendali P, I, dan D Secara Terpisah	25
Gambar 4. 8 Pengujian Pengendali Proportional Integral (PI).....	26
Gambar 4. 9 Pengujian Pengendali Proportional Derivative (PD).....	27
Gambar 4. 10 Pengujian Pengendali Proportional, Integral, dan Dervative (PID).....	28
Gambar 4. 11 Desain dan Penjelasan HMI.....	30
Gambar 4. 12 Pengujian Trainer Kit.....	32
Gambar 4. 13 Modul Converter Arus ke Tegangan.....	37
Gambar 4. 14 Modul Converter Tegangan ke PWM.....	37
Gambar 4. 15 Rangkaian Optocoupler	38
Gambar 4. 16 PCB Optocoupler.....	38

Gambar 4. 17 Pemrograman HSC.....	39
Gambar 4. 18 Pemrograman PID	40
Gambar 4. 19 Pemrograman HMI.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Percobaan Rotary Encoder	19
Tabel 4. 2 Hasil Nilai RPM	20
Tabel 4. 3 Metode ZN pendekatan Osilasi	22
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan PID	23
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Fine-Tuning.....	24
Tabel 4. 6 Pengujian Pengendali PI dari SP rendah ke SP tinggi	26
Tabel 4. 7 Pengujian Pengendali PI dari SP tinggi ke SP rendah	26
Tabel 4. 8 Pengujian Pengendali PID dari SP rendah ke SP tinggi	28
Tabel 4. 9 Pengujian Pengendali PI dari SP tinggi ke SP rendah	29
Tabel 4. 10 Hasil Kuesioner Penggunaan Trainer Kit	33



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Program PLC

Lampiran 3 Desain HMI

Lampiran 4 Modul Praktikum

Lampiran 5 Hasil Kuesioner Trainer Kit

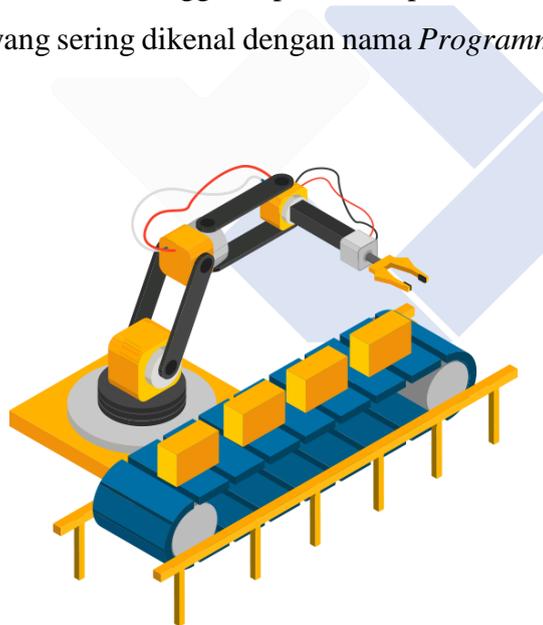


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era modern seperti sekarang, segala hal telah berkaitan dengan teknologi, terutama dalam dunia industri. Dunia Industri dituntut harus selalu bisa berinovasi dan menyesuaikan dengan banyak dan bervariasinya kebutuhan masyarakat [1]. Untuk menunjang dan memenuhi kebutuhan tersebut, produsen produk harus menggunakan teknologi yang dapat meningkatkan kinerja produksi secara lebih efektif dan efisien. Teknologi tersebut bekerja secara sistematis dan terintegrasi dengan baik sehingga dapat menciptakan sebuah sistem otomatis. Teknologi inilah yang sering dikenal dengan nama *Programmable Logic Controller* (PLC) [2].



Gambar 1. 1 Ilustrasi Otomasi Industri

(Sumber : www.pngwing.com)

Karena banyaknya kebutuhan akan PLC ini, hampir keseluruhan institusi pendidikan yang berfokus pada bidang industri telah menambahkan PLC sebagai mata kuliah yang wajib diajarkan kepada peserta didiknya. Dengan mempelajari PLC, mahasiswa akan terampil dalam merancang, mengkonfigurasi, dan

memprogram sistem kontrol yang kompleks, yang merupakan keterampilan penting dalam berbagai bidang industri, termasuk manufaktur, energi, transportasi, dan lain sebagainya. Selain itu, pemahaman mendalam tentang PLC membuka pintu bagi peluang karir yang luas, mengingat permintaan yang terus meningkat untuk profesional yang terlatih dalam teknologi otomatisasi [3].

Akan tetapi, masih banyak institusi pendidikan yang belum maksimal dalam menyediakan fasilitas pembelajaran PLC untuk mahasiswanya, salah satunya adalah Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Meskipun teknologi PLC adalah bagian vital dari industri modern, harga yang tinggi untuk membeli dan memelihara PLC yang mutakhir dapat membuat beberapa institusi kesulitan dalam memperbaharui atau memperluas fasilitas pembelajaran mereka.

Atas berbagai alasan di atas, penulis akhirnya memutuskan untuk membuat sebuah Trainer Kit PLC dan HMI yang menggunakan Motor DC (*Direct Current*) sebagai Outputnya dengan harapan dengan Trainer Kit ini, mahasiswa Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung dapat terfasilitasi dalam mempelajari dan memahami PLC secara lebih dalam, terutama pada penggunaan Input dan Output Analog. Di Trainer Kit ini terdapat juga Rotary Encoder yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan motor DC. Pada Motor juga akan dilakukan pengukuran mengenai kecepatan dalam perubahan RPM (*Rotation Per Minute*) menggunakan Metode PID (*Proportional Integral Derivatif*) [4].

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah diuraikan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pokok permasalahan penelitian ini adalah bagaimana membangun sebuah media pembelajaran PLC di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang dalam hal ini adalah sebuah Trainer Kit dan Modul Pembelajaran yang praktis serta mudah dioperasikan agar dapat membantu mahasiswa dalam mempelajari serta memahami cara kerja PLC, terutama dalam hal penggunaan Input dan Output Analog dari PLC.

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan dari pembuatan proyek akhir adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan *rotary encoder* dan kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor DC.
2. Mengoptimalkan kontrol PID untuk respon cepat dan akurat.
3. Mengintegrasikan PLC dan HMI Siemens untuk pengawasan dan pengendalian sistem.
4. Meningkatkan kemudahan operasional dalam menggambarkan pengaplikasian rotary encoder dan kontrol PID dalam berbagai kebutuhan industri.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah sistem kontrol industri yang multifungsi yang sering digunakan dalam manufaktur, otomatisasi, dan industri lainnya. Perangkat ini dirancang untuk menjalankan tugas – tugas tertentu dengan handal dan presisi serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai proses [5]. PLC terdiri dari *Central Processing Unit (CPU)*, modul *input* dan *output*, memori, dan port komunikasi. PLC dapat beroperasi dengan cara menerima *input* dari sakelar dan sensor, memproses data sesuai dengan logika yang diprogram sebelumnya, yang selanjutnya digunakan untuk mengendalikan *output* seperti lampu, katup, motor, dan tampilan berdasarkan logika pemrograman yang telah dibuat [6] .

Selain itu, PLC mempunyai karakteristik keandalan yang tinggi dan cocok untuk digunakan di lingkungan industri yang keras. Desain fisik PLC yang kokoh dan keandalan yang tinggi menjadikannya pilihan pertama untuk aplikasi yang memerlukan kontrol otomatis yang stabil dan andal [6]. Seiring kemajuan teknologi, PLC semakin terintegrasi ke dalam sistem lain seperti SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) dan jaringan industri, memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem jarak jauh serta pertukaran data yang lebih efisien . Secara keseluruhan, PLC tidak hanya menyediakan solusi kontrol otomatis yang andal dan efisien, namun juga menjadi tulang punggung sistem otomasi modern di berbagai sektor industri .

2.1.1 PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC

PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC adalah tipe khusus dari seri PLC Siemens S7-1200 yang dirancang untuk aplikasi industri yang memerlukan kontrol otomatis yang efisien dan andal. Dalam tipe ini, "DC/DC/DC" mengacu pada daya *input* yang diterima PLC. Artinya *input* daya PLC ini dapat beroperasi pada

tegangan DC dan mempunyai *output* tegangan DC. Fitur ini membuat PLC S7-1200 DC/DC/DC cocok digunakan pada lingkungan industri yang lebih umum menggunakan tegangan DC, seperti sistem kontrol mesin, otomatisasi proses, dan aplikasi mekatronika.



Gambar 2. 1 PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC
(Sumber : mall.industry.siemens.com)

2.2 *Human Machine Interface (HMI)*

Human Machine Interface (HMI) adalah teknologi yang memungkinkan terjadinya interaksi antara manusia dan mesin. Ini adalah perangkat yang memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan perangkat atau sistem otomatis, seperti PLC menggunakan elemen visual seperti tombol, tabel, simbol, dan grafik [7].

HMI hadir dalam berbagai bentuk, mulai dari panel sentuh yang terintegrasi langsung dengan peralatan hingga aplikasi perangkat lunak yang dijalankan pada komputer atau perangkat mobile. Pemilihan HMI yang tepat tergantung pada kebutuhan aplikasi, lingkungan operasional, dan preferensi pengguna. Secara keseluruhan, HMI memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, mempermudah pengawasan, dan meningkatkan produktivitas dalam berbagai aplikasi industri [8].

2.2.1 HMI Siemens TP700 Comfort

Siemens TP700 Comfort adalah *Human Machine Interface* (HMI) yang menyediakan antarmuka intuitif dan responsif kepada pengguna untuk berinteraksi dengan sistem otomatisasi industri. Dengan layar sentuh warna 7 inci yang jernih dan beresolusi tinggi, TP700 Comfort memungkinkan pengguna dengan mudah mendesain sistem, menampilkan data proses, dan mengontrol peralatan dengan cepat dan efisien.

Selain itu, HMI ini dapat diintegrasikan dengan berbagai perangkat otomatisasi industri, seperti PLC Siemens dan sistem SCADA, melalui koneksi Ethernet atau PROFIBUS, memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh serta akses ke data historis dan laporan kinerja sistem. Dengan desain yang kokoh dan handal, Siemens TP700 Comfort merupakan solusi yang ideal untuk aplikasi otomasi industri yang membutuhkan kontrol visual yang kuat, pemantauan proses yang akurat, dan kinerja yang andal.



Gambar 2. 2 HMI Siemens TP700 Comfort
(Sumber : mall.industry.siemens.com)

2.3 Rotary Encoder

Rotary encoder adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi rotasi dan arah putaran suatu poros. Perangkat ini memiliki dua tipe utama, yaitu inkremental dan absolut. *Rotary encoder* inkremental menghasilkan

pulsa output saat poros diputar, sementara *rotary encoder* absolut memberikan output yang sesuai dengan posisi mutlak poros pada waktu tertentu [9].

Keduanya memiliki keunggulan masing-masing, termasuk presisi tinggi, respon cepat terhadap perubahan posisi, dan ketahanan terhadap keausan karena tidak memiliki kontak fisik yang bersentuhan saat rotasi [10]. Karena kehandalan dan akurasi mereka, *rotary encoder* sering digunakan dalam sistem kontrol yang memerlukan pengukuran posisi yang akurat dan respons cepat terhadap perubahan.

2.3.1 *Rotary Encoder* E50S8-100-3-T-24

Rotary encoder E50S8-100-3-T-24 adalah perangkat yang dirancang khusus untuk mendeteksi rotasi dan mengukur posisi pada sebuah poros. Dengan kemampuan menghasilkan 100 pulsa per putaran penuh, *encoder* ini memberikan informasi yang detail tentang pergerakan. Dengan tiga saluran output, pengguna dapat memperoleh informasi lebih lanjut tentang posisi absolut dan arah rotasi. Selain itu, desain khusus dan fitur tambahan yang dimungkinkan oleh tipe "T" menjadikan *encoder* ini fleksibel untuk berbagai aplikasi. Dengan tegangan operasional 24 volt, E50S8-100-3-T-24 cocok untuk sistem yang membutuhkan akurasi tinggi dan respons cepat terhadap perubahan posisi.



Gambar 2. 3 Rotary Encoder

(Sumber : www.autonics.com)

2.4 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanis melalui prinsip induksi elektromagnetik. Dengan komponen utama berupa rotor dan stator, serta komutator dan sikat untuk mengubah arah aliran arus,

motor ini menghasilkan torsi saat arus listrik diberikan, menyebabkan rotor berputar. Motor DC umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari peralatan rumah tangga hingga kendaraan listrik, karena ukuran yang *compact*, respons cepat, dan kemampuan memberikan torsi awal yang tinggi. Kemampuan untuk mengendalikan kecepatan dan posisi membuat motor DC menjadi pilihan yang populer untuk aplikasi yang membutuhkan kontrol yang presisi [11].

2.4.1 Motor DC RS-555

Motor DC RS-555 adalah motor kompak yang banyak digunakan dalam aplikasi industri dan konsumen. Berdiameter sekitar 35.8 mm dan panjang sekitar 50 mm, motor ini menggunakan teknologi komutator dengan dua kutub untuk arus DC. RS-555 biasanya beroperasi pada tegangan antara 6 hingga 24 volt, RS-555 dapat mencapai kecepatan putar yang tinggi dan cocok untuk aplikasi elektronik skala kecil. Keunggulannya terletak pada ukuran yang *compact*, performa yang andal, serta kontrol kecepatan yang baik.



Gambar 2. 4 Motor DC RS-555

(Sumber : www.ricmotor.com)

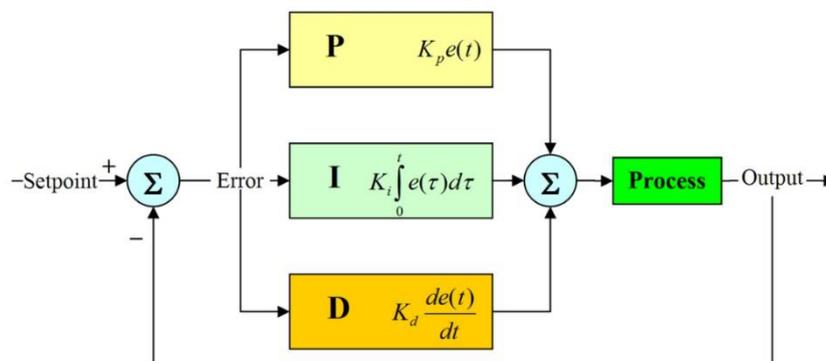
2.5 Kontrol PID

Kontrol PID adalah metode kontrol umum yang digunakan dalam sistem otomatisasi untuk mengatur variabel output berdasarkan perbedaan antara setpoint yang diinginkan dan nilai aktual dari variabel yang diukur. Metode kontrol ini terdiri dari tiga komponen utama: proporsional (P), integral (I), dan derivatif (D).

Proporsional menghasilkan respon yang sebanding dengan kesalahan saat ini, integral menangani kesalahan akumulatif dari waktu, sedangkan derivatif mengantisipasi perubahan kesalahan di masa depan [12]. Dengan menggabungkan ketiga komponen ini, kontrol PID dapat memberikan respons yang cepat, stabil, dan akurat terhadap perubahan kondisi sistem.

Konfigurasi PID seringkali memerlukan *tuning* yang tepat untuk memastikan kinerja optimal dalam berbagai kondisi. Hal ini melibatkan penyesuaian parameter proporsional, integral, dan derivatif sesuai dengan karakteristik sistem yang dikendalikan [13]. Dalam praktiknya, tuning PID bisa menjadi tantangan karena perlu mempertimbangkan berbagai faktor seperti waktu penstabilan yang diinginkan, respon terhadap gangguan, dan kestabilan sistem.

Namun, ketika dikonfigurasi dengan baik, algoritma PID dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, mulai dari kontrol suhu dalam industri manufaktur hingga navigasi pesawat terbang, memberikan kontrol yang akurat dan responsif terhadap perubahan dalam lingkungan atau kondisi proses.



Gambar 2. 5 Kontrol PID

(Sumber : wikipedia.org)

2.5.1 Metode Ziegler-Nichols (ZN)

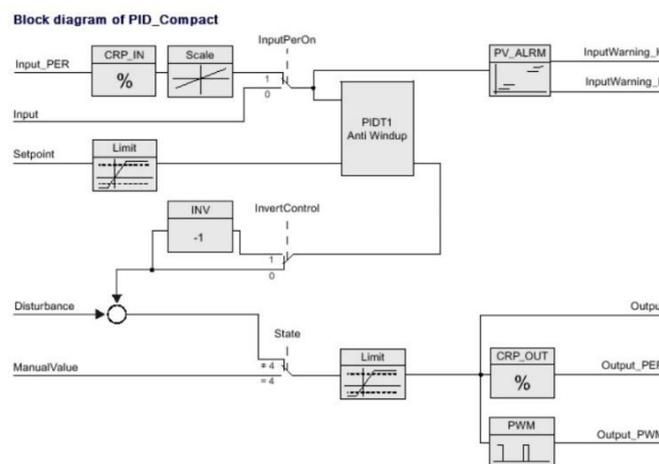
Metode *Ziegler-Nichols* (ZN) dengan pendekatan osilasi adalah salah satu teknik yang umum digunakan untuk menentukan parameter PID dalam sistem kontrol. Proses ini dimulai dengan menyesuaikan gain proporsional (K_p) dari kontrol PID hingga sistem mengalami osilasi yang stabil, yang dikenal sebagai

Kritikal Gain (K_{cu}). Periode osilasi (T_u) kemudian diukur dari satu siklus lengkap osilasi sistem. Berdasarkan nilai T_u yang diukur, parameter PID ditentukan: K_p diambil dari nilai yang menyebabkan osilasi tepat, T_i dihitung sebagai $0.5 * T_u$, dan T_d sebagai $0.125 * T_u$ [14].

Metode ini memberikan nilai-nilai awal yang cukup baik untuk mengatur PID sebelum dilakukan fine-tuning lebih lanjut, memungkinkan sistem untuk memiliki respons yang stabil dan sesuai dengan karakteristik dinamis yang diinginkan. Meskipun efektif dalam memberikan pendekatan awal untuk kontrol PID, perlu dilakukan evaluasi dan fine-tuning tambahan untuk memastikan bahwa sistem beroperasi dengan optimal sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang spesifik dan untuk menghindari potensi masalah stabilitas atau performa yang tidak diinginkan [15].

2.5.2 Auto Tunning PID mode *Fine-Tuning*

Auto-tuning PID pada PLC Siemens S7-1200 adalah proses yang digunakan untuk mengatur parameter PID secara otomatis berdasarkan respons sistem yang diamati. Hal ini memungkinkan sistem untuk menyesuaikan sendiri parameter PID tanpa memerlukan penyetelan manual yang rumit. Proses auto-tuning ini sangat berguna untuk memastikan bahwa kontrol PID bekerja dengan optimal sesuai dengan karakteristik dinamis dari sistem yang dikendalikan [16].

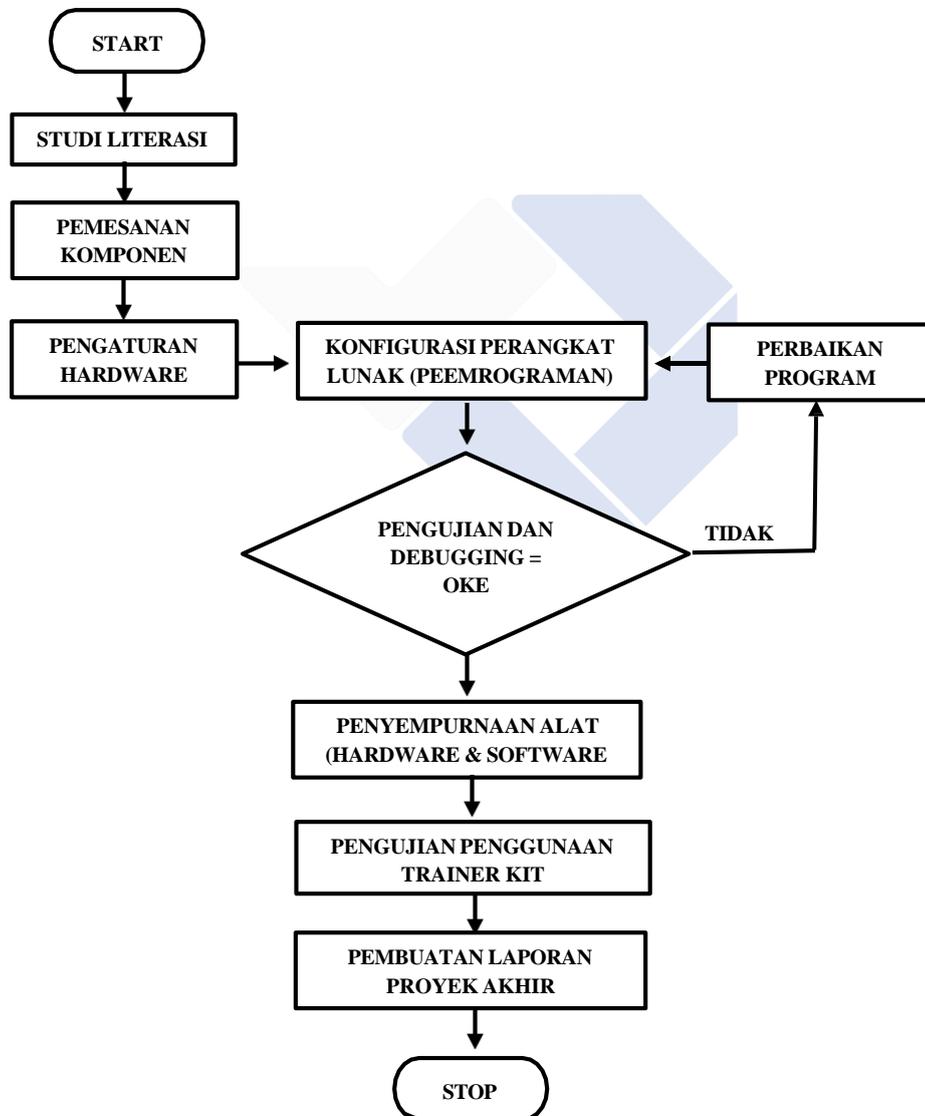


Gambar 2. 6 Blok Diagram dari PID_Compact

(Sumber : Siemens, SIMATIC S7-1200, S7-1500 PID control function manual)

BAB III METODE PELAKSANAAN

Dalam proses pengerjaan proyek akhir yang berjudul “Implementasi *Rotary Encoder* Pada System Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Control PID Berbasis PLC Dan HMI Siemens” memiliki metode pelaksanaan yang bertujuan untuk memudahkan dalam menyelesaikan proyek akhir ini. Metode pelaksanaan dapat dilihat pada diagram alur di bawah :



Gambar 3. 1 Diagram Alur Pengerjaan Proyek Akhir

3.1 Studi Literatur

Langkah awal yang harus dilakukan adalah melakukan studi literatur terhadap judul proyek akhir yang ingin dibuat. Dengan memilih judul yang tepat, penulis dapat mengarahkan proses penelitian dengan lebih terorganisir dan produktif. Dalam upaya tersebut, penulis selanjutnya melakukan observasi dan wawancara dengan pengurus Laboratorium PLC di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta melakukan pencarian pada sumber – sumber terkait seperti jurnal dan buku. Penulis akhirnya memutuskan untuk mengambil judul proyek akhir yang berkaitan dengan alat yang dapat memfasilitasi mahasiswa dalam mempelajari PLC secara lebih mendalam.

3.2 Waktu Tunggu Pemesanan Komponen

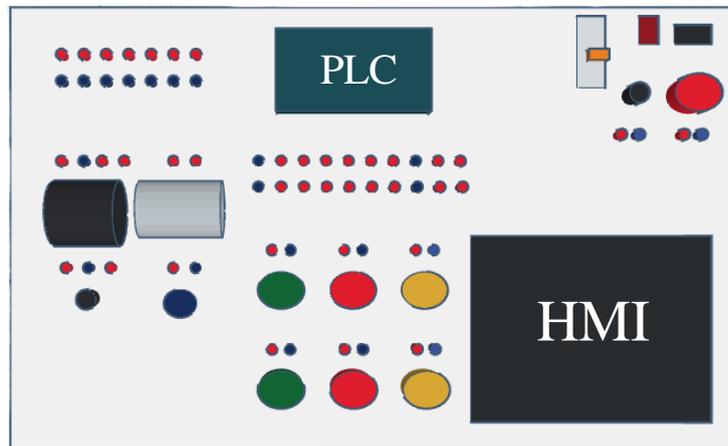
Waktu tunggu pemesanan komponen merupakan hal penting dalam proyek akhir yang sering kali memengaruhi jadwal dan kemajuan kerja. Proses ini melibatkan pencarian komponen yang diperlukan, memeriksa ketersediaan stok, dan mengajukan pesanan kepada pemasok atau distributor. Tantangan yang mungkin timbul termasuk keterlambatan pengiriman, perubahan spesifikasi, atau bahkan kekurangan stok yang dapat memperlambat atau menghentikan sementara progres proyek. Oleh karena itu, perencanaan yang hati-hati dan komunikasi yang efektif dengan pemasok sangat diperlukan untuk mengurangi dampak waktu tunggu ini dan memastikan proyek berjalan sesuai rencana.

3.3 Desain Sistem

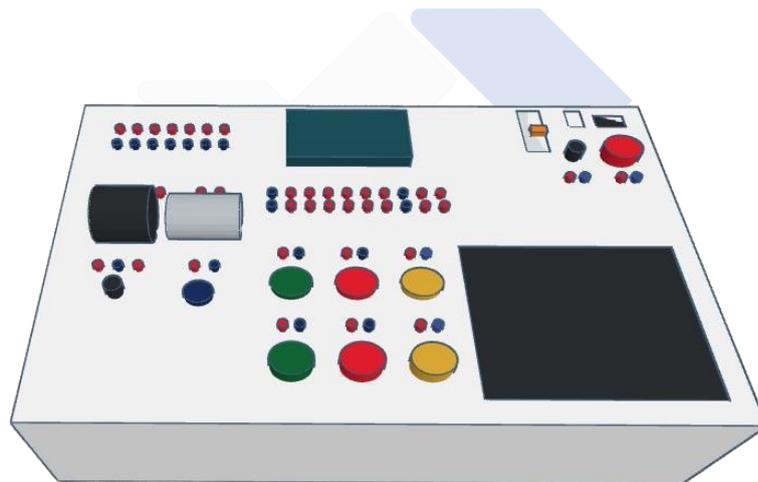
Langkah selanjutnya dalam implementasi proyek ini adalah merancang sistem secara keseluruhan. Desain sistem meliputi pemilihan komponen-komponen utama, seperti motor DC, *Rotary Encoder*, PLC, dan HMI Siemens, serta perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan. Desain juga meliputi tata letak komponen pendukung seperti Push Button, Lampu Indikator, Alarm serta Soket Pin yang akan digunakan untuk menghubungkan tiap komponen dengan komponen lainnya.

3.3.1 Desain Trainer Kit

Berikut adalah gambar dari desain trainer kit yang telah dikembangkan.



Gambar 3. 2 Desain Trainer Kit 1

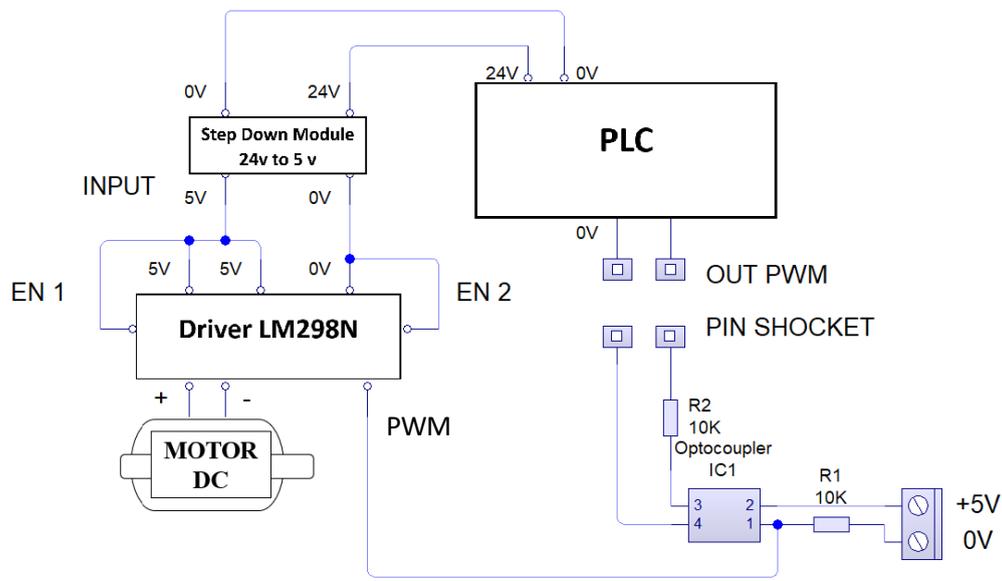


Gambar 3. 3 Desain Trainer Kit 2

Desain dibuat dengan memperkirakan media dari Trainer Kit serta ukuran tiap komponen. Pembuatan desain juga mempertimbangkan ruang apabila kedepannya Trainer Kit ini ingin dikembangkan. Desain dibuat sekompak mungkin dengan meminimalisir ruang kosong untuk memudahkan pengaplikasian kabel penghubung antar komponen.

3.3.2 Wiring Diagram PLC ke Motor DC

Berikut adalah gambar dari *wiring diagram* PLC ke Motor DC yang telah dibuat untuk menggambarkan koneksi antara PLC dan motor DC.

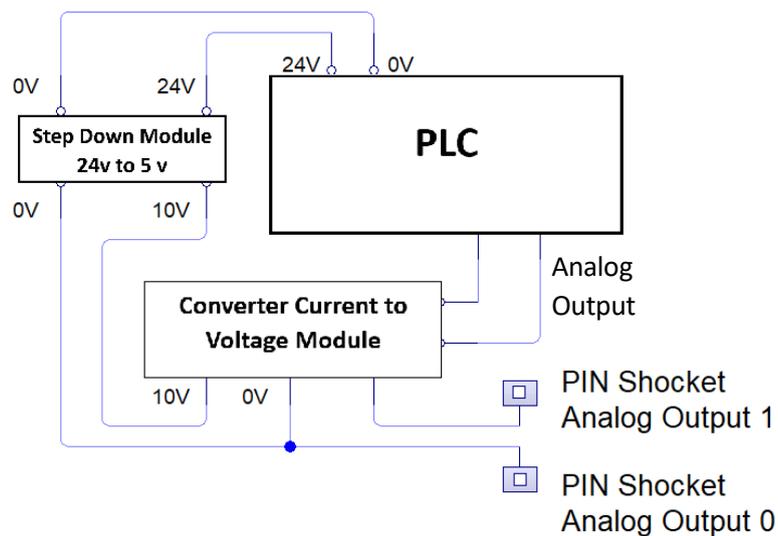


Gambar 3. 4 Wiring Diagram PLC ke Motor DC

Untuk dapat menggerakkan motor DC dengan PLC menggunakan *driver* LM298N, diperlukannya *step down module* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari PLC (24V) ke 5V. Setelah itu, keluaran 5V dan 0V dihubungkan ke pin *power driver* LM298N serta pin EN1 (5V) dan EN2 (0V). Selanjutnya pin out + dan out - pada driver LM298N langsung dihubungkan ke motor DC. Motor DC bisa dikontrol melalui PLC dengan PWM. Dari out PWM PLC 24V dan 0V dihubungkan ke pin *shocket* dan dari pin *shocket* menuju rangkaian *optocoupler* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan PWM dari 24V ke 5V. Keluaran dari rangkaian *optocoupler* selanjutnya dihubungkan ke pin PWM driver LM298N.

3.3.3 Wiring Diagram Analog Output PLC 0-20 mA ke 0-10 Volt

Berikut adalah gambar dari wiring diagram untuk output analog PLC dengan rentang 0-20 mA ke 0-10 Volt.



Gambar 3. 5 Wiring Diagram Analog Output PLC 0-20 mA ke 0-10 Volt

Untuk mendapatkan nilai 0 – 10 Volt dari Analog PLC yang aslinya 0 – 20mA, dibutuhkan *step down module* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari PLC (24V) ke 10V. Setelah itu, keluaran 10V dan 0V dihubungkan ke pin V+ dan V- *converter current to voltage module*. Selanjutnya dari output 0 dan 1 analog PLC juga dihubungkan ke pin I+ dan I- *converter current to voltage module*. Kemudian dari pin out (10V) dan V- (0V) *converter current to voltage module* dihubungkan ke pin *shocket* yang akan dijadikan output untuk analog 0 dan 1.

3.4 Pengaturan Hardware

Langkah berikutnya adalah melakukan pengaturan *hardware*. Ini melibatkan pemasangan motor DC, *Rotary Encoder*, PLC, dan HMI Siemens serta komponen pendukung lainnya, seperti Push Button, Lampu Indikator, *Alarm*,

Saklar, dan MCB sesuai dengan spesifikasi dan desain sistem yang telah disiapkan sebelumnya.



Gambar 3. 6 Trainer Kit PLC dan HMI

Pengaturan *hardware* juga meliputi penyolderan dari Push Button, Lampu Indikator, *Rotary Encoder*, *Alarm*, serta Input dan Output PLC dengan masing – masing soket pin. Penyolderan juga dilakukan pada soket kabel power, sakelar dan MCB.

3.5 Konfigurasi Perangkat Lunak

Setelah *hardware* terpasang dengan benar, langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi *software*. Ini meliputi pemrograman PLC menggunakan Tia Portal V16, konfigurasi interface HMI Siemens, dan integrasi antara PLC dan HMI untuk pengendalian sistem secara keseluruhan.

3.6 Pengujian dan Debugging

Setelah semua perangkat keras dan perangkat lunak dikonfigurasi, proyek harus menjalani serangkaian pengujian dan debugging untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Ini melibatkan pengujian kecepatan motor DC, respons kontrol PID, akurasi

pengukuran dari rotary encoder, serta interaksi antara PLC dan HMI Siemens.

3.7 Perbaikan Program

Setelah melakukan pemrograman dan uji coba awal pada PLC seringkali diperlukan perbaikan program untuk mengatasi kesalahan atau memperbaiki fungsi yang tidak sesuai dengan yang diinginkan dalam rangka memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan optimal dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

3.8 Pengujian Penggunaan Trainer Kit

Setelah sistem dianggap siap, langkah terakhir adalah melaksanakan pengujian penggunaan dari Trainer Kit. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Selama pengujian, beberapa mahasiswa akan diminta untuk menggunakan Trainer Kit dalam berbagai modul praktikum yang telah dirancang.

Setelah itu, mereka akan mengisi kuesioner yang berisi penilaian terhadap trainer kit dari segi fungsi dan performa, koneksi dan komunikasi, keamanan, kemudahan pengguna, kinerja dalam simulasi serta keseluruhan pengalaman. Hasil dari pengujian ini akan dievaluasi untuk menentukan keefektifan dan efisiensi Trainer Kit dalam mendukung proses pembelajaran. Feedback dari mahasiswa juga akan dikumpulkan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan lebih lanjut pada sistem.

3.9 Pembuatan Laporan Proyek Akhir

Setelah selesai menjalani serangkaian proses pengerjaan proyek akhir, langkah terakhir yang dilakukan adalah menyusun laporan proyek akhir. Laporan ini mencakup dokumentasi lengkap tentang semua tahapan yang telah dilalui, hasil yang dicapai, serta evaluasi menyeluruh terhadap seluruh proses proyek. Laporan ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif kepada pembaca tentang kontribusi proyek terhadap tujuan awal yang telah ditetapkan.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Rotary Encoder dalam Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC

Implementasi *rotary encoder* dalam sistem pengaturan kecepatan motor DC menjadi kunci utama dalam memastikan kontrol yang akurat dan responsif terhadap perubahan kecepatan. Rotary encoder digunakan untuk mengukur putaran motor secara langsung, menyediakan umpan balik yang diperlukan untuk sistem kontrol PID.

4.1.1 Pemilihan Tipe *Rotary Encoder* dan *Interfacing* dengan PLC

Pemilihan *tipe rotary encoder* yang tepat sangat penting dalam mengukur kecepatan motor DC dengan akurasi yang diperlukan. Resolusi *encoder* adalah faktor utama yang perlu dipertimbangkan, karena resolusi yang tinggi akan meningkatkan kemampuan untuk mendeteksi perubahan kecepatan dengan detail yang lebih halus, meskipun dapat memerlukan biaya lebih tinggi dan pengolahan data yang lebih rumit.

Dalam proses pengerjaan, terdapat beberapa kendala yang terjadi, diantaranya adalah ketidakcocokkan tipe *encoder* dengan PLC sehingga PLC tidak dapat membaca rotasi dari *encoder*. Berikut ditampilkan data percobaan dari tiga buah *Rotary Encoder*.

Tabel 4. 1 Percobaan Rotary Encoder

Type	Jenis	Maks. Revolusi	Output	Resolusi	Kecocokan
Omron E6B2- CWZ6C	Incremental	5000 RPM	NPN Open- collector	600 P/R	Tidak Cocok
E38S6G5- 600B- G24N	Incremental	5000 RPM	NPN Open- collector	600 P/R	Tidak Cocok
Autonics E50S8- 100-3-T- 24	Incremental	5000 RPM	NPN Open- collector	100 P/R	Cocok

Dari ketiga *encoder* yang telah dicoba, *encoder* kesatu dan kedua tidak cocok digunakan untuk menghitung kecepatan motor DC melalui PLC Siemens S7-1200 1215 DC/DC/DC. Ketika dalam posisi kecepatan rendah seperti digerakkan manual oleh tangan, *rotary encoder* kesatu dan kedua dapat menampilkan nilainya. Tapi, ketika *encoder* dihubungkan ke motor DC dan dalam kecepatan tinggi dan konstan, *encoder* tidak mampu menampilkan nilai ke PLC. Ini terjadi karena kedua *encoder* tersebut memiliki resolusi yang terlalu tinggi yang tidak dapat ditangkap oleh PLC. Selanjutnya setelah diganti dengan *encoder* ketiga dengan resolusi yang lebih rendah barulah PLC dapat membaca nilai dari *encoder*, baik dengan kecepatan rendah maupun dengan kecepatan tinggi.

4.1.2 Perbandingan Hasil Pembacaan RPM pada PLC dengan Tachometer

Untuk memastikan keakuratan pembacaan RPM pada PLC, diperlukan pengujian yang membandingkannya dengan pengukuran menggunakan alat yang khusus untuk mengukur kecepatan RPM, yaitu *Tachometer*. Proses ini bertujuan

untuk memverifikasi bahwa data yang dihasilkan oleh PLC sesuai dengan hasil yang diperoleh dari alat pengukur yang terpercaya seperti *Tachometer*.

Tabel 4. 2 Hasil Nilai RPM

Nilai RPM (PLC)	Nilai RPM (Tachometer)	Selisih
0	0	0
74.4	66.7	7.7
167.6	163.4	4.2



Gambar 4. 1 Perhitungan RPM dengan Tachometer

4.2 Sistem Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Konrol PID

Kontrol PID digunakan untuk membuat kecepatan motor DC menjadi stabil sesuai dengan kecepatan yang diinginkan. Ini dilakukan dengan mengukur perbedaan antara kecepatan sebenarnya dan kecepatan yang diinginkan, lalu melakukan penyesuaian proporsional, integrasi untuk menghitung kesalahan dari waktu ke waktu, dan juga melakukan penyesuaian berdasarkan laju perubahan kesalahan.

4.2.1 Tuning Parameter PID Metode Ziegler-Nichols (ZN) dengan pendekatan Osilasi

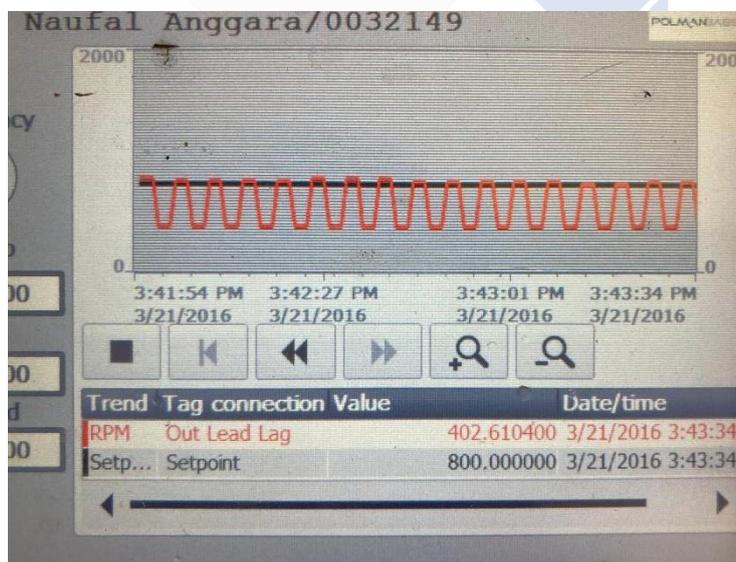
Untuk mendapatkan nilai-nilai K_p (*Gain Proportional*), K_i (*Integral Time*), dan K_d (*Derivative Time*) menggunakan metode Ziegler-Nichols (ZN) dengan pendekatan osilasi, perlu dilakukan langkah langkah sebagai berikut :

1. Pengaturan Kontrol PID dengan K_p Rendah

Langkah pertama yang harus dimulai adalah dengan mengatur nilai K_p pada kontrol PID menjadi rendah dan menonaktifkan Integral (K_i) dan Derivatif (K_d).

2. Menaikkan Nilai K_p Hingga Terjadi Osilasi

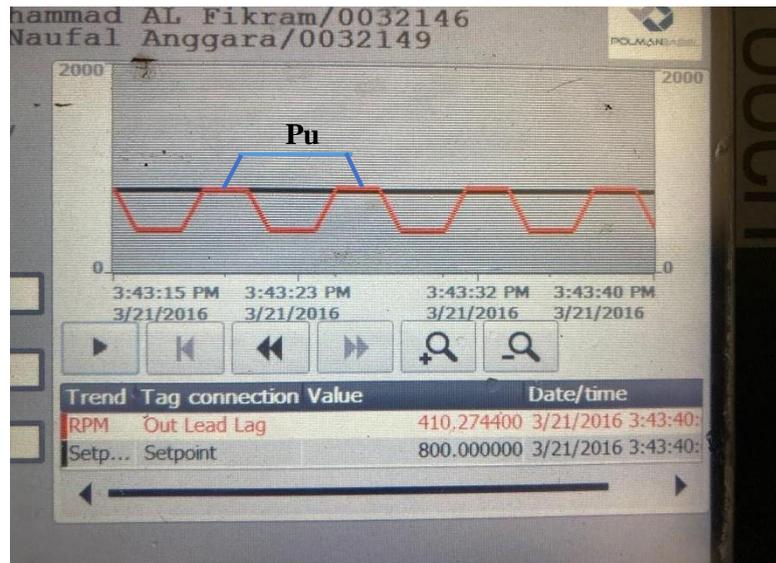
Secara bertahap, tingkatkan nilai K_p hingga sistem mulai mengalami osilasi yang stabil (perubahan bolak-balik tanpa *damping* yang signifikan). Dalam percobaan ini, terjadi Osilasi pada nilai $K_p = 1$.



Gambar 4. 2 Grafik Osilasi

3. Mengukur Periode Osilasi (Pu)

Setelah terjadi Osilasi ,selanjutnya adalah mengukur periode waktu dari satu siklus lengkap osilasi sistem, mulai dari puncak satu osilasi hingga puncak osilasi berikutnya.



Gambar 4. 3 Periode Osilasi

Dengan nilai $K_p = 1$, didapat nilai dari $P_u = 9$ s.

4. Menghitung Nilai-nilai Parameter PID

Berdasarkan periode osilasi (T_u) yang diukur, selanjutnya dapat dilakukan penentuan nilai-nilai parameter PID sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Metode ZN pendekatan Osilasi

Tipe	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_u$	∞	0
PI	$0.45 K_u$	$0.5 P_u$	0
PID	$0.6 K_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$

Diketahui : $K_p = 1$

$$P_u = 9 \text{ s}$$

Maka didapat nilai PID adalah

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan PID

Tipe	Kp	Ti	Td
PID	$0.6 K_u$	$0.5 P_u$	$0.125 P_u$
	$= 0.6 * 1$	$= 0.5 * 9$	$= 0.125 * 9$
	= 0.6	= 4.5	= 1.125

Untuk mencari nilai K_i dan K_d dapat menggunakan rumus di bawah ini :

$$K_i = K_p/TI \quad K_d = K_p * Td$$

Block PID pada PLC Siemens dapat langsung menghitung nilai K_i dan K_d dengan hanya memasukkan nilai T_i dan T_d sehingga selanjutnya dapat dilakukan verifikasi.

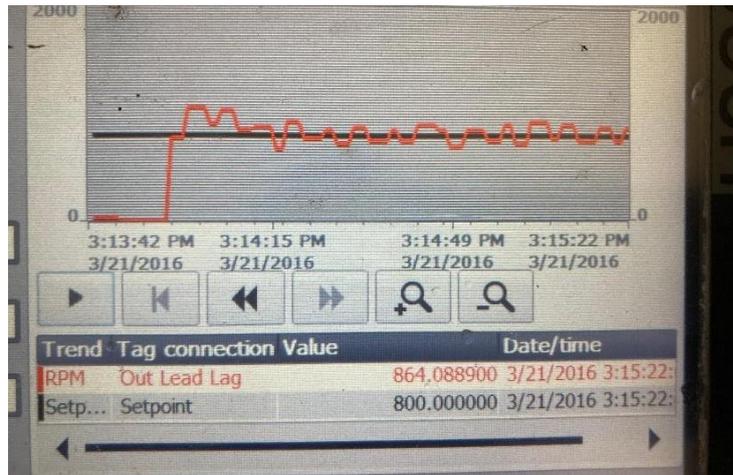


	CtrlParams	PID_CompactContr...	
49	Gain	Real	1.0
51	Ti	Real	20.0
52	Td	Real	0.0
53	TdFiltRatio	Real	0.2
54	PWeighting	Real	1.0
55	DWeighting	Real	1.0
56	Cycle	Real	1.0

Gambar 4. 4 Data Block PID

5. Verifikasi dan *Fine-Tuning*

Setelah mendapatkan nilai-nilai awal PID menggunakan metode ZN osilasi, kemudian dilakukan verifikasi respons sistem terhadap input dan setpoint untuk memastikan kinerja yang optimal.

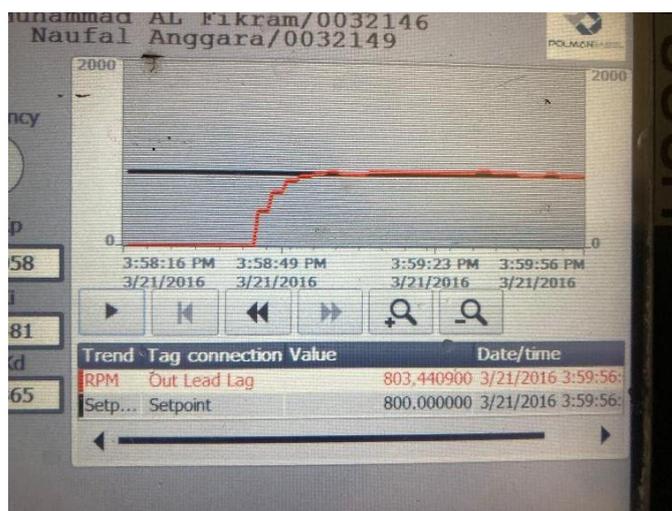


Gambar 4. 5 Verfikasi Hasi Perhitungan Nilai PID

Selanjutnya dilakukan *fine-tuning* tambahan pada nilai-nilai PID untuk mengoptimalkan respons sistem sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Dan setelah dilakukan *Fine-Tunning*, didapat hasil seperti berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Fine-Tunning

Tipe	Kp	Ti	Td
PID	0.0058	3.0481	0.6365

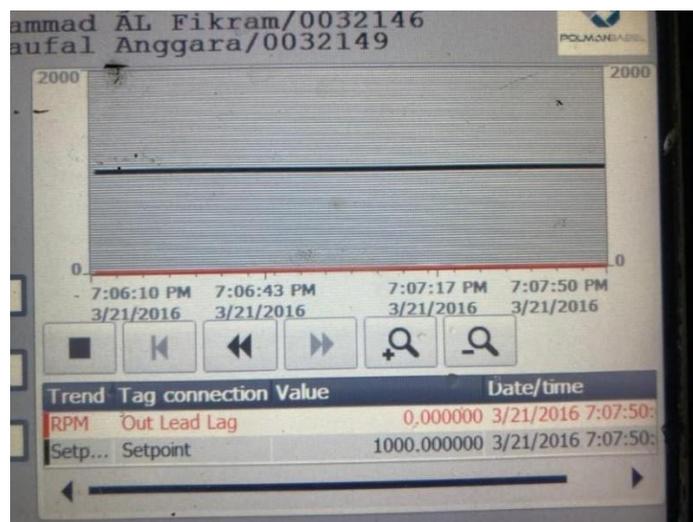


Gambar 4. 6 Grafik Hasil Perhitungan *Fine Tuning*

Metode *Ziegler-Nichols* dengan pendekatan osilasi dapat menentukan nilai-nilai awal PID secara efektif, memungkinkan sistem untuk memiliki kontrol yang responsif dan stabil sesuai dengan karakteristik dinamis yang diinginkan.

4.2.2 Pengujian Pengendali P, I, dan D Secara Terpisah

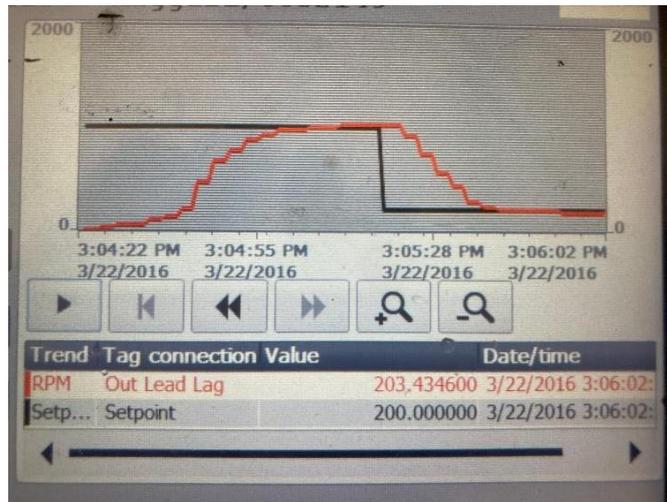
Pengujian kendali P, I, dan D dilakukan secara terpisah menggunakan nilai parameter K_p , K_i , dan K_d yang diperoleh dari proses Fine-Tuning. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengendali P dengan $K_p = 0.0058$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0$; pengendali I dengan $K_p = 0$, $K_i = 3.081$, dan $K_d = 0$; serta pengendali D dengan $K_p = 0$, $K_i = 0$, dan $K_d = 0.6365$, semuanya dengan set point 1000 RPM, tidak memberikan respon yang diharapkan. Motor DC sama sekali tidak berputar dalam ketiga konfigurasi tersebut.



Gambar 4. 7 Pengujian Pengendali P, I, dan D Secara Terpisah

4.2.2 Pengujian Pengendali *Proportional Integral* (PI)

Pengujian kendali PI telah dilakukan dengan nilai $K_p = 0.0058$, $K_i = 3.0481$ dan $K_d = 0$. Pengujian dilakukan dengan berbagai nilai *set point*. Dalam gambar 4.8 di bawah, terjadi *overshoot* yang tidak terlalu tinggi. Namun, respon kecepatan motor cukup lambat, yang menyebabkan *settling time* yang lama untuk mencapai set point yang ditetapkan.



Gambar 4. 8 Pengujian Pengendali Proportional Integral (PI)

Tabel 4. 6 Pengujian Pengendali PI dari SP rendah ke SP tinggi

Type	SetPoint (RPM)	Settling Time (s)
PI	0 - 200	155.65
	0 - 400	68.33
	0 - 800	47.14
	0 - 1000	32.43

Berdasarkan tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *setpoint* yang diatur, semakin cepat waktu *settling time* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* tersebut. Selanjutnya, akan ditampilkan hasil pengujian nilai pengendali PI dari *setpoint* yang tinggi ke rendah.

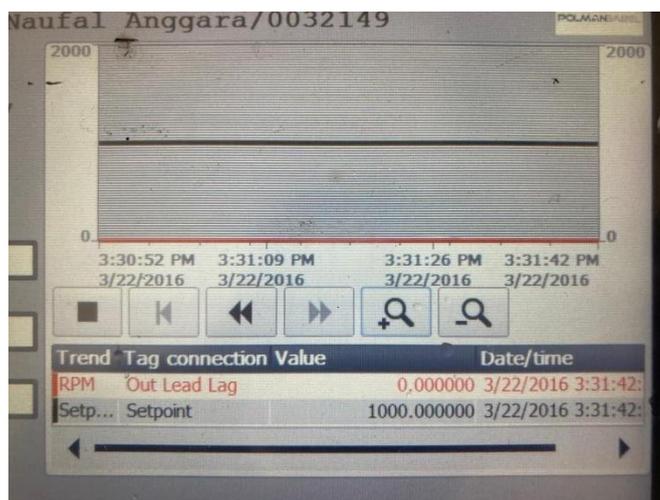
Tabel 4. 7 Pengujian Pengendali PI dari SP tinggi ke SP rendah

Type	SetPoint (RPM)	Settling Time (s)
PI	1000 - 800	38.16
	1000 - 400	20.48
	1000 - 200	18.49

Berdasarkan tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa semakin besar selisih nilai *setpoint* yang diatur, semakin cepat waktu *settling time* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* tersebut.

4.2.3 Pengujian Pengendali Proportional Derivative (PD)

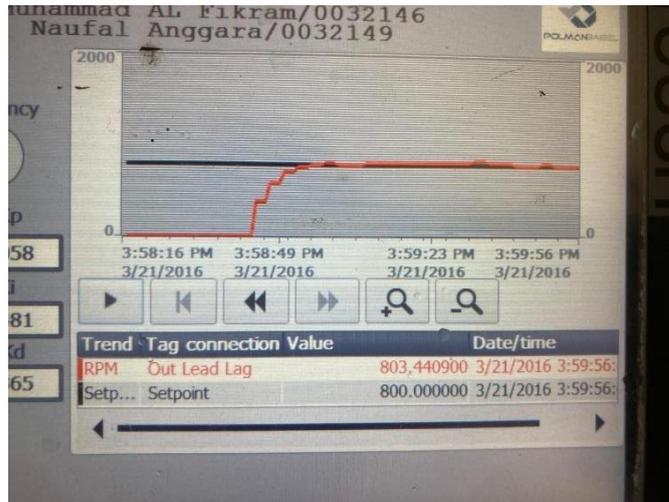
Pengujian kendali PD dilakukan menggunakan nilai parameter $K_p = 0.0058$ dan $K_d = 0.6365$. Hasil percobaan menunjukkan bahwa parameter PD tidak cocok digunakan sebagai pengendali kecepatan motor DC, karena motor DC tidak memberikan respon sama sekali, sama dengan hasil pengujian pengendali P, I, dan D secara terpisah di awal.



Gambar 4. 9 Pengujian Pengendali Proportional Derivative (PD)

4.2.4 Pengujian Pengendali Proportional, Integral, dan Dervative (PID)

Nilai parameter PID yang paling efektif dalam percobaan ini adalah $K_p = 0.0058$, $K_i = 3.081$, dan $K_d = 0.6365$. Sebagaimana terlihat pada gambar 4.10, pengendali PID secara signifikan mengurangi *error steady state* dan menghindari *overshoot* yang berlebihan. Selain itu, respon kecepatan motor menjadi sangat stabil, sesuai dengan *set point* yang telah ditetapkan.



Gambar 4. 10 Pengujian Pengendali Proportional, Integral, dan Dervative (PID)

Tabel 4. 8 Pengujian Pengendali PID dari SP rendah ke SP tinggi

Tipe	SetPoint (RPM)	Settling Time (s)
PID	0 - 200	147.02
	0 - 400	62.97
	0 - 800	42.90
	0 - 1000	30.47

Berdasarkan tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai *setpoint* yang diatur, semakin cepat waktu *settling time* yang dibutuhkan untuk mencapai nilai *setpoint* tersebut. Hal ini hampir sama dengan pengendali P ,I. Namun pada pengendali P, I,D terdapat pengurangan *overshoot* yang lebih tinggi serta *settling time* yang lebih cepat. Selanjutnya, akan diperlihatkan hasil pengujian pengendali PID untuk berbagai *setpoint*, mulai dari yang tinggi hingga yang rendah.

Tabel 4. 9 Pengujian Pengendali PI dari SP tinggi ke SP rendah

Tipe	SetPoint (RPM)	Settling Time (s)
PI	1000 - 800	20.77
	1000 - 400	17.14
	1000 - 200	16.99

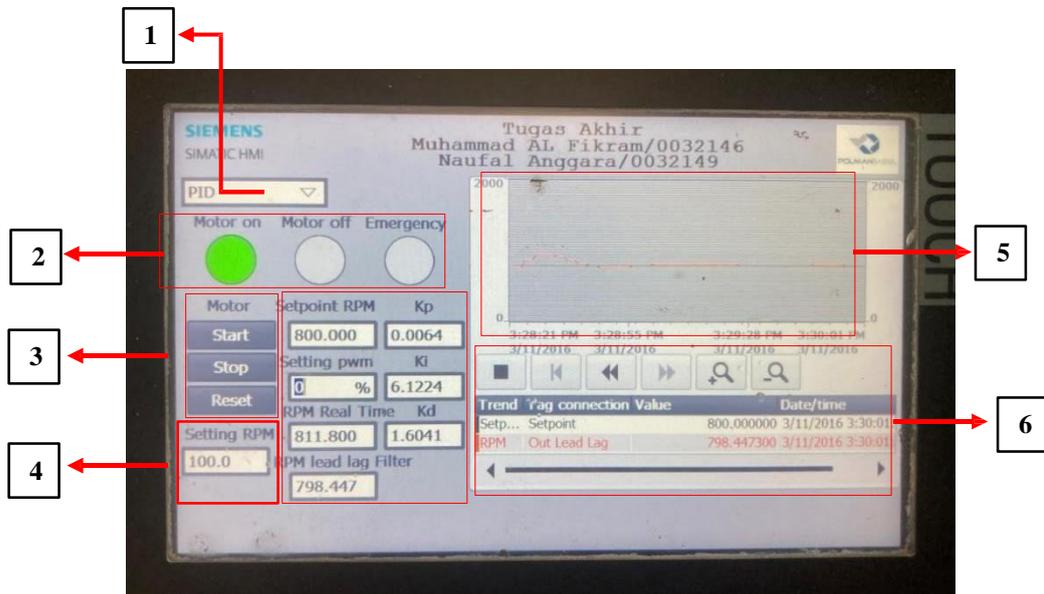
Berdasarkan tabel 4.6, disimpulkan bahwa semakin besar selisih nilai setpoint yang diatur, semakin cepat waktu settling time yang diperlukan untuk mencapai nilai setpoint tersebut. Berbeda dengan pengendali PI, pengendali PID menunjukkan waktu settling time yang lebih cepat.

4.3 Integrasi PLC dan HMI Siemens dalam Sistem

Integrasi antara PLC dan HMI Siemens memungkinkan monitoring dan kontrol sistem dengan efisien. PLC bertanggung jawab untuk menjalankan logika kontrol dan mengelola perangkat keras, sementara HMI memberikan antarmuka visual yang memungkinkan operator untuk memonitor dan mengontrol proses secara langsung. Kombinasi ini memfasilitasi operasi yang lebih intuitif dan responsif, memungkinkan pengaturan parameter dan penyesuaian sistem dengan mudah sesuai dengan kebutuhan produksi dan keamanan yang diharuskan.

4.3.1 Visualisasi Operasional

HMI digunakan untuk menampilkan informasi kecepatan motor DC, nilai setpoint, dan status operasional secara real-time kepada operator. Hal ini memastikan operator mendapatkan informasi yang jelas dan akurat mengenai kondisi sistem, memungkinkan mereka untuk melakukan pengawasan dan pengaturan dengan tepat sesuai dengan kebutuhan produksi atau operasional. Berikut ditampilkan desain keseluruhan dari HMI dan penjelasannya :



Gambar 4. 11 Desain dan Penjelasan HMI

Penjelasan :

[1] : Pemilihan Mode yang dapat diubah

- Mode PID : Pada mode PID digunakan ketika ingin melakukan percobaan PID
- Mode Manual : Mode manual digunakan untuk mengatur kecepatan motor dengan HMI
- Mode Potensio : Mode ini digunakan untuk mengatur kecepatan motor pada Hardware di Trainer Kit

[2] : Terdapat tiga buah simbol lampu

- Motor On (Hijau) : Ketika motor sedang aktif, maka simbol akan berwarna hijau
- Motor Off (Merah) : Simbol akan berwarna merah apabila kondisi motor sedang tidak aktif
- Emergency(Kuning) : Ketika PB Emergency pada Hardware pada Trainer Kit ditekan, simbol akan aktif.

[3] : Terdapat tiga buah tombol

- Start : Berfungsi untuk mengaktifkan motor
- Stop : Berfungsi untuk memberhentikan motor
- Reset : Setelah PB Emergency ditekan, sistem akan mati. Untuk menghidupkan kembali sistem, perlu dilakukan reset dengan menekan tombol Reset

[4] : Input Angka :

- SetPoint RPM : Mengatur Set Point RPM untuk digunakan pada PID
- Setting PWM : Mengatur kecepatan motor (RPM)
- RPM Real Time : Menampilkan nilai RPM dari motor
- RPM Land lag Filter : Menampilkan nilai RPM Land Lag Filter. Land Lag Filter berfungsi menyesuaikan respons sistem kontrol terhadap perubahan kecepatan motor yang cepat atau fluktuasi yang tiba-tiba
- Setting RPM : Kalibrasi RPM apabila keakuratan pembacaannya berkurang
- Kp : Setting nilai Kp
- Ki : Setting nilai Ki
- Kd : Setting nilai Kd

[5] Trend atau Grafik : Menampilkan Trend atau Grafik dari hasil PID

[6] Fitur Tambahan :

- Start/Pause : Memulai atau menjeda Grafik
- >>/<< : Mengontrol posisi maju mundurnya Grafik
- Zoom in /Zoom Out : Membesarkan dan mengecilkan layar

- Riwayat Trend : Menampilkan riwayat dari trend berupa *date/time*

Operator dapat mengontrol sistem melalui antarmuka yang ramah pengguna (user-friendly), yang memungkinkan mereka untuk mengatur *setpoint*, serta memantau kinerja motor DC dan sistem kontrol PID secara langsung. Dengan antarmuka ini, operator dapat dengan mudah melakukan penyesuaian kecepatan motor dan mengawasi respons sistem terhadap perubahan kondisi operasional, memastikan bahwa operasi berjalan sesuai dengan yang diinginkan dan memenuhi kebutuhan yang diinginkan.

4.4 Pengujian Pengguna terhadap Trainer Kit

Pengujian pengguna terhadap Trainer Kit adalah langkah penting dalam memastikan bahwa sistem atau perangkat dapat digunakan secara efektif dan aman oleh pengguna. Proses ini melibatkan serangkaian langkah untuk memverifikasi fungsi, performa, dan keamanan dari trainer kit sebelum digunakan dalam pengaturan atau pelatihan yang sebenarnya.



Gambar 4. 12 Pengujian Trainer Kit

4.4.1 User Acceptance Test (UAT)

Uji penerimaan pengguna atau *User Acceptance Test (UAT)*, adalah tahap penting di mana kuesioner dengan 7 pertanyaan disebarakan kepada 5 responden pengguna sistem. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi respons terhadap sistem yang telah dikembangkan dan memastikan bahwa sistem tersebut sesuai dengan kebutuhan pengguna [17]. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kepuasan dan pemahaman terhadap sistem baru yang telah dikembangkan[18].

Berikut ditampilkan hasil kuesioner dari lima responden yang telah menggunakan Trainer Kit :

Tabel 4. 10 Hasil Kuesioner Penggunaan Trainer Kit

Skala nilai : 1 (sangat buruk), 2 (buruk), 3 (lumayan), 4 (baik), 5 (sangat baik)

No.	Pertanyaan	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
1a	Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
1b	Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5)	5	5	3	4	4
1c	Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
2a	Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
2b	Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur	4	4	3	4	4

	dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5)					
3a	Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
3b	Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (Ya/Tidak)	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Tidak
4a	Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5)	5	3	3	4	3
4b	Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
5a	Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5)	4	5	3	4	4
5b	Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (Ya/Tidak)	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Ya
6a	Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

	lakukan? (Ya/Tidak)					
6b	Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5)	4	4	4	4	3
7a	Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
7b	Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah)	Layar HMI kurang responsif, Media kayu bisa diganti dengan media yang tahan lama	Trainer Kit terlalu berat	Tingkatkan kualitas fisik Trainer Kit	-	Dibangun rangka tambahan agar lebih kokoh dan mudah digunakan

Berdasarkan hasil kuesioner yang diisi oleh lima responden, dapat disimpulkan bahwa trainer kit secara keseluruhan berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna dalam proses pembelajaran. Semua responden menyatakan bahwa fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik dan output yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan. Respon terhadap input dari pengguna dinilai baik hingga sangat baik, dengan skor mayoritas di atas 3. Koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal juga dinyatakan stabil oleh semua responden, dengan pengalaman pengaturan dan pemeliharaan koneksi dinilai cukup baik.

Dari segi keamanan, semua responden merasa bahwa trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai, meskipun ada dua responden yang mencatat adanya masalah keamanan fisik yang perlu diperhatikan. Kemudahan penggunaan trainer kit juga mendapat penilaian positif, dengan semua responden menyatakan bahwa instruksi penggunaan cukup jelas dan pemahaman fungsi-fungsi trainer kit dinilai baik.

Kualitas konstruksi fisik trainer kit mendapat penilaian yang cukup baik, meskipun ada beberapa responden yang menyarankan perlunya perbaikan atau penggantian bagian tertentu. Dalam hal kinerja simulasi, semua responden merasa trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang dilakukan dan mampu beradaptasi terhadap perubahan kondisi input atau lingkungan dengan baik.

Secara keseluruhan, trainer kit dinilai memenuhi kebutuhan pengguna dalam penggunaan sehari-hari. Namun, ada beberapa saran untuk perbaikan, termasuk meningkatkan responsivitas layar HMI, mengganti media kayu dengan bahan yang lebih tahan lama, mengurangi berat trainer kit, meningkatkan kualitas fisik, serta menambahkan rangka tambahan untuk stabilitas dan kemudahan penggunaan. Feedback ini memberikan panduan yang berharga untuk peningkatan lebih lanjut dalam desain dan fungsionalitas trainer kit.

4.5 Tantangan yang Diatasi

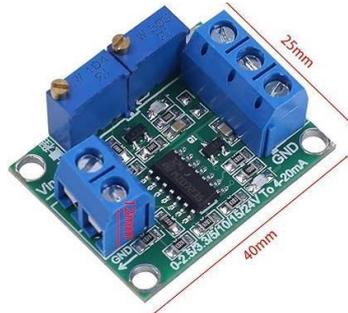
Tantangan yang diatasi dalam implementasi ini meliputi kompleksitas teknis dalam tuning PID, integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak yang memastikan ketersediaan data operasional yang akurat dan *real-time*.

4.5.1 Integrasi Perangkat Keras dan Lunak

Dalam proses pengerjaan perangkat keras, terjadi beberapa kendala, diantaranya:

1. Terdapat perbedaan antara keluaran analog PLC dengan perkiraan awal. Awalnya, diharapkan keluaran dari analog output PLC berupa tegangan antara 0 hingga 10 Volt, namun kenyataannya keluaran tersebut adalah arus 0 hingga 20 mA. Untuk mengatasi hal ini, ditambahkan modul converter

yang mengubah arus 0–20 mA menjadi tegangan 0–10 Volt, agar output tegangan tersebut dapat digunakan sebagai input pada pin PWM (*Pulse Width Modulation*) driver motor DC.



Gambar 4. 13 Modul Converter Arus ke Tegangan

(Sumber : www.amazon.com)

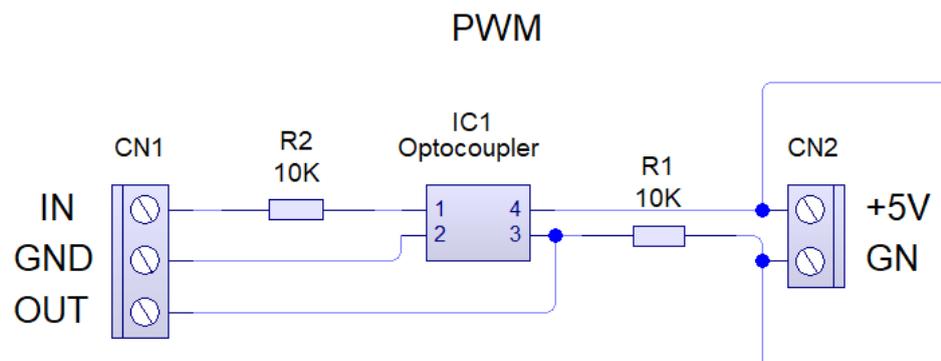
2. Tegangan yang dihasilkan dari modul converter dapat digunakan untuk menyalakan lampu indikator 12 Volt tetapi tidak bisa digunakan untuk mengatur kecepatan Motor DC. Output dari modul berupa tegangan murni tidak mendukung dalam pengaturan kecepatan Motor DC karena driver motor harus menggunakan tegangan PWM. Selanjutnya ditambahkan modul tambahan Voltage ke PWM dan menguji kembali ke driver Motor DC.



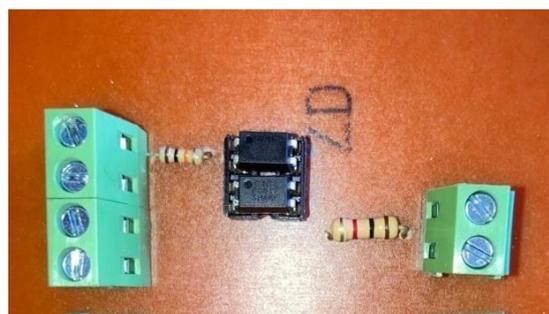
Gambar 4. 14 Modul Converter Tegangan ke PWM

(Sumber : store.fut-electronics.com)

3. Sayangnya setelah dihubungkan ke pin PWM driver motor DC, driver tidak mengeluarkan output sedikitpun untuk motor DC. Kemudian digantilah metode yang awalnya menjadikan output analog PLC sebagai pengontrol motor DC berubah menjadi menggunakan PWM pada PLC. Tetapi, ada masalah baru dimana tegangan output PWM pada PLC terlalu besar untuk digunakan atau dihubungkan ke driver motor DC yaitu 24 Volt. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan pembuatan desain dan pencetakan rangkaian *Optocoupler* yang berfungsi untuk menurunkan output tegangan PWM pada PLC yang awalnya 24 Volt menjadi 5 Volt.



Gambar 4. 15 Rangkaian *Optocoupler*



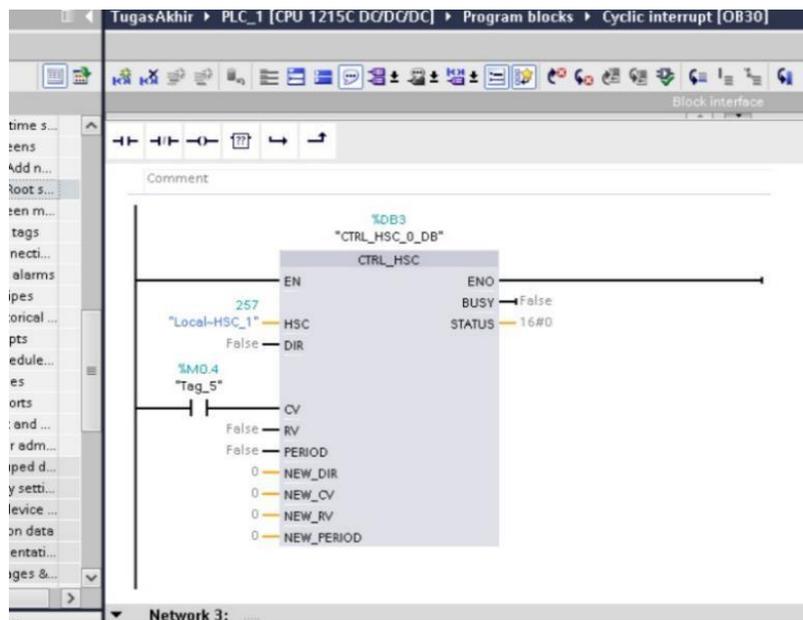
Gambar 4. 16 PCB *Optocoupler*

4. Setelah menggunakan *Optocoupler*, barulah driver Motor DC dapat mengeluarkan tegangan yang kemudian dapat menggerakkan serta mengatur kecepatan motor. Selanjutnya masih ada masalah baru pada

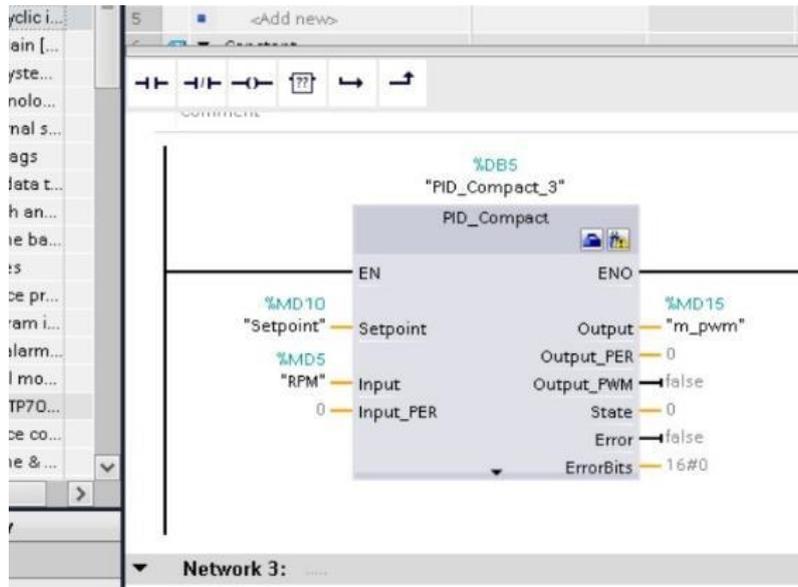
Rotary Encoder dimana *Rotary Encoder* yang digunakan karena tidak dapat menghitung kecepatan *Rotations Per Minute* (RPM) pada Motor DC. Kemudian digantilah Rotary Encoder dengan revolusi yang lebih rendah dan setelahnya barulah PLC dapat menghitung dan menampilkan nilai RPM pada Motor DC.

Sedangkan untuk perangkat lunak, terdapat beberapa kendala seperti

1. Kurangnya pemahaman dalam memprogram *High Speed Conter* (HSC) dan Proportional, Integral, Dervative (PID) pada Tia Portal (software PLC Siemens) sehingga diperlukan waktu lebih untuk memprogram dan mengkalkulasi data agar sesuai dengan hasil yang diinginkan.

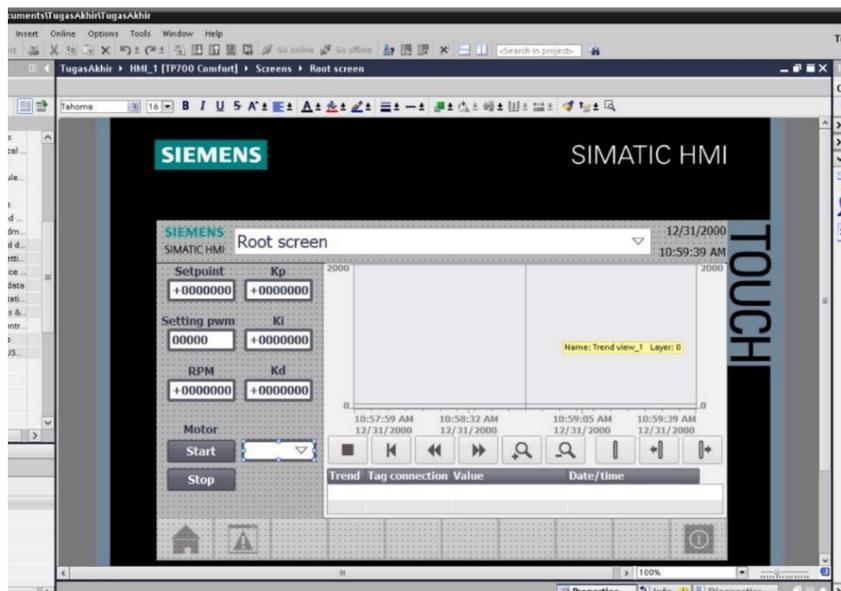


Gambar 4. 17 Pemrograman HSC



Gambar 4. 18 Pemrograman PID

- Integrasi program PLC berupa HSC dan PID ke HMI mengalami kendala dimana HSC tidak bisa menampilkan nilainya di HMI serta nilai Kp, Ki, Kd di HMI tidak bisa terintegrasi dengan program PLC. Tetapi setelah dilakukan percobaan berulang, barulah HMI dapat menampilkan nilai serta terintegrasi dengan PLC.



Gambar 4. 19 Pemrograman HMI

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Proyek akhir ini telah mengimplementasikan *rotary encoder* dalam sistem pengaturan kecepatan motor DC dengan kontrol PID yang berbasis PLC dan HMI Siemens. Melalui implementasi ini, beberapa kesimpulan dapat diambil:

1. **Keberhasilan Implementasi Teknologi Rotary Encoder:** Penggunaan rotary encoder memungkinkan pengukuran putaran motor DC dengan akurasi tinggi, sehingga memberikan umpan balik yang diperlukan untuk sistem kontrol PID. Hal ini menghasilkan pengaturan kecepatan motor yang stabil dan responsif terhadap perubahan *setpoint*.
2. **Kinerja Kontrol PID:** Sistem kontrol PID berhasil mengatur kecepatan motor DC dengan baik, mengurangi kesalahan statis dan dinamis secara efektif. Pengaturan parameter PID yang tepat memberikan respon sistem yang cepat dan stabil terhadap gangguan dan perubahan beban.
3. **Integrasi PLC dan HMI Siemens:** Integrasi antara PLC dan HMI Siemens memberikan kemudahan dalam pengawasan operasional dan pengendalian sistem secara langsung. HMI memberikan visualisasi yang jelas terhadap kondisi operasional sistem, memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol secara efisien.
4. **Manfaat dalam Penggunaan:** Implementasi ini memiliki kemudahan dalam pengoperasiannya dan dapat diaplikasikan secara luas dalam menggambarkan kebutuhan industri yang membutuhkan pengaturan kecepatan motor dengan presisi tinggi, seperti dalam sistem konveyor, mesin penggilingan, dan sistem penggerak lainnya. Selain itu, terdapat juga komponen pendukung yang dapat menunjang proses dalam pembelajaran.

5.2 Saran

Meskipun proyek ini telah mencapai banyak keberhasilan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan di masa depan:

1. **Pengembangan Lebih Lanjut pada Kontrol PID:** Melakukan studi lebih lanjut terkait tuning parameter PID untuk meningkatkan respons sistem dan mengoptimalkan kinerja kontrol kecepatan motor DC.
2. **Penambahan Komponen Pendukung pada Trainer Kit serta Fitur Monitoring pada HMI:** Menambahkan komponen pendukung tambahan seperti sensor atau katup. Pada HMI juga perlu ditambahkan fitur monitoring yang lebih mendetail dan sistem diagnostik pada HMI untuk mempermudah pemahaman operator dan identifikasi masalah.
3. **Penggunaan Komponen yang sesuai dengan sumber daya PLC:** Komponen yang sesuai dengan sumber daya PLC akan mempermudah proses perangkaian dan pengujian. Penggunaan komponen yang tak sesuai seperti driver motor DC untuk komponen mikrokontroler akan menyulitkan karena harus menambah komponen tambahan seperti modul Step-Down.
4. **Pengujian dan Validasi yang Lebih Komprehensif:** Melakukan pengujian yang lebih komprehensif terhadap sistem dalam berbagai kondisi operasional dan beban untuk memastikan keandalan dan konsistensi kinerja.

5.3 Penutup

Secara keseluruhan, implementasi rotary encoder pada sistem pengaturan kecepatan motor DC dengan kontrol PID berbasis PLC dan HMI Siemens telah berhasil menunjukkan kemampuan dalam mengoptimalkan pengaturan kecepatan motor dengan presisi dan stabilitas yang tinggi. Proyek ini memberikan kontribusi signifikan dalam bidang otomatisasi industri, dengan potensi aplikasi yang luas dan manfaat yang nyata dalam meningkatkan efisiensi proses pembelajaran. Dengan mengambil saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut, diharapkan proyek ini

dapat terus berkontribusi dalam inovasi teknologi dalam industri otomatisasi dan kontrol sistem.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti, E. D. (2013). Perilaku Konsumtif Dalam Membeli Barang. *eJournal Psikologi*, 148-149.
- [2] Chen, J. Y., Tai, K. C., & Chen, G. C. (2017). Application of Programmable Logic Controller to Build-up an Intelligent. *Procedia CIRP*, 63.
- [3] Amalia, D., Setiyo, Saputra, W., Martadinata, M. I., Septiani, V., & Rizko, R. (2021). Pelatihan Programmable Logic Controller Menggunakan Outseal PLC. *Jurnal Inovasi Pengabdian dalam Penerbangan*, 15-16.
- [4] Putri, M. D., Ma'arif, A., & Puriyanto, R. D. (2021). Pengendali Kecepatan Sudut Motor DC Menggunakan Kontrol PID dan Tuning Ziegler Nichols. *TECHNO*, 10-11.
- [5] Ardiansyah, T., & Risfendra. (2020). Rancangan Sistem Mounting Device Berbasis PLC Menggunakan HMI. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia Vol 1 No 2*, 46.
- [6] Ali, M. R., Falahuddin, ST., MT., M. A., & Susilawati ST, M.Eng. (2021). Pembuatan Remote Accessable PLC LOGO Siemens dengan Web Server Programming pada Training Unit Sistem Refrigerasi. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 76-77.
- [7] Yudha, F. A., & Riyatna, B. (2020). • Melakukan percobaan terhadap Rotary Encoder serta pengaplikasian PID pada Motor DC. *JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur Vol. 4, No.2, p136-145,, 137*.
- [8] Saputro, A. K., Sukri, H., & Al Baihaqi, M. R. (2024). Sistem Otomasi Untuk Menyortir Barang Pada Ruang Produksi Menggunakan Scada dan PLC. *Jurnal Energy(Jurnal Ilmiah Ilmu-ilmu Teknik) Vol.14 No.1*, 39-40
- [9] Ghany, A., Kabib, M., Qomaruddin, & Hidayat, T. (2020). Desain dan Implementasi Sistem Kontrol Putaran Motor Pada Gerak Simulator Gempa 3 Axis. *Jurnal CRANKSHAFT, Vol. 3 No. 1*, 26-27.

- [10] Romadhon, M. R., Amperawan, & Nawawi, M. (2023). Analisa Ketetapan Encoder pada Sistem Steering Autonomus Eelectric Car Metode Pulse Counter. *Jurnal Teliska Volume 16 No II*, 17.
- [11] Arif, D. T., & Aswardi, M.T. (2020). Kendali Kecepatan Motor DC Penguat Terpisah Berbeban Berbasis Arduino. *JTEV (JURNAL TEKNIK ELEKTRO DANVOKASIONAL) Volume 06*, 34.
- [12] Putera, M. R., & Hidayat, R. (2022). Kendali Kecepatan Motor DC Menggunakan Pengendali PID dengan Encoder Sebagai Feedback. *STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi)*, 51-52
- [13] Putra, A. A., Rifa, M., & Safitri, H. K. (2024). Implementasi Sistem Kontrol Penggerak Motor Stepper pada Proses Berbasis PID Menggunakan PLC DAN Arduino. *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan) Vol. 12 No. 1*, 23.
- [14] Utama, Y. A., & Tamaji. (2022). Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Parallel Hybrid Electric Vehicle. *TELEKONTRAN, VOL. 10, NO. 1*, 12
- [15] Kurniawan, I. H., & Hayat, L. (2016). Perbandingan Metode Tuning PID pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Berbasis Programmable Logic Controller. *Techno, ISSN 1410 - 8607*, 39-41.
- [16] Daniun, M., & Awtoniuk, M. (2017). Implementation of PID autotuning procedure in PLC controller. *ITM Web of Conferences 15*, , 1-2.
- [17] E. L. Hady, K. Haryono, and N. W. Rahayu, "User Acceptance Testing (UAT) pada Purwarupa Sistem Tabungan Santri (Studi Kasus : Pondok Pesantren Al-Mawaddah) User Acceptance Testing (UAT) of the Prototype of Students ' Savings Information System (Case Study : Al-Mawaddah Islamic Boarding Scho," *J. Ilm. Multimed. dan Komun.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [18] D. Azzahra and S. Ramadhani, "Pengembangan Aplikasi Online Public Access Catalog (Opac) Perpustakaan Berbasis Web Pada Stai

Auliaurasyiddin Tembilahan,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 2, no. 2, pp. 152–160, 2020, doi: 10.47233/jteksis.v2i2.127.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Muhammad Al Fikram
Tempat & tanggal lahir : Sungailiat, 20 Juli 2003
Alamat rumah : Lingkungan Hakok
RT 003 Matras
Kecamatan Sungailiat
Kabupaten Bangka
Bangka Belitung
Telp : -
Hp : 083169724822
Email : fikram.afif98@gmail.com
Jenis kelamin : Laki – laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

- a. 2009 – 2015 : SD Negeri 20 Sungailiat
- b. 2015 – 2018 : MTS Negeri 1 Bangka
- c. 2018 – 2021 : MAN 1 Bangka

Sungailiat, 11 Juli 2024

Tanda Tangan

Muhammad Al Fikram

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Naufal Anggara
Tempat & tanggal lahir : Belinyu, 04 Mei 2003
Alamat rumah : Jl. Trem Lama
RT 002, RW 008
Kuto Panji
Kabupaten Bangka
Bangka Belitung
Telp : -
Hp : 081271151664
Email : naufal04th@gmail.com

Jenis kelamin : Laki – laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

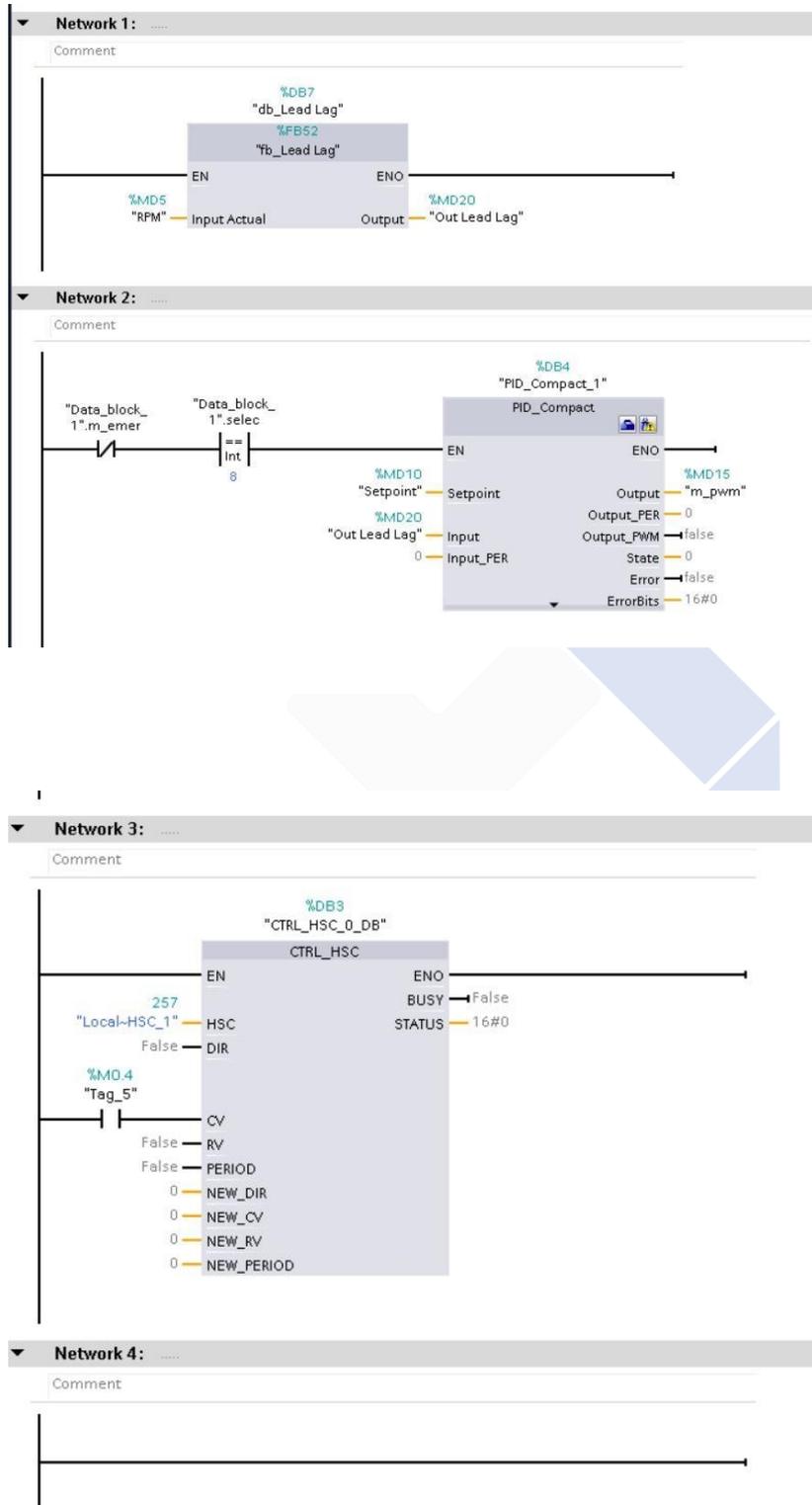
a. 2009 – 2015 : SD Negeri 3 Belinyu
b. 2015 – 2018 : SMP Negeri 1 Belinyu
c. 2018 – 2021 : SMA Negeri 1 Bangka

Sungailiat, 11 Juli 2024

Tanda Tangan

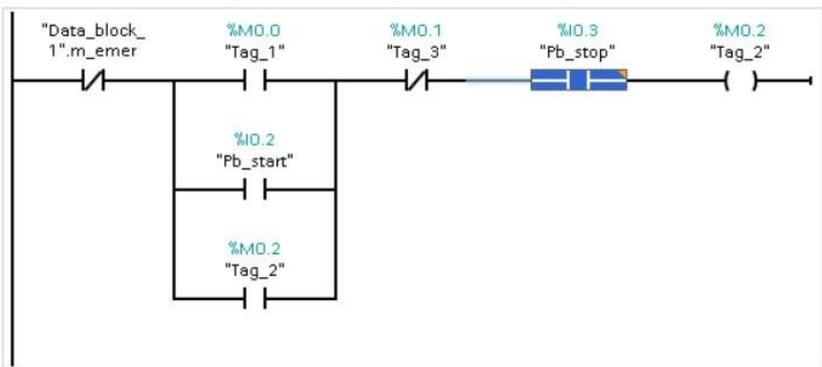
Naufal Anggara

Lampiran 2 Program PLC



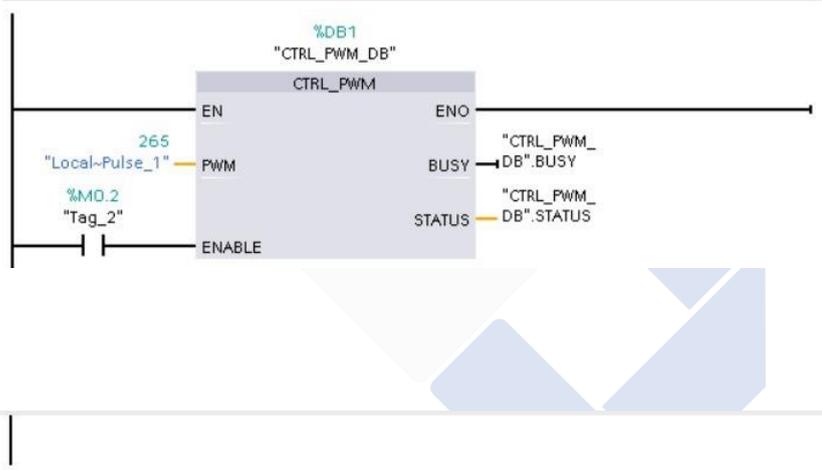
Network 1:

Comment



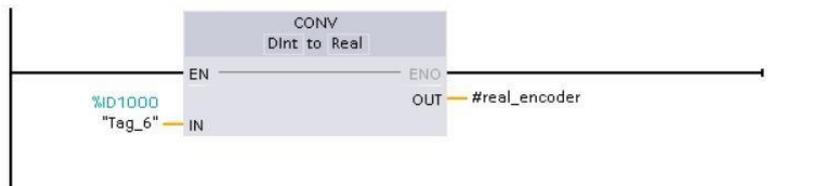
Network 2:

Comment



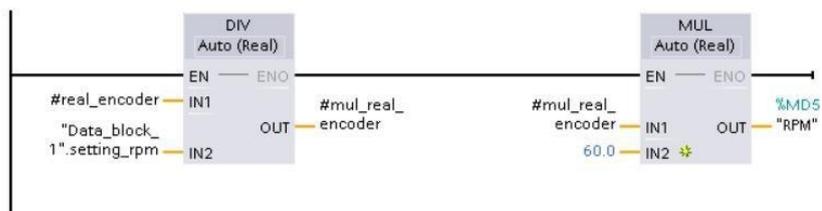
Network 3:

Comment



Network 4:

Comment

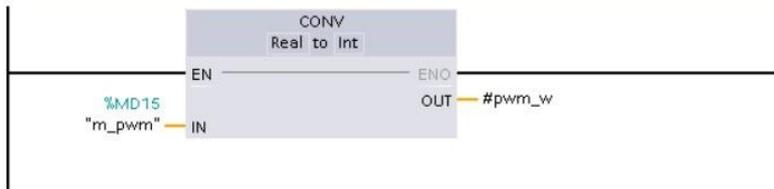


Network 5:

Comment

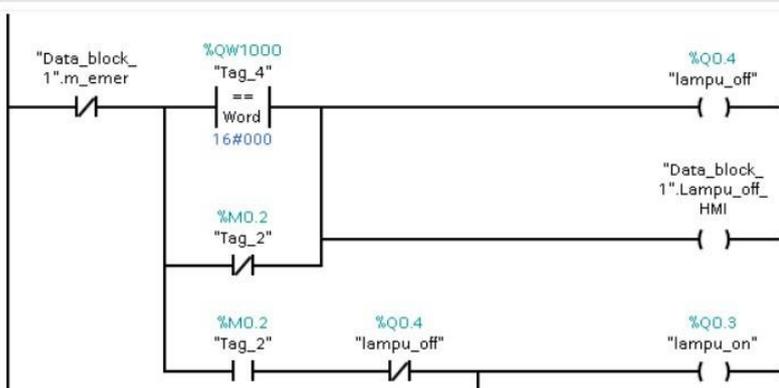


Comment



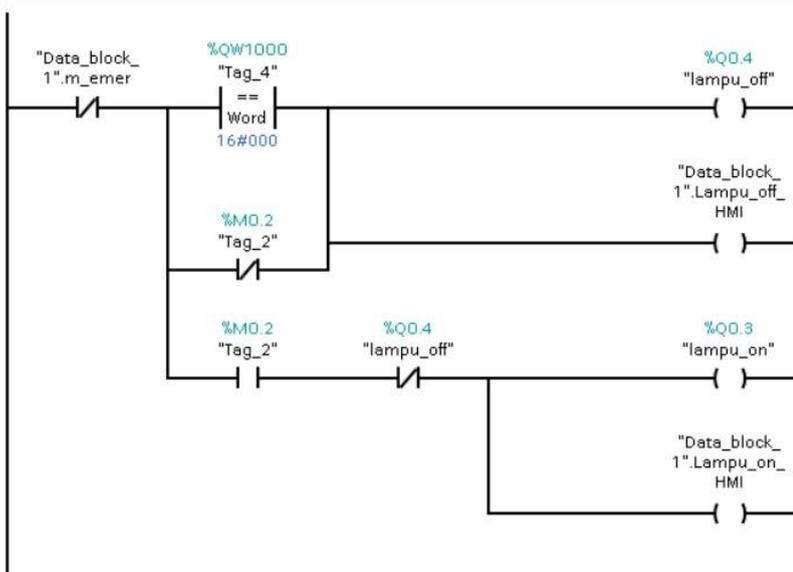
Network 6:

Comment



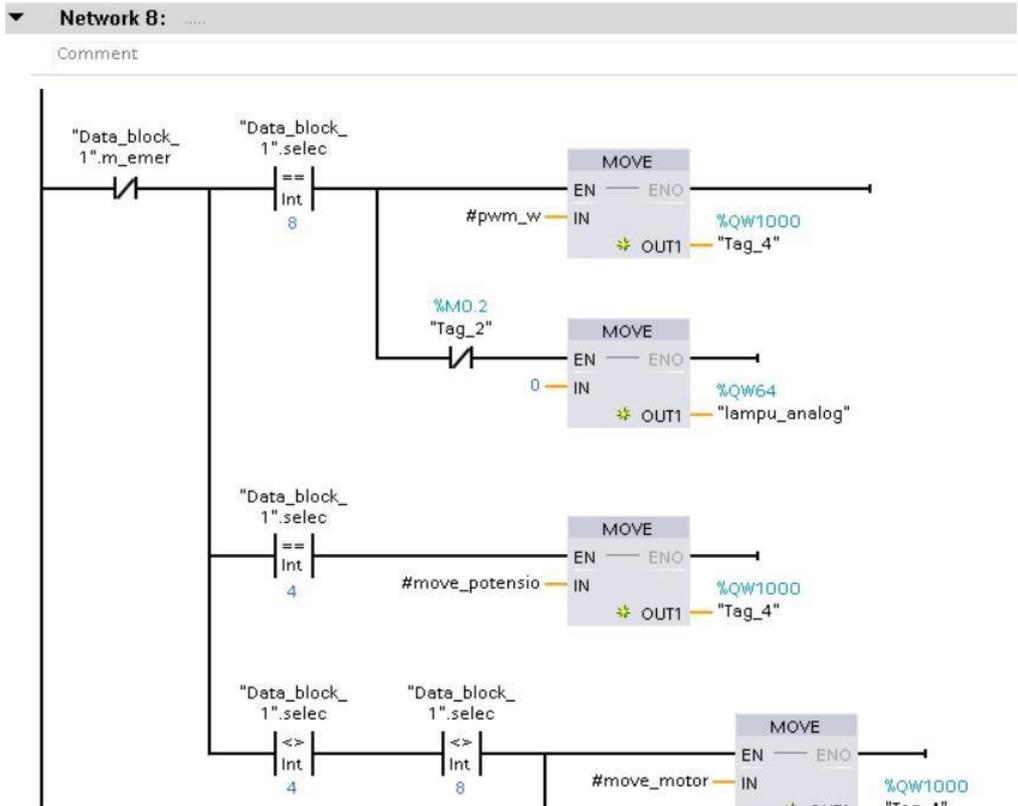
Network 6:

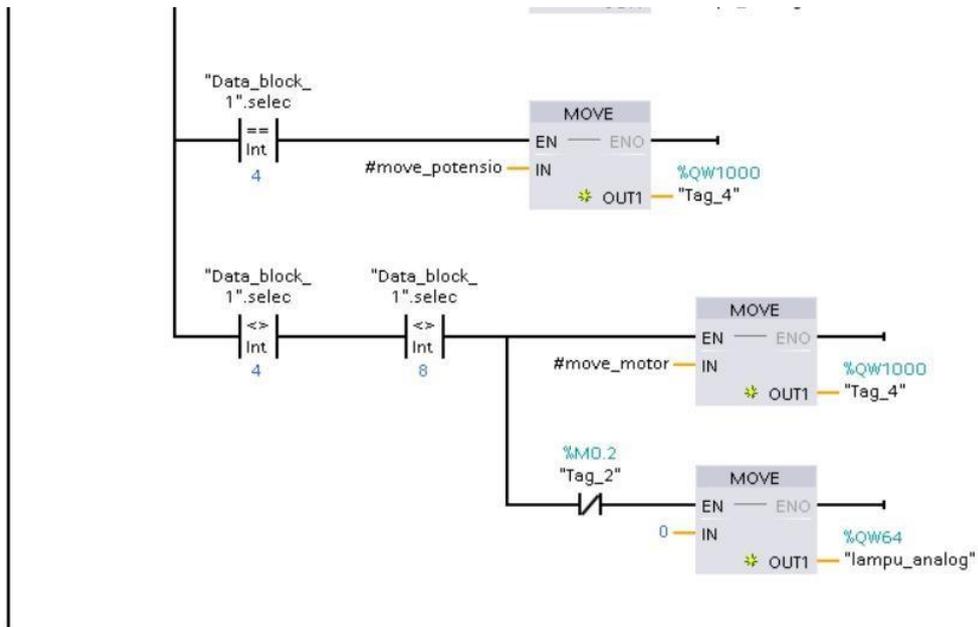
Comment



Network 7:

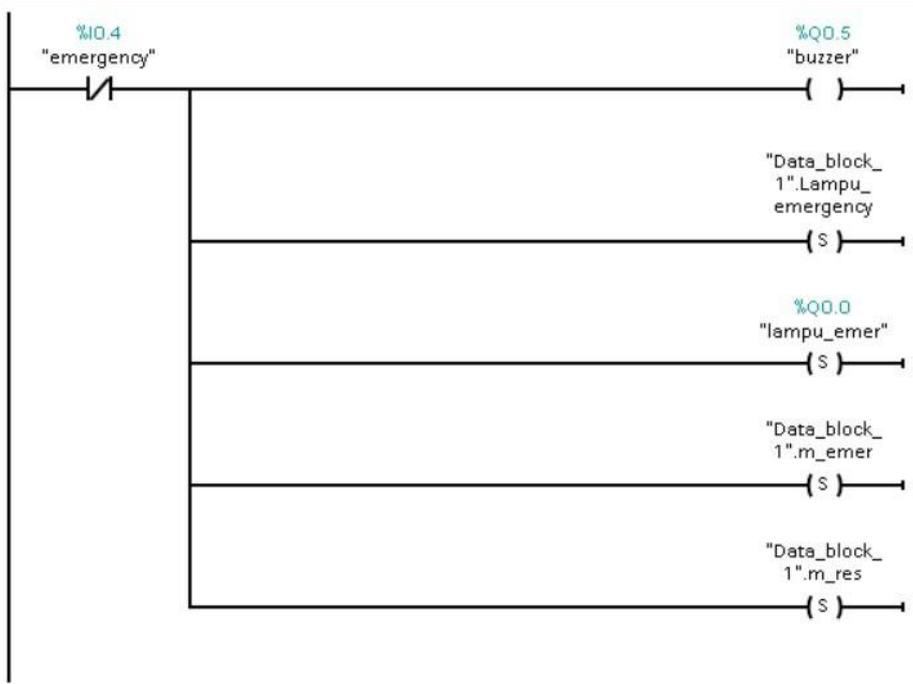
Comment





▼ Network 9:

Comment

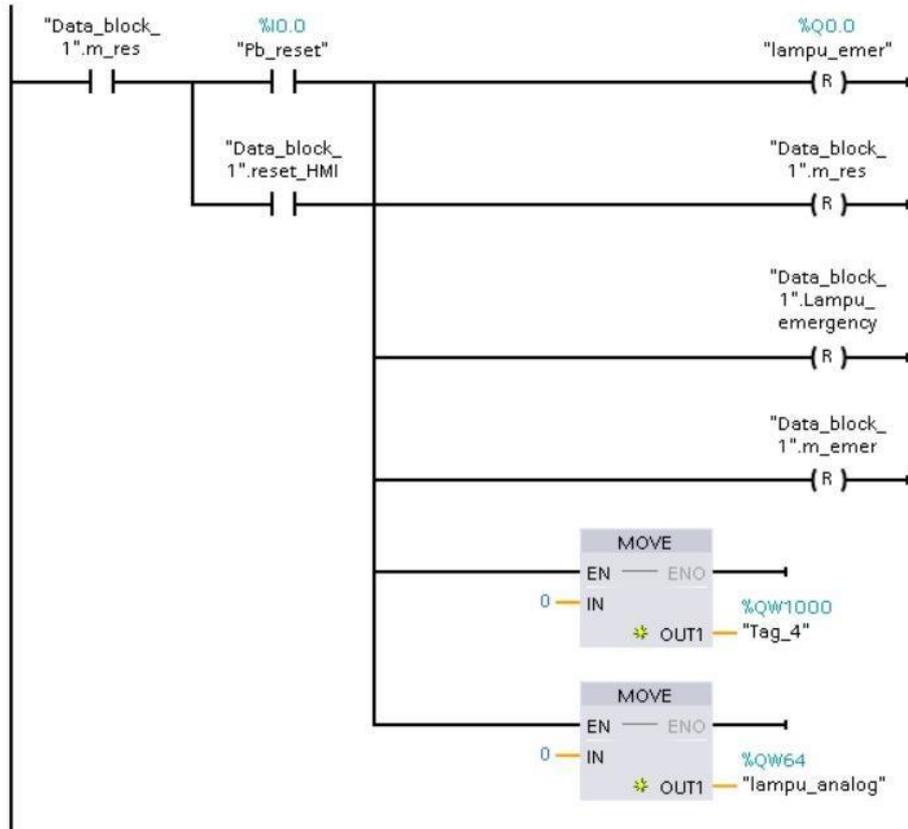


▼ Network 10:

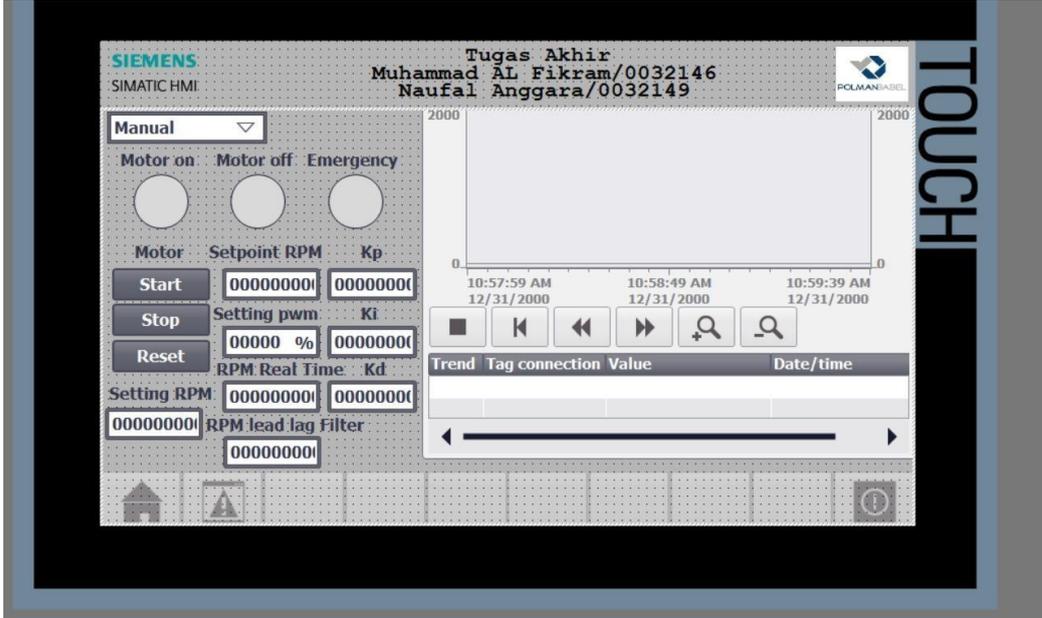
Comment

Network 10:

Comment



Lampiran 3 Desain HMI



Lampiran 4 Modul Praktikum

Soal 1

Buatlah Sistem sesuai dengan perintah dibawah ini:

1. Push Button 1 (PB1): Digunakan untuk mengatur mode operasi sistem.
2. Push Button 2 (PB2): Digunakan untuk memicu tindakan tertentu dalam mode yang dipilih.
3. Lampu 1 (OUT1): Output yang harus dinyalakan sesuai dengan mode operasi.
4. Lampu 2 (OUT2): Output tambahan yang harus dinyalakan dalam beberapa mode operasi.
5. Lampu 3 (OUT3): Output tambahan lainnya yang harus dinyalakan dalam mode operasi tertentu.
6. Detail Tambahan:

Mode 1 (PB1 ditekan sekali):

1. PB2 ditekan: Hidupkan Lampu 1 (OUT1) saja. Mode 2 (PB1 ditekan dua kali):
2. PB2 ditekan: Hidupkan Lampu 1 (OUT1) dan Lampu 2 (OUT2). Mode 3 (PB1 ditekan tiga kali):
3. PB2 ditekan: Hidupkan Lampu 1 (OUT1), Lampu 2 (OUT2), dan Lampu 3 (OUT3)

Soal 2

Buatlah Sistem sesuai dengan perintah dibawah ini:

1. Ketika PB Start ditekan Motor DC akan aktif dan menhidupkan lampu hijau.
2. Potensiometer diputar untuk mengatur kecepatan Motor DC.
3. Ketika Motor DC berputar Lampu biru akan aktif terang dan redup sesuai dengan kecepatan Motor DC.

4. Untuk mematikan Motor DC dengan menekan PB Stop.
5. Ketika Motor DC sedang tidak berputar lampu merah hidup.
6. Pada HMI, ditampilkan PB, Indikator, dan kecepatan motor dengan satuan RPM.

Soal 3

Buatlah sistem mengatur Motor DC menggunakan kontrol PID.

1. Tampilkan number input setpoint, K_p , K_i , dan K_d yang bisa diatur di HMI.
2. Tampilkan Trend atau grafik untuk memonitoring setpoint dan kecepatan motor DC, tampilkan juga kecepatan motor dengan satuan RPM.
3. Ketika Motor DC berputar lampu hijau aktif dan Lampu biru aktif terang dan redup sesuai dengan kecepatan Motor DC.
4. Ketika Motor DC sedang tidak berputar lampu merah hidup.

Soal 4

Buatlah Sistem sesuai dengan perintah dibawah ini:

1. Terdapat mesin pemotong yang menyalakan Lampu warna Kuning pada posisi StandBy.
2. Ketika tombol Start ditekan, Motor akan aktif dan menyalakan Lampu warna Hijau .
3. Untuk mematikan Motor menggunakan tombol Stop dan menyalakan Lampu Merah.
4. Apabila Tombol Emergency ditekan, Semua system akan mati dan Lampu warna Merah akan menyala selama 2 detik dan 1 detik mati berulang serta menyalakan Alarm.
5. Mesin dapat dimulai kembali hanya ketika tombol Emergency dilepas dan tombol Reset ditekan.

Soal 5

Buatlah Sistem sesuai dengan perintah dibawah ini:

1. Buatlah sebuah sistem yang menggunakan tiga buah mode. Pertama, Pada Mode Manual, Motor DC bisa dihidupkan dengan PB Start yang kemudian akan menghidupkan Lampu Hijau baik pada PLC maupun HMI.
2. Untuk mematikan Motor dapat melalui PB Stop. Lampu merah pada PLC dan HMI akan aktif ketika motor mati. Untuk mengatur kecepatan motor diatur melalui HMI.
3. Mode kedua menggunakan Potensiometer. Untuk mode ini, Potensiometer dapat mengatur kecepatan motor secara manual.
4. Mode ketiga PID. Buatlah Input Number untuk memasukkan nilai Set Point K_p , K_i , dan K_d
5. Untuk memilih ketiga mode, buatlah Selection pada HMI. Ketika motor aktif, lampu Biru akan aktif sesuai dengan kecepatan motor. Semakin cepat, maka lampu akan semakin terang, begitu juga sebaliknya.
6. Pada HMI ditampilkan Trend atau grafik untuk memonitoring kecepatan motor DC. Selanjutnya pada HMI ditampilkan juga kecepatan motor dengan satuan RPM. Jika PB emergency ditekan, lampu kuning dan alarm akan aktif dan menonaktifkan seluruh sistem.
7. Ketika PB emergency direlease alarm akan mati tetapi lampu kuning tetap hidup. Sistem dapat kembali aktif hanya jika PB reset ditekan dan mematikan lampu kuning.

Lampiran 5 Bukti Hasil Kuesioner Trainer Kit

Kuesioner Pengujian Trainer Kit

Informasi Responden:

Nama : Ayu Miranda
Asal Institusi : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Jurusan : D3 Teknik Elektronika
Tanggal : 16 Juli 2024

Instruksi: Mohon isi kuesioner ini berdasarkan pengalaman Anda menggunakan trainer kit. Berikan jawaban yang paling relevan dan jujur untuk membantu kami meningkatkan kualitas dan kinerja trainer kit.

1. Fungsi dan Performa:

- Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/Tidak)
- Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5, dengan 1= sangat buruk, 2= buruk, 3= lumayan, 4= baik dan 5= sangat baik) 5.
- Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/Tidak)

2. Koneksi dan Komunikasi:

- Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/Tidak)
- Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5) 4.

3. Keamanan:

- Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/Tidak)
- Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (Ya/Tidak)

4. Kemudahan Penggunaan:

- Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5) 5.
- Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/Tidak)

5. Kualitas Konstruksi:

- Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5) 4
- Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (Ya/Tidak)

6. **Kinerja dalam Simulasi:**

- a. Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda lakukan? (Ya/Tidak)
- b. Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5) 4.

7. **Keseluruhan Pengalaman:** a. Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)

- b. Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah)

Layar HMI Kurang responsif, Media Kayu bisa diganti dengan media yang tahan lama.

Kuesioner Pengujian Trainer Kit

Informasi Responden:

Nama : Gezka Ramanda
Asal Institusi : Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Jurusan : D3 Elektronika
Tanggal : Selasa, 16 Juli 2024

Instruksi: Mohon isi kuesioner ini berdasarkan pengalaman Anda menggunakan trainer kit. Berikan jawaban yang paling relevan dan jujur untuk membantu kami meningkatkan kualitas dan kinerja trainer kit.

1. Fungsi dan Performa:

- Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/Tidak)
- Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5, dengan 1= sangat buruk, 2= buruk, 3= lumayan, 4= baik dan 5= sangat baik) **3**
- Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/Tidak)

2. Koneksi dan Komunikasi:

- Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/Tidak)
- Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5) **3**

3. Keamanan:

- Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/Tidak)
- Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (~~Ya~~/Tidak)

4. Kemudahan Penggunaan:

- Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5) **3**
- Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/Tidak)

5. Kualitas Konstruksi:

- Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5) **3**
- Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (~~Ya~~/Tidak)

6. **Kinerja dalam Simulasi:**

a. Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda lakukan? (Ya/Tidak)

b. Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5) 4

7. **Keseluruhan Pengalaman:** a. Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)

b. Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah)

untuk peningkat pada trainer kit harus menggunakan kualitas fisik yang lebih baik.

Kuesioner Pengujian Trainer Kit

Informasi Responden:

Nama : Muhammad Haritsyah
Asal Institusi : Polman Babel
Jurusan : DIII Teknik Elektronika
Tanggal : 16 - July - 2024

Instruksi: Mohon isi kuesioner ini berdasarkan pengalaman Anda menggunakan trainer kit. Berikan jawaban yang paling relevan dan jujur untuk membantu kami meningkatkan kualitas dan kinerja trainer kit.

1. Fungsi dan Performa:

- Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/Tidak)
- Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5, dengan 1= sangat buruk, 2= buruk, 3= lumayan, 4= baik dan 5= sangat baik) 4. baik
- Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/Tidak)

2. Koneksi dan Komunikasi:

- Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/Tidak)
- Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5) 4.

3. Keamanan:

- Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/Tidak)
- Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (Ya/Tidak)

4. Kemudahan Penggunaan:

- Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5) 3
- Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/Tidak)

5. Kualitas Konstruksi:

- Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5) 4
- Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (Ya/Tidak)

6. **Kinerja dalam Simulasi:**

a. Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda lakukan? (Ya/Tidak)

b. Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5) 3

7. **Keseluruhan Pengalaman:** a. Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)

b. Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah) sebaiknya dibangun sebuah panel agar trainer kit dapat berdiri lebih kokoh dan mudah digunakan

Kuesioner Pengujian Trainer Kit

Informasi Responden:

Nama : Epin Jorgian
Asal Institusi : Polman Babel
Jurusan : D3 Teknik Elektronika
Tanggal : 16 July 2021

Instruksi: Mohon isi kuesioner ini berdasarkan pengalaman Anda menggunakan trainer kit. Berikan jawaban yang paling relevan dan jujur untuk membantu kami meningkatkan kualitas dan kinerja trainer kit.

1. Fungsi dan Performa:

- Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/~~Tidak~~)
- Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5, dengan 1= sangat buruk, 2= buruk, 3= lumayan, 4= baik dan 5= sangat baik) → 5
- Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/~~Tidak~~)

2. Koneksi dan Komunikasi:

- Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/~~Tidak~~)
- Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5) → 4

3. Keamanan:

- Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/~~Tidak~~)
- Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (Ya/~~Tidak~~)

4. Kemudahan Penggunaan:

- Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5) → 3
- Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/~~Tidak~~)

5. Kualitas Konstruksi:

- Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5) → 5
- Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (Ya/~~Tidak~~)

6. **Kinerja dalam Simulasi:**

a. Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda lakukan? (Ya/Tidak)

b. Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5) → 4

7. **Keseluruhan Pengalaman:** a. Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)

b. Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah)

→ Saran yang bisa saya berikan penggunaan kayu pada body trainer kit kurang efektif karena beban yang terlalu berat yang akan mengakibatkan pengguna dalam proses pembelajaran.

Kuesioner Pengujian Trainer Kit

Informasi Responden:

Nama : Meisya Suandari
Asal Institusi : Polman Babei
Jurusan : D3 Elektronika
Tanggal : 16 Juli 2024

Instruksi: Mohon isi kuesioner ini berdasarkan pengalaman Anda menggunakan trainer kit. Berikan jawaban yang paling relevan dan jujur untuk membantu kami meningkatkan kualitas dan kinerja trainer kit.

1. Fungsi dan Performa:

- Apakah semua fungsi dasar dari trainer kit berfungsi dengan baik? (Ya/Tidak)
- Seberapa baik respon trainer kit terhadap input dari pengguna? (Skala 1-5, dengan 1= sangat buruk, 2= buruk, 3= lumayan, 4= baik dan 5= sangat baik) 4
- Apakah output dari trainer kit sesuai dengan yang diharapkan? (Ya/Tidak)

2. Koneksi dan Komunikasi:

- Apakah koneksi antara trainer kit dan perangkat eksternal stabil? (Ya/Tidak)
- Bagaimana pengalaman Anda dalam mengatur dan mempertahankan koneksi dengan perangkat eksternal? (Skala 1-5) 4

3. Keamanan:

- Apakah trainer kit memiliki fitur keamanan yang memadai? (Ya/Tidak)
- Apakah ada masalah terkait keamanan fisik trainer kit yang perlu diperhatikan? (Ya/Tidak)

4. Kemudahan Penggunaan:

- Seberapa mudahnya untuk memahami dan menggunakan fungsi-fungsi trainer kit? (Skala 1-5) 4
- Apakah instruksi penggunaan trainer kit cukup jelas? (Ya/Tidak)

5. Kualitas Konstruksi:

- Bagaimana pendapat Anda tentang kualitas fisik dari trainer kit? (Skala 1-5) 4
- Apakah ada bagian dari trainer kit yang terlihat memerlukan perbaikan atau penggantian? (Ya/Tidak)

6. **Kinerja dalam Simulasi:**

a. Apakah trainer kit merespons dengan baik terhadap skenario simulasi yang Anda lakukan? (Ya/Tidak)

b. Seberapa baik trainer kit mengadaptasi diri terhadap perubahan dalam kondisi input atau lingkungan simulasi? (Skala 1-5) ↵

7. **Keseluruhan Pengalaman:** a. Apakah Anda merasa trainer kit memenuhi kebutuhan Anda dalam penggunaan sehari-hari? (Ya/Tidak)

b. Apakah Anda memiliki saran atau masukan untuk perbaikan atau peningkatan pada trainer kit? (Tulis jawaban Anda di bawah)

AAN FEBRIANSYAH, M.T.
DOSEN PEMBIMBING 1



INDRA DWISAPUTRA, M.T.
DOSEN PEMBIMBING 2



PROYEK AKHIR TAHUN 2024

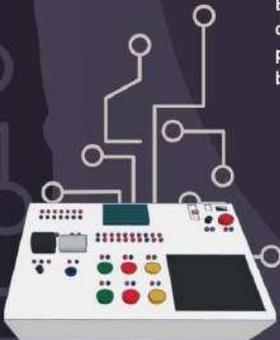
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

IMPLEMENTASI ROTARY ENCODER PADA SYSTEM PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC DENGAN CONTROL PID BERBASIS PLC DAN HMI SIEMENS



Latar Belakang

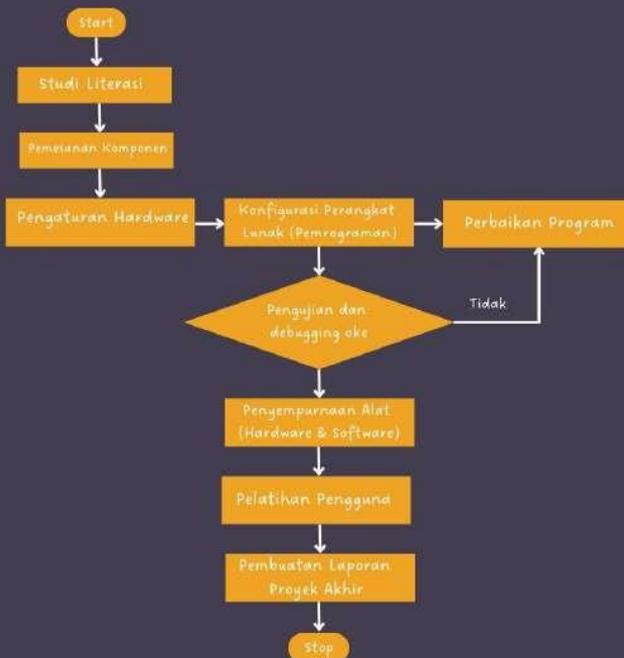
Pada era industri modern saat ini, teknologi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi. Salah satu teknologi tersebut adalah Programmable Logic Controller (PLC), yang memungkinkan sistem otomatisasi yang terintegrasi dengan baik. Untuk mendukung kebutuhan ini, institusi pendidikan industri kini mengintegrasikan pembelajaran PLC sebagai bagian wajib dalam kurikulum mereka. Namun, kendala biaya tinggi perangkat keras PLC masih menjadi tantangannya, terutama bagi institusi seperti Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam upaya memfasilitasi pembelajaran, penulis telah mengembangkan Trainer Kit PLC dan HMI dengan output Motor DC, dilengkapi dengan Rotary Encoder dan sistem PID untuk mengukur dan mengontrol kecepatan motor. Trainer Kit ini diharapkan dapat memperluas pemahaman mahasiswa terhadap PLC, khususnya dalam penggunaan input dan output analog, serta mempersiapkan mereka untuk berkarir dalam berbagai industri yang semakin mengadopsi teknologi otomatisasi.



Tujuan

- Memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan kemampuan dalam mengoperasikan PLC dan HMI.
- Mempermudah mahasiswa dalam mempelajari PLC dan HMI dengan modul kerja serta pembelajaran yang mudah dimengerti dan dioperasikan.
- Memberikan ilustrasi pengaplikasian PLC dan HMI pada dunia industri.

Metodeology



Hasil

Tipe	Jenis	Maks. Revolusi	Output	Resolusi	Kecocokan
Omron E6B2-CWZ4C	Incremental	5000 RPM	NPN Open-collector	600 P/R	Tidak Cocok
E3S86G5-600B-G24N	Incremental	5000 RPM	NPN Open-collector	600 P/R	Tidak Cocok
Antonies E50S-100-3-T-24	Incremental	5000 RPM	NPN Open-collector	100 P/R	Cocok



Muhammad Al Fikram & Naufal Anggara