



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



SISTEM PENYORTIR KERUSAKAN KALENG KEMASAN
MENGUNAKAN KONVEYOR BERBASIS PENGOLAHAN CITRA

Sub Judul:

**Pengendali Kecepatan Putaran Motor DC Pada *Belt Conveyor* dan
Railing Conveyor Menggunakan Metode Kontrol PID**

SKRIPSI

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Bayu Jala Perwitha

2103431046

PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SISTEM PENYORTIR KERUSAKAN KALENG KEMASAN
MENGUNAKAN KONVEYOR BERBASIS PENGOLAHAN CITRA**

Sub Judul:

**Pengendali Kecepatan Putaran Motor DC Pada *Belt Conveyor* dan
Railing Conveyor Menggunakan Metode Kontrol PID**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Bayu Jala Perwitha

2103431046

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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



Nama : Bayu Jala Perwitha

NIM : 2103431046

Tanda Tangan :

Tanggal : 18 Juni 2025

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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

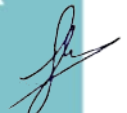
Nama : Bayu Jala Perwitha

NIM : 2103431046

Program Studi : Instrumentasi Dan Kontrol Industri

Judul Tugas Akhir : Pengendali Kecepatan Putaran Motor DC Pada *Belt Conveyor* dan *Railing Conveyor* Menggunakan Metode Kontrol PID

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 25 Juni 2025 dan dinyatakan

Pembimbing : Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. ()
NIP.198904052022031003

Depok, 14 Juli 2025
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan, Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri. Skripsi ini berjudul **“Pengendali Kecepatan Putaran Motor DC Pada Belt Conveyor dan Railing Conveyor Menggunakan Metode kontrol PID”**. Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapatkan ilmu pengetahuan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini hingga selesai;
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan berupa dukungan material dan moral; dan
5. Sahabat dan rekan-rekan IKI-21 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap kepada Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga laporan ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 18 Juni 2025

Bayu Jala Perwitha



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Abstrak

Penelitian ini membahas penerapan kendali PID untuk mengatur kecepatan dua motor DC sebagai penggerak *belt conveyor* dan *railing conveyor* dalam sistem penyortir kerusakan kaleng kemasan berbasis pengolahan citra. Umpan balik kecepatan diperoleh dari rotary encoder tipe LPD3806-600BM-GH-24C, sedangkan Arduino Mega 2560 memproses sinyal kontrol dan menampilkan hasil pada layar OLED. Parameter PID dituning melalui metode *trial and error* dalam lima percobaan untuk masing-masing motor, dievaluasi berdasar *rise time*, *peak time*, *overshoot*, dan *steady – state error*. Hasil tuning terbaik pada *belt conveyor* diperoleh pada nilai $K_p = 1.1$, $K_i = 0.8$, $K_d = 0.02$ dan pada *railing conveyor* $K_p = 7.2$, $K_i = 1.2$, $K_d = 0.01$. Pengujian beban 220 g, 330 g, dan 500 g menunjukkan peredaman osilasi belt dari 11 RPM menjadi 5,5 RPM, sementara railing menampilkan fluktuasi konstan pada nilai 2 RPM. Selain itu, Uji Kecepatan Putar Motor Terhadap Stabilitas Kaleng dengan variasi belt 40 sampai 55 RPM dan railing 5 sampai 10 RPM menghasilkan stabilitas putaran 360° tanpa getaran berlebih, waktu penyelesaian terendah mencapai 6,2 detik pada 55 RPM belt dan 5 RPM railing, serta tetap andal hingga 14,2 detik pada kecepatan tertinggi. Temuan ini membuktikan tuning PID yang tepat mampu menjamin respons cepat, overshoot terkendali, dan stabilitas tinggi meski beban dan kecepatan berubah-ubah.

Kata Kunci: *Pengendali PID, Rotary Encoder, Motor DC, Konveyor. Penyortiran Kaleng.*

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Abstract

This reserch discusses the implementation of PID control to regulate the rotational speed of two DC motors driving a belt conveyor and a railing conveyor in an image-processing-based system for sorting damaged packaging cans. Speed feedback is provided by an LPD3806-600BM-GH-24C rotary encoder, while an Arduino Mega 2560 processes control signals and displays results on an OLED screen. PID parameters were tuned via a trial-and-error method across five experiments for each motor and evaluated based on rise time, peak time, overshoot, and steady-state error. Optimal results were achieved with $K_p = 1.1$, $K_i = 0.8$, $K_d = 0.02$ for the belt conveyor and $K_p = 7.2$, $K_i = 1.2$, $K_d = 0.01$ for the railing conveyor. Load tests using 220 g, 330 g, and 500 g masses showed belt oscillations damped from 11 RPM to 5.5 RPM, while the railing maintained 2 RPM fluctuations. Additionally, speed variation tests 40 to 55 RPM belt and 5 to 10 RPM railing achieved stable 360° rotations without excessive vibration: the shortest completion time was 6.2 s at 55 RPM (belt) and 5 RPM (railing), remaining reliable up to 14.2 s at maximum speed. These findings demonstrate that precise PID tuning delivers rapid response, controlled overshoot, and high stability under varying loads and speeds.

Keywords: PID Control, Rotary Encoder, DC Motor, Conveyor, Cans Sorting.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
<i>Abstrak</i>	v
<i>Abstract</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 State of The Art	4
2.2 <i>Quality Control</i> (QC)	6
2.3 Kontrol <i>Proportional-Integral-Derivative</i> (PID)	7
2.3.1 Pengertian Kontrol <i>Proportional-Integral-Derivative</i> (PID).....	7
2.3.2 Tuning Parameter <i>Proportional-Integral-Derivative</i> (PID) <i>Trial and Error</i>	9
2.4 Motor <i>Direct Current</i> (DC)	9
2.5 Arduino Mega 2560	10
2.6 Rotary Encoder LPD3806 600BM G5 24C	10
2.7 Motor Driver	11
2.8 OLED (<i>Organic Light Emitting Diode</i>)	12
2.9 WebCam	13
2.10 Conveyor	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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	15
3.1 Rancangan Alat	15
3.1.1 Deskripsi Alat.....	16
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	17
3.1.3 Spesifikasi Alat	19
3.1.4 Diagram Blok Alat	22
3.1.5 Cara Kerja Sub-Sistem.....	23
3.1.6 Diagram Blok Sub-Sistem.....	24
3.1.7 Wiring Diagram Sistem.....	25
3.2 Realisasi Alat.....	25
3.2.1 Pengaplikasian Rotary Encoder pada <i>Conveyor</i>	26
3.2.2 Realisasi Program Kontrol PID.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....	30
4.1 Pengujian Kalibrasi Sensor Rotary Encoder LPD3806-600BM-G5-24C Terhadap Sensor Tachometer	30
4.1.1 Deskripsi Pengujian	30
4.1.2 Daftar Peralata Pengujian.....	30
4.1.3 Prodesur Pengujian	31
4.1.4 Data Hasil Pengujian.....	31
4.1.5 Analisis Data dan Hasil Pengujian.....	32
4.2 Tuning Pengendalian PID Kecepatan Putar Motor DC dengan Metode Trial and Error.....	32
4.2.1 Deskripsi Pengujian	32
4.2.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	33
4.2.3 Prosedur Pengujian	33
4.2.4 Data Tuning Motor 1 pada Belt Conveyor.....	34
4.2.5 Hasil Tuning Motor 1 pada Belt Conveyor.....	34
4.2.6 Data Tuning Motor 2 pada Railing Conveyor.....	40
4.2.7 Hasil Tuning Motor 2 pada Railing Conveyor.....	40
4.2.8 Analisis Data Hasil Pengujian.....	45
4.3 Pengujian Respon Pengendali PID Terhadap Beban.....	46
4.3.1 Deskripsi Pengujian	46



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	46
4.3.3 Prosedur Pengujian	47
4.3.4 Data Hasil Pengujian.....	47
4.3.5 Analisis Data Hasil Pengujian.....	50
4.4 Uji Kecepatan Putar Motor Terhadap Stabilitas Kaleng	51
4.4.1 Deskripsi Pengujian	51
4.4.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	52
4.4.3 Prosedur Pengujian	52
4.4.4 Data Hasil Pengujian.....	52
4.4.5 Analisis Data Hasil Pengujian.....	53
BAB V Penutup.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xiv
LAMPIRAN.....	xvi

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan Nilai Setpoint (SP) dan Proses Variabel (PV)	8
Gambar 2. 2 Motor DC	10
Gambar 2. 3 Arduino Mega 2560.....	10
Gambar 2. 4 Output gelombang kotak (A dan B) pada rotary encoder inkremental yang memiliki pergeseran fasa 90°	11
Gambar 2. 5 Rotary Encoder LPD3806 600BM G5 24C	11
Gambar 2. 6 Motor Driver H Bridge IBT-2	12
Gambar 2. 7 Oled 0.96 inch	13
Gambar 2. 8 Web Camera	13
Gambar 2. 9 Belt Conveyor	14
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Diagram alir cara kerja alat	18
Gambar 3. 3 Blok Diagram Alat	22
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem Pengaturan Kecepatan Motor	23
Gambar 3. 5 Diagram Blok Sub-sistem	24
Gambar 3. 6 Wiring Diagram Sistem.....	25
Gambar 3. 7 Tampak depan alat.....	25
Gambar 3. 8 Tampak belakang alat.....	26
Gambar 3. 9 Rotary Encoder Pada Belt Railing	26
Gambar 3. 10 Rotary Encoder pada Belt Conveyor.....	26
Gambar 3. 11 Kode Variabel PID.....	27
Gambar 3. 12 Kode Perhitungan RPM pada Encoder.....	27
Gambar 3. 13 Kode Program Perhitungan PID.....	28
Gambar 3. 14 Kode Program Interrupt Service Routine.....	29
Gambar 4. 1 Grafik hasil respons Percobaan 1	34
Gambar 4. 2 Grafik hasil response percobaan 2	36
Gambar 4. 3 Grafik hasil respons percobaan 3	37
Gambar 4. 4 Grafik hasil respons percobaan 4	38
Gambar 4. 5 Grafik hasil respons percobaan 5	39
Gambar 4. 6 Grafik hasil respons percobaan 1	40
Gambar 4. 7 Grafik hasil respons percobaan 2	41
Gambar 4. 8 Grafik hasil respons percobaan 3	42
Gambar 4. 9 Grafik hasil respons percobaan 4	43
Gambar 4. 10 Grafik hasil respons percobaan 5	44
Gambar 4. 11 Grafik hasil respon terhadap beban 220 gram.....	48
Gambar 4. 12 Grafik hasil respon terhadap beban 330 gram.....	49
Gambar 4. 13 Grafik hasil respon terhadap beban 500 gram.....	50

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 14 Grafik perbandingan fluktuasi kecepatan putar motor terhadap beban51



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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Oleh (Ushofa, 2022).....	4
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Oleh (Abdillah, 2023)	5
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu Oleh (Paramitha et al., 2024)	6
Tabel 3. 1 Spesifikasi komponen fisik yang digunakan.....	19
Tabel 3. 2 Spesifikasi komponen <i>hardware</i> yang digunakan.....	20
Tabel 4. 1 Daftar peralatan pengujian	30
Tabel 4. 2 Tabel data hasil pengujian kalibrasi sensor rotary encoder.....	31
Tabel 4. 3 Daftar peralatan pengujian	33
Tabel 4. 4 Data hasil tuning motor 1	34
Tabel 4. 5 Data hasil tuning motor 2	40
Tabel 4. 6 Daftar peralatan pengujian	46
Tabel 4. 7 Daftar Peralatan Pengujian.....	52
Tabel 4. 8 Data uji keceatan motor terhadap stabilitas kaleng.....	52

**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Alat	xvi
Lampiran 2 Pengujian Alat.....	xvii
Lampiran 3 Kode Program	xviii



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri modern menuntut standar kualitas yang semakin tinggi sejalan dengan persaingan global, perubahan ekspektasi konsumen dan dinamika rantai pasok yang kian kompleks. *Quality control* (QC) adalah proses di mana standar kualitas ditentukan untuk memastikan bahwa suatu produk memenuhi standar yang telah ditentukan dan meningkatkan kualitas produk secara keseluruhan (Sundaram & Zeid, 2023). Kualitas adalah karakteristik produk atau layanan yang memengaruhi kemampuan untuk memenuhi persyaratan yang ditentukan (Markatos & Mousavi, 2023). Pendekatan *quality control* bertujuan mendeteksi dan memperbaiki masalah produk sebelum sampai ke konsumen, sekaligus mencegah cacat serta memperbaiki ketidaksesuaian produk.

Dengan tuntutan industri yang semakin tinggi dan permintaan konsumen yang banyak diperlukan penyelesaian tugas dengan lebih cepat dan efisien, sehingga produksi dapat berjalan dengan optimal. Salah satu penerapannya yaitu penggunaan *conveyor* yang mempunyai peran krusial sebagai alat angkut material untuk mendukung kelancaran dan efisiensi operasional fasilitas produksi (Priyambada et al, 2024). Sistem *conveyor* modern kini tidak sekadar memindahkan material, tetapi juga terintegrasi dengan sensor, *Internet of Things* (IoT), dan kecerdasan buatan untuk memantau kondisi barang secara *real time* serta menyesuaikan aliran produksi sesuai kebutuhan (Deka et al., 2024). Melalui *conveyor* yang terintegrasi sistem inspeksi, kecepatan dan penanganan produk dapat disesuaikan secara dinamis sesuai kriteria inspeksi. Khususnya pada deteksi cacat berbasis kamera, di mana sinkronisasi kecepatan *conveyor* dan akuisisi citra krusial untuk akurasi.

Penggunaan motor DC cukup banyak digunakan dalam berbagai keperluan, seperti peralatan industri dan rumah tangga karena keunggulannya dalam aspek harga, keandalan serta variasi ukuran dan bentuk (Birdayansyah et al., 2015). Salah satu penggunaannya adalah sebagai penggerak pada *conveyor*. Namun



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

fluktuasi tegangan dan beban motor berdampak pada ketidakstabilan rotasi, penurunan kecepatan, serta performa motor secara keseluruhan (Wijaya et al., 2025). Sehingga diperlukan kontrol umpan balik yang memadai, sehingga potensi terjadinya pergeseran produk di atas belt atau gambar blur pada perekaman deteksi kamera dapat diminimalisir. Salah satu metode yang dapat mengontrol umpan balik tersebut adalah PID.

Proportional Integral Derivative (PID) merupakan solusi yang paling umum digunakan untuk mengatur output suatu sistem secara otomatis. Dengan tuning parameter PID yang tepat, sistem mampu meminimalkan error antara kecepatan aktual dan setpoint, menolak gangguan seperti perubahan beban, serta mengurangi overshoot saat start atau perubahan setpoint. Keunggulannya utamanya terletak pada kesetabilan yang dinamis, respon cepat terhadap perubahan beban dan penerapan komputasi yang efisien, menjadikannya pilihan ideal untuk beragam sistem (Visioli, 2006).

Pada sistem penyortir kerusakan kaleng kemasan berbasis kamera menggunakan konveyor, penerapan kontrol PID pada motor DC merupakan solusi untuk mengatasi masalah seperti stabilitas kaleng di atas konveyor, akurasi railing dalam memutar kaleng 360°. Tanpa pengaturan kecepatan yang tepat kaleng bisa saja bergeser atau jatuh saat bergerak di atas konveyor. Sementara itu, ketidaksatabilan kecepatan pada *railing conveyor* menyebabkan putaran yang tidak sempurna. Selain itu perubahan beban juga dapat menimbulkan perubahan kecepatan yang dapat mengganggu sistem. Kontrol PID diperlukan untuk menjaga stabilitas objek, putaran dan respon yang cepat terhadap perubahan beban.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dari penjabaran latar belakang yang disajikan dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut.

1. Bagaimana melakukan *tunning* parameter PID menggunakan metode *trial and error*?
2. Bagaimana respon kecepatan putar motor DC terhadap hasil *tuning* parameter PID?



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Bagaimana hasil respon pengendali PID terhadap beban?
4. Berapa nilai kecepatan putar motor agar kaleng dapat stabil di atas konveyor dan dapat berputar 360° ?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun sistem penyortir kerusakan kaleng kemasan menggunakan konveyor
2. Mengimplementasikan kontrol PID sebagai pengendali kecepatan putar motor DC pada *belt conveyor* dan *railing conveyor*.
3. Mampu mensetting tuning parameter proporsional, integral dan derivatif dengan metode *trial and error*.
4. Mampu menguji dan menganalisis respon kecepatan putar motor DC dengan menggunakan kontrol PID.
5. Mampu mencari kombinasi kecepatan putar yang sesuai agar kaleng tetap stabil di atas konveyor serta dapat berputar 360° .

1.4 Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah dari penelitian ini sebagai berikut

1. Metode tuning hanya menggunakan metode PID *trial and error* tidak mencakup metode tuning lainnya.
2. Parameter yang dikontrol hanya kecepatan putar motor DC pada *conveyor*.

1.5 Luaran

Adapun luaran dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Laporan Tugas Akhir.
2. Publikasi Jurnal.
3. Prototipe Sistem Penyortir Kerusakan Kaleng Kemasan Menggunakan Konveyor.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil, pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, terdapat beberapa Kesimpulan yang penulis dapatkan sebagai berikut:

1. Tuning parameter PID dilakukan dengan metode *trial and error* dengan lima kali uji untuk masing – masing motor DC yang digunakan. Dilakukan secara bertahap dengan mengubah nilai Kp, Ki dan Kd hingga mendapatkan waktu yang seimbang antara *rise time*, *peak time*, *overshoot* dan *steady – state error*, lalu grafik responnya dianalisis untuk memilih parameter yang menghasilkan respon cepat tanpa osilasi berlebih.
2. Hasil tuning parameter PID untuk motor penggerak *belt conveyor* dipilih parameter Kp: 1.1; Ki: 0.8; Kd:0.02 dengan *rise time* 0,2 detik yang sangat responsif saat start dan *steady – state error* 0 % yang memastikan gerak linearnya akurat meskipun terdapat overshoot 11,25 %, sedangkan pada motor penggerak *railing conveyor* dipilih parameter hasil tuning dengan Kp: 7.2; Ki: 1.2; Kd: 0.01 dengan waktu *rise time* dan *peak time* yang sama 10,4 detik serta *overshoot* 10 % dan toleransi *steady – state error* 5 % yang masih efektif untuk presisi pemutaran kaleng. Kombinasi ini menyeimbangkan kecepatan proses dan stabilitas sistem, di mana motor satu mengoptimalkan laju aliran material sementara motor dua mempertahankan rotasi 360° kaleng secara konsisten.
3. Respon PID terhadap variasi beban menunjukan performa yang adaptif dan stabil. Pada motor penggerak *belt conveyor*, fluktuasi turun seiring bertambahnya beban dari ± 11 RPM pada berat 220 gram menjadi 5.5 RPM pada berat 500 gram, sedangkan pada mtor penggerak *railing conveyor* mempertahankan fluktuasi konstan ± 2 RPM terhadap semua

**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

variasi beban, yang menunjukan kemampuan kontrol PID dalam merespon gangguan beban.

4. Kecepatan optimal tercapai pada kombinasi 55 RPM pada *belt conveyor* dan 5 RPM pada *railing conveyor*, menghasilkan waktu penyelesaian sistem 10,4 detik dengan menjaga stabilitas kaleng di atas konveyor dan menjaga putaran kaleng tetap 360°.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran untuk pengembangan monitoring dan reporting pada alat destilasi bioetanol sebagai berikut:

1. Percobaan tuning PID dengan metode tuning selain *trial and error* manual, untuk mencari parameter PID secara cepat.
2. Tambahkan dashboard untuk memonitoring PID dan respons terhadap setpointnya, agar dapat menampilkan dan membaca grafik secara *real-time*.
3. Pengujian lanjutan dengan variasi beban ekstrem dan lingkungan industri simulatif untuk validasi ketahanan sistem.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, R. ; R. (2023). Sistem Kendali Kecepatan Konveyor Dengan Beban Berubah Berbasis Hibrid Fuzzy Logic-PID. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3), 789–796. <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3.3346>
- Agung PriyambadaAsmar FinaliIgna Satria Prasetya DY et al. (2024). ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA BELT CONVEYOR DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1), 1017.
- Ali Andre, J. (2016). Sistem Security Webcam Dengan Menggunakan Microsoft Visual Basic (6.0). *Rabit : Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 1(2), 46–58. <https://doi.org/10.36341/rabit.v1i2.23>
- Arindya, R. (2017). Penalaan Kendali PID untuk pengendali proses. *Jurnal Teknologi Elektro*, 8(2), 109.
- Birdayansyah, R., Sudjarwanto, N., & Zebua, O. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino. *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 9(2), 97–107.
- Datasheet Arduino Mega 2560 Rev3. (2025). In *Arduino* (Vol. 300, Issue 7770, p. 222). [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(72\)91649-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(72)91649-2)
- Deka, R., Baruah, E., & Sarmah, P. (2024). A comprehensive review on mechanical conveyor systems : evolution , types , and applications. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 18(3), 164–183.
- Fikri, A. A., & Endryansyah. (2019). Sistem Pengaturan PID Motor DC Sebagai Penggerak Mini Conveyor Berbasis Matlab. *Jurnal Teknik Elektro*, 8(2), 293–301.
- Handy Wicaksono. (2004). Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 70–78. <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/16191>
- Irawan, D., & Perdana SS, P. (2020). Kontrol Motor Brushless DC (BLDC) Berbasis Algoritma AI - PID. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 41–48. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3146>
- Karim Amrulloh, M. S., Somawirata, I. K., & Ibrahim Ashari, M. (2023). Design Sistem Pengendalian Kecepatan dan Pengereman Pada kursi Roda Elektrik Untuk Kondisi Jalanan Menurun Dan Menanjak. *Prosiding SENIATI*, 7(2), 243–248. <https://doi.org/10.36040/seniati.v7i2.8019>
- Markatos, N. G., & Mousavi, A. (2023). Manufacturing quality assessment in the industry 4.0 era: a review. *Total Quality Management and Business Excellence*, 34(13–14), 1655–1681. <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2194524>
- National Instruments. (2025). *The PID Controller & Theory Explained*. National Instruments. <https://www.ni.com/en/shop/labview/pid-theory->

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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

explained.html?srsId=AfmBOopgm__tDL_yj0qaTn8kTOL83gpZXg2ZKSjXYTdqie4HIYzOXQUD

- Oguntosin, V., & Akindele, A. (2019). Design of a joint angle measurement system for the rotary joint of a robotic arm using an Incremental Rotary Encoder. *Journal of Physics: Conference Series*, 1299(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012108>
- Paramitha, T., Fauziyah, M., & Safitri, H. K. (2024). Implementasi Kontrol PID pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Dalam Pengadukan Pupuk Organik Cair Berbasis Arduino. *Jurnal Elkolind*, 11, 328–340.
- Sundaram, S., & Zeid, A. (2023). Artificial Intelligence-Based Smart Quality Inspection for Manufacturing. *Micromachines*, 14(3).
<https://doi.org/10.3390/mi14030570>
- Tampai, Y.S. et al, . (2017). Implementation of Quality Control on Clean Water Production in Pt. Air Manado. *Jurnal EMBA*, 5(2), 1644–1652.
- Uldu, R. (2022). *Pengertian dan Prinsip Kerja OLED*. Anak Teknik.
<https://www.anakteknik.co.id/ulud1717/articles/pengertian-dan-prinsip-kerja-oled?srsId=AfmBOorc1spUXfWmM0cPxPX-fXdHKVaGahEyehqJTUGo9AI6zs-Eoy3F>
- Ushofa, D. (2022). Sistem Kendali Kecepatan Putaran Motor DC pada Conveyor dengan Metode Kontrol PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(Universitas Negeri Surabaya), 332–342.
- Visioli, A. (2006). *Practical PID Control*.
- Wijaya, D. D., Fat, J., Mawardi, V. C., Studi, P., Elektro, T., Tarumanagara, U., Studi, P., Informatika, T., & Tarumanagara, U. (2025). *Aplikasi Algoritma SARASA Dalam Pengendalian Motor DC*. 13(1), 910–916.



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 RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Bayu Jala Perwitha, lahir di Jakarta 30 Desember 2002 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Latar belakang Pendidikan formal penulis adalah bersekolah di SDN Cilandak Barat 08 lulus pada tahun 2015. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN 37 Jakarta lulus pada tahun 2018. Kemudian melanjutkan sekolah menengah atas di SMAN 46 Jakarta lulus pada tahun 2021. Lalu penulis melanjutkan studi ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr) di Politeknik Negeri Jakarta, jurusan Teknik Elektro, program studi Instrumentasi dan Kontrol Industri (2021 – 2025). Penulis dapat dihubungi melalui email bayu.jala.perwitha.te21@mhswn.pnj.ac.id

**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

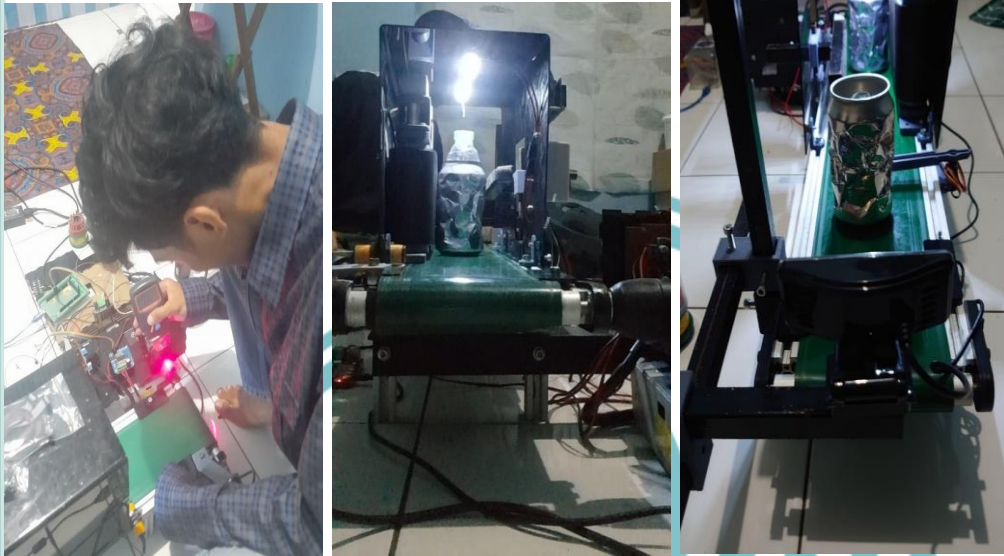
Lampiran 1 Dokumentasi Alat





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 Pengujian Alat



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 Kode Program

```

1 // Full Arduino sketch: PID dua motor, hanya maju (forward-only)
2 #include <Keypad.h>
3 #include <Wire.h>
4 #include <Adafruit_GFX.h>
5 #include <Adafruit_SSD1306.h>
6
7 // Pin Encoder
8 const byte pinA1 = 2;
9 const byte pinB1 = 3;
10 const byte pinA2 = 18;
11 const byte pinB2 = 19;
12
13 // PPR Encoder
14 const unsigned int PPR = 600;
15
16 // Pin Motor Driver
17 const byte pin1RPWM = 4;
18 const byte pin1LPWM = 5;
19 const byte pin1R_EN = 6;
20 const byte pin1L_EN = 7;
21
22 const byte pin2RPWM = 8;
23 const byte pin2LPWM = 9;
24 const byte pin2R_EN = 10;
25 const byte pin2L_EN = 11;
26
27 // OLED 0.9" (SSD1306)
28 #define SCREEN_WIDTH 128
29 #define SCREEN_HEIGHT 32
30 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);
31
32 // Konfigurasi Keypad
33 const byte ROWS = 4;
34 const byte COLS = 4;
35 char keys[ROWS][COLS] = {
36   {'1','2','3','A'},
37   {'4','5','6','B'},
38   {'7','8','9','C'},
39   {'*','0','#','D'}
40 };
41 byte rowPins[ROWS] = {22, 24, 26, 28};
42 byte colPins[COLS] = {30, 32, 34, 36};
43 Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS);
44
45 // Waktu Interval
46 unsigned long lastMillis = 0;
47 const unsigned long interval = 200; // Measurement interval (ms)
48
49 // Data Encoder
50 typedef volatile long vlong;
51 vlong pulseCount1 = 0;
52 vlong pulseCount2 = 0;
53 float inputRPM1 = 0, inputRPM2 = 0;
54
55 // Set Point
56 float setpointRPM1 = 0, setpointRPM2 = 0;
57
58 String inputBuffer = "";
59
60 // PID Variable 1
61 float Kp1 = 1.8;
62 float Ki1 = 0.3;
63 float Kd1 = 0.01;
64
65 float error1 = 0;
66 float integral1 = 0;
67 float derivative1 = 0;
68 float output1 = 0;
69 float prevError1 = 0;
70
71 // PID Variable 2
72 float Kp2 = 7.5;
73 float Ki2 = 1.25;
74 float Kd2 = 0.01;
75
76 float error2 = 0;
77 float integral2 = 0;
78 float derivative2 = 0;
79 float output2 = 0;
80 float prevError2 = 0;
81
82 // Mode Tampilan
83 enum Mode { NORMAL, SET1, SET2 };
84 Mode mode = NORMAL;

```

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 mengumunkan 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

85 // Function prototypes
86 void handleA1();
87 void handleA2();
88 void setMotorPWM1(int pwm);
89 void setMotorPWM2(int pwm);
90 void drawDisplay();
91
92 void setup() {
93   Serial.begin(115200);
94   while (!Serial);
95
96   // Encoder pins & interrupt
97   pinMode(pinA1, INPUT_PULLUP);
98   pinMode(pinB1, INPUT_PULLUP);
99   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinA1), handleA1, RISING);
100
101   pinMode(pinA2, INPUT_PULLUP);
102   pinMode(pinB2, INPUT_PULLUP);
103   attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinA2), handleA2, RISING);
104
105   // Motor driver pins
106   pinMode(pin1RPWM, OUTPUT);
107   pinMode(pin1LPWM, OUTPUT);
108   pinMode(pin1R_EN, OUTPUT);
109   pinMode(pin1L_EN, OUTPUT);
110   digitalWrite(pin1R_EN, HIGH);
111   digitalWrite(pin1L_EN, HIGH);
112
113   pinMode(pin2RPWM, OUTPUT);
114   pinMode(pin2LPWM, OUTPUT);
115   pinMode(pin2R_EN, OUTPUT);
116   pinMode(pin2L_EN, OUTPUT);
117   digitalWrite(pin2R_EN, HIGH);
118   digitalWrite(pin2L_EN, HIGH);
119
120   // Inisialisasi OLED
121   display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
122   display.clearDisplay();
123   display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
124
125   // Serial Plotter header
126   Serial.println("SP1\tPV1\tSP2\tPV2");
127 }
128
129 void loop() {
130   unsigned long now = millis();
131   if (now - lastMillis >= interval) {
132     // Baca dan reset counter
133     noInterrupts();
134     long c1 = pulseCount1; pulseCount1 = 0;
135     long c2 = pulseCount2; pulseCount2 = 0;
136     interrupts();
137
138     // Hitung RPM
139     inputRPM1 = (c1 * 60000.0f) / (PPR * interval);
140     inputRPM2 = (c2 * 60000.0f) / (PPR * interval);
141
142     // PID Motor 1
143     error1 = setpointRPM1 - inputRPM1;
144     integral1 += error1 * (interval / 1000.0f);
145     derivative1 = (error1 - prevError1) / (interval / 1000.0f);
146     output1 = Kp1 * error1 + Ki1 * integral1 + Kd1 * derivative1;
147     prevError1 = error1;
148
149     // PID Motor 2
150     error2 = setpointRPM2 - inputRPM2;
151     integral2 += error2 * (interval / 1000.0f);
152     derivative2 = (error2 - prevError2) / (interval / 1000.0f);
153     output2 = Kp2 * error2 + Ki2 * integral2 + Kd2 * derivative2;
154     prevError2 = error2;
155
156     // kecepatan pwm motor setelah perhitungan PID
157     setMotorPWM1(int(output1));
158     setMotorPWM2(int(output2));
159
160     // Plotter
161     Serial.print(setpointRPM1, 2); Serial.print("\t");
162     Serial.print(inputRPM1, 2); Serial.print("\t");
163     Serial.print(setpointRPM2, 2); Serial.print("\t");
164     Serial.println(inputRPM2, 2);
165
166     // Update OLED
167     drawDisplay();
168     lastMillis = now;

```

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

169 }
170
171 // Input keypad untuk setpoint
172 char key = keypad.getKey();
173 if (key) {
174   if (mode == NORMAL) {
175     if (key == 'A') { mode = SET1; inputBuffer = ""; drawDisplay(); }
176     else if (key == 'B') { mode = SET2; inputBuffer = ""; drawDisplay(); }
177   } else {
178     if (key >= '0' && key <= '9' && inputBuffer.length() < 5) {
179       inputBuffer += key; drawDisplay();
180     } else if (key == '#') {
181       float val = inputBuffer.toFloat();
182       if (mode == SET1) { setpointRPM1 = val; integral1 = prevError1 = 0; }
183       else { setpointRPM2 = val; integral2 = prevError2 = 0; }
184       mode = NORMAL; drawDisplay();
185     } else if (key == '*') {
186       inputBuffer = ""; drawDisplay();
187     }
188   }
189 }
190 }
191
192 // Gambar tampilan OLED
193 void drawDisplay() {
194   display.clearDisplay();
195   display.setCursor(0,0);
196   switch(mode) {
197     case SET1:
198       display.setTextSize(1); display.println(F("SET KECEPATAN A"));
199       display.setTextSize(2); display.println(inputBuffer);
200       break;
201     case SET2:
202       display.setTextSize(1); display.println(F("SET KECEPATAN B"));
203       display.setTextSize(2); display.println(inputBuffer);
204       break;
205     case NORMAL:
206     default:
207       display.setTextSize(1);
208       display.println(F("----KONTROL PID----"));
209       display.print(F("SP1:")); display.print((int)setpointRPM1);
210       display.print(F(" PV1:")); display.println((int)inputRPM1);
211       display.print(F("SP2:")); display.print((int)setpointRPM2);
212       display.print(F(" PV2:")); display.println((int)inputRPM2);
213       break;
214   }
215   display.display();
216 }
217
218 // ISR Encoder 1
219 void handleA1() {
220   bool dir = digitalRead(pinB1);
221   if (dir) pulseCount1--; else pulseCount1++;
222 }
223
224 // ISR Encoder 2
225 void handleA2() {

```



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
225 void handleA2() {
226     bool dir = digitalRead(pinB2);
227     if (dir) pulseCount2++; else pulseCount2--;
228 }
229
230 // Forward-only PWM Motor 1
231 void setMotorPWM1(int pwm) {
232     pwm = constrain(pwm, 0, 255);
233     analogWrite(pin1RPWM, pwm);
234     analogWrite(pin1LPWM, 0);
235 }
236
237 // Forward-only PWM Motor 2
238 void setMotorPWM2(int pwm) {
239     pwm = constrain(pwm, 0, 255);
240     analogWrite(pin2RPWM, pwm);
241     analogWrite(pin2LPWM, 0);
242 }
243
```

