



© 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 *Conveyor* Sortir Botol *Multi-Parameter* dengan Panel Surya dan *Battery Management System* (BMS) Berbasis Mikrokontroler

TUGAS AKHIR

Hafidzun Alim
2303321045

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Rancang Bangun *Conveyor* Sortir Botol Multi-Parameter Berbasis Mikrokontroler

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hafidzun Alim
2303321045

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Hafidzun Alim

NIM : 2303321045

Tanda Tangan :

Tanggal : 9 Mei 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Hafidzun Alim
NIM : 2303321045
Program Studi : D3 Elektronika Industri
Judul Tugas Akhir : Sistem *Conveyor* Sortir Botol Multi-Parameter dengan Panel Surya dan *Battery Management System* (BMS) Berbasis Mikrokontroler

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Selasa, 30 Juni 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.,
NIP. 199302232019032027

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 10 Juli 2026

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro



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



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya 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 Diploma Tiga Politeknik.

Tugas akhir ini membahas tentang rancang bangun sistem *conveyor* sortir botol multi-parameter berbasis mikrokontroler yang mampu melakukan penyortiran botol secara otomatis berdasarkan ketinggian dan warna. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi tinggi botol, sensor warna TCS3200 untuk mengidentifikasi warna botol, serta motor servo sebagai aktuator sortir. Selain itu, sistem didukung oleh catu daya berbasis panel surya dan *Battery Management System* (BMS) untuk menciptakan sistem yang mandiri, efisien, dan ramah lingkungan. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
3. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Depok, 9 Mei 2026

Hafidzun Alim



Hak Cipta :

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

ABSTRAK

Proses sortir kemasan botol secara manual memiliki berbagai keterbatasan, antara lain tingkat kesalahan yang tinggi, ketergantungan pada tenaga kerja, dan rendahnya konsistensi hasil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan merealisasikan sistem conveyor sortir botol plastik multi-parameter berbasis mikrokontroler yang mampu mengklasifikasikan botol secara otomatis berdasarkan dua parameter, yaitu ketinggian dan warna. Sistem yang dikembangkan menggunakan Arduino Uno sebagai unit pengendali utama, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketinggian botol, sensor warna TCS3200 untuk mengidentifikasi karakteristik warna botol, serta motor servo MG90S sebagai aktuator pemilah. Botol diklasifikasikan ke dalam empat kategori, yaitu Tinggi Berwarna, Tinggi Transparan, Pendek Berwarna, dan Pendek Transparan, yang masing-masing diarahkan ke jalur penampungan yang berbeda. Metode klasifikasi warna menggunakan pendekatan berbasis nilai saturasi dengan threshold 0,180 untuk membedakan botol transparan dan berwarna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor HC-SR04 mampu melakukan pembacaan jarak dengan konsistensi tinggi pada seluruh 30 ulangan pengujian. Sensor TCS3200 berhasil membedakan botol transparan dan berwarna dengan margin keputusan yang besar, di mana sensor TCS1 menghasilkan selisih saturasi rata-rata sekitar 0,50 antara kedua kategori. Pengujian akurasi sortir terhadap 120 sampel botol menghasilkan tingkat akurasi 100%, dan pengujian keseluruhan sistem dengan 30 sampel acak juga mencapai keberhasilan 100%. Hasil ini membuktikan bahwa integrasi antara sistem sensor, logika pemrograman mikrokontroler, dan aktuator servo bekerja secara sinkron dan andal dalam kondisi operasional nyata.

Kata Kunci: conveyor sortir, klasifikasi botol, mikrokontroler, sensor ultrasonik, sensor warna

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

ABSTRACT

Manual sorting of bottle packaging has several limitations, including a high error rate, dependence on human labor, and low consistency of results. This study aims to design and implement a microcontroller-based multi-parameter plastic bottle sorting conveyor system capable of automatically classifying bottles based on two parameters, namely height and color. The developed system uses an Arduino Uno as the main control unit, an HC-SR04 ultrasonic sensor to detect bottle height, a TCS3200 color sensor to identify bottle color characteristics, and an MG90S servo motor as the sorting actuator. The bottles are classified into four categories: Colored Tall Bottles, Transparent Tall Bottles, Colored Short Bottles, and Transparent Short Bottles, each of which is directed to a different collection path. The color classification method applies a saturation value approach with a threshold of 0.180 to distinguish transparent bottles from colored bottles. The test results show that the HC-SR04 sensor was able to measure distance with high consistency across all 30 testing repetitions. The TCS3200 sensor successfully distinguished transparent and colored bottles with a large decision margin, where the TCS1 sensor produced an average saturation difference of approximately 0.50 between the two categories. The sorting accuracy test involving 120 bottle samples achieved an accuracy rate of 100%, while the overall system test using 30 random samples also reached a success rate of 100%. These results demonstrate that the integration of the sensor system, microcontroller programming logic, and servo actuator operates synchronously and reliably under real operational conditions.

Keywords: *bottle classification, color sensor, microcontroller, sorting conveyor, ultrasonic sensor*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR RUMUS.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Conveyor	4
2.2 Motor DC	4
2.3 Motor Servo.....	5
2.4 Sensor Ketinggian (HC-SR04).....	6
2.5 Sensor Warna (TCS3200).....	7
2.6 Sistem Sortir Otomatis	7
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	9
3.1 Rancangan Alat	9
3.1.1 Deskripsi alat.....	9
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	9
3.1.3 Spesifikasi Alat	11
3.1.4 Diagram Blok	12
3.1.5 Flowchart.....	13
3.2 Realisasi Alat.....	15
3.2.1 Realisasi Mekanik	15



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

3.2.2	Realisasi Elektronika.....	16
3.2.3	Realisasi Sistem Kendali.....	17
3.2.4	Hasil Realisasi Alat.....	18
BAB IV PEMBAHASAN.....		20
4.1	Pengujian 1 : Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04.....	20
4.1.1	Dekripsi Pengujian.....	20
4.1.2	Prosedur Pengujian.....	20
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	21
4.1.4	Analisis Data / Evaluasi.....	24
4.2	Pengujian 2 : Pengujian sensor warna TCS3200.....	25
4.2.1	Dekripsi Pengujian.....	25
4.2.2	Prosedur Pengujian.....	26
4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	26
4.2.4	Analisis Data / Evaluasi.....	30
4.3	Pengujian 3 : Pengujian akurasi sortir empat kategori.....	33
4.3.1	Dekripsi Pengujian.....	33
4.3.2	Prosedur Pengujian.....	33
4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	34
4.3.4	Analisis Data / Evaluasi.....	39
4.4	Pengujian 4 : Pengujian Keseluruhan Sistem Sortir.....	40
4.4.1	Dekripsi Pengujian.....	40
4.4.2	Prosedur Pengujian.....	40
4.4.3	Data Hasil Pengujian.....	41
4.4.4	Analisis Data / Evaluasi.....	42
BAB V PENUTUP.....		44
5.1	Kesimpulan.....	44
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....		47
LAMPIRAN.....		50



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat	11
Tabel 4.1 Alat dan Bahan Pengujian 1	20
Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor HC-SR04 ke Bidang Hitam	21
Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor HC-SR04 ke Botol Tinggi	22
Tabel 4.4 Data Pengujian Sensor HC-SR04 ke Botol Pendek	23
Tabel 4.5 Alat dan Bahan Pengujian 2	25
Tabel 4.6 Data Pengujian Sensor TCS3200 ke Botol Tinggi Transparan.....	26
Tabel 4.7 Data Pengujian Sensor TCS3200 ke Botol Tinggi Berwarna	28
Tabel 4.8 Data Pengujian Sensor TCS3200 ke Botol Pendek Transparan.....	28
Tabel 4.9 Data Pengujian Sensor TCS3200 ke Botol Pendek Berwarna.....	29
Tabel 4.10 Alat dan Bahan Pengujian 3	33
Tabel 4.11 Data Pengujian Akurasi Sortir Botol Tinggi Berwarna	34
Tabel 4.12 Data Pengujian Akurasi Sortir Botol Tinggi Transparan.....	35
Tabel 4.13 Data Pengujian Akurasi Sortir Botol Pendek Berwarna	37
Tabel 4.14 Data Pengujian Akurasi Sortir Botol Pendek Transparan.....	38
Tabel 4.15 Alat dan Bahan Pengujian 4	40
Tabel 4.16 Data Pengujian Keseluruhan Sistem Sortir.....	41

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 GAMBAR

Gambar 2.1 Motor DC 5V dengan gearbox	5
Gambar 2.2 Motor Servo MG90S	5
Gambar 2.3 Sensor HC-SR04	6
Gambar 2.4 Sensor TCS3200.....	7
Gambar 3.1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem	12
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Conveyor.....	13
Gambar 3.3 Flowchart Keseluruhan Sistem.....	13
Gambar 3.4 Rancang Bangun Awal Conveyor	16
Gambar 3.5 Wiring Diagram.....	16
Gambar 3.6 Realisasi Conveyor.....	18
Gambar 3.7 Realisasi Alat Keseluruhan	19
Gambar 4.1 Sensor HC-SR04 dan TCS3200 Terhadap Bidang Hitam.....	22
Gambar 4.2 Sensor HC-SR04 Terhadap Botol Tinggi.....	23
Gambar 4.3 Sensor HC-SR04 Terhadap Botol Pendek.....	24
Gambar 4.4 Botol Tinggi Transparan	27
Gambar 4.5 Botol Tinggi Berwarna.....	28
Gambar 4.6 Botol Pendek Transparan	29
Gambar 4.7 Botol Pendek Berwarna.....	30
Gambar 4.8 Pengujian Sortir Botol Tinggi Transparan	35
Gambar 4.9 Pengujian Sortir Botol Tinggi Berwarna.....	36
Gambar 4.10 Pengujian Sortir Botol Pendek Berwarna.....	37
Gambar 4.11 Pengujian Sortir Botol Pendek Transparan	38

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR RUMUS

Persamaan 4.1 Perhitungan Error	24
Persamaan 4.2 Nilai Saturasi	31
Persamaan 4.3 Presentasi Sortir	39





DAFTAR LAMPIRAN

L-1 Daftar Riwayat Hidup.....	50
L-2 Poster Alat	51
L-3 SOP Alat.....	52
L-4 Kode Program.....	53



Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur dan pengolahan limbah saat ini menuntut adanya sistem otomasi yang mampu meningkatkan efisiensi, ketelitian, dan kecepatan proses produksi. Salah satu proses yang masih banyak dilakukan secara manual adalah proses sortir kemasan botol berdasarkan ukuran, ketinggian, serta karakteristik visual seperti warna. Proses manual memiliki berbagai keterbatasan, antara lain tingkat kesalahan yang tinggi akibat kelelahan mata manusia, ketergantungan pada tenaga kerja, waktu proses yang lama. Selain itu, kecepatan sortir manual bersifat statis dan terbatas, sehingga kerap menjadi titik hambat (*bottleneck*) dalam keseluruhan rantai arus produksi. Hasil penyortiran yang kurang konsisten ini pada akhirnya merugikan efisiensi waktu, meningkatkan biaya operasional tenaga kerja, serta menurunkan standarisasi mutu keluaran. Menurut Prasetyaningrum et al. (2019), pengembangan industri daur ulang plastik membutuhkan sistem pemilahan yang akurat untuk memisahkan jenis dan kualitas plastik yang berbeda. Selan, Maliwemu & Pinto (2021) menegaskan bahwa sortir botol plastik PET transparan dan berwarna merupakan langkah krusial karena keduanya memiliki nilai ekonomis dan jalur daur ulang yang berbeda.

Penggunaan sistem *conveyor* otomatis yang dilengkapi dengan sensor ketinggian dan sensor warna yang dikendalikan oleh mikrokontroler merupakan solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Integrasi sensor warna memungkinkan sistem melakukan klasifikasi yang lebih spesifik, seperti memisahkan botol berwarna dan tidak berwarna atau transparan yang memerlukan jalur daur ulang berbeda karena perbedaan nilai ekonomis dan kualitas daur ulang. Botol PET transparan memiliki nilai jual tertinggi dan dapat didaur ulang menjadi produk *food-grade*, sedangkan botol berwarna hanya dapat didaur ulang menjadi produk *non-food grade* dengan nilai jual lebih rendah. Hal ini secara signifikan meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan sortir.



© 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

Seluruh data pembacaan dari sensor ketinggian dan sensor warna selanjutnya dikirimkan menuju mikrokontroler sebagai unit pemroses sentral (*central processing unit*). Mikrokontroler akan mengeksekusi logika pemrograman yang ditanamkan secara *real-time* untuk menentukan keputusan klasifikasi. Sinyal instruksi dari mikrokontroler kemudian diteruskan menuju komponen aktuator mekanik seperti motor servo yang bertugas mendorong atau membelokkan botol ke jalur penampungan yang tepat sesuai kelompoknya. Penyelarasan logika kontrol, ketepatan pembacaan sensor ganda, serta sinkronisasi mekanik konveyor menjadi faktor penentu utama reliabilitas performa alat.

Berdasarkan seluruh urgensi teknis dan ekonomis di atas, penelitian Tugas Akhir ini difokuskan pada pengembangan sebuah purwarupa sistem otomatisasi pemilahan yang terintegrasi. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat terwujud sebuah sistem otomasi lini produksi yang tidak hanya mampu meReduksi *human error*, tetapi juga meningkatkan efisiensi waktu kerja dan konsistensi standarisasi hasil sortir di industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Bagaimana merancang dan membangun struktur mekanik serta sistem *conveyor* yang ideal untuk jalur penyortiran kemasan botol?
- b) Bagaimana mengintegrasikan serta mensinkronisasikan sensor ketinggian dan sensor warna agar dapat mendeteksi karakteristik botol secara *real-time*?
- c) Bagaimana merancang logika pemrograman pada mikrokontroler agar aktuator dapat memilah dan mengarahkan botol ke jalur yang tepat secara akurat?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam Tugas Akhir ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis 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

- a) Sistem hanya dirancang untuk menyortir botol berdasarkan dua parameter, yaitu ketinggian dan warna, dengan klasifikasi warna yang dibatasi pada empat kategori, yaitu merah, kuning, hijau, dan biru..
- b) Sistem hanya dirancang untuk menyortir botol plastik sebagai objek pengujian dan tidak digunakan untuk menyortir botol berbahan kaca, logam, maupun jenis kemasan lainnya.
- c) Pengujian alat dilakukan pada kondisi pencahayaan dan lingkungan yang terkendali (*indoor*).
- d) Klasifikasi tinggi botol pada sistem dibatasi menjadi dua kategori. Botol pendek memiliki tinggi antara 9 cm hingga 25 cm, sedangkan botol tinggi memiliki tinggi minimal 27 cm hingga 32 cm.

1.4 Tujuan

Tujuan dari perancangan dan pembuatan sistem ini adalah sebagai berikut:

- a) Merancang dan membangun sistem conveyor sortir botol berbasis mikrokontroler yang mampu melakukan penyortiran secara otomatis.
- b) Mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor warna TCS3200 untuk mendeteksi ketinggian dan warna botol secara *real-time*.
- c) Mengimplementasikan dan menguji logika pemrograman pada mikrokontroler sehingga motor servo dapat memilah dan mengarahkan botol ke jalur penyortiran yang sesuai dengan akurat.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari Tugas Akhir ini meliputi:

- a) Sebuah prototipe alat berupa sistem *conveyor* sortir kemasan botol otomatis berbasis mikrokontroler dengan catu daya panel surya dan BMS.
- b) Laporan Tugas Akhir yang mendokumentasikan proses perancangan, pengujian, dan analisis sistem secara lengkap.
- c) Artikel ilmiah atau jurnal yang dapat dipublikasikan pada jurnal internal atau seminar bidang teknik elektro.

Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem *conveyor* sortir botol multi-parameter berbasis mikrokontroler yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur mekanik dan sistem *conveyor* sortir botol berbasis mikrokontroler Arduino Uno berhasil dirancang dan direalisasikan, dengan mengintegrasikan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi ketinggian, sensor warna TCS3200 sebagai pendeteksi warna, serta motor servo MG90S sebagai aktuator pemilah. Sistem mampu mengklasifikasikan botol plastik ke dalam empat kategori secara otomatis, yaitu Tinggi Berwarna, Tinggi Transparan, Pendek Berwarna, dan Pendek Transparan, sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.
2. Sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor warna TCS3200 berhasil diintegrasikan dan disinkronisasikan sehingga mampu mendeteksi karakteristik botol (ketinggian dan warna) secara *real-time*. Sensor ultrasonik menghasilkan nilai rata-rata 10,06 cm (U1) dan 9,62 cm (U2) dengan standar deviasi sangat kecil, sementara sensor warna menggunakan nilai saturasi dengan *threshold* 0,180, menghasilkan rata-rata 0,1531 (transparan) dan 0,6586 (berwarna) pada TCS1, serta 0,1565 (transparan) dan 0,2477 (berwarna) pada TCS2. Selisih nilai yang signifikan ini membuktikan akurasi dan konsistensi pembacaan kedua sensor dalam membedakan karakteristik botol. Sensor warna TCS3200 mampu membedakan botol transparan dan botol berwarna secara konsisten menggunakan nilai saturasi sebagai parameter klasifikasi dengan nilai *threshold* 0,180. Sensor TCS1 menghasilkan nilai saturasi rata-rata 0,1531 untuk botol transparan dan 0,6586 untuk botol berwarna, sementara sensor TCS2 menghasilkan 0,1565 untuk transparan dan 0,2477 untuk berwarna. Selisih yang signifikan antara kedua kategori membuktikan bahwa *threshold* yang ditetapkan sangat tepat dengan risiko kesalahan klasifikasi yang sangat kecil.
3. Logika pemrograman pada mikrokontroler berhasil diimplementasikan sehingga aktuator servo mampu memilah dan mengarahkan botol ke jalur



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

penyortiran yang tepat secara akurat. Hal ini dibuktikan melalui pengujian akurasi sortir per kategori menggunakan 120 sampel botol (30 sampel per kategori) yang menghasilkan tingkat akurasi 100%, serta pengujian sistem secara keseluruhan menggunakan 30 sampel botol acak yang juga menghasilkan tingkat keberhasilan 100%. Hasil ini memvalidasi bahwa seluruh subsistem — *conveyor*, sensor ketinggian, sensor warna, logika mikrokontroler, dan aktuator servo — bekerja secara sinkron dan terintegrasi dengan baik dalam kondisi pengoperasian nyata.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Pengujian sistem saat ini dilakukan pada kondisi pencahayaan dan lingkungan yang terkendali (*indoor*). Untuk meningkatkan *robustitas* sistem, disarankan agar dilakukan pengujian pada kondisi pencahayaan yang bervariasi, seperti kondisi pencahayaan *Redup* atau pencahayaan luar ruangan. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan sensor warna TCS3200 terhadap gangguan cahaya ambient dan mengoptimalkan nilai *threshold* secara adaptif.
2. Sistem yang dikembangkan saat ini hanya mampu mengklasifikasikan botol berdasarkan dua parameter, yaitu ketinggian dan warna. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar ditambahkan parameter sortir tambahan seperti berat botol menggunakan sensor *load cell* atau material botol menggunakan sensor induktif dan kapasitif, sehingga kemampuan klasifikasi sistem menjadi lebih komprehensif dan aplikatif untuk industri daur ulang yang lebih luas.
3. Sistem saat ini hanya dirancang untuk menyortir botol plastik PET. Untuk meningkatkan cakupan aplikasi, disarankan agar sistem dikembangkan agar mampu menangani berbagai jenis kemasan seperti botol kaca dan logam dengan menambahkan sensor yang sesuai, serta memperkuat konstruksi mekanik *conveyor* agar mampu menopang beban kemasan yang lebih berat.
4. Mengingat sistem catu daya saat ini bergantung pada baterai (dengan sumber pengisian dari panel surya dan BMS), disarankan untuk menyediakan sumber



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

daya cadangan berupa PSU/adaptor 12V sebagai jalur suplai alternatif. PSU ini dapat difungsikan sebagai *back-up power* yang diaktifkan secara manual maupun otomatis (misalnya melalui rangkaian *switching*/relai pemindah daya) apabila baterai mengalami kerusakan, penurunan kapasitas, atau kegagalan proses pengisian, sehingga kontinuitas operasional sistem tetap terjaga dan tidak bergantung sepenuhnya pada kondisi baterai..



DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, N. E., & Ferdilla, H. (2024). Pengaturan kecepatan dan pengendalian motor DC 5 V–110 V menggunakan IC tipe NE 555. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(2), 107–117. <https://doi.org/10.35912/jatra.v1i2.3157>
- Hayubi, R. A., Aulia, S., Gunawan, D. A., Hidayatullah, S., & Aribowo, D. (2024). Implementasi sistem penggerak servo SG 90 berbasis Arduino Uno dengan kontrol sudut dinamis. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2(6), 130–140. <https://doi.org/10.61132/mars.v2i6.535>
- Jufriyanto, J., Zulkarnain, M., Irvawansyah, I., & Mustafa, S. (2020). Rancang bangun media pembelajaran penyortiran benda berbasis mikrokontroler. *Joule (Journal of Electrical Engineering)*, 1(1), 32–40. <http://www.jurnal.politeknikbosowa.ac.id/index.php/JOULE/article/view/52>
- Nuryana, M. R., & Latifa, U. (2022). Perancangan sistem kendali konveyor dan sistem sortir menggunakan motor servo pada alat sortir barang menggunakan barcode dengan *web*. *Jurnal Teknika*, 14(2), 113–124. <https://doi.org/10.30736/jt.v14i2.875>
- Siahaan, I. H., Jonoaji, N., & Chandra, A. (2022). Pemanfaatan *roller* dan *belt conveyor* pada pembuatan prototipe mesin untuk proses sortasi telur. *Jurnal Teknik Mesin*, 19(2), 40–44. <https://doi.org/10.9744/jtm.19.2.40-44>
- Sutita, Y. I., & Irwan, H. (2024). Perancangan Arduino Uno pada design mesin pick and place sorting colour automation untuk meningkatkan produktivitas. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 72–82. <https://doi.org/10.30651/mine-tech.v3i2.23987>
- Ta'ali, T., Khairat, W., Habibullah, H., & Sardi, J. (2023). Pengaruh jarak terhadap sensitivitas sensor warna TCS3200. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1), 67–74. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.340>
- Yudha, P. S. F., & Sani, R. A. (2019). Implementasi sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai sensor parkir mobil berbasis Arduino. *EINSTEIN (e-Journal)*, 5(3). <https://doi.org/10.24114/einstein.v5i3.12002>
- Lestari, A., & Candra, O. (2021). Sistem otomasi pensortiran barang berbasis Arduino Uno. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 7(1), 27–36. <https://doi.org/10.24036/jtev.v7i1.111504>
- Harahap, P., Oktrialdi, B., & Cholish, C. (2018). Perancangan conveyor mini untuk pemilahan buah berdasarkan ukuran yang dikendalikan oleh mikrokontroler Atmega16. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3, 37–42. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2818>
- Kurniawan, I. H., Haryanto, A., & Hayat, L. (2024). Penerapan otomasi industri berbasis Programmable Logic Controller untuk penyortiran barang berdasarkan warna menggunakan sensor vision. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.30595/jrre.v6i1.24915>
- Budiono, H. S., & Purnomo, S. J. (2023). Rancang bangun mesin sortir plastik berbasis conveyor. *Jurnal E-Komtek*, 7(2), 366–373. <https://jurnal.politeknik-kebumen.ac.id/E-KOMTEK/article/view/1365>
- Arijaya, I. M. N. (2019). Rancang bangun alat konveyor untuk sistem sortir barang berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 2(2), 126–135. <https://doi.org/10.31598/jurnalresistor.v2i2>

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 milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

- Khasanah, U. N., & Azizah, N. (2023). Aplikasi sensor ultrasonik sebagai alat ukur jarak digital berbasis Arduino. *Journal of Science Nusantara*, 2(1), 1–10. <https://ojs.unublitar.ac.id/index.php/JSNU/article/view/1343>
- Prehartini, D., Anisa, A., & Suhadi, S. (2024). Rancang bangun alat pengukur jarak aman kendaraan menggunakan sensor ultrasonik tipe HC-SR04 berbantuan Arduino Uno. *Lontar Physics Today*, 3(1), 28–35. <https://doi.org/10.26877/lpt.v3i1.19112>
- Amrullah, A. (2022). Perbandingan tingkat akurasi pengukuran ketinggian air pada sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T. *Jurnal Infomedia*, 7(1), 31–38. <https://doi.org/10.30811/jim.v7i1.2955>
- Putra, R. A., Fatoni, G. A., Rifai, M. H., Ahsani, E. W., & Danendra, R. D. (2024). Validasi akurasi pengukuran terhadap benda menggunakan sensor ultrasonik berbasis NodeMCU 8266. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer*, 2(3), 188–195. <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.187>
- Athifa, S. F., & Rachmat, H. H. (2019). Evaluasi karakteristik deteksi warna RGB sensor TCS3200 berdasarkan jarak dan dimensi objek. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 16(2), 105–120. <https://doi.org/10.25105/jetri.v16i2.3459>
- Husni, N. L., Rasyad, S., Putra, M. S., Hasan, Y., & Rasyid, J. A. (2020). Pengaplikasian sensor warna pada navigasi line tracking robot sampah berbasis mikrokontroler. *Jurnal Ampere*, 4(2), 297–305. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i2.3450>
- Anggreani, D., Nasution, M. I., & Nasution, N. (2023). Sistem penyortir otomatis kematangan tomat berdasarkan warna dan berat dengan sensor TCS3200 dan sensor load cell HX711 berbasis Arduino Uno. *Jurnal Fisika Unand*, 12(3), 374–380. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.3.373-379.2023>
- Lamsani, M., Pangestika, R. A., Cahyanti, M., & Swedia, E. R. (2023). Sistem identifikasi warna tanah Munsell menggunakan sensor warna TCS3200 dan kelembaban YL-69. *Sebatik*, 27(1), 379–389. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v27i1.2249>
- Suhud, K., Sukoma, S., Saleha, S., & Surbakti, M. S. (2024). Development of TCS3200 color sensor based on Arduino Uno and its application in determining borax levels in food. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 5(1), 10–18
- Pramanda, D., & Aswardi, A. (2022). Panduan lengkap motor DC. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 6(1), 187–196. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i1.107852>
- Ramadhan, F., & Ta'ali, T. (2020). Perancangan penyortiran barang berdasarkan berat dengan sistem pick and place berbasis mikrokontroler. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 6(2), 168–178. <https://doi.org/10.24036/jtev.v6i2.108605>
- Wisjhnuadji, W., & Fatahillah, F. (2020). Sistem sortir barang otomatis berbasis Arduino dengan sensor warna dan monitoring via Android. *Faktor Exacta*, 13(3), 178–185. https://journal.lppmunindra.ac.id/index.php/Faktor_Exacta/article/view/6586
- Irvawansyah, I., & Mukhlisin, M. (2019). Rancang bangun sistem sortir benda berbasis Programmable Logic Control (PLC). *Patria Artha Technology Journal*, 3(2), 36–40. <https://doi.org/10.33857/patj.v3i2.243>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

- Selan, R. N., Maliwemu, E. U. K., & Pinto, G. P. M. (2021). Pemanfaatan limbah plastik daur ulang dari polietilen. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(1), 64–179.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmtluntan/article/view/60812>
- Prasetyaningrum, A., Ariyant, D., Pramudono, B., & Khairunisa, M. (2019). Pengembangan potensi plastik daur ulang di Mangkang Kulon Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Riptek*, 13(1), 65–70.
<https://ripteck.semarangkota.go.id/index.php/ripteck/article/view/54>



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

L-1 Daftar Riwayat Hidup

Hafidzun Alim



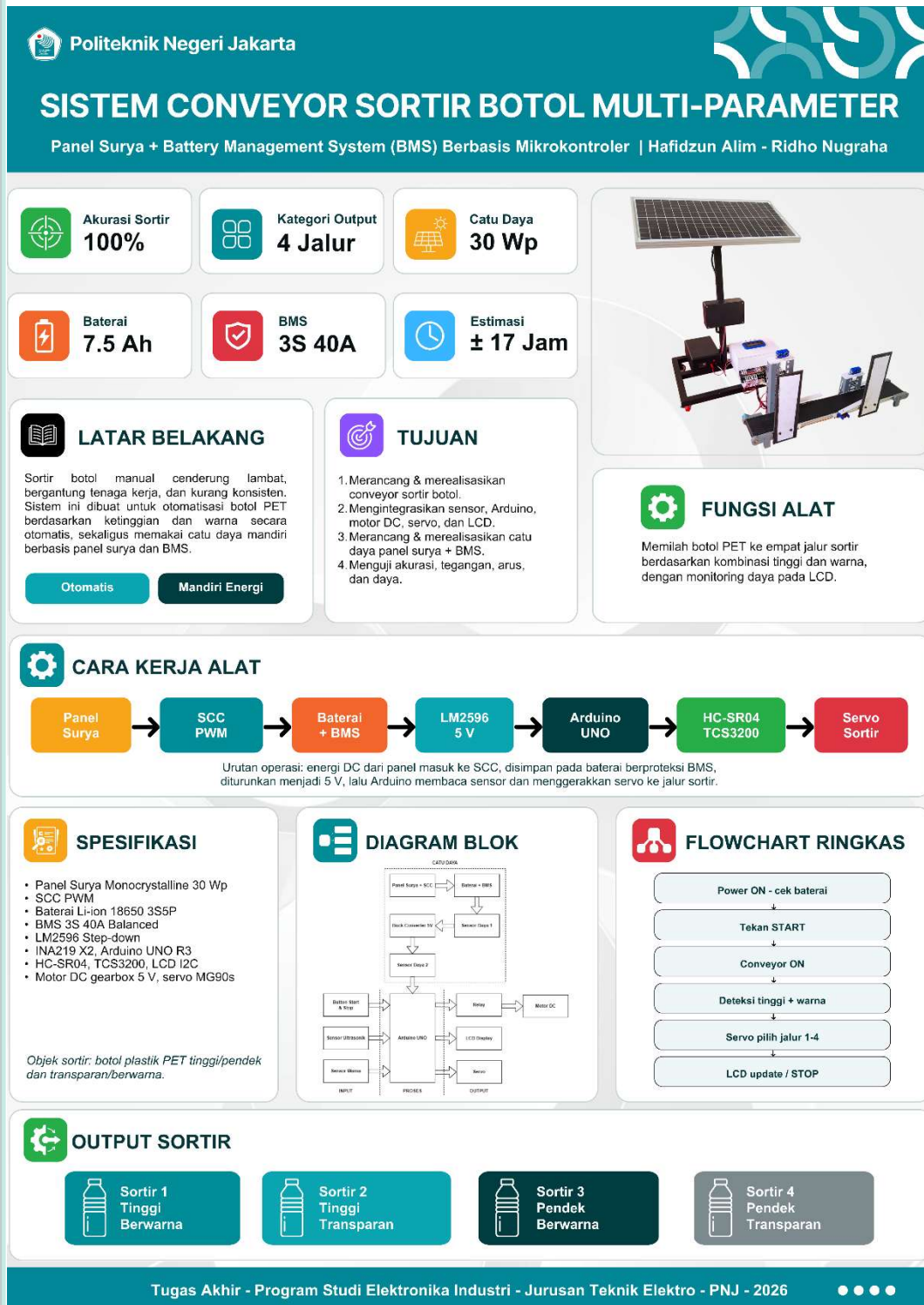
Lahir di Depok pada tanggal 31 Depok 2005. Lulus dari SDN Sukatani 4 pada tahun 2017, SMPN 11 Depok pada tahun 2020, dan SMAN 4 Depok pada tahun 2023. Gelar Diploma Tiga (D3) diperoleh pada tahun 2026 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta.





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

L-2 Poster Alat



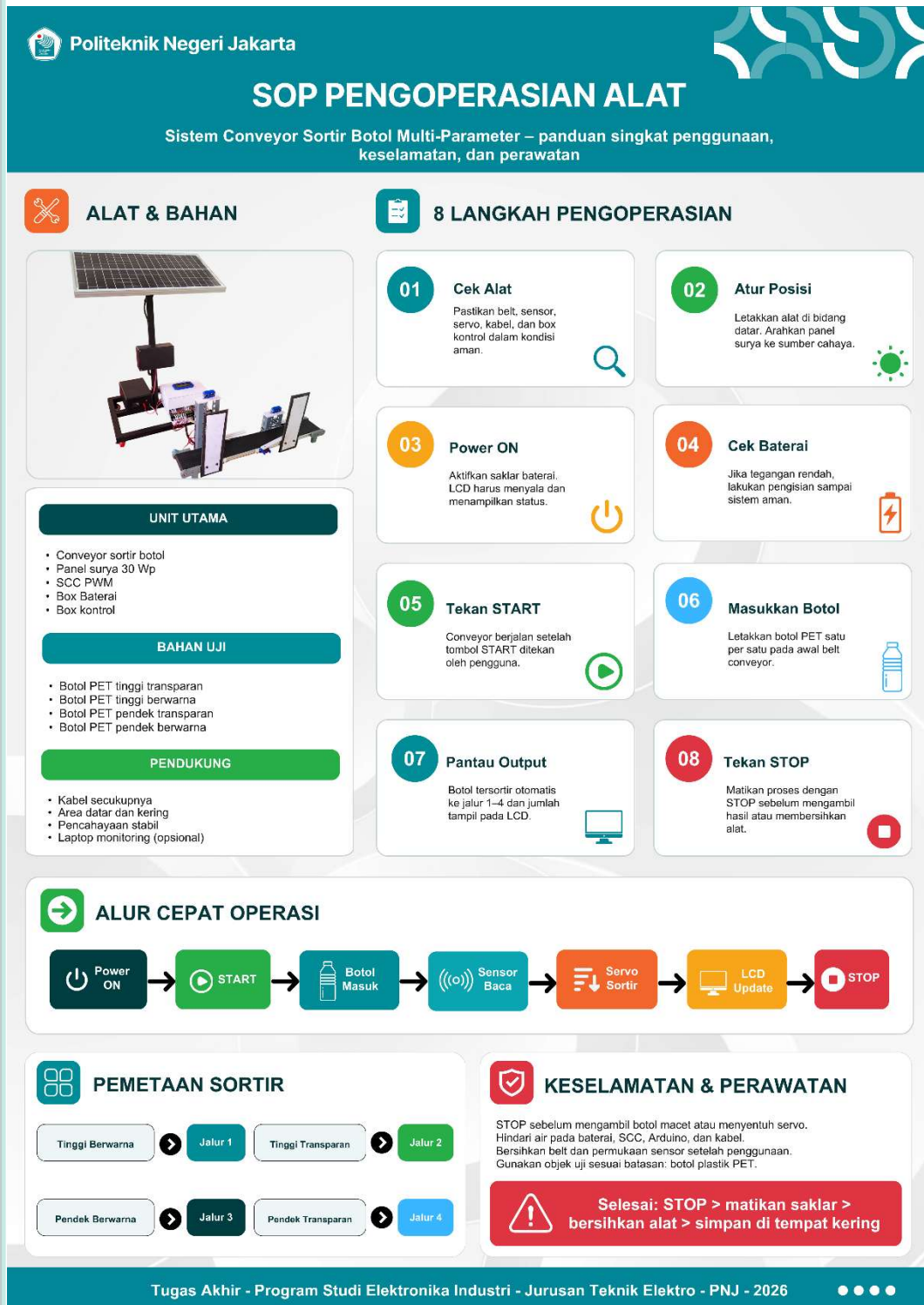
- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan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



L-3 SOP 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 kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

L-4 Kode Program

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>

// PERANGKAT I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
Adafruit_INA219 ina12(0x41);
Adafruit_INA219 ina5(0x44);

// PIN RELAY MOTOR
const byte RELAY_MOTOR = 2;

// PIN SERVO
const byte PIN_SERVO1 = 3;
const byte PIN_SERVO2 = 4;
const byte PIN_SERVO3 = 5;

// PIN SENSOR ULTRASONIK
const byte TRIG_U1 = 6;
const byte ECHO_U1 = 7;
const byte TRIG_U2 = 8;
const byte ECHO_U2 = 9;

// PIN SENSOR WARNA TCS3200
const byte TCS_S1 = 10;
const byte TCS_S0 = 11;
const byte TCS_S2 = 12;
const byte TCS_S3 = 13;
const byte TCS_OUT1 = A2;
const byte TCS_OUT2 = A3;

// PIN PUSH BUTTON (START & STOP)
const byte BTN_START = A0;
const byte BTN_STOP = A1;

// OBJEK SERVO
Servo servo1;
Servo servo2;
Servo servo3;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

// POSISI SERVO

```
const byte SERVO1_STANDBY = 90;
const byte SERVO1_SORTIR = 40;
```

```
const byte SERVO2_STANDBY = 85;
const byte SERVO2_SORTIR = 127;
```

```
const byte SERVO3_STANDBY = 107;
const byte SERVO3_SORTIR = 53;
```

// DELAY SERVO

```
const uint16_t DELAY_MENUJU_SERVO1 = 300;
const uint16_t DELAY_AKTIF_SERVO1 = 2000;
const uint16_t DELAY_SELESAI_SERVO1 = 700;
```

```
const uint16_t DELAY_MENUJU_SERVO2 = 500;
const uint16_t DELAY_AKTIF_SERVO2 = 4000;
const uint16_t DELAY_SELESAI_SERVO2 = 700;
```

```
const uint16_t DELAY_MENUJU_SERVO3 = 100;
const uint16_t DELAY_AKTIF_SERVO3 = 2700;
const uint16_t DELAY_SELESAI_SERVO3 = 700;
```

// PARAMETER BATERAI

```
const float BATTERY_LOW = 10.0;
const float BATTERY_RECOVER = 10.5;
```

// PARAMETER ULTRASONIK

```
const float BATAS_JARAK_U1 = 5.0;
const float BATAS_JARAK_U2 = 5.0;
```

```
const uint32_t TIMEOUT_ULTRASONIK = 25000UL;
const uint16_t DELAY_ANTAR_ULTRASONIK = 40;
const uint16_t TIMEOUT_BOTOL = 1500;
```

// PARAMETER SENSOR WARNA

```
const float THRESHOLD_WARNA_TCS1 = 0.2;
const float THRESHOLD_WARNA_TCS2 = 0.2;
```

```
const uint32_t TIMEOUT_TCS = 20000UL;
const byte JUMLAH_PULSA = 5;
const byte JUMLAH_RGB = 3;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
const byte MAKS_PERCOBAAN_RGB = 5;
```

```
// Delay motor dari ultrasonik menuju posisi sensor warna
const uint16_t DELAY_PENDEK_MENUJU_TCS1 = 200;
const uint16_t DELAY_PENDEK_MENUJU_TCS2 = 250;
```

```
const uint16_t DELAY_STABILISASI = 250;
const uint16_t DELAY_SORTIR4 = 700;
```

```
// INTERVAL PEMBACAAN DAYA DAN PEMBARUAN LCD
const uint16_t INTERVAL_DAYA = 300;
const uint16_t INTERVAL_LCD = 300;
```

```
// DATA DAYA JALUR 12 VOLT
float tegangan12V = 0.0;
float arus12V = 0.0;
float daya12V = 0.0;
```

```
// DATA DAYA JALUR 5 VOLT
float tegangan5V = 0.0;
float arus5V = 0.0;
float daya5V = 0.0;
```

```
// STATUS SISTEM
bool ina12OK = false;
bool ina5OK = false;
bool statusNormal = false;
bool sistemBerjalan = false; // Status awal sistem mati sebelum ditekan tombol
Start
```

```
// DATA SENSOR ULTRASONIK
float jarakU1 = 999.0;
float jarakU2 = 999.0;
```

```
// COUNTER SORTIR
uint16_t sortir1 = 0;
uint16_t sortir2 = 0;
uint16_t sortir3 = 0;
uint16_t sortir4 = 0;
```

```
// DATA RGB
struct RGBData {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

uint32_t merah;
uint32_t hijau;
uint32_t biru;
uint32_t clear;
};

RGBData warnaTerakhir = {0, 0, 0, 0};
float saturasiTerakhir = 0.0;

// TIMER
uint32_t lastDaya = 0;
uint32_t lastLCD = 0;

// FUNGSI PEMBACAAN TOMBOL START/STOP
void bacaTombol() {
  if (digitalRead(BTN_START) == LOW) {
    sistemBerjalan = true;
  }

  if (digitalRead(BTN_STOP) == LOW) {
    sistemBerjalan = false;
  }
}

// KONTROL MOTOR
void motorMati() {
  digitalWrite(RELAY_MOTOR, HIGH);
}

void motorHidup() {
  if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
    motorMati();
    return;
  }

  digitalWrite(RELAY_MOTOR, LOW);
}

// PEMBACAAN INA219 JALUR 12 VOLT
void bacaINA12V() {
  float teganganShunt_mV = ina12.getShuntVoltage_mV();

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

tegangan12V =
    ina12.getBusVoltage_V() + teganganShunt_mV / 1000.0;

arus12V = ina12.getCurrent_mA() / 1000.0;
daya12V = ina12.getPower_mW() / 1000.0;
}

// PEMBACAAN INA219 JALUR 5 VOLT
void bacaINA5V() {
    float teganganShunt_mV = ina5.getShuntVoltage_mV();

    tegangan5V =
        ina5.getBusVoltage_V() + teganganShunt_mV / 1000.0;

    arus5V = ina5.getCurrent_mA() / 1000.0;
    daya5V = ina5.getPower_mW() / 1000.0;
}

// PEMBACAAN KEDUA INA219
void bacaSemuaINA() {
    if (ina12OK) {
        bacaINA12V();
    }

    if (ina5OK) {
        bacaINA5V();
    }
    else {
        tegangan5V = 0.0;
        arus5V = 0.0;
        daya5V = 0.0;
    }
}

// STATUS BATERAI
void updateStatusBaterai() {
    if (tegangan12V < BATTERY_LOW) {
        statusNormal = false;
    }
    else if (tegangan12V >= BATTERY_RECOVER) {
        statusNormal = true;
    }
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

if (!statusNormal) {
    motorMati();
}
}

// PEMBACAAN DAYA
void bacaDaya() {
    uint32_t sekarang = millis();

    if (sekarang - lastDaya < INTERVAL_DAYA) {
        return;
    }

    lastDaya = sekarang;
    bacaSemuaINA();
}

// TAMPILAN LCD
void tampilkanLCD() {
    if (millis() - lastLCD < INTERVAL_LCD) {
        return;
    }

    lastLCD = millis();

    uint16_t total = sortir1 + sortir2 + sortir3 + sortir4;

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("S1:"));
    lcd.print(sortir1);
    lcd.print(F(" S2:"));
    lcd.print(sortir2);
    lcd.print(F("      "));

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("S3:"));
    lcd.print(sortir3);
    lcd.print(F(" S4:"));
    lcd.print(sortir4);
    lcd.print(F("      "));

```



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

```
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(F("Total:"));
lcd.print(total);
lcd.print(F(" botol  "));
```

```
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print(F("          "));
lcd.setCursor(0, 3);
```

```
// Status sistem
if (!sistemBerjalan) {
  lcd.print('S'); // S = Stop
}
else if (statusNormal) {
  lcd.print('N'); // N = Normal
}
else {
  lcd.print('C'); // C = Charging
}
```

```
bool tampilkanJalur5V = ((millis() / 2000UL) % 2) == 1;
```

```
if (tampilkanJalur5V) {
  if (!ina5OK) {
    lcd.print(F("5V SENSOR ERROR"));
    return;
  }
}
```

```
lcd.print(F("5V "));
lcd.print(tegangan5V, 1);
lcd.print(F("V "));
lcd.print(arus5V, 2);
lcd.print(F("A "));
lcd.print(daya5V, 1);
lcd.print(F("W"));
}
```

```
else {
  lcd.print(F("12 "));
  lcd.print(tegangan12V, 1);
  lcd.print(F("V "));
  lcd.print(arus12V, 2);
  lcd.print(F("A "));
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

lcd.print(daya12V, 1);
lcd.print(F("W"));
}
}

// DELAY SISTEM TANPA MENGHENTIKAN PEMBACAAN SENSOR DAN
TOMBOL
void jedaSistem(uint32_t durasi) {
    uint32_t waktuMulai = millis();

    while (millis() - waktuMulai < durasi) {
        bacaDaya();
        updateStatusBaterai();
        bacaTombol();
        tampilkanLCD();

        if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
            motorMati();
        }

        delay(5);
    }
}

// POSISI STANDBY SEMUA SERVO
void servoStandby() {
    servo1.write(SERVO1_STANDBY);
    servo2.write(SERVO2_STANDBY);
    servo3.write(SERVO3_STANDBY);

    delay(300);
}

// AKTIFKAN SERVO 1
void aktifkanServo1() {
    jedaSistem(DELAY_MENUJU_SERVO1);

    if (!sistemBerjalan) {
        return;
    }

    servo1.write(SERVO1_SORTIR);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
jedaSistem(Delay_AKTIF_SERVO1);

servo1.write(SERVO1_STANDBY);
jedaSistem(Delay_SELESAI_SERVO1);
}

// AKTIFKAN SERVO 2
void aktifkanServo2() {
  jedaSistem(Delay_MENUJU_SERVO2);

  if (!sistemBerjalan) {
    return;
  }

  servo2.write(SERVO2_SORTIR);
  jedaSistem(Delay_AKTIF_SERVO2);

  servo2.write(SERVO2_STANDBY);
  jedaSistem(Delay_SELESAI_SERVO2);
}

// AKTIFKAN SERVO 3
void aktifkanServo3() {
  jedaSistem(Delay_MENUJU_SERVO3);

  if (!sistemBerjalan) {
    return;
  }

  servo3.write(SERVO3_SORTIR);
  jedaSistem(Delay_AKTIF_SERVO3);

  servo3.write(SERVO3_STANDBY);
  jedaSistem(Delay_SELESAI_SERVO3);
}

// PEMBACAAN DASAR SENSOR ULTRASONIK
float bacaJarakUltrasonik(byte pinTrig, byte pinEcho) {
  digitalWrite(pinTrig, LOW);
  delayMicroseconds(3);

  digitalWrite(pinTrig, HIGH);
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

delayMicroseconds(10);

digitalWrite(pinTrig, LOW);

uint32_t durasiPantulan = pulseIn(
    pinEcho,
    HIGH,
    TIMEOUT_ULTRASONIK
);

if (durasiPantulan == 0) {
    return 999.0;
}

return durasiPantulan * 0.0343 / 2.0;
}

// CEK OBJEK PADA ULTRASONIK 1
bool objekTerdeteksiU1() {
    jarakU1 = bacaJarakUltrasonik(TRIG_U1, ECHO_U1);

    return (
        jarakU1 > 2.0 &&
        jarakU1 <= BATAS_JARAK_U1
    );
}

// CEK OBJEK PADA ULTRASONIK 2
bool objekTerdeteksiU2() {
    jarakU2 = bacaJarakUltrasonik(TRIG_U2, ECHO_U2);

    return (
        jarakU2 > 2.0 &&
        jarakU2 <= BATAS_JARAK_U2
    );
}

// FUNGSI PENUKAR NILAI UNTUK FILTER MEDIAN
void tukarJikaLebihBesar(uint32_t &nilaiA, uint32_t &nilaiB) {
    if (nilaiA > nilaiB) {
        uint32_t sementara = nilaiA;
        nilaiA = nilaiB;

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

    nilaiB = sementara;
  }
}

// MEDIAN UNTUK MAKSIMAL 5 NILAI TANPA ARRAY
uint32_t medianMaksimalLima(
    uint32_t nilai1,
    uint32_t nilai2,
    uint32_t nilai3,
    uint32_t nilai4,
    uint32_t nilai5,
    byte jumlahNilai
) {
    if (jumlahNilai == 0) {
        return 0;
    }

    if (jumlahNilai == 1) {
        return nilai1;
    }

    if (jumlahNilai == 2) {
        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
        return (nilai1 + nilai2) / 2;
    }

    if (jumlahNilai == 3) {
        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
        tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);
        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
        return nilai2;
    }

    if (jumlahNilai == 4) {
        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
        tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);
        tukarJikaLebihBesar(nilai3, nilai4);

        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
        tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);

        tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

    return (nilai2 + nilai3) / 2;
}

tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);
tukarJikaLebihBesar(nilai3, nilai4);
tukarJikaLebihBesar(nilai4, nilai5);

tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);
tukarJikaLebihBesar(nilai3, nilai4);

tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);
tukarJikaLebihBesar(nilai2, nilai3);

tukarJikaLebihBesar(nilai1, nilai2);

return nilai3;
}

// MEMBACA SATU FILTER WARNA TCS3200
uint32_t bacaPulseWarna(
    byte pinOutputTCS,
    bool kondisiS2,
    bool kondisiS3
) {
    digitalWrite(TCS_S2, kondisiS2);
    digitalWrite(TCS_S3, kondisiS3);

    delay(5);

    uint32_t nilai1 = 0;
    uint32_t nilai2 = 0;
    uint32_t nilai3 = 0;
    uint32_t nilai4 = 0;
    uint32_t nilai5 = 0;

    byte jumlahValid = 0;

    for (byte pembacaan = 0; pembacaan < JUMLAH_PULSA; pembacaan++) {
        uint32_t lebarPulsa = pulseIn(

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

pinOutputTCS,
LOW,
TIMEOUT_TCS
);

if (lebarPulsa > 0) {
    uint32_t frekuensi = 1000000UL / lebarPulsa;

    jumlahValid++;

    if (jumlahValid == 1) {
        nilai1 = frekuensi;
    }
    else if (jumlahValid == 2) {
        nilai2 = frekuensi;
    }
    else if (jumlahValid == 3) {
        nilai3 = frekuensi;
    }
    else if (jumlahValid == 4) {
        nilai4 = frekuensi;
    }
    else if (jumlahValid == 5) {
        nilai5 = frekuensi;
    }
}

delay(1);
}

return medianMaksimalLima(
    nilai1,
    nilai2,
    nilai3,
    nilai4,
    nilai5,
    jumlahValid
);
}

// MEMBACA NILAI RGB DAN CLEAR DARI SATU TCS3200
RGBData bacaTCS(byte pinOutputTCS) {

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

RGBData hasil;

```
// Filter merah: S2 LOW, S3 LOW
hasil.merah = bacaPulseWarna(
    pinOutputTCS,
    LOW,
    LOW
);
```

```
// Filter hijau: S2 HIGH, S3 HIGH
hasil.hijau = bacaPulseWarna(
    pinOutputTCS,
    HIGH,
    HIGH
);
```

```
// Filter biru: S2 LOW, S3 HIGH
hasil.biru = bacaPulseWarna(
    pinOutputTCS,
    LOW,
    HIGH
);
```

```
// Filter clear: S2 HIGH, S3 LOW
hasil.clear = bacaPulseWarna(
    pinOutputTCS,
    HIGH,
    LOW
);
```

```
return hasil;
```

```
}
```

```
// VALIDASI DATA WARNA
```

```
bool warnaValid(const RGBData &dataWarna) {
    if (dataWarna.merah == 0) {
        return false;
    }

    if (dataWarna.hijau == 0) {
        return false;
    }
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

if (dataWarna.biru == 0) {
    return false;
}

if (dataWarna.clear == 0) {
    return false;
}

return true;
}

// MEDIAN UNTUK MAKSIMAL 3 SAMPEL RGB
uint32_t medianMaksimalTiga(
    uint32_t nilai1,
    uint32_t nilai2,
    uint32_t nilai3,
    byte jumlahNilai
) {
    return medianMaksimalLima(
        nilai1,
        nilai2,
        nilai3,
        0,
        0,
        jumlahNilai
    );
}

// PEMBACAAN TCS3200 DENGAN FILTER STABIL
RGBData bacaTCSStabil(byte pinOutputTCS) {
    RGBData sampel1 = {0, 0, 0, 0};
    RGBData sampel2 = {0, 0, 0, 0};
    RGBData sampel3 = {0, 0, 0, 0};
    RGBData hasil = {0, 0, 0, 0};

    byte jumlahValid = 0;
    byte jumlahPercobaan = 0;

    while (
        jumlahValid < JUMLAH_RGB &&
        jumlahPercobaan < MAKS_PERCOBAAN_RGB

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

) {
    RGBData dataBaru = bacaTCS(pinOutputTCS);

    if (warnaValid(dataBaru)) {
        jumlahValid++;

        if (jumlahValid == 1) {
            sampel1 = dataBaru;
        }
        else if (jumlahValid == 2) {
            sampel2 = dataBaru;
        }
        else if (jumlahValid == 3) {
            sampel3 = dataBaru;
        }
    }

    jumlahPercobaan++;

    if (jumlahValid < JUMLAH_RGB) {
        delay(10);
    }
}

if (jumlahValid == 0) {
    return hasil;
}

hasil.merah = medianMaksimalTiga(
    sampel1.merah,
    sampel2.merah,
    sampel3.merah,
    jumlahValid
);

hasil.hijau = medianMaksimalTiga(
    sampel1.hijau,
    sampel2.hijau,
    sampel3.hijau,
    jumlahValid
);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
hasil.biru = medianMaksimalTiga(
    sampel1.biru,
    sampel2.biru,
    sampel3.biru,
    jumlahValid
);
```

```
hasil.clear = medianMaksimalTiga(
    sampel1.clear,
    sampel2.clear,
    sampel3.clear,
    jumlahValid
);
```

```
return hasil;
}
```

```
// MENGHITUNG SATURASI WARNA
```

```
float hitungSaturasi(const RGBData &dataWarna) {
    if (!warnaValid(dataWarna)) {
        return 0.0;
    }
}
```

```
uint32_t nilaiMaksimum = dataWarna.merah;
uint32_t nilaiMinimum = dataWarna.merah;
```

```
if (dataWarna.hijau > nilaiMaksimum) {
    nilaiMaksimum = dataWarna.hijau;
}
```

```
if (dataWarna.biru > nilaiMaksimum) {
    nilaiMaksimum = dataWarna.biru;
}
```

```
if (dataWarna.hijau < nilaiMinimum) {
    nilaiMinimum = dataWarna.hijau;
}
```

```
if (dataWarna.biru < nilaiMinimum) {
    nilaiMinimum = dataWarna.biru;
}
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

if (nilaiMaksimum == 0) {
    return 0.0;
}

return
    (float)(nilaiMaksimum - nilaiMinimum) /
    nilaiMaksimum;
}

// MENUNGGU BOTOL MENINGGALKAN AREA SENSOR
void tungguBotolLewat() {
    uint32_t waktuMulai = millis();

    while (millis() - waktuMulai < TIMEOUT_BOTOL) {
        bacaDaya();
        updateStatusBaterai();
        bacaTombol();
        tampilkanLCD();

        if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
            break;
        }

        bool terdeteksiU1 = objekTerdeteksiU1();
        delay(DELAY_ANTAR_ULTRASONIK);
        bool terdeteksiU2 = objekTerdeteksiU2();

        if (!terdeteksiU1 && !terdeteksiU2) {
            break;
        }

        delay(30);
    }
}

// PROSES BOTOL TINGGI MENGGUNAKAN TCS1
void prosesBotolTinggi() {
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju posisi TCS1 "));

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
// Motor tetap berjalan sampai botol tepat di depan TCS1
motorHidup();
jedaSistem(DELAY_PENDEK_MENUJU_TCS1);

if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
    motorMati();
    return;
}

// Motor berhenti agar pembacaan warna lebih stabil
motorMati();

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(F("Baca warna TCS1  "));

// Menunggu botol benar-benar berhenti
jedaSistem(DELAY_STABILISASI);

if (!sistemBerjalan) {
    return;
}

warnaTerakhir = bacaTCSStabil(TCS_OUT1);
saturasiTerakhir = hitungSaturasi(warnaTerakhir);

// Penanganan jika pembacaan TCS1 gagal
if (!warnaValid(warnaTerakhir)) {
    if (statusNormal && sistemBerjalan) {
        motorHidup();
    }

    tungguBotolLewat();
    return;
}

bool botolBerwarna =
    saturasiTerakhir >= THRESHOLD_WARNA_TCS1;

bacaDaya();
updateStatusBaterai();

if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

motorMati();
return;
}

if (botolBerwarna) {
    sortir1++;

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju Sortir 1  "));

    motorHidup();
    aktifkanServo1();
}
else {
    sortir2++;

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju Sortir 2  "));

    motorHidup();
    aktifkanServo2();
}

tungguBotolLewat();
}

// PROSES BOTOL PENDEK MENGGUNAKAN TCS2
void prosesBotolPendek() {
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju posisi TCS2 "));

    // Motor tetap berjalan sampai botol tepat di depan TCS2
    motorHidup();
    jedaSistem(DELAY_PENDEK_MENUJU_TCS2);

    if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
        motorMati();
        return;
    }

    // Motor berhenti agar pembacaan warna lebih stabil
    motorMati();
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(F("Baca warna TCS2  "));

// Menunggu botol benar-benar berhenti
jedaSistem(DELAY_STABILISASI);

if (!sistemBerjalan) {
    return;
}

warnaTerakhir = bacaTCSStabil(TCS_OUT2);
saturasiTerakhir = hitungSaturasi(warnaTerakhir);

// Penanganan jika pembacaan TCS2 gagal
if (!warnaValid(warnaTerakhir)) {
    if (statusNormal && sistemBerjalan) {
        motorHidup();
    }

    tungguBotolLewat();
    return;
}

bool botolBerwarna =
    saturasiTerakhir >= THRESHOLD_WARNA_TCS2;

bacaDaya();
updateStatusBaterai();

if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
    motorMati();
    return;
}

if (botolBerwarna) {
    sortir3++;

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju Sortir 3  "));

    motorHidup();
  
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

    aktifkanServo3();
  }
  else {
    sortir4++;

    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print(F("Menuju Sortir 4  "));

    motorHidup();
    jedaSistem(DELAY_SORTIR4);
  }

  tungguBotolLewat();
}

// SETUP
void setup() {
  Wire.begin();

  // PENGATURAN PIN PUSH BUTTON
  pinMode(BTN_START, INPUT_PULLUP);
  pinMode(BTN_STOP, INPUT_PULLUP);

  // Relay motor
  pinMode(RELAY_MOTOR, OUTPUT);
  motorMati();

  // Ultrasonik 1
  pinMode(TRIG_U1, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_U1, INPUT);
  digitalWrite(TRIG_U1, LOW);

  // Ultrasonik 2
  pinMode(TRIG_U2, OUTPUT);
  pinMode(ECHO_U2, INPUT);
  digitalWrite(TRIG_U2, LOW);

  // TCS3200
  pinMode(TCS_S0, OUTPUT);
  pinMode(TCS_S1, OUTPUT);
  pinMode(TCS_S2, OUTPUT);
  pinMode(TCS_S3, OUTPUT);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
pinMode(TCS_OUT1, INPUT);
pinMode(TCS_OUT2, INPUT);
```

```
// Skala frekuensi TCS3200 sebesar 20 persen
digitalWrite(TCS_S0, HIGH);
digitalWrite(TCS_S1, LOW);
```

```
// Servo
servo1.attach(PIN_SERVO1);
servo2.attach(PIN_SERVO2);
servo3.attach(PIN_SERVO3);
```

```
servoStandby();
```

```
// LCD
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(F("Sistem Conveyor"));
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(F("Dual INA219"));
```

```
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print(F("Inisialisasi..."));
```

```
// INA219
ina12OK = ina12.begin();
ina5OK = ina5.begin();
```

```
// INA219 12V wajib tersedia karena digunakan untuk proteksi baterai
if (!ina12OK) {
  lcd.clear();
```

```
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(F("INA 0x41 ERROR"));
```

```
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(F("Motor dihentikan"));
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

while (true) {
    motorMati();
    delay(100);
}

// INA219 5V tidak menghentikan sistem jika gagal
if (!ina5OK) {
    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(F("INA 0x44 ERROR"));

    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(F("Data 5V = 0"));

    delay(1200);
}

bacaSemuaINA();
updateStatusBaterai();

lastDaya = millis();

jedaSistem(1500);

// Memastikan sistem dalam keadaan STOP saat pertama menyala
motorMati();
sistemBerjalan = false;

lcd.clear();
}

// LOOP UTAMA
void loop() {
    bacaDaya();
    updateStatusBaterai();
    bacaTombol();
    tampilkanLCD();

    // Sistem berhenti jika tegangan baterai belum aman atau sistem distop

```



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

```

if (!statusNormal || !sistemBerjalan) {
    motorMati();
    servoStandby();
    jedaSistem(50);
    return;
}

motorHidup();

// Ultrasonik 1 memiliki prioritas untuk botol tinggi
if (objekTerdeteksiU1()) {
    prosesBotolTinggi();
    return;
}

delay(DELAY_ANTAR_ULTRASONIK);

// Jika U1 tidak mendeteksi, U2 memproses botol pendek
if (objekTerdeteksiU2()) {
    prosesBotolPendek();
}
}

```

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**