



© 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 KAPAL PEMBERSIH SAMPAH
PERMUKAAN AIR BERBASIS PANEL SURYA HYBRID
DENGAN KONTROL JARAK JAUH**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Gandara Ekaputra

2303311049

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
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 KAPAL PEMBERSIH SAMPAH
PERMUKAAN AIR BERBASIS PANEL SURYA HYBRID
DENGAN KONTROL JARAK JAUH**

TUGAS AKHIR

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Gandara Ekaputra

2303311049

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

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

HALAMAN PENYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Gandara Ekaputra

NIM : 2303311049

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 Juli 2026



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 : Gandara Ekaputra

NIM : 2303311049

Program Studi : Teknik Listrik

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Kapal Pembersih Bebas
Panel Surya *Off-grid* Sampah dengan
Kendali Jarak Jauh

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 22 Juli 2026
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Dezetty Monika, S.T. M.T

(NIP: 199112082018032002)

Pembimbing II : Imam Halimi, S.T., M.Si

(NIP: 197203312006041001)

**NEGERI
JAKARTA**

Depok, 22 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 kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Rancang Bangun Kapal Pembersih Sampah permukaan air Berbasis Panel Surya Hybrid Dengan Kontrol Jarak Jauh” dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Imam Halimi, S.T., M.Si dan Ibu Dezetty Monika, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan Tugas Akhir.
2. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama masa perkuliahan.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis.
4. Teman-teman dan semua pihak yang telah membantu dalam proses perancangan, pembuatan, dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan baik dari segi penulisan maupun isi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang.

Akhir kata, penulis berharap laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca serta dapat menjadi salah satu kontribusi dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan di bidang sistem kelistrikan dan otomasi.

Depok, 15 Juni 2026



Hak Cipta :

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

Rancang Bangun Kapal Pembersih Sampah permukaan air Berbasis Panel Surya Hybrid Dengan Kontrol Jarak Jauh

ABSTRAK

Permasalahan sampah yang mengapung di permukaan perairan seperti danau, waduk, dan kolam retensi masih menjadi tantangan dalam menjaga kebersihan lingkungan. Proses pembersihan yang umumnya dilakukan secara manual dinilai kurang efektif, membutuhkan waktu yang lama, serta memiliki risiko bagi petugas. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun kapal pembersih sampah permukaan air berbasis panel surya hybrid dengan kontrol jarak jauh sebagai solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Sistem kapal memanfaatkan panel surya polikristalin 100 Wp sebagai sumber energi utama yang dipadukan dengan baterai lead-acid 12 V 35 Ah sebagai penyimpan energi, sehingga operasional kapal tetap dapat berlangsung ketika intensitas cahaya matahari rendah. Kendali kapal menggunakan mikrokontroler ESP32 dan komunikasi LoRa untuk mengirimkan perintah pengoperasian serta data monitoring secara nirkabel. Sistem penggerak terdiri atas motor DC sebagai penggerak baling-baling dan konveyor, serta motor servo sebagai penggerak sirip kemudi. Selain itu, kapal dilengkapi sensor INA219, ACS712, sensor tegangan, dan load cell untuk memantau parameter kelistrikan serta berat sampah secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapal mampu mengapung dengan stabil, bergerak sesuai perintah kendali, serta mengangkat sampah permukaan air menggunakan mekanisme konveyor. Integrasi sistem mekanik, kelistrikan, dan kontrol berhasil menghasilkan prototipe yang berfungsi dengan baik sehingga berpotensi menjadi alternatif teknologi pembersih sampah perairan yang efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Kata kunci : ESP32, kapal pembersih sampah, kendali jarak jauh, LoRa, panel surya hybrid.



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

Design and Construction of a Hybrid Solar-Powered Surface Water Garbage Cleaning Boat with Remote Control

ABSTRACT

The problem of floating waste in water bodies such as lakes, reservoirs, and retention ponds remains a challenge in maintaining environmental cleanliness. Conventional waste collection methods are generally performed manually, making them less efficient, time-consuming, and potentially hazardous for operators. This study aims to design and develop a hybrid solar-powered surface waste cleaning boat with a remote control system as an efficient and environmentally friendly solution. The boat utilizes a 100 Wp polycrystalline solar panel as the primary energy source combined with a 12 V 35 Ah lead-acid battery for energy storage, allowing continuous operation even under low solar irradiation. The control system employs an ESP32 microcontroller and LoRa wireless communication to transmit control commands and real-time monitoring data. The propulsion system consists of DC motors for the propeller and conveyor mechanisms, while a servo motor is used to control the rudder. In addition, the boat is equipped with an INA219 sensor, ACS712 current sensor, voltage sensor, and load cell to monitor electrical parameters and collected waste weight in real time. Experimental results demonstrate that the boat is capable of floating stably, responding effectively to remote control commands, and collecting floating waste using the conveyor mechanism. The integration of the mechanical, electrical, and control systems successfully produced a functional prototype with the potential to serve as an effective, efficient, and sustainable technology for cleaning floating waste from water surfaces.

Keywords : ESP32, hybrid solar panel, LoRa, remote control, surface waste cleaning boat.



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Luaran	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Sampah Perairan.....	4
2.2. Kapal Pembersih Sampah	4
2.3. Panel Surya	5
2.4. Baterai	6
2.5. Motor DC	7
2.6. Motor Servo	8
2.7. Mikrokontroler ESP32	8
2.8. Modul LoRa	9
2.9. INA219.....	9
2.10. ACS712.....	10
2.11. Sensor tegangan	10
2.12. Dasar Perancangan Komponen	11
2.12.1. Perhitungan Kebutuhan Pelampung Kapal	11
2.12.2. Perhitungan Kebutuhan Motor	12



Hak Cipta :

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

2.12.3.	Perhitungan Kebutuhan Daya	16
2.12.4.	Perhitungan Kapasitas Panel Surya.....	17
2.12.5.	Perhitungan Kapasitas Baterai	18
2.13.	Koefisiensi Hambat.....	19
2.14.	Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III		
PERENCANAAN DAN REALISASI.....		24
3.1.	Rancang Bangun Alat.....	24
3.1.1.	Deskripsi Alat.....	27
3.1.2.	Cara Kerja Alat.....	33
3.1.3.	Spesifikasi Alat	36
3.1.4.	Diagram Blok.....	38
3.2.	Dasar Pemilihan Komponen	38
3.2.1.	Pemilihan Bahan Pelampung	38
3.2.2.	Pemilihan motor DC untuk baling-baling.....	42
3.2.3.	Pemilihan motor DC untuk konveyor	43
3.2.4.	Pemilihan motor Servo untuk sirip kemudi	45
3.2.5.	Pemilihan Panel Surya dan Baterai	46
3.3.	Perakitan Kapal Pembersih Sampah	48
3.3.1.	Pemasangan baling-baling	49
3.3.2.	Pemasangan konveyor.....	49
3.3.3.	Pemasangan sirip kemudi.....	50
3.3.4.	perakitan sistem kontrol	50
3.4.		53
3.4.	Tampak Kapal Pembersih Sampah.....	53
BAB IV		
PEMBAHASAN		54
4.1.	Pengujian Daya Apung.....	54
4.1.1.	Deskripsi Pengujian	54
4.1.2.	Prosedur Pengujian	54
4.1.3.	Hasil Pengujian	54
4.1.4.	Evaluasi	55
4.2.	Pengujian Kecepatan kapal	55
4.2.1.	Deskripsi Pengujian	55



© 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

4.2.2. Prosedur Pengujian	56
4.2.3. Hasil Pengujian	57
4.2.4. Evaluasi	57
4.3. Pengujian Sistem Konveyor	58
4.3.1. Deskripsi Pengujian	58
4.3.2. Prosedur Pengujian	59
4.3.3. Hasil Pengujian	59
4.3.4. Evaluasi	60
BAB V	
PENUTUP	62
5.1. Kesimpulan	62
5.2. Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	67
LAMPIRAN	68



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	21
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	36
Tabel 3.2 Massa Komponen Kapal	39
Tabel 3. 3 Watt masing-masing Komponen	47
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Daya Apung	54
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Kecepatan Kapal	57
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sistem Konveyor Beban Ringan.....	59
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sistem Konveyor Beban Berat.....	60





Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya 100 Wp.....	5
Gambar 2.2 Aki mobil 12v 35Ah.....	6
Gambar 2.3 Koefisiensi Hambat.....	20
Gambar 3.1 Lokasi Pembuatan Alat.....	24
Gambar 3.2 Lokasi Pengujian Alat	25
Gambar 3.3 Lokasi Penempatan Alat SSumber : Goggle Maps	26
Gambar 3.4 Kontruksi Tampak Isometrik.....	27
Gambar 3.5 Kontruksi Tampak Samping	28
Gambar 3.6 Sistem Daya Kapal Pembersih Sampah	28
Gambar 3.7 Layout Tampak Luar	29
Gambar 3.8 Layout Tampak Dalam	30
Gambar 3.9 Sistem Transmitter	31
Gambar 3.10 Sistem Receiver.....	32
Gambar 3.11 Flowchart Pengisian Baterai.....	34
Gambar 3.12 Flowchart Kerja Kapal	35
Gambar 3.13 Blok Diagram	38
Gambar 3.14 Remot Kontrol.....	51
Gambar 3.15 Box Panel Sumber : Dokumentasi Pribadi.....	52
Gambar 3.16 Tampak Kapal Pembersih Sampah.....	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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan sampah di perairan seperti danau, waduk, dan kolam retensi masih banyak ditemukan di berbagai daerah. Sampah yang mengapung di permukaan air menyebabkan penurunan kualitas lingkungan perairan serta mengganggu fungsi dan estetika kawasan tersebut. Keberadaan sampah permukaan air juga berdampak negatif terhadap ekosistem perairan, seperti menurunnya kualitas air dan terganggunya kehidupan organisme di dalamnya.

Metode pembersihan sampah permukaan air yang saat ini diterapkan pada danau, waduk, dan kolam retensi umumnya masih mengandalkan tenaga manusia. Penggunaan peralatan sederhana dalam proses pembersihan tersebut menyebabkan tingkat efisiensi kerja menjadi rendah. Selain itu, proses pembersihan secara manual membutuhkan waktu yang relatif lama dan berpotensi menimbulkan risiko keselamatan bagi petugas yang bekerja di area perairan.

Perkembangan teknologi di bidang sistem kelistrikan dan otomasi memberikan peluang untuk merancang solusi pembersihan sampah yang lebih efektif dan efisien. Pemanfaatan kapal pembersih sampah yang dapat dikendalikan dari jarak jauh memungkinkan proses pengambilan sampah dilakukan dengan lebih optimal. Sistem kendali jarak jauh tersebut juga dapat mengurangi keterlibatan langsung petugas dengan air, sehingga meningkatkan aspek keselamatan kerja.

Sumber energi listrik yang digunakan dalam pengoperasian kapal pembersih sampah menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi listrik berfungsi untuk menyuplai daya bagi sistem penggerak, sistem conveyor, dan sistem kendali kapal tanpa ketergantungan penuh pada sumber energi eksternal. Dengan menggunakan panel surya, kapal pembersih sampah dapat beroperasi secara mandiri dan ramah lingkungan.

Namun demikian, kinerja panel surya sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan intensitas cahaya matahari. Oleh karena itu, diperlukan sistem energi hybrid



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

yang mengombinasikan panel surya dengan baterai sebagai penyimpan energi listrik. Baterai berfungsi sebagai sumber daya cadangan yang dapat digunakan saat kondisi cuaca tidak mendukung atau ketika intensitas radiasi matahari rendah. Dengan adanya sistem hybrid ini, kontinuitas operasional kapal pembersih sampah dapat tetap terjaga tanpa mengganggu proses pembersihan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan perancangan kapal pembersih sampah permukaan air berbasis panel surya hybrid dengan kendali jarak jauh yang dapat dioperasikan pada danau, waduk, dan kolam retensi. Perancangan ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pembersih sampah yang efektif, efisien, dan aman. Hasil perancangan diharapkan dapat menjadi solusi teknologi yang aplikatif dalam upaya penanggulangan sampah di lingkungan perairan.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang kapal pembersih sampah permukaan air yang dapat bekerja secara fungsional dan stabil?
- 2) Bagaimana merancang sistem penggerak dan mekanisme pengangkut sampah pada kapal?
- 3) Bagaimana mengintegrasikan sistem mekanik, kelistrikan, dan kontrol pada kapal pembersih sampah?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Merancang kapal pembersih sampah permukaan air yang dapat bekerja secara fungsional dan stabil.
- 2) Merancang sistem penggerak dan mekanisme pengangkut sampah pada kapal pembersih sampah permukaan air.
- 3) Mengintegrasikan sistem mekanik, kelistrikan, dan kontrol pada kapal pembersih sampah permukaan air agar dapat bekerja secara optimal.

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

1.4. Luaran

Luaran yang diharapkan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Prototipe kapal pembersih sampah permukaan air berbasis panel surya hybrid dengan kendali jarak jauh

Prototipe ini berupa sebuah kapal skala kecil yang dilengkapi dengan sistem penggerak, mekanisme pengangkut sampah, sistem kelistrikan berbasis panel surya dan hybrid, serta sistem kendali jarak jauh. Prototipe tersebut diharapkan mampu bergerak, dikendalikan dari jarak jauh, dan mengumpulkan sampah permukaan air secara fungsional.

- 2) Laporan tugas akhir

Laporan tugas akhir berisi penjelasan lengkap mengenai latar belakang permasalahan, perancangan sistem, proses perakitan alat, serta hasil pengujian yang telah dilakukan. Laporan ini disusun secara sistematis sesuai dengan pedoman penulisan tugas akhir yang berlaku di institusi.

- 3) Dokumentasi perancangan, perakitan, dan pengujian alat

Dokumentasi ini meliputi gambar perancangan, skema sistem, foto proses perakitan, serta dokumentasi kegiatan pengujian prototipe. Dokumentasi tersebut digunakan sebagai bukti proses pengerjaan dan sebagai pendukung dalam penyusunan laporan tugas akhir.

- 4) Jurnal

Jurnal ilmiah berisi ringkasan dari hasil tugas akhir yang telah dikerjakan. Jurnal ini menjelaskan secara singkat dan jelas mengenai latar belakang pembuatan kapal pembersih sampah, tahapan perancangan dan pembuatan alat, hasil pengujian prototipe, serta kinerja kapal dalam mengumpulkan sampah di permukaan air menggunakan energi dari panel surya. Jurnal ini diharapkan dapat dipublikasikan pada jurnal ilmiah atau dipresentasikan dalam seminar nasional sebagai bentuk kontribusi penulis dalam pengembangan teknologi energi terbarukan dan teknologi kapal ramah lingkungan

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, pembuatan, dan pengujian kapal pembersih sampah permukaan air berbasis panel surya hybrid dengan kontrol jarak jauh, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kapal memiliki daya apung yang baik, ditunjukkan dengan kemampuan kapal tetap mengapung secara stabil pada setiap tahapan penambahan beban, mulai dari rangka dan motor, panel surya, baterai, hingga beban sampah sebesar 5 kg. Kedalaman tenggelam kapal meningkat dari 3,0 cm menjadi 4,8 cm, namun kapal tidak mengalami kemiringan maupun kehilangan keseimbangan.
2. Sistem propulsi dan sistem kemudi mampu menggerakkan kapal dengan baik pada kondisi gerak lurus maupun saat bermanuver. Hasil pengujian menunjukkan kecepatan rata-rata kapal sebesar 0,87 m/s pada gerak lurus dan 0,44 m/s saat bermanuver. Kecepatan gerak lurus telah melampaui target perancangan sebesar 0,5 m/s, sedangkan penurunan kecepatan saat bermanuver dipengaruhi oleh meningkatnya hambatan hidrodinamis dan kebutuhan gaya untuk mengubah arah gerak kapal.
3. Sistem konveyor mampu mengangkat sampah yang mengapung di permukaan air menuju wadah penampungan pada seluruh percobaan yang dilakukan. Waktu rata-rata pengangkutan sampah ringan sebesar 21 detik, sedangkan sampah berat sebesar 32,33 detik, sehingga menunjukkan bahwa karakteristik massa dan bentuk sampah memengaruhi waktu pengangkutan, namun tidak mengurangi keberhasilan sistem dalam mengangkat sampah.
4. Integrasi sistem propulsi, sistem kemudi, dan sistem konveyor dapat bekerja dengan baik, sehingga kapal mampu bergerak sekaligus melakukan proses pengumpulan sampah di permukaan air sesuai dengan fungsi yang dirancang.



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

5. Rancang bangun kapal pembersih sampah permukaan air berbasis panel surya hybrid dengan kontrol jarak jauh telah berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai tujuan perancangan. Hal ini dibuktikan melalui keberhasilan pengujian daya apung, kecepatan kapal, serta sistem konveyor dalam mendukung proses pengumpulan sampah di permukaan air.

6. Berdasarkan seluruh hasil pengujian, kapal layak digunakan sebagai prototipe pembersih sampah permukaan air skala kecil karena memiliki daya apung yang stabil, kecepatan yang memenuhi target perancangan, kemampuan bermanuver yang baik, serta sistem konveyor yang mampu mengangkut sampah ringan maupun sampah berat ke dalam wadah penampungan.

5.2. Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan alat pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Mengembangkan sistem navigasi otomatis berbasis GPS sehingga kapal dapat beroperasi secara mandiri mengikuti rute yang telah ditentukan tanpa bergantung pada pengendalian operator.
2. Mengoptimalkan desain lambung kapal dan sistem propulsi untuk mengurangi hambatan hidrodinamis sehingga kecepatan, efisiensi energi, dan kemampuan bermanuver dapat ditingkatkan.
3. Mengembangkan sistem konveyor dengan kapasitas angkut yang lebih besar melalui peningkatan dimensi belt, desain sirip konveyor, atau pemilihan motor dengan torsi yang lebih tinggi agar mampu menangani volume sampah yang lebih banyak.
4. Meningkatkan sistem catu daya dengan penggunaan panel surya berkapasitas lebih besar atau baterai dengan kapasitas yang lebih tinggi sehingga waktu operasional kapal dapat diperpanjang, terutama pada kondisi cuaca dengan intensitas cahaya matahari yang rendah.
5. Mengembangkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) sehingga informasi seperti tegangan baterai, arus, daya panel surya,



© 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

kapasitas sampah, dan posisi kapal dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi atau halaman web.





Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Nghoman Aditya, M. R. K., Muzdalifah, P., Rahman, D. A., Saputra, H. T., Pratama, Y. A., & Rachmanita, R. E. (2024). *RC Boat Trash Collector Berbasis Solar Cell sebagai Solusi Pembersihan Sampah Anorganik pada Permukaan Air Sungai*.
- Kholis Suhermanto, D. A. N., Aribowo, W., Shehadeh, H. A., Rahmadian, R., Widyartono, M., Wardani, A. L., & Hermawan, A. C. (2024). *Monitoring DC Motor Based on LoRa and IoT*.
- Zaenurrohman, Ilahi, N. A., & Husain, M. I. (2023). *Prototipe Konveyor Pembersih Sampah Air Sungai Dengan Notifikasi SMS Berbasis Arduino Uno*.
- Mubarak, Z. (2020). *Prototipe Kapal Pembersih Sampah Berbasis Arduino*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Geotimes. (2024). *Selamatkan Danau Maninjau dari Potensi Mikroplastik*.
<https://geotimes.id>
- RRI. (2025). *Inovasi Perahu Canggih Pandawara Group Habiskan 320 Juta*.
<https://rri.co.id>
- Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. (2025). *Pemanfaatan Panel Surya untuk Meningkatkan Efisiensi Energi Rumah Tangga di Indonesia*.
<https://umsida.ac.id>
- GeeksforGeeks. (2024). *DC Motor: Definition, Working Principle, Types and Applications*.
<https://www.geeksforgeeks.org>
- Electrical4U. (2024). *Servo Motor: Working Principle and Applications*.
<https://www.electrical4u.com>
- Telkom University. (2024). *Mengenal Motor Servo dan Cara Kerjanya*.
<https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id>
- Espressif Systems. *ESP32 Series Datasheet*, Version 5.2, 2025.
[ESP32 Series Datasheet \(Official\)](#)



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

A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," *Sensors*, vol. 16, no. 9, p. 1466, 2016. doi: 10.3390/s16091466.

<https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1466>

Texas Instruments. *INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I²C Interface Datasheet*, Rev. G, 2015.

[INA219 Datasheet \(Texas Instruments\)](#)

Allegro MicroSystems. *ACS712 Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC Datasheet*, Rev. 21, 2021.

[ACS712 Datasheet \(Allegro MicroSystems\)](#)

P. Horowitz and W. Hill, *The Art of Electronics*, 3rd ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2015.

[The Art of Electronics – Cambridge University Press](#)

Physigeeek. (n.d.). Kemampuan Mengapung.

<https://physigeeek.com/id/kemampuan-mengapung/>

NASA Glenn Research Center. (n.d.). Drag Equation.

<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/drageq.html>

OpenStax. (2022). University Physics Volume 1. Section 10.6: Torque.

<https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/10-6-torque>

OpenStax. (2012). College Physics.

<https://openstax.org/details/books/college-physics>

Engineering ToolBox. (n.d.). Dynamic Pressure.

https://www.engineeringtoolbox.com/dynamic-pressure-d_1037.html

KAE. (2024). Perhitungan daya listrik untuk efisiensi energi.

<https://kae.co.id/pos/perhitungan-daya-listrik/>

Renegim Media. (2025). Artikel 3 Panel Surya.

<https://www.renengimedia.com/artikel-3-panel-surya.html>

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



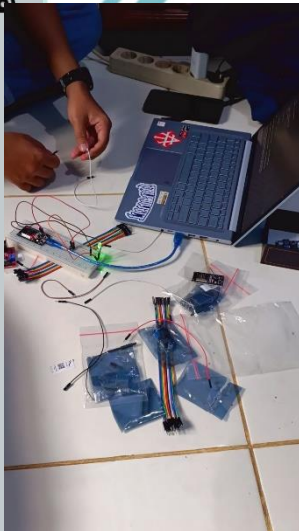
Menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 02 Curug, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 18 Depok, dan pendidikan menengah atas di SMK Negeri 2 Depok. Saat ini sedang menempuh pendidikan Diploma Tiga (D3) pada Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Jakarta.



LAMPIRAN

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



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Koding ESP TX

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
```

// ===== Konfigurasi WiFi (untuk kirim data ke Google Sheets) =====

```
const char* WIFI_SSID = "Lucu";
const char* WIFI_PASSWORD = "22222222";
```

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

```
// ===== URL Web App Google Apps Script (lihat panduan deploy di penjelasan)
=====

const char* GOOGLE_SCRIPT_URL =
"https://script.google.com/macros/s/AKfycbxB-ku3UMh_RF0vDS00i35r4N-
cS5nzMBakWdF1-v3b-ptPL6VCLQCjiE-PDW8pGTHB/exec";

bool wifiConnected = false;

unsigned long lastSheetSend = 0;

const unsigned long SHEET_SEND_INTERVAL = 5000; // minimal jeda antar
pengiriman ke spreadsheet (ms)

// ===== Pin LoRa untuk ESP32 (Transmitter) =====
#define SS 5
#define RST 14
#define DIO0 2

// ===== Frekuensi LoRa =====
#define FREQUENCY 433E6

// ===== Konfigurasi Push Button =====
// Semua pin di bawah adalah GPIO biasa (punya pull-up internal),
// jadi cukup pakai INPUT_PULLUP, tanpa resistor tambahan.
// Wiring: satu kaki tombol ke pin GPIO, kaki lainnya ke GND.

const int NUM_BUTTONS = 5;

const int buttonPins[NUM_BUTTONS] = {33, 27, 32, 25, 26};

const char pressChar[NUM_BUTTONS] = {'A', 'B', 'C', 'D', 'E'}; // saat ditekan
(PB1-5)

const char releaseChar[NUM_BUTTONS] = {'a', 'b', 'c', 'd', 'e'}; // saat dilepas
(PB1-5)
```



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

```
// Semua tombol (PB1-PB5) sekarang bermode PRESS/RELEASE seperti biasa:
```

```
// - Ditekan -> kirim huruf besar
```

```
// - Dilepas -> kirim huruf kecil
```

```
// State terakhir tiap tombol (untuk deteksi perubahan)
```

```
int lastStableState[NUM_BUTTONS];
```

```
int lastReading[NUM_BUTTONS];
```

```
unsigned long lastDebounceTime[NUM_BUTTONS];
```

```
const unsigned long DEBOUNCE_DELAY = 30; // ms
```

```
// ===== Status monitoring umum =====
```

```
unsigned long lastStatusPrint = 0;
```

```
const unsigned long STATUS_INTERVAL = 5000; // cetak status ringkas tiap 5 detik
```

```
String lastSensorData = "Belum ada data";
```

```
// ===== Monitoring kualitas link LoRa (RX -> TX) =====
```

```
long lastRxRSSI = 0; // dBm, kekuatan sinyal paket terakhir dari RX
```

```
float lastRxSNR = 0; // dB, signal-to-noise ratio paket terakhir dari RX
```

```
unsigned long lastRxPacketTime = 0; // waktu (millis) paket terakhir diterima
```

```
unsigned long lastRxInterval = 0; // jeda (ms) antar 2 paket RX yang diterima  
berurutan -> indikasi "delay"/keteraturan link
```

```
// ===== Monitoring waktu kirim (TX -> RX) =====
```

```
unsigned long lastSendDurationMs = 0; // waktu yang dibutuhkan proses  
beginPacket()...endPacket()
```

```
void connectWiFi() {
```

```
    Serial.print("[TX] Menghubungkan ke WiFi");
```

```
    WiFi.mode(WIFI_STA);
```



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

```
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);

unsigned long startAttempt = millis();

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED && millis() - startAttempt < 15000)
{
    delay(400);
    Serial.print(".");
}
Serial.println();

if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    wifiConnected = true;
    Serial.print("[TX] WiFi terhubung. IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
} else {
    wifiConnected = false;
    Serial.println("[TX] Gagal konek WiFi. Data TIDAK akan terkirim ke
spreadsheet (perintah motor via LoRa tetap jalan normal).");
}
}

// Ambil sebuah nilai numerik dari string berformat "KEY=nilai,KEY2=nilai2,..."
float extractValue(String source, String key) {
    int idx = source.indexOf(key);
    if (idx == -1) return 0;
    int start = idx + key.length();
    int end = source.indexOf(',', start);
    if (end == -1) end = source.length();
    return source.substring(start, end).toFloat();
}
```

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

```
// Kirim satu baris data ke Google Sheets lewat Google Apps Script Web App
void sendToGoogleSheets(float sysV, float sysI, float sysP,
                        float pvV, float pvI, float pvP,
                        long rssiRxToTx, float snrRxToTx, unsigned long delayRxToTx,
                        long rssiTxToRx, float snrTxToRx, unsigned long delayTxToRx) {
  if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.println("[TX] WiFi tidak terhubung, lewati pengiriman ke spreadsheet.");
    return;
  }

  HTTPClient http;
  String url = String(GOOGLE_SCRIPT_URL)
    + "?sysV=" + String(sysV, 2)
    + "&sysI=" + String(sysI, 2)
    + "&sysP=" + String(sysP, 2)
    + "&pvV=" + String(pvV, 2)
    + "&pvI=" + String(pvI, 2)
    + "&pvP=" + String(pvP, 2)
    + "&rssiRxToTx=" + String(rssiRxToTx)
    + "&snrRxToTx=" + String(snrRxToTx, 2)
    + "&delayRxToTx=" + String(delayRxToTx)
    + "&rssiTxToRx=" + String(rssiTxToRx)
    + "&snrTxToRx=" + String(snrTxToRx, 2)
    + "&delayTxToRx=" + String(delayTxToRx);

  http.begin(url);
  int httpCode = http.GET();
```



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

```
Serial.print("[TX] Kirim data ke Google Sheets -> HTTP status: ");
Serial.println(httpCode);
if (httpCode <= 0) {
    Serial.print("[TX] Gagal kirim ke spreadsheet, error: ");
    Serial.println(http.errorToString(httpCode));
}
http.end();
}

void sendLora(char c) {
    unsigned long tStart = micros();
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(c);
    LoRa.endPacket();
    unsigned long tEnd = micros();
    lastSendDurationMs = (tEnd - tStart) / 1000.0;

    Serial.print("[TX] Mengirim via LoRa: ");
    Serial.print(c);
    Serial.print(" | Delay kirim: ");
    Serial.print(lastSendDurationMs);
    Serial.println(" ms");
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    // Inisialisasi pin tombol (semua pakai pull-up internal)
    for (int i = 0; i < NUM_BUTTONS; i++) {
```



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(buttonPins[i], INPUT_PULLUP);

lastStableState[i] = HIGH; // HIGH = belum ditekan (idle)

lastReading[i] = HIGH;

lastDebounceTime[i] = 0;

}

// Inisialisasi LoRa
SPI.begin(18, 19, 23, 5); // SCK, MISO, MOSI, SS
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);
if (!LoRa.begin(FREQUENCY)) {
  Serial.println("LoRa init failed!");
  while (1);
}

// Inisialisasi WiFi (untuk kirim data ke Google Sheets)
connectWiFi();

Serial.println("=====");
Serial.println("      LoRa Transmitter (TX) - READY");

Serial.println("=====");

Serial.println("PB1-PB5 -> mode TEKAN/LEPAS: huruf besar saat ditekan,
huruf kecil saat dilepas");

Serial.println("Menunggu input push button...");

Serial.println("=====");
Serial.println("=====");
}
```



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

```
void loop() {  
    // ----- Baca semua push button -----  
    for (int i = 0; i < NUM_BUTTONS; i++) {  
        int reading = digitalRead(buttonPins[i]);  
  
        // Jika pembacaan berubah, reset timer debounce  
        if (reading != lastReading[i]) {  
            lastDebounceTime[i] = millis();  
        }  
  
        // Jika sudah stabil selama DEBOUNCE_DELAY  
        if ((millis() - lastDebounceTime[i]) > DEBOUNCE_DELAY) {  
            // Jika state stabil berubah dari sebelumnya -> ada aksi tombol  
            if (reading != lastStableState[i]) {  
                lastStableState[i] = reading;  
  
                // ===== PB1-PB5 : mode press/release =====  
                if (reading == LOW) {  
                    sendLora(pressChar[i]);  
                } else {  
                    sendLora(releaseChar[i]);  
                }  
            }  
        }  
    }  
  
    lastReading[i] = reading;  
}  
  
// ----- Terima data sensor / status dari RX -----
```



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

```
int packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
    String received = "";
    while (LoRa.available()) {
        received += (char)LoRa.read();
    }

    // ---- Ambil metrik kualitas sinyal paket yang baru diterima ----

    lastRxRSSI = LoRa.packetRssi(); // dBm (makin mendekati 0 makin kuat,
    contoh -50 kuat, -110 lemah)

    lastRxSNR = LoRa.packetSnr(); // dB (idealnya positif, makin tinggi makin
    bersih)

    unsigned long now = millis();
    lastRxInterval = (lastRxPacketTime == 0) ? 0 : (now - lastRxPacketTime);
    lastRxPacketTime = now;

    lastSensorData = received;
    printSensorData(received);
}

// ----- (Opsional) tetap bisa kirim manual lewat Serial Monitor -----
if (Serial.available()) {
    String command = Serial.readStringUntil('\n');
    command.trim();
    if (command.length() > 0) {
        unsigned long tStart = micros();
        LoRa.beginPacket();
        LoRa.print(command);
        LoRa.endPacket();
    }
}
```

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

```

unsigned long tEnd = micros();
lastSendDurationMs = (tEnd - tStart) / 1000.0;

Serial.print("[TX] Mengirim dari Serial: ");
Serial.print(command);
Serial.print(" | Delay kirim: ");
Serial.print(lastSendDurationMs);
Serial.println(" ms");
}
}

// ----- Cetak status ringkas berkala -----
if (millis() - lastStatusPrint > STATUS_INTERVAL) {
  lastStatusPrint = millis();
  printStatus();
}
}

// Parsing & menampilkan data sensor yang dikirim dari RX
// Format string yang dikirim RX (lihat kode RX):
//
"SYS:V=<v>,I=<i>,P=<p>|PV:V=<v>,I=<i>,P=<p>|LINK:RSSI=<r>,SNR=<s>,
DELAY=<d>"

void printSensorData(String data) {
  Serial.println("-----");
  Serial.print("[TX] Data diterima dari RX: ");
  Serial.println(data);

  int sysIdx = data.indexOf("SYS:");
  int pvIdx = data.indexOf("PV:");

```



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

```
int linkIdx = data.indexOf("LINK:");

float sysV = 0, sysI = 0, sysP = 0;
float pvV = 0, pvI = 0, pvP = 0;
long txToRxRSSI = 0;
float txToRxSNR = 0;
unsigned long txToRxDelay = 0;

if (sysIdx != -1 && pvIdx != -1) {
    int sysEnd = (pvIdx > sysIdx) ? pvIdx - 1 : data.length();
    String sysPart = data.substring(sysIdx + 4, sysEnd); // hilangkan "SYS:" dan pemisah "|"

    int pvEnd = (linkIdx != -1) ? linkIdx - 1 : data.length();
    String pvPart = data.substring(pvIdx + 3, pvEnd);

    Serial.println(" >> INPUT SISTEM (ACS712 + Sensor Tegangan):");
    Serial.println("    " + sysPart);
    Serial.println(" >> OUTPUT PANEL SURYA (INA219):");
    Serial.println("    " + pvPart);

    sysV = extractValue(sysPart, "V=");
    sysI = extractValue(sysPart, "I=");
    sysP = extractValue(sysPart, "P=");
    pvV = extractValue(pvPart, "V=");
    pvI = extractValue(pvPart, "I=");
    pvP = extractValue(pvPart, "P=");

    if (linkIdx != -1) {
        String linkPart = data.substring(linkIdx + 5);
```



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

```
Serial.println(" >> Kualitas link arah TX->RX (diukur & dilaporkan oleh RX):");

Serial.println("    " + linkPart);

txToRxRSSI = (long)extractValue(linkPart, "RSSI=");
txToRxSNR = extractValue(linkPart, "SNR=");
txToRxDelay = (unsigned long)extractValue(linkPart, "DELAY=");
}
}

Serial.println(" >> Kualitas link arah RX->TX (diukur langsung di TX):");
Serial.print("    RSSI : "); Serial.print(lastRxRSSI); Serial.println(" dBm");
Serial.print("    SNR : "); Serial.print(lastRxSNR, 2); Serial.println(" dB");
Serial.print("    Delay : "); Serial.print(lastRxInterval); Serial.println(" ms (jeda dari paket RX sebelumnya)");
Serial.println("-----");

// ---- Kirim seluruh data (sensor + kualitas link kedua arah) ke Google Sheets ---
-
if (millis() - lastSheetSend > SHEET_SEND_INTERVAL) {
    lastSheetSend = millis();
    sendToGoogleSheets(sysV, sysI, sysP,
        pvV, pvI, pvP,
        lastRxRSSI, lastRxSNR, lastRxInterval,    // arah RX->TX
        txToRxRSSI, txToRxSNR, txToRxDelay);    // arah TX->RX
}
}

void printStatus() {
    Serial.println("===== STATUS TX
=====");
}
```



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

```
Serial.print("Data sensor terakhir dari RX : ");
Serial.println(lastSensorData);

if (lastRxPacketTime > 0) {
    Serial.print("Diterima ");
    Serial.print((millis() - lastRxPacketTime) / 1000.0, 1);
    Serial.println(" detik yang lalu");
    Serial.print("RSSI (RX->TX) : "); Serial.print(lastRxRSSI); Serial.println("
dBm");
    Serial.print("SNR (RX->TX) : "); Serial.print(lastRxSNR, 2); Serial.println("
dB");
    Serial.print("Delay antar paket RX : "); Serial.print(lastRxInterval);
    Serial.println(" ms");
} else {
    Serial.println("Belum pernah menerima data dari RX");
}

Serial.print("Delay kirim paket TX terakhir : ");
Serial.print(lastSendDurationMs);
Serial.println(" ms");

Serial.println("=====");
}
```

Koding ESP RX

```
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>
#include <ESP32Servo.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
```



© 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

```
// ===== LoRa =====

#define SS 5

#define RST 14

#define DIO0 2

#define FREQUENCY 433E6

// ===== BTS7960 1 (Motor Konveyor) =====

#define RPWM1 13

#define LPWM1 27

#define REN1 12

#define LEN1 15

// ===== BTS7960 2 (Motor Baling-baling) =====

#define RPWM2 25

#define LPWM2 26

#define REN2 33

#define LEN2 32

// ===== Servo =====

#define SERVO_PIN 4

// ===== Sensor ACS712 30A + Sensor Tegangan (INPUT SISTEM) =====

// PENTING (hardware):

// - ACS712 & modul sensor tegangan kebanyakan bekerja/mengeluarkan sinyal di rentang 0-5V,

// sedangkan ADC ESP32 maksimum aman di 3.3V. WAJIB gunakan pembagi tegangan / modul yang
```



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

// sudah dikondisikan ke 3.3V sebelum masuk ke pin ESP32, atau catu ACS712 dari 3.3V (ratiometric).

// - Pin 34, 35 = ADC-only (input only), aman untuk sensor analog.

#define ACS712_PIN 34 // output analog ACS712 30A

#define VOLTAGE_PIN 35 // output analog modul sensor tegangan (voltage divider)

const float ADC_REF_VOLTAGE = 3.3; // referensi ADC ESP32

const float ADC_RESOLUTION = 4095.0; // ADC 12-bit

const float ACS712_SENSITIVITY = 0.066; // 66 mV/A untuk modul ACS712-30A

float acs712ZeroVoltage = 2.171; // titik nol (tanpa arus), dikalibrasi otomatis di setup()

// Rasio pembagi tegangan pada modul voltage sensor.

// Contoh modul umum (30k/7.5k) punya rasio 5.0 -> ubah sesuai modul yang dipakai & hasil kalibrasi.

const float VOLTAGE_DIVIDER_RATIO = 5.0;

// Faktor koreksi hasil kalibrasi (dikalikan ke hasil ukur akhir).

// Cara isi: kalibrasi sekali pakai perintah Serial "CALV:<tegangan_aktual>" (lihat `calibrateVoltageSensor()`),

// nilai yang dicetak akan muncul di Serial Monitor -> salin & ganti angka di baris ini -> upload ulang kode.

// Default 1.0 = belum dikalibrasi / memakai VOLTAGE_DIVIDER_RATIO apa adanya.

float voltageCalibrationFactor = 1.077;

// ===== Sensor INA219 (OUTPUT PANEL SURYA)
=====

// INA219 pakai I2C -> SDA=21, SCL=22 (default ESP32), alamat default 0x40

Adafruit_INA219 ina219;



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

```
bool ina219Ready = false;

Servo myservo;

int servoPosition = 90;

// ===== Status motor (untuk monitoring)
// =====

bool motor1Active = false;    // BTS7960 1 (konveyor) ON/OFF

String motor2State = "OFF";    // BTS7960 2 (baling-baling): OFF /
FORWARD / REVERSE

// ===== Timer pengiriman & monitoring
// =====

unsigned long lastSendTime = 0;

const unsigned long SEND_INTERVAL = 3000;    // kirim data sensor ke TX tiap
3 detik

unsigned long lastMonitorPrint = 0;

const unsigned long MONITOR_INTERVAL = 2000;    // cetak status lengkap ke
Serial tiap 2 detik

// ===== Monitoring kualitas link LoRa (TX -> RX)
// =====

long lastTxRSSI = 0;    // dBm, kekuatan sinyal paket perintah terakhir
dari TX

float lastTxSNR = 0;    // dB, signal-to-noise ratio paket perintah
terakhir dari TX

unsigned long lastTxPacketTime = 0;    // waktu (millis) paket perintah terakhir
diterima dari TX

unsigned long lastTxInterval = 0;    // jeda (ms) antar 2 paket TX yang diterima
berurutan -> indikasi "delay"/keteraturan link

// ===== Monitoring waktu kirim (RX -> TX)
// =====
```



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

```
unsigned long lastSendDurationMs = 0; // waktu yang dibutuhkan proses  
beginPacket()...endPacket()
```

```
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
  
    // ---- Setup BTS7960 1 ----  
    pinMode(RPWM1, OUTPUT);  
    pinMode(LPWM1, OUTPUT);  
    pinMode(REN1, OUTPUT);  
    pinMode(LLEN1, OUTPUT);  
    digitalWrite(RPWM1, LOW);  
    digitalWrite(LPWM1, LOW);  
    digitalWrite(REN1, LOW); // MULAI DENGAN DISABLE  
    digitalWrite(LLEN1, LOW); // MULAI DENGAN DISABLE  
  
    // ---- Setup BTS7960 2 ----  
    pinMode(RPWM2, OUTPUT);  
    pinMode(LPWM2, OUTPUT);  
    pinMode(REN2, OUTPUT);  
    pinMode(LLEN2, OUTPUT);  
    digitalWrite(RPWM2, LOW);  
    digitalWrite(LPWM2, LOW);  
    digitalWrite(REN2, LOW); // MULAI DENGAN DISABLE  
    digitalWrite(LLEN2, LOW); // MULAI DENGAN DISABLE  
  
    // ---- Setup Servo ----  
    ESP32PWM::allocateTimer(0);  
    myservo.setPeriodHertz(50);  
    myservo.attach(SERVO_PIN, 500, 2400);  
}
```



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

```
myservo.write(servoPosition);

// ---- Setup ADC untuk ACS712 & sensor tegangan ----
analogReadResolution(12);      // 0-4095
analogSetAttenuation(ADC_11db); // range hingga ~3.3V

// ---- Kalibrasi titik nol ACS712 (asumsi tidak ada arus saat boot) ----
calibrateACS712();

Serial.print("Faktor kalibrasi sensor tegangan aktif (dari kode) : ");
Serial.println(voltageCalibrationFactor, 4);
if (voltageCalibrationFactor == 1.0) {
    Serial.println("(Belum dikalibrasi. Ketik
CALV:<tegangan_aktual_hasil_multimeter> di Serial Monitor untuk menghitung
faktornya.)");
}

// ---- Setup I2C & INA219 ----
Wire.begin(21, 22); // SDA, SCL
if (ina219.begin()) {
    ina219Ready = true;
    Serial.println("INA219 terdeteksi & siap digunakan.");
} else {
    ina219Ready = false;

    Serial.println("PERINGATAN: INA219 tidak terdeteksi! Cek wiring I2C
(SDA=21, SCL=22).");
}

// ---- Setup LoRa ----
SPI.begin(18, 19, 23, 5);
```



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

```
LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);

if (!LoRa.begin(FREQUENCY)) {
    Serial.println("LoRa init failed!");
    while (1);
}

Serial.println("=====
=");
Serial.println("  LoRa Receiver (RX) Ready - 2x BTS7960 + Servo");
Serial.println("  + ACS712/Voltage Sensor (input sistem)");
Serial.println("  + INA219 (output panel surya)");
Serial.println("  + Monitoring RSSI/SNR/Delay");

Serial.println("=====
=");
Serial.println("Semua motor dalam keadaan DISABLE (REN/LEN = LOW)");
Serial.println("Gunakan perintah ON/OFF untuk mengaktifkan");
Serial.println("-----");
Serial.println("Kalibrasi via Serial Monitor:");
Serial.println("  CALV:<tegangan_aktual> -> kalibrasi sensor tegangan (ukur
dgn multimeter dulu)");
Serial.println("                                contoh: CALV:12.45");
Serial.println("  CALI                                -> kalibrasi ulang titik nol ACS712 (pastikan
arus = 0A)");

Serial.println("=====
=");
}

void loop() {
    // ---- Terima perintah dari TX ----
```



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

```
int packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
    String received = "";
    while (LoRa.available()) {
        received += (char)LoRa.read();
    }

    // ---- Ambil metrik kualitas sinyal paket perintah yang baru diterima ----
    lastTxRSSI = LoRa.packetRssi(); // dBm
    lastTxSNR = LoRa.packetSnr(); // dB

    unsigned long now = millis();
    lastTxInterval = (lastTxPacketTime == 0) ? 0 : (now - lastTxPacketTime);
    lastTxPacketTime = now;

    Serial.print("[RX] Received: ");
    Serial.print(received);
    Serial.print(" | RSSI: "); Serial.print(lastTxRSSI); Serial.print(" dBm");
    Serial.print(" | SNR: "); Serial.print(lastTxSNR, 2); Serial.print(" dB");
    Serial.print(" | Delay: "); Serial.print(lastTxInterval); Serial.println(" ms (jeda
dari perintah TX sebelumnya)");

    processCommand(received);
}

// ---- Kirim data sensor ke TX secara berkala ----
if (millis() - lastSendTime > SEND_INTERVAL) {
    lastSendTime = millis();
    sendSensorData();
}
```



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

```
// ---- Cetak status lengkap ke Serial Monitor secara berkala ----
if (millis() - lastMonitorPrint > MONITOR_INTERVAL) {
    lastMonitorPrint = millis();
    printFullStatus();
}

// ---- Perintah kalibrasi lewat Serial Monitor ----
if (Serial.available()) {
    String cmd = Serial.readStringUntil('\n');
    cmd.trim();

    if (cmd.startsWith("CALV:")) {
        float actualVoltage = cmd.substring(5).toFloat();
        calibrateVoltageSensor(actualVoltage);
    } else if (cmd == "CALI") {
        calibrateACS712();
    } else if (cmd.length() > 0) {
        Serial.println("[RX] Perintah tidak dikenal. Gunakan
        CALV:<tegangan_aktual> atau CALI.");
    }
}

// ===== Kalibrasi ACS712 =====

void calibrateACS712() {
    const int samples = 200;
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
        total += analogRead(ACS712_PIN);
    }
}
```



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

```
    delay(2);
}

float avgAdc = total / (float)samples;

acs712ZeroVoltage = avgAdc * (ADC_REF_VOLTAGE /
ADC_RESOLUTION);

Serial.print("Kalibrasi ACS712 selesai. Tegangan nol (0A) = ");

Serial.print(acs712ZeroVoltage, 3);

Serial.println(" V");

Serial.println("(Pastikan tidak ada arus mengalir saat kalibrasi ini
berlangsung)");
}

// ===== Pembacaan sensor input sistem
=====

float readSystemCurrent() {
    const int samples = 20;
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
        total += analogRead(ACS712_PIN);
    }
    float avgAdc = total / (float)samples;
    float voltage = avgAdc * (ADC_REF_VOLTAGE / ADC_RESOLUTION);
    float current = (voltage - acs712ZeroVoltage) / ACS712_SENSITIVITY;
    return current; // Ampere, bisa negatif jika arah arus terbalik
}

float readSystemVoltage() {
    const int samples = 20;
    long total = 0;
    for (int i = 0; i < samples; i++) {
```



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

```
total += analogRead(VOLTAGE_PIN);
}

float avgAdc = total / (float)samples;

float voltage = avgAdc * (ADC_REF_VOLTAGE / ADC_RESOLUTION) *
VOLTAGE_DIVIDER_RATIO * voltageCalibrationFactor;

return voltage; // Volt
}

// ===== Kalibrasi sensor tegangan (1 titik)
// =====

// Cara pakai:
// 1. Ukur tegangan aktual pada titik yang sama dengan sensor menggunakan
multimeter yang akurat.
// 2. Ketik "CALV:<tegangan_hasil_multimeter>" di Serial Monitor, contoh:
CALV:12.45
// 3. ESP32 menghitung faktor kalibrasi dan LANGSUNG menerapkannya untuk
sesi ini (di RAM).
// 4. Supaya permanen, SALIN nilai faktor yang dicetak ke baris
"voltageCalibrationFactor = ..."
// di bagian atas kode, lalu upload ulang. Tanpa langkah ini, faktor kembali ke
nilai
// di kode setiap ESP32 di-restart/reset.

void calibrateVoltageSensor(float actualVoltage) {
    if (actualVoltage <= 0) {
        Serial.println("[RX] Nilai kalibrasi tidak valid. Tegangan aktual harus > 0 V.");
        return;
    }

    // Ambil pembacaan mentah TANPA faktor kalibrasi lama, agar hasil kalibrasi
    dihitung dari dasar (raw ADC).

    const int samples = 50;
    long total = 0;
```



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

```
for (int i = 0; i < samples; i++) {  
    total += analogRead(VOLTAGE_PIN);  
    delay(5);  
}  
  
float avgAdc = total / (float)samples;  
  
float rawVoltage = avgAdc * (ADC_REF_VOLTAGE / ADC_RESOLUTION) *  
VOLTAGE_DIVIDER_RATIO; // tanpa faktor koreksi  
  
if (rawVoltage <= 0.01) {  
    Serial.println("[RX] Pembacaan sensor terlalu kecil (~0V). Pastikan sumber  
tegangan terhubung ke sensor, kalibrasi dibatalkan.");  
    return;  
}  
  
voltageCalibrationFactor = actualVoltage / rawVoltage;  
  
Serial.println("===== KALIBRASI SENSOR TEGANGAN (SESI INI)  
=====");  
  
Serial.print(" Tegangan aktual (multimeter) : "); Serial.print(actualVoltage, 2);  
Serial.println(" V");  
  
Serial.print(" Tegangan terbaca sebelum ini : "); Serial.print(rawVoltage, 2);  
Serial.println(" V");  
  
Serial.print(" Faktor kalibrasi : ");  
Serial.println(voltageCalibrationFactor, 4);  
  
Serial.println(" Faktor ini aktif untuk sesi berjalan sekarang.");  
  
Serial.println(" >> Supaya permanen: salin nilai di atas ke baris");  
  
Serial.println(" 'float voltageCalibrationFactor = ...;' di kode, lalu upload  
ulang.");  
  
Serial.println("=====");  
Serial.println("=====");  
}
```

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

```
// ===== Kirim data sensor + kualitas link via LoRa ke TX
=====
```

```
void sendSensorData() {
    float sysV = readSystemVoltage();
    float sysI = readSystemCurrent();
    float sysP = sysV * sysI;

    float pvV = 0, pvI = 0, pvP = 0;
    if (ina219Ready) {
        pvV = ina219.getBusVoltage_V();
        pvI = ina219.getCurrent_mA() / 1000.0; // mA -> A
        pvP = ina219.getPower_mW() / 1000.0; // mW -> W
    }

    // Format:
    "SYS:V=xx.xx,I=xx.xx,P=xx.xx|PV:V=xx.xx,I=xx.xx,P=xx.xx|LINK:RSSI=xx,SNR=xx.xx,DELAY=xx"

    // LINK = kualitas sinyal RX saat menerima perintah TERAKHIR dari TX (arah TX->RX),
    // supaya operator di sisi TX juga tahu seberapa bagus sinyal diterima RX.

    String payload = "SYS:V=" + String(sysV, 2) + ",I=" + String(sysI, 2) + ",P=" + String(sysP, 2)
        + "|PV:V=" + String(pvV, 2) + ",I=" + String(pvI, 2) + ",P=" + String(pvP, 2)
        + "|LINK:RSSI=" + String(lastTxRSSI) + ",SNR=" + String(lastTxSNR, 2) + ",DELAY=" + String(lastTxInterval);

    unsigned long tStart = micros();
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.print(payload);
    LoRa.endPacket();
}
```



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

```
unsigned long tEnd = micros();
lastSendDurationMs = (tEnd - tStart) / 1000.0;

Serial.print("[RX] Data sensor terkirim ke TX -> ");
Serial.print(payload);
Serial.print(" | Delay kirim: ");
Serial.print(lastSendDurationMs);
Serial.println(" ms");
}

// ===== Cetak status lengkap ke Serial Monitor
=====

void printFullStatus() {
    float sysV = readSystemVoltage();
    float sysI = readSystemCurrent();
    float sysP = sysV * sysI;

    Serial.println("===== STATUS RX
=====");
    Serial.println("-- Aktuator --");
    Serial.print(" Motor 1 (Konveyor) : "); Serial.println(motor1Active ? "ON" :
"OFF");
    Serial.print(" Motor 2 (Baling2) : "); Serial.println(motor2State);
    Serial.print(" Servo posisi : "); Serial.print(servoPosition); Serial.println("
derajat");

    Serial.println("-- Input Sistem (ACS712 + Sensor Tegangan) --");
    Serial.print(" Tegangan : "); Serial.print(sysV, 2); Serial.println(" V");
    Serial.print(" Arus : "); Serial.print(sysI, 2); Serial.println(" A");
    Serial.print(" Daya : "); Serial.print(sysP, 2); Serial.println(" W");
```



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

```
Serial.print(" Faktor kalibrasi tegangan (sesi ini) : ");
Serial.println(voltageCalibrationFactor, 4);

Serial.println("-- Output Panel Surya (INA219) --");

if (ina219Ready) {

    Serial.print(" Tegangan : "); Serial.print(ina219.getBusVoltage_V(), 2);
    Serial.println(" V");

    Serial.print(" Arus      : "); Serial.print(ina219.getCurrent_mA() / 1000.0, 3);
    Serial.println(" A");

    Serial.print(" Daya      : "); Serial.print(ina219.getPower_mW() / 1000.0, 2);
    Serial.println(" W");

} else {

    Serial.println(" INA219 tidak terdeteksi!");

}

Serial.println("-- Kualitas Link LoRa (TX -> RX, diukur di RX) --");
if (lastTxPacketTime > 0) {

    Serial.print(" RSSI (perintah TX terakhir) : "); Serial.print(lastTxRSSI);
    Serial.println(" dBm");

    Serial.print(" SNR (perintah TX terakhir) : "); Serial.print(lastTxSNR, 2);
    Serial.println(" dB");

    Serial.print(" Delay antar perintah TX : "); Serial.print(lastTxInterval);
    Serial.println(" ms");

    Serial.print(" Perintah TX terakhir diterima : ");

    Serial.print((millis() - lastTxPacketTime) / 1000.0, 1);

    Serial.println(" detik yang lalu");

} else {

    Serial.println(" Belum pernah menerima perintah dari TX");

}

Serial.print(" Delay kirim data sensor terakhir : ");
Serial.print(lastSendDurationMs); Serial.println(" ms");
```



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

```
Serial.println("=====
=====");

}

// ===== Proses perintah dari TX
=====

void processCommand(String command) {

    // ===== BTS7960 1 =====

    if (command == "A") {
        digitalWrite(REN1, HIGH);
        digitalWrite(LFN1, HIGH);
        analogWrite(RPWM1, 255);
        analogWrite(LPWM1, 0);
        motor1Active = true;
        Serial.println("BTS7960 1 ENABLED-ON");
    }
    else if (command == "a") {
        digitalWrite(REN1, LOW);
        digitalWrite(LFN1, LOW);
        analogWrite(RPWM1, 0);
        analogWrite(LPWM1, 0);
        motor1Active = false;
        Serial.println("BTS7960 1 DISABLED-OFF");
    }

    // ===== BTS7960 2 =====

    else if (command == "D") {
```



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

```
digitalWrite(REN2, HIGH);
digitalWrite(LEN2, HIGH);
analogWrite(RPWM2, 255);
analogWrite(LPWM2, 0);
motor2State = "FORWARD";
Serial.println("BTS7960 2 ENABLED-Forward");
}
else if (command == "d") {
    digitalWrite(REN2, LOW);
    digitalWrite(LEN2, LOW);
    analogWrite(RPWM2, 0);
    analogWrite(LPWM2, 0);
    motor2State = "OFF";
    Serial.println("BTS7960 2 DISABLED-OFF");
}
else if (command == "E") {
    digitalWrite(REN2, HIGH);
    digitalWrite(LEN2, HIGH);
    analogWrite(RPWM2, 0);
    analogWrite(LPWM2, 255);
    motor2State = "REVERSE";
    Serial.println("BTS7960 2 ENABLED-Reverse");
}
else if (command == "e") {
    digitalWrite(REN2, LOW);
    digitalWrite(LEN2, LOW);
    analogWrite(RPWM2, 0);
    analogWrite(LPWM2, 0);
    motor2State = "OFF";
```



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

```
Serial.println("BTS7960 2 DISABLED-OFF");
}

// ===== SERVO =====

else if (command == "B") {
    servoPosition = 45;
    myservo.write(servoPosition);
    Serial.println("Servo kanan 45°");
}
else if (command == "b") {
    servoPosition = 90;
    myservo.write(servoPosition);
    Serial.println("Servo kembali posisi semula");
}
else if (command == "C") {
    servoPosition = 135;
    myservo.write(servoPosition);
    Serial.println("Servo kiri 45°");
}
else if (command == "c") {
    servoPosition = 90;
    myservo.write(servoPosition);
    Serial.println("Servo kembali posisi semula");
}
}
```