



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Rancang Bangun sistem pengukur berat dan volumetrik paket ekspedisi berbasis ESP32 dengan metode kontrol sekuensial Finite State Machine (FSM) dan integrasi Internet of Things (IoT)

Sub Judul:

Perancangan Sistem Konveyor dan Metode Kontrol Sekuensial Finite State Machine (FSM) pada Alat Pengukur Berat dan Volumetrik Paket Ekspedisi

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

SKRIPSI

Defan Achmad Saptajanuar

2103431020

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



Rancang Bangun sistem pengukur berat dan volumetrik paket ekspedisi berbasis ESP32 dengan metode kontrol sekuensial Finite State Machine (FSM) dan integrasi Internet of Things (IoT)

Sub Judul:

Perancangan Sistem Konveyor dan Metode Kontrol Sekuensial Finite State Machine (FSM) pada Alat Pengukur Berat dan Volumetrik Paket Ekspedisi

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

Defan Achmad Saptajanuar

2103431020

PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL

INDUSTRI

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 PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Defan Achmad Saptajanuar

NIM : 2103431020

Tanda Tangan : 

Tanggal : 26 Juni 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Defan Achmad Saptajanuar
NIM : 2203431019
Program Studi : D4 - Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun sistem pengukur berat dan volumetrik paket ekspedisi berbasis ESP32 dengan metode kontrol sekuensial Finite State Machine (FSM) dan integrasi Internet of Things (IoT)

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Jumat, 26 Juni 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Iwa Sudradjat, S.T., M.T.
NIP 196106071986011002 ()

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro




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

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pengukur Berat dan Volumetrik Paket Ekspedisi Berbasis ESP32 dengan Metode Kontrol Sekuensial *Finite State Machine* (FSM) dan Integrasi *Internet of Things* (IoT)”

Penyusunan skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini membahas perancangan sistem pengukuran berat dan dimensi paket ekspedisi secara otomatis menggunakan metode kontrol sekuensial *Finite State Machine* (FSM), sistem conveyor, serta integrasi Internet of Things (IoT) untuk mendukung proses monitoring dan penyimpanan data.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini, akan sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Iwa Sudradjat, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan doa, dukungan moral, motivasi, serta bantuan material selama proses perkuliahan dan penyusunan Tugas Akhir;
3. Syifa Rizki Nathania selaku rekan satu tim penelitian yang telah bekerja sama dalam proses perancangan, pengujian, dan penyelesaian proyek Tugas Akhir ini;
4. Pakde Munir yang sangat membantu penulis selama proses perakitan alat;
5. Teman-teman Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini dapat

memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang sistem otomasi, kontrol industri, dan teknologi logistik.

Depok, 26 Juni 2026



Defan Achmad Saptajanuar



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

ABSTRAK

Perkembangan layanan logistik dan ekspedisi menuntut proses pengukuran berat dan dimensi paket yang cepat, akurat, dan terintegrasi secara digital. Namun, proses pengukuran yang masih dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan kesalahan pengukuran serta menurunkan efisiensi operasional. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem konveyor otomatis dengan metode kontrol sekuensial berbasis *Finite State Machine* (FSM) pada alat pengukur berat dan volumetrik paket berbasis ESP32. Sistem menggunakan sensor *infrared* untuk mendeteksi keberadaan paket, sensor *load cell* untuk mengukur berat aktual, serta lima sensor ultrasonik untuk mengukur dimensi paket. Metode FSM diterapkan untuk mengatur urutan kerja sistem melalui state *Idle*, *Transfer Paket*, *Pengukuran Dimensi dan Berat*, *Pengolahan dan Pengiriman Data*, serta *Release Paket*, sehingga proses pengukuran berlangsung secara otomatis dan terstruktur. Sistem juga terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) untuk pengiriman dan pemantauan data hasil pengukuran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa FSM mampu mengendalikan seluruh urutan kerja sistem tanpa kegagalan transisi *state* maupun kondisi *deadlock*. Sensor ultrasonik memperoleh akurasi rata-rata 98,99%, sedangkan sensor *load cell* mencapai 99,29%. Pengujian sistem secara keseluruhan menghasilkan *error* rata-rata 1,40% dengan akurasi 98,60%. Sistem yang dirancang mampu melakukan pengukuran berat dan volumetrik paket secara otomatis, akurat, dan efisien.

Kata Kunci: ESP32, Finite State Machine (FSM), Kontrol Sekuensial, Konveyor, Pengukuran Volumetrik Paket

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

The rapid growth of logistics and courier services has increased the demand for fast, accurate, and digitally integrated package measurement systems. However, manual measurement of package weight and dimensions may lead to measurement errors and reduce operational efficiency. This study aims to design and implement an automatic conveyor system using a Finite State Machine (FSM)-based sequential control method for an ESP32-based package weight and volumetric measurement system. The system employs infrared sensors to detect package presence, a load cell to measure the actual weight, and five ultrasonic sensors to measure package dimensions. The FSM method regulates the system workflow through the Idle, Package Transfer, Weight and Dimension Measurement, Data Processing and Transmission, and Package Release states, enabling the measurement process to operate automatically and systematically. The system is also integrated with the Internet of Things (IoT) for data transmission and monitoring. The experimental results show that the FSM successfully controlled the entire system without state transition failures or deadlock conditions. The ultrasonic sensors achieved an average accuracy of 98.99%, while the load cell achieved an average accuracy of 99.29%. Overall system testing produced an average error of 1.40% with an accuracy of 98.60%. The proposed system is capable of measuring package weight and volumetric weight automatically, accurately, and efficiently.

Keywords: *automatic conveyor, ESP32, Finite State Machine, package volumetric measurement, sequential control.*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	xi
2.1 State of The Art	3
2.2 Landasan Teori	7
2.2.1 Metode Kontrol dan Perancangan Sistem.....	7
2.2.2 Sektor Logistik.....	10
2.2.3 Perangkat Keras Sistem	12
2.2.4 Internet of Things	19
BAB 3. PERANCANGAN DAN REALISASI	20
3.1 Rancangan Alat.....	20
3.1.1 Deskripsi Alat	20
3.1.2 Cara Kerja Alat	21
3.1.3 Spesisikasi Alat	22
3.1.4 Spesifikasi Software.....	24
3.1.5 Diagram Blok Alat	25
3.1.6 State Machine Diagram.....	27
3.2 Realisasi Alat	29
3.2.1 Gambar Alat.....	29
BAB 4 PEMBAHASAN	30

4.1 Pengujian Kalibrasi Sensor Jarak	30
4.1.1 Deskripsi Pengujian	30



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.2 Prosedur Pengujian	30
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	31
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi	33
4.2 Pengujian Kalibrasi Sensor Berat	34
4.2.1 Deskripsi Pengujian	34
4.2.2 Prosedur Pengujian	34
4.2.3 Data Hasil Pengujian.....	35
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi	35
4.3 Pengujian Sistem Kontrol FSM (<i>Finite State Machine</i>).....	35
4.3.1 Deskripsi Pengujian	35
4.3.2 Prosedur Pengujian	36
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	36
4.3.4 Analisis Data / Evaluasi	37
4.4 Pengujian Alat dan Integrasi <i>IoT</i>	37
4.4.1 Deskripsi Pengujian	37
4.4.2 Prosedur Pengujian	37
4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	38
4.4.4 Analisis Data / Evaluasi	39
BAB 5 PENUTUP.....	40
5.1 Kesimpulan	40
DAFTAR PUSTAKA.....	
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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Finite State Machine	8
Gambar 2. 2 Mealy dan Moore Machine	9
Gambar 2. 3 ESP32 Devkit V1	13
Gambar 2. 4 Sensor Load Cell.....	14
Gambar 2. 5 Modul HX711	15
Gambar 2. 6 Sensor Ultrasonik.....	16
Gambar 2. 7 Sensor Infrared.....	16
Gambar 2. 8 Motor Servo	17
Gambar 2. 9 Push Button.....	17
Gambar 2. 10 LCD 16x2	18
Gambar 2. 11 Motor DC.....	19
Gambar 3. 1 Flowchart Sistem	23
Gambar 3. 2 Tampilan Software Arduino IDE.....	25
Gambar 3. 3 Blok Diagram Sistem.....	25
Gambar 3. 4 State Machine Diagram	28
Gambar 3. 5 Gambar Alat.....	29



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Mekanik Alat.....	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Fungsional Alat	24
Tabel 3.3 Spesifikasi Kelistrikan Alat	24
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik	33
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Sensor Load Cell	35
Tabel 4.3 Data Hasil Pengujian Metode FSM (Finite State Machine)	37
Tabel 4.4 Data Pengukuran Manual Paket Uji	39
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Alat Otomatis	40
Tabel 4.6 Data Error Sistem Pengukuran Alat	41

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia memiliki budaya perdagangan yang berubah dalam beberapa tahun terakhir, dari berbelanja langsung di toko fisik menjadi belanja daring melalui berbagai platform marketplace dan e-commerce. Perubahan ini berdampak langsung pada peningkatan aktivitas logistik, sehingga perusahaan ekspedisi dan kurir harus memproses semakin banyak paket setiap harinya. Badan Pusat Statistik (BPS, 2024) rata-rata satu perusahaan ekspedisi di wilayah Jawa - Bali menangani sekitar 198,3 ribu kiriman paket per tahun, sementara di Kalimantan rata-ratanya sekitar 59,5 ribu paket per tahun. Lebih dari separuh layanan pengiriman di Jawa - Bali tersebut (sekitar 53,79 persen) juga sudah dipesan melalui online, yang menandakan bahwa digitalisasi di sisi pemesanan jasa berjalan cukup cepat.

Berbagai kajian juga menunjukkan bahwa modernisasi untuk pengiriman paket kecil belum berlangsung secara seragam di seluruh layanan. Menurut Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD, 2021) small-package delivery services (SPDS) di Indonesia menyoroti bahwa sektor ini memang sedang mengalami “digital evolution” yang pesat seiring pertumbuhan e-commerce, tetapi masih menghadapi berbagai hambatan regulasi sehingga diperlukan pembaruan untuk meningkatkan efisiensi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa penerapan digitalisasi di SPDS sudah berjalan, namun praktik operasional di lapangan belum seluruhnya bertransformasi menjadi sistem yang serba otomatis dan terintegrasi.

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai sistem otomatis telah diterapkan untuk mendukung proses pengukuran dan penanganan paket. Salah satu teknologi yang digunakan adalah sistem konveyor yang berfungsi untuk memindahkan barang secara otomatis dalam suatu alur kerja yang terintegrasi. Dengan adanya sistem ini, proses pengukuran dapat dilakukan secara lebih efisien dibandingkan metode manual, sehingga mampu meningkatkan produktivitas dalam proses distribusi barang.

Namun, dalam implementasinya, sistem konveyor memerlukan suatu mekanisme kontrol yang mampu mengatur urutan kerja secara terstruktur agar setiap tahapan proses berjalan dengan baik. Tanpa adanya sistem kontrol yang tepat,



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

proses seperti pendeteksian objek, penghentian konveyor, serta pengambilan data pengukuran dapat mengalami ketidaksinkronan. Oleh karena itu, diperlukan metode kontrol sekuensial yang mampu mengatur alur kerja sistem secara sistematis. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Finite State Machine* (FSM), yang memungkinkan sistem bekerja berdasarkan kondisi dan *state* tertentu sehingga proses dapat berjalan secara terorganisir dan efisien. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem konveyor dengan metode kontrol sekuensial berbasis FSM pada alat pengukur berat dan volumetrik paket ekspedisi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem mekanik dan elektrik dua area/konveyor yang mampu mengatur aliran paket secara otomatis untuk proses pengukuran berat dan dimensi paket ekspedisi?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan metode kontrol sekuensial berbasis Finite State Machine (FSM) pada ESP32 untuk mengatur urutan kerja konveyor, sensor IR, load cell, sensor ultrasonik, dan motor servo secara terkoordinasi?
3. Bagaimana kinerja sistem yang dirancang berdasarkan ketepatan urutan kerja dan keakuratan hasil pengukuran berat serta dimensi paket dibandingkan dengan pengukuran manual?

1.3 Tujuan

1. Merancang sistem mekanik dan elektrik dua area/konveyor yang dapat mengalirkan paket secara otomatis ke posisi pengukuran berat dan dimensi.
2. Mengimplementasikan metode kontrol sekuensial berbasis Finite State Machine (FSM) pada ESP32 untuk mengendalikan konveyor, sensor, dan motor servo sesuai urutan kerja yang direncanakan.
3. Mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan ketepatan urutan kerja serta keakuratan hasil pengukuran berat dan dimensi paket dibandingkan dengan pengukuran manual.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

1.4 Luaran

Luaran yang diharapkan dari pembuatan penelitian untuk tugas akhir ini sebagai berikut:

- a. Laporan skripsi
- b. Publikasi Jurnal
- c. Purwarupa (prototipe) sistem konveyor yang dapat mengukur berat dan volumetrik serta mengirim data ke platform IoT.



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 5. PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem pengukuran volumetrik paket menggunakan metode *Finite State Machine* (FSM) dan integrasi *Internet of Things* (IoT) bisa direalisasikan dan bekerja sesuai dengan tujuan penelitian.

Sistem mampu melakukan pengukuran panjang, lebar, tinggi, berat aktual, serta menghitung berat volumetrik paket secara otomatis. Data hasil pengukuran juga berhasil dikirim, disimpan, dan ditampilkan pada dashboard monitoring secara real-time.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 98,99%, sedangkan sensor load cell memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 99,29%. Pada pengujian sistem secara keseluruhan, diperoleh rata-rata error sebesar 1,40% dengan tingkat akurasi sebesar 98,60%.

Metode *Finite State Machine* (FSM) mampu mengatur urutan kerja sistem mulai dari proses deteksi paket, pengukuran, pengolahan data, pengiriman data, hingga pelepasan paket dengan tingkat keberhasilan 100% tanpa ditemukan kegagalan transisi state selama pengujian.

Dengan demikian, sistem yang dirancang telah mampu melakukan pengukuran volumetrik paket secara otomatis dan mendukung proses monitoring berbasis IoT.

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

- Andisalma, A. E. (2024). Prototype alat validasi perhitungan otomatis pengukuran volume dan berat paket berbasis Internet of Things pada jasa ekspedisi (Tugas akhir, Politeknik Manufaktur Bandung).
- Badan Pusat Statistik. (2024). Statistik pergudangan, ekspedisi, dan kurir 2024. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- BJALogistic. (t.t.). Cara hitung volume barang untuk pengiriman cargo dan jasa ekspedisi. Diakses 20 Desember 2025, dari <https://bjalogistic.id/cara-hitung-volume-barang-untuk-pengiriman-cargo-dan-jasa-ekspedisi>
- Dicoding. (2020, 20 September). Apa itu database? Contoh produk dan fungsinya. Diakses dari <https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-database>
- Erdani, Y., Maulana, G., & Farhan, M. A. (2024). Rancang bangun IoT-based monitoring system pada multi conveyor untuk perpindahan benda. Indonesian Journal of Computer Science, 13(3), 4805–4813.
- Espressif Systems. (t.t.). ESP32 series datasheet. Diakses dari https://documentation.espressif.com/esp32_datasheet_en.html
- Gusman, M. R., Sukardi, M., Mukhaiyar, R., & Pulungan, A. B. (2023). Alat pengukur berat dan dimensi paket pengiriman barang berbasis NodeMCU ESP8266 menggunakan bot aplikasi Telegram. Jurnal Informatika dan Rekayasa Komputer.
- Jago Robotik. (2025, 5 Juni). Sensor ultrasonik HC-SR04: Pengertian, cara kerja, dan proyek. Diakses dari <https://jagorobotik.com/blog/2025/06/05/sensor-ultrasonik-hc-sr04-pengertian-cara-kerja-dan-proyek>
- Kushartadi, T., Laagu, M. A., & Asvial, M. (2023). Design and implementation of the smart weighing precision livestock monitoring technology based on the Internet of Things (IoT). International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology, 13(4), 1438–1446.
- Labrobotika. (2025, 21 Juli). Pengertian, fitur, dan tipe board ESP32. Diakses dari <https://labrobotika.com/2025/07/21/pengertianfiturtype-board-esp32>



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

Loadcellsensor. (2024). S-type load cell datasheet. Diakses dari <https://www.loadcellsensor.com/uploads/soft/20240101/1-240101204913210.pdf>

Mulya, R. R. (2016). Sistem otomatis penentuan harga berdasarkan berat dan volume barang pada jasa pengiriman (Tugas akhir).

OECD. (2021). OECD competitive neutrality reviews: Small-package delivery services in Indonesia. Paris: OECD Publishing. Diakses dari https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2021/12/oecd-competitive-neutrality-reviews-small-package-delivery-services-in-indonesia_48115941/24542e61-en.pdf

Pos Indonesia. (2023, 19 Desember). Bingung cara menghitung volume barang ekspedisi? Baca di sini. Diakses dari <https://www.posindonesia.co.id/id/blogs/bingung-cara-menghitung-volume-barang-ekspedisi-baca-di-sini>

Rinaldi, T. Q. (2025). Motor control system and material direction of belt conveyor on Dosimat Feeder based on IoT with ESP32 at PT Semen Padang. Journal of Industrial Automation and Electrical Engineering, 2(2), 203–211.

SAPX. (2025, 30 November). Cara hitung berat volume paket (volumetrik), ini rumusnya!. Diakses dari <https://www.sapx.id/blog/cara-hitung-volume-paket>

SparkFun Electronics. (t.t.). HC-SR04 ultrasonic ranging module datasheet. Diakses dari <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>

Syabani, M. N., & Pramudita, R. (2025). Design and development of a digital baby height and weight measuring device based on the Internet of Things at Posyandu Alamanda. Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications, 5(1), 1383–1386.

Asshiddiq, M., Yelfianhar, I., & Mirshad, E. (2024). IoT based digital weight scale in rice inventory for small and medium enterprises. Journal of Industrial Automation and Electrical Engineering, 1(1), 33–38.

Avia Semiconductor. (t.t.). HX711 24-bit analog-to-digital converter (ADC) for weigh scales (datasheet).



© 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

Diakses

dari

https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf

ESPBoards. (t.t.). SG90 micro servo motor – specifications and pinout. Diakses dari

<https://www.espboards.dev/sensors/sg90>

Yahya, F. H., & Sumanto, B. (2021). Alat ukur dimensi dan berat barang paket pengiriman barang. Universitas Gadjah Mada.



Hak Cipta :

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Defan Achmad Saptajanuar, lahir di Jakarta pada 7 Januari 2002. Penulis merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara. Pada tahun 2021, penulis melanjutkan pendidikan pada Program Studi D4 Teknik Elektro, Konsentrasi Instrumentasi dan Kontrol Industri, di Politeknik Negeri Bandung (sesuaikan dengan nama kampusmu). Selama menempuh pendidikan, penulis mengikuti berbagai kegiatan akademik serta mengerjakan beberapa proyek di bidang sistem kendali, Internet of Things (IoT), dan sistem embedded berbasis ESP32. Sebagai tugas akhir, penulis melakukan penelitian mengenai rancang bangun sistem pengukuran berat dan dimensi paket ekspedisi berbasis ESP32 dengan metode Finite State Machine (FSM). Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

```
#include <ESP32Servo.h>
#include <HX711.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <InfluxDbClient.h>
#include <InfluxDbCloud.h>

// =====
// KONFIGURASI WiFi/IoT

const char* WIFI_SSID = "rinjani";
const char* WIFI_PASSWORD = "nabungdulu";

const char* MQTT_BROKER = "187.127.181.69";
const int MQTT_PORT = 1883;

const char* MQTT_CLIENT_ID = "esp32_volumetrik_01";
const char* MQTT_USERNAME = "root";
const char* MQTT_PASSWORD = "Cumlaude2026.";
// InfluxDB
#define INFLUXDB_URL "187.127.181.69:8086"
#define INFLUXDB_TOKEN "b89nXsk0ASggAct14HPTdhqkgTPChtDaMQZFHBVPuwV_8v-FuM7KAkda-lzhGU6pFuSsdln4MG4uUaYYDPRz9A=="
#define INFLUXDB_ORG "Tugas Akhir Syifa"
#define INFLUXDB_BUCKET "Data IoT"

WiFiClient wifiClient;
PubSubClient mqttClient(wifiClient);
InfluxDBClient influxClient(INFLUXDB_URL, INFLUXDB_ORG, INFLUXDB_BUCKET,
INFLUXDB_TOKEN, InfluxDbCloud2CACert);

// =====
// PIN DEFINITIONS
// =====
// ULTRASONIK (5 sensor)
#define JUMLAH_SENSOR 5
int trigPin[JUMLAH_SENSOR] = {13, 14, 26, 33, 15};
int echoPin[JUMLAH_SENSOR] = {12, 27, 25, 32, 2};

// SENSOR IR (3 sensor) - aktif LOW
#define JUMLAH_IR 3
int irPin[JUMLAH_IR] = {4, 16, 17};

// MOTOR DC KONVEYOR
#define MOTOR1_PIN 22 // konveyor area1
#define MOTOR2_PIN 23 // konveyor area2

// SERVO PALANG (2 buah)
int servoPin1 = 5;
int servoPin2 = 18;

// HX711 (Load Cell)
#define LOADCELL_DOUT_PIN 21
#define LOADCELL_SCK_PIN 19

// LCD I2C
#define LCD_ADDRESS 0x27
#define LCD_COLUMNS 16
#define LCD_ROWS 2
```

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



© 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

```
// Tombol tidak dipasang
#define BUTTON_DARAT_LAUT 34
#define BUTTON_UDARA 35

// =====
// OBJEK GLOBAL
// =====
Servo servo1;
Servo servo2;
HX711 scale;
LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDRESS, LCD_COLUMNS, LCD_ROWS);

String lcdCurrentState = "...";

bool lcdPopupActive = false;

unsigned long lcdPopupStart = 0;

const unsigned long LCD_POPUP_TIME = 2000;

// =====
// PARAMETER KALIBRASI ULTRASONIK
// =====
const float SLOPE_US[JUMLAH_SENSOR] = {1.0703, 1.0666, 1.0650, 1.0734, 1.0722};
const float OFFSET_US[JUMLAH_SENSOR] = {-1.5144, -0.5925, -0.4667, -0.7769, -0.4868};

// =====
// PARAMETER HX711
// =====
float calibration_factor = -18.416365;

// =====
// KONSTANTA VOLUMETRIK
// =====
const float PANJANG_MAKSIMAL = 43.99;
const float LEBAR_MAKSIMAL = 49.28;
const float TINGGI_MAKSIMAL = 40.40;
const int DIVIDER_DARAT_LAUT = 4000;
const int DIVIDER_UDARA = 6000;

// =====
// FSM STATES
// =====
enum State {
    STATE_IDLE,
    STATE_CONVEYOR_ON, // kedua konveyor jalan
    STATE_WAIT_IR2, // konveyor1 stop, konveyor2 jalan, menunggu IR2
    STATE_WAIT_IR3, // konveyor2 stop, menunggu IR3
    STATE_MEASURE, // palang tutup, baca sensor, hitung, kirim
    STATE_EJECT // palang buka, konveyor2 jalan, tunggu 3 detik lalu reset
};
State currentState = STATE_IDLE;

// =====
// VARIABEL GLOBAL
// =====
String jalurPengiriman = "DARAT";
bool servoAktif = false; // status palang (tutup=true, buka=false)
float jarakUS[JUMLAH_SENSOR] = {0};
float panjang = 0, lebar = 0, tinggi = 0;
float volume = 0;
float berat = 0;
float beratVolumetrik = 0;
float beratFinal = 0;
```



© 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

```
// Flag IR dengan latch (tahan)
bool ir1_latched = false;
bool ir2_latched = false;
bool ir3_latched = false;

unsigned long ejectStartTime = 0; // untuk timer 3 detik saat eject

unsigned long ir2DetectTime = 0;
unsigned long ir3DetectTime = 0;

bool ir2TimerRunning = false;
bool ir3TimerRunning = false;

unsigned long lastIRSend = 0;

unsigned long lastDebugPrint = 0;

const unsigned long IR_SEND_INTERVAL = 1000;
const unsigned long DEBUG_PRINT_INTERVAL = 2000;

// =====
// SUPERVISORY CONTROL
// =====
bool systemEnabled = true;

// Status validasi data
String statusData = "VALID";

// =====
// MQTT CALLBACK
// =====
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {

    String message = "";

    for (int i = 0; i < length; i++) {
        message += (char)payload[i];
    }

    String topik = String(topic);

    Serial.print("MQTT CMD: ");
    Serial.print(topik);
    Serial.print(" -> ");
    Serial.println(message);

    // =====
    // SYSTEM ON/OFF
    // =====
    if (topik == "konveyor/control/system") {

        if (message == "ON") {

            systemEnabled = true;
            lcd.clear();
            lcd.print(lcdCurrentState);

            // Resume sesuai state terakhir
            switch(currentState)
            {
                case STATE_CONVEYOR_ON:
                    setConveyor(true, true);
                    break;
            }
        }
    }
}
```

**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

```

case STATE_WAIT_IR2:
    setConveyor(false, true);
    break;

case STATE_EJECT:
    setConveyor(false, true);
    break;

default:
    break;
}

Serial.println("SYSTEM ENABLED");
}

else if (message == "OFF") {

    systemEnabled = false;
    lcd.clear();
    lcd.print("PAUSE SISTEM");

    // hentikan conveyor
    setConveyor(false, false);

    Serial.println("SYSTEM DISABLED");
}

// =====
// RESET SYSTEM
// =====
else if (topik == "konveyor/control/reset") {

    // reset data monitoring
    panjang = 0;
    lebar = 0;
    tinggi = 0;
    volume = 0;

    berat = 0;
    beratVolumetrik = 0;
    beratFinal = 0;

    // reset latch IR
    ir1_latched = false;
    ir2_latched = false;
    ir3_latched = false;

    // reset state FSM
    currentState = STATE_IDLE;

    // matikan conveyor
    setConveyor(false, false);

    // buka palang
    setPalang(false);

    // reset status data
    statusData = "VALID";

    Serial.println("SYSTEM RESET");
}
else if (topik == "konveyor/control/jalur")

```



© 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

```
{
    jalurPengiriman = message;

    tampilPopup("JALUR:", jalurPengiriman);

    Serial.print("Jalur dipilih: ");
    Serial.println(jalurPengiriman);
}

// =====
// SETUP
// =====
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(1000);

    lcd.init();
    lcd.backlight();

    lcd.clear();
    lcd.print("...");

    // Pin mode
    for (int i=0; i<JUMLAH_SENSOR; i++) {
        pinMode(trigPin[i], OUTPUT);
        pinMode(echoPin[i], INPUT);
    }
    for (int i=0; i<JUMLAH_IR; i++) {
        pinMode(irPin[i], INPUT);
    }
    pinMode(MOTOR1_PIN, OUTPUT);
    pinMode(MOTOR2_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(MOTOR1_PIN, HIGH);
    digitalWrite(MOTOR2_PIN, HIGH);
    pinMode(BUTTON_DARAT_LAUT, INPUT_PULLUP);
    pinMode(BUTTON_UDARA, INPUT_PULLUP);
    setConveyor(false, false);

    servo1.attach(servoPin1);
    servo2.attach(servoPin2);
    servo1.write(0); // palang buka
    servo2.write(0);
    servoAktif = false;

    scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
    scale.set_gain(128);
    scale.set_scale(calibration_factor);
    scale.tare();

    // WiFi
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("WiFi...");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }
    Serial.println("\nWiFi Connected!");
    tampilPopup("WIFI AKTIF");
    delay(1000);
}
```



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

```
// MQTT
mqttClient.setServer(MQTT_BROKER, MQTT_PORT);
mqttClient.setCallback(callback);
influxClient.setWriteOptions(WriteOptions().writePrecision(WritePrecision::MS));
influxClient.setInsecure(true);

Serial.println("Sistem Siap. Mode: Darat/Laut");
lcd.clear();
lcd.print("Mode: DARAT/LAUT");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Siap");
delay(2000);
lcd.clear();
}

// =====
// FUNGSI BACA ULTRASONIK
// =====
float bacaUltrasonik(int trig, int echo, int idx) {
    digitalWrite(trig, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trig, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trig, LOW);
    long dur = pulseIn(echo, HIGH, 30000);
    float raw = dur * 0.034 / 2;
    float corr = (SLOPE_US[idx] * raw) + OFFSET_US[idx];
    if (corr < 0) corr = 0;
    if (corr > 400) corr = 400;
    return corr;
}

// =====
// BACA LOAD CELL
// =====
float bacaLoadCell(int samples=10) {
    float b = scale.get_units(samples);
    if (b < 0) b = 0;
    return b;
}

// =====
// HITUNG DIMENSI & VOLUME
// =====
void hitungDimensi() {
    panjang = PANJANG_MAKSIMAL - (jarakUS[0] + jarakUS[1]);
    if (panjang < 0) panjang = 0;
    lebar = LEBAR_MAKSIMAL - (jarakUS[2] + jarakUS[3]);
    if (lebar < 0) lebar = 0;
    tinggi = TINGGI_MAKSIMAL - jarakUS[4];
    if (tinggi < 0) tinggi = 0;
    volume = panjang * lebar * tinggi;
}

// =====
// HITUNG VOLUMETRIK
// =====
void hitungVolumetrik() {
    if (
        jalurPengiriman == "DARAT" ||
        jalurPengiriman == "LAUT"
    ) {
        beratVolumetrik =
```



© 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

```

    volume / DIVIDER_DARAT_LAUT;
}
else
{
    beratVolumetrik =
    volume / DIVIDER_UDARA;
}
}

// =====
// KIRIM MQTT (semua topik)
// =====

void kirimDataMQTT() {
    if (!mqttClient.connected()) return;
    char buf[20];
    dtostrf(panjang,6,2,buf); mqttClient.publish("konveyor/pengukuran/dimensi/panjang", buf);
    dtostrf(lebar,6,2,buf); mqttClient.publish("konveyor/pengukuran/dimensi/lebar", buf);
    dtostrf(tinggi,6,2,buf); mqttClient.publish("konveyor/pengukuran/dimensi/tinggi", buf);

    // Konversi gram ke kilogram
    float berat_kg = berat / 1000.0;
    dtostrf(berat_kg, 8, 3, buf);
    mqttClient.publish("konveyor/pengukuran/berat/aktual", buf);

    dtostrf(beratVolumetrik,8,2,buf); mqttClient.publish("konveyor/pengukuran/berat/volumetrik", buf);
    mqttClient.publish("konveyor/status/jalur", jalurPengiriman.c_str());
};
mqttClient.publish("konveyor/servo/status", servoAktif ? "TUTUP" : "BUKA");
const char* stateStr;
switch(currentState) {
    case STATE_IDLE: stateStr="IDLE"; break;
    case STATE_CONVEYOR_ON: stateStr="CONV_ON"; break;
    case STATE_WAIT_IR2: stateStr="WAIT_IR2"; break;
    case STATE_WAIT_IR3: stateStr="WAIT_IR3"; break;
    case STATE_MEASURE: stateStr="MEASURE"; break;
    case STATE_EJECT: stateStr="EJECT"; break;
    default: stateStr="UNKNOWN";
}
mqttClient.publish("konveyor/status/sistem", stateStr);
mqttClient.publish("konveyor/status/control", systemEnabled ? "ON" : "OFF");
mqttClient.publish("konveyor/status/data", statusData.c_str());
Serial.println("MQTT data sent");
}

// =====
// KIRIM STATUS IR (periodik)
// =====

void kirimStatusIR() {
    if (!mqttClient.connected()) return;
    mqttClient.publish("konveyor/posisi/ir/area1", ir1_latched ? "1" : "0");
    mqttClient.publish("konveyor/posisi/ir/tengah", ir2_latched ? "1" : "0");
    mqttClient.publish("konveyor/posisi/ir/area2", ir3_latched ? "1" : "0");
    Serial.print("IR MQTT: ");
    Serial.print(ir1_latched); Serial.print(" ");
    Serial.print(ir2_latched); Serial.print(" ");
    Serial.println(ir3_latched);
}

// =====
// KIRIM INFLUXDB
// =====

void kirimDataInfluxDB() {
    Point p("pengukuran_paket");
    p.addTag("device", "ESP32_Volumetrik_01");

```



© 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

```
p.addTag("jalur", jalurPengiriman);
p.addTag("status_data", statusData);
p.addField("panjang_cm", panjang);
p.addField("lebar_cm", lebar);
p.addField("tinggi_cm", tinggi);
p.addField("volume_cm3", volume);
p.addField("berat_aktual_kg", berat / 1000.0); // gram → kg
p.addField("berat_volumetrik_gram", beratVolumetrik);
p.addField("berat_final_gram", beratFinal);
if (!influxClient.writePoint(p)) {
    Serial.print("InfluxDB error: ");
    Serial.println(influxClient.getLastErrorMessage());
} else Serial.println("InfluxDB OK");
}
```

```
// =====
// CEK DAN UPDATE IR LATCH
// =====
```

```
void updateIRLatch()
{
    bool fisikIR1 = (digitalRead(irPin[0]) == LOW);
    bool fisikIR2 = (digitalRead(irPin[1]) == LOW);
    bool fisikIR3 = (digitalRead(irPin[2]) == LOW);
```

```
// IR1 hanya boleh memulai urutan
```

```
if (fisikIR1 &&
    !ir1_latched &&
    !ir2_latched &&
    !ir3_latched)
{
    ir1_latched = true;
}
```

```
// IR2 hanya boleh setelah IR1
```

```
if (fisikIR2 && ir1_latched)
{
    ir1_latched = false;
    ir2_latched = true;
}
```

```
// IR3 hanya boleh setelah IR2
```

```
if (fisikIR3 && ir2_latched)
{
    ir2_latched = false;
    ir3_latched = true;
}
}
```

```
// =====
// KONTROL MOTOR KONVEYOR
// =====
```

```
void setConveyor(bool motor1, bool motor2) {
    digitalWrite(MOTOR1_PIN, motor1 ? LOW : HIGH);
    digitalWrite(MOTOR2_PIN, motor2 ? LOW : HIGH);
}
```

```
// =====
// SERVO PALANG (0=buka, 90=tutup)
// =====
```

```
void setPalang(bool tutup)
{
    if (tutup)
```



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

```

{
  for (int pos = 0; pos <= 90; pos++)
  {
    servo1.write(90 - pos);
    servo2.write(pos);

    delay(10);
  }

  servoAktif = true;
}
else
{
  for (int pos = 90; pos >= 0; pos--)
  {
    servo1.write(90 - pos);
    servo2.write(pos);

    delay(10);
  }

  servoAktif = false;
}
}

// =====
// LCD STATUS MANAGER
// =====

void tampilStatus(String status)
{
  if (lcdPopupActive) return;

  if (lcdCurrentState == status)
    return;

  lcdCurrentState = status;

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(status);
}

void tampilPopup(String line1, String line2 = "")
{
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print(line1);

  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(line2);

  lcdPopupActive = true;
  lcdPopupStart = millis();
}

void updateLCDPopup()
{
  if (lcdPopupActive)
  {
    if (millis() - lcdPopupStart >= LCD_POPUP_TIME)
    {
      lcdPopupActive = 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

```

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print(lcdCurrentState);
  }
}

// =====
// LOOP UTAMA FSM
// =====

void loop() {
  if (!systemEnabled)
  {
    mqttClient.loop();

    delay(50);

    return;
  }
  // Update latch IR berdasarkan pembacaan fisik
  updateIRLatch();

  // Kirim status IR via MQTT periodik
  if (millis() - lastIRSend >= IR_SEND_INTERVAL) {
    kirimStatusIR();
    lastIRSend = millis();
  }

  // Debug print periodik
  if (millis() - lastDebugPrint >= DEBUG_PRINT_INTERVAL) {
    Serial.print("State: ");
    switch(currentState) {
      case STATE_IDLE: Serial.print("IDLE"); break;
      case STATE_CONVEYOR_ON: Serial.print("CONV_ON"); break;
      case STATE_WAIT_IR2: Serial.print("WAIT_IR2"); break;
      case STATE_WAIT_IR3: Serial.print("WAIT_IR3"); break;
      case STATE_MEASURE: Serial.print("MEASURE"); break;
      case STATE_EJECT: Serial.print("EJECT"); break;
    }
    Serial.print(" | IR latch: ");
    Serial.print(ir1_latched); Serial.print(ir2_latched); Serial.println(ir3_latched);
    lastDebugPrint = millis();
  }

  // FSM hanya berjalan jika sistem aktif
  if(systemEnabled) {
    switch (currentState) {
      case STATE_IDLE:
        tampilStatus("IDLE");
        // Jika IR1 latched true (barang terdeteksi di area1), nyalakan kedua konveyor
        if (ir1_latched) {
          currentState = STATE_CONVEYOR_ON;
          setConveyor(true, true);
          Serial.println("FSM: IDLE -> CONVEYOR_ON, kedua konveyor jalan");
        }
        break;

      case STATE_CONVEYOR_ON:
        tampilStatus("TRANSFER PAKET");

        if (ir2_latched)
        {
          if (!ir2TimerRunning)

```



© 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

```
{
    ir2DetectTime = millis();
    ir2TimerRunning = true;

    Serial.println("IR2 detected, waiting 1 second...");
}

if (millis() - ir2DetectTime >= 1010)
{
    setConveyor(false, true);

    currentState = STATE_WAIT_IR2;

    ir2TimerRunning = false;

    Serial.println("FSM: CONVEYOR_ON -> WAIT_IR2");
}
}
else
{
    ir2TimerRunning = false;
}

break;

case STATE_WAIT_IR2:
    tampilStatus("TRANSFER PAKET");

    if (ir3_latched)
    {
        if (!ir3TimerRunning)
        {
            ir3DetectTime = millis();
            ir3TimerRunning = true;

            Serial.println("IR3 detected, waiting 1 second...");
        }

        if (millis() - ir3DetectTime >= 3)
        {
            setConveyor(false, false);

            currentState = STATE_WAIT_IR3;

            ir3TimerRunning = false;

            Serial.println("FSM: WAIT_IR2 -> WAIT_IR3");
        }
    }
    else
    {
        ir3TimerRunning = false;
    }

    break;

case STATE_WAIT_IR3:
    tampilStatus("MENGAMBIL DATA...");
    // Barang sudah di area pengukuran (IR3 latch true). Mulai proses ukur
    // Tutup palang
    setPalang(true);

    delay(2000);
```



© 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

```
// Baca sensor US dan load cell
for (int i=0; i<JUMLAH_SENSOR; i++) {
    jarakUS[i] = bacaUltrasonik(trigPin[i], echoPin[i], i);
    delay(50);
}
berat = bacaLoadCell(10);
hitungDimensi();
hitungVolumetrik();

// =====
// DEBUG SENSOR ULTRASONIK
// =====
Serial.println("\n===== HASIL PENGUKURAN =====");

Serial.print("US1 (Panjang Kiri) : ");
Serial.print(jarakUS[0]);
Serial.println(" cm");

Serial.print("US2 (Panjang Kanan) : ");
Serial.print(jarakUS[1]);
Serial.println(" cm");

Serial.print("US3 (Lebar Kiri) : ");
Serial.print(jarakUS[2]);
Serial.println(" cm");

Serial.print("US4 (Lebar Kanan) : ");
Serial.print(jarakUS[3]);
Serial.println(" cm");

Serial.print("US5 (Tinggi Atas) : ");
Serial.print(jarakUS[4]);
Serial.println(" cm");

Serial.println("-----");

Serial.print("Panjang : ");
Serial.print(panjang);
Serial.println(" cm");

Serial.print("Lebar : ");
Serial.print(lebar);
Serial.println(" cm");

Serial.print("Tinggi : ");
Serial.print(tinggi);
Serial.println(" cm");

Serial.print("Volume : ");
Serial.print(volume);
Serial.println(" cm3");

Serial.print("Berat : ");
Serial.print(berat);
Serial.println(" gram");

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

// =====
// VALIDASI DATA
// =====
if (
    panjang <= 0 || panjang > 35 ||
    lebar <= 0 || lebar > 35 ||
```



© 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

```

tinggi < 0 || tinggi > 35 ||
berat <= 0 || berat > 10000
) {

    statusData = "ERROR";
}
else {

    statusData = "VALID";
}

// Kirim data
 kirimDataMQTT();
 mqttClient.publish("konveyor/status/jalur", jalurPengiriman.c_str());
 kirimDataInfluxDB();
 // Pindah ke state EJECT
 currentState = STATE_MEASURE;
 Serial.println("FSM: WAIT_IR3 -> MEASURE, data terkirim");
 break;

case STATE_MEASURE:
 // Setelah pengiriman, buka palang dan mulai eject
 setPalang(false);
 // Nyalakan konveyor2 untuk mengeluarkan barang
 setConveyor(false, true);
 ejectStartTime = millis(); // mulai timer 3 detik
 currentState = STATE_EJECT;
 Serial.println("FSM: MEASURE -> EJECT, konveyor2 jalan, timer start");
 break;

case STATE_EJECT:
 // Tunggu 3 detik setelah konveyor2 berjalan, lalu reset IR3 latch dan kembali ke IDLE
 if (millis() - ejectStartTime >= 5000) {
 // Reset IR3 latch (karena barang sudah keluar)
 ir3_latched = false;
 // Matikan konveyor2
 setConveyor(false, false);
 // Reset juga IR1 dan IR2? Tidak perlu, karena secara logika IR1 dan IR2 sudah 0
 // Tapi pastikan IR1 dan IR2 latch juga 0 (karena barang sudah lewat)
 ir1_latched = false;
 ir2_latched = false;
 currentState = STATE_IDLE;
 Serial.println("FSM: EJECT -> IDLE, semua konveyor mati, siap paket baru");
 }
 break;
}

// Update LCD periodik
if (millis() - lastLCDUpdate >= LCD_UPDATE_INTERVAL) {
    updateLCD();
    lastLCDUpdate = millis();
}

// MQTT reconnect
if (!mqttClient.connected()) {
    if (mqttClient.connect(
        MQTT_CLIENT_ID,
        MQTT_USERNAME,
        MQTT_PASSWORD))
    {
        Serial.println("MQTT connected");

        mqttClient.subscribe("konveyor/control/system");
        mqttClient.subscribe("konveyor/control/reset");
    }
}

```



```
mqttClient.subscribe("konveyor/control/jalur");
}
else
{
  Serial.print("MQTT failed, rc=");
  Serial.println(mqttClient.state());
}
}
mqttClient.loop();

delay(50); // sedikit delay untuk stabilitas
}
```

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

