



© 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 DAN ANALISIS KINERJA JARINGAN LORAWAN
PADA SISTEM MONITORING BUDIDAYA MAGGOT**

SKRIPSI

Fadli Ahmad Fauzi
2203421037
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

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 DAN ANALISIS KINERJA JARINGAN LORAWAN
PADA SISTEM MONITORING BUDIDAYA MAGGOT**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Fadli Ahmad Fauzi

2203421037

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : **Fadli Ahmad Fauzi**

NIM : **2203421037**

Tanda Tangan : 

Tanggal : **17 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Fadli Ahmad Fauzi
NIM : 2203421037
Program Studi : Broadband Multimedia
Judul Skripsi : Rancang Bangun Dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN Pada Sistem Monitoring Budidaya Maggot

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Kamis, 2 Juli 2026 Tahun dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Mera Kartika D., S.Si., M.T., Ph.D
NIP. 197904282005012002

(*Mera Kartika D.*)

Pembimbing II : Vivian Frendiana, S.ST., M.T.
NIP 199001152019032011

(*Vivian Frendiana*)

Depok, 16 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



(*Dr. Murie Dwiyanti*)

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

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

Skripsi ini membahas mengenai “*Rancang Bangun Dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN Pada Sistem Monitoring Budidaya Maggot*” yang dibangun untuk membantu proses budidaya di Maggot Center Beji Timur. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Mera Kartika D., S.Si., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Ibu Viving Frendiana, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
3. Pihak budidaya Maggot Center Beji Timur yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
4. Orang tua penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Ai Syifa Maharani yang telah menjadi *partner* dalam menjalani perkuliahan sampai dengan pengerjaan Skripsi.

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

Depok, 26 Juni 2026

Fadli Ahmad Fauzi



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 Dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN Pada Sistem Monitoring Budidaya Maggot

Abstrak

Budidaya maggot Black Soldier Fly memerlukan pemantauan kondisi lingkungan dan kepadatan koloni secara berkelanjutan, sedangkan pemantauan manual masih bersifat subjektif dan kurang efisien. Penelitian ini merancang dan membangun sistem monitoring berbasis Internet of Things dan Wireless Sensor Network menggunakan LoRaWAN, ChirpStack pada AWS EC2, protokol MQTT, backend Laravel, serta aplikasi monitoring berbasis website. Sistem memantau suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kepadatan maggot melalui ESP32-CAM dengan kombinasi YOLO dan pengolahan citra HSV. Kinerja jaringan diuji pada jalur gateway-ChirpStack dan ChirpStack-aplikasi dalam kondisi baseline, beban iPerf 50%, dan iPerf 100%, masing-masing sebanyak sepuluh pengulangan. Hasil pengujian menunjukkan delay maksimum 20,3 ms pada jalur gateway-ChirpStack dan di bawah 0,1 ms pada jalur MQTT, dengan packet loss 0% pada seluruh kondisi sehingga memenuhi ITU-T Y.1541 Kelas 4. Deteksi kepadatan mencapai akurasi, precision, recall, dan F1-score sebesar 90%. Pengujian blackbox menghasilkan keberhasilan 100% pada 12 skenario, sedangkan GTmetrix memperoleh skor performa 84,3–85,7% dengan Grade A. Sistem dinilai andal, responsif, dan layak digunakan untuk monitoring budidaya maggot.

Kata kunci: *ChirpStack, ESP32-CAM, LoRaWAN, MQTT, Website Monitoring, YOLO*



Design and Performance Analysis of LoRaWAN Network for a Maggot Cultivation Monitoring System

Abstract

Black Soldier Fly maggot cultivation requires continuous monitoring of environmental conditions and colony density, while manual observation remains subjective and inefficient. This study designed and implemented an Internet of Things and Wireless Sensor Network monitoring system using LoRaWAN, ChirpStack deployed on AWS EC2, MQTT, a Laravel backend, and a web-based monitoring application. The system monitors temperature, humidity, light intensity, and maggot density using an ESP32-CAM with a combination of YOLO and HSV-based image processing. Network performance was evaluated on the gateway–ChirpStack and ChirpStack–application paths under baseline, 50% iPerf load, and 100% iPerf load conditions, with ten repetitions for each condition. The results showed a maximum delay of 20.3 ms on the gateway–ChirpStack path and below 0.1 ms on the MQTT path, with 0% packet loss under all conditions, thereby satisfying ITU-T Y.1541 Class 4. Density detection achieved 90% accuracy, precision, recall, and F1-score. Black-box testing achieved a 100% success rate across 12 scenarios, while GTmetrix testing produced performance scores of 84.3–85.7% with Grade A. The developed system is reliable, responsive, and suitable for maggot cultivation monitoring.

Key words: ChirpStack, ESP32-CAM, LoRaWAN, MQTT, Website Monitoring, YOLO

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Luaran	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Wireless Sensor Network (WSN)	6
2.1.1 Topologi Jaringan WSN	6
2.1.2 Standar Komunikasi WSN	7
2.2 Internet of Things (IoT)	8
2.2.1 Arsitektur IoT	9
2.3 LoRaWAN	10
2.3.1 Arsitektur LoRaWAN	11
2.4 Protokol Komunikasi TCP/IP	15
2.5 Protokol Komunikasi MQTT	16
2.6 Standar ITU-T Y.1541	18
2.7 Maggot Black Soldier Fly	19
2.8 Image Processing	20
2.8.1 Akuisisi Citra	20
2.8.2 Preprocessing	21
2.8.3 Segmentasi Citra	22
2.8.4 Operasi Morfologi	23
2.8.5 Ekstraksi Fitur	23
2.9 YOLO	24
2.9.1 Arsitektur YOLO	24
2.10 Website	26



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

2.10.1 Jenis-Jenis Website	26
2.10.2 Arsitektur Website.....	27
2.10.3 Laravel.....	27
2.10.4 REST API.....	28
2.10.5 Database	29
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	30
3.1 Rancangan Skripsi.....	30
3.1.1 Perancangan Sistem.....	30
3.1.1.1 Deskripsi Sistem.....	30
3.1.1.2 Cara Kerja Sistem.....	31
3.1.1.3 Diagram Blok	33
3.1.1.4 Spesifikasi Sistem	34
3.1.2 Perancangan Perangkat Keras	37
3.1.2.1 Node Sensor	37
3.1.2.2 Gateway.....	37
3.1.2.3 ESP32-CAM	38
3.1.3 Perancangan Perangkat Lunak	39
3.1.3.1 Network Server (Chirpstack)	40
3.1.3.2 Aplikasi Monitoring	45
3.1.4 Perancangan Jaringan dan Komunikasi Data	50
3.1.4.1 Arsitektur Jaringan	50
3.1.5 Perancangan Representasi Kepadatan Maggot	51
3.2 Realisasi Skripsi	53
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras	54
3.2.2 Realisasi Gateway	54
3.2.3 Realisasi ESP32-CAM	55
3.2.4 Realisasi Perangkat Lunak	57
BAB IV PEMBAHASAN.....	62
4.1 Pengujian Performa Jaringan	62
4.1.1 Deskripsi Pengujian.....	62
4.1.2 Prosedur Pengujian.....	63
4.1.3 Data Hasil Pengujian.....	65
4.1.4 Analisis Data	69
4.2 Pengujian Akurasi Deteksi Kepadatan	72
4.2.1 Deskripsi Pengujian.....	72
4.2.2 Prosedur Pengujian.....	72
4.2.3 Data Hasil Pengujian.....	73
4.2.4 Analisis Data	74
4.3 Pengujian Aplikasi Website Monitoring	74
4.3.1 Deskripsi Pengujian.....	74



Hak Cipta :

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

4.3.2 Prosedur Pengujian.....	75
4.3.3 Data Hasil Pengujian.....	75
4.3.4 Analisis Data	79
BAB V PENUTUP	78
5.1 Kesimpulan.....	78
5.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur Pemantauan Lingkungan dengan WSN.....	6
Gambar 2.2	Layer Komunikasi	8
Gambar 2.3	Arsitektur LoRaWAN	11
Gambar 2.4	Dashboard ChirpStack.....	13
Gambar 2.5	Three Way Handshake	16
Gambar 2.6	Arsitektur Publish-Subscribe MQTT	17
Gambar 2.7	Arsitektur YOLOv11.....	25
Gambar 2.8	REST API Model	29
Gambar 3.1	Arsitektur Sistem.....	30
Gambar 3.2	Flowchart Cara Kerja Sistem	32
Gambar 3.3	Diagram Blok Sistem	33
Gambar 3.4	Flowchart Cara Kerja ESP32-CAM.....	39
Gambar 3.5	Pendaftaran Gateway SenseCAP M2 pada Chirpstack	40
Gambar 3.6	Pembuatan Device Profile pada Chirpstack	41
Gambar 3.7	Pembuatan Application pada Chirpstack	41
Gambar 3.8	Registrasi Device pada Chirpstack.....	42
Gambar 3.9	Konfigurasi Payload Codec pada Chirpstack	42
Gambar 3.10	Source Code Fungsi Codec	45
Gambar 3.11	Use Case Diagram Aplikasi Monitoring	46
Gambar 3.12	Flowchart Cara Kerja Aplikasi Monitoring.....	47
Gambar 3.13	Entity Relationship Diagram (ERD) Database.....	48
Gambar 3.14	Mockup Halaman Monitoring Kolam	49
Gambar 3.15	Mockup Halaman Monitoring Sistem	50
Gambar 3.16	Mockup Halaman Tentang Sistem	50
Gambar 3.17	Arsitektur Jaringan Berbasis LoRa.....	51
Gambar 3.18	Arsitektur Jaringan Berbasis IP.....	51
Gambar 3.19	Flowchart Alur Pengolahan Gambar.....	52
Gambar 3.20	Menu Gateway pada Chirpstack.....	55
Gambar 3.21	Dashboard Status Gateway Online.....	55
Gambar 3.22	Realisasi Penempatan ESP32-CAM.....	56
Gambar 3.23	Data Gambar Tersimpan pada Tabel captures	57
Gambar 3.24	Data Uplink pada Device node-lora-1	57
Gambar 3.25	Detail Paket Uplink dan Hasil Decoding Payload.....	58
Gambar 3.26	Realisasi Halaman Monitoring Kolam Halaman.....	59
Gambar 3.27	Realisasi Halaman Monitoring Sistem	59
Gambar 3.28	Realisasi Halaman Tentang Sistem	60
Gambar 3.29	Data Sensor Tersimpan pada Tabel sensor_data	60
Gambar 4.1	Topologi Pengujian Pembebanan Trafik Menggunakan iPerf	63

Hak Cipta :

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



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Objektif Kinerja Jaringan menurut ITU-T Y.1541	19
Tabel 3. 1 Spesifikasi Hardware	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Software.....	36
Tabel 3.3 Konfigurasi Gateway	38
Tabel 4. 1 Rata-Rata Nilai Kinerja Jaringan Gateway Menuju Chirpstack	65
Tabel 4.2 Standar Deviasi Nilai Kinerja Jaringan Gateway Menuju Chirpstack	65
Tabel 4. 3 Rata-Rata Nilai Kinerja Jaringan Chirpstack Menuju Aplikasi	65
Tabel 4.4 Standar Deviasi Nilai Kinerja Jaringan Chirpstack Menuju Aplikasi.....	65
Tabel 4. 5 Confusion Matrix Hasil Pengujian.....	70
Tabel 4. 6 Matrik Evaluasi Hasil Pengujian.....	70
Tabel 4.7 Hasil Blackbox Testing.....	72
Tabel 4. 8 Hasil Efficiency Testing per Halaman	75
Tabel 4. 9 Hasil Efficiency Testing.....	75

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

- L-1 *Source Code* Program Deteksi Kepadatan
- L-2 *Source Code* Program Halaman Monitoring Kolam
- L-3 *Source Code* Program Halaman Monitoring Sistem
- L-4 *Source Code* Program Halaman Tentang Sistem
- L-5 *Source Code* Program *Subscribe* MQTT
- L-6 Data Mentah Pengujian Kinerja Jaringan





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

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) yang dikombinasikan dengan *Wireless Sensor Network* (WSN) memungkinkan implementasi sistem monitoring secara *real time* pada berbagai bidang, termasuk lingkungan, agrikultur, dan industri. Teknologi IoT merupakan konsep yang menghubungkan banyak perangkat ke dalam jaringan internet sehingga memungkinkan pertukaran data dan kontrol jarak jauh (Isnawaty et al., 2022). Salah satu bagian dari IoT adalah WSN, WSN merupakan sistem yang terdiri dari beberapa *node* sensor yang saling terhubung secara nirkabel untuk memantau kondisi lingkungan tertentu seperti suhu, kelembaban, tekanan, dan parameter lainnya (Prasetia & Widiyastuti, 2025). Data yang didapat dari *node* sensor akan dikirimkan ke *gateway* dan diteruskan ke server melalui jaringan internet, sehingga keandalan dan kualitas informasi yang dihasilkan bergantung pada kualitas jaringan komunikasi yang digunakan.

Dalam implementasi sistem IoT berbasis WSN, proses komunikasi terbagi menjadi dua bagian utama, yaitu komunikasi antara *node* sensor dan *gateway*, serta komunikasi antara *gateway* dan server melalui jaringan internet. Transmisi data dari *node* sensor ke *gateway* biasanya menggunakan teknologi *Long Range* (LoRa) yang terkenal dengan kemampuan komunikasi *wireless* jarak jauh dan hemat daya. Sedangkan transmisi data dari *gateway* ke server menggunakan jaringan berbasis IP seperti Wifi atau internet, yang memiliki karakteristik berbeda dengan LoRa. Perbedaan karakteristik ini menunjukkan bahwa kinerja sistem tidak hanya bergantung pada kualitas *node* sensor, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas komunikasi pada bagian *gateway* ke server yang rentan terhadap variasi kondisi jaringan.

Kualitas layanan jaringan atau *Quality of Service* (QoS) merupakan salah satu parameter penting dalam komunikasi data, khususnya untuk jaringan berbasis IP yang digunakan dalam proses pengiriman data dari *gateway* ke server (Nuryani et al., 2024). Parameter QoS seperti *delay*, *packet*



© 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

loss, throughput, jitter digunakan untuk mengukur performa jaringan dalam mengirim data. Kualitas jaringan internet yang baik akan berpengaruh terhadap kecepatan akses, kestabilan koneksi, serta kemampuan sistem dalam mengirimkan dan menerima data secara *real time* (Sanjaya et al., 2025). Pada sistem IoT berbasis WSN, nilai QoS yang buruk dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman data, kehilangan data, dan ketidakstabilan data yang diterima pada aplikasi monitoring. Meskipun *delay* pada sistem monitoring tidak seketat pada aplikasi *real time* lain seperti VoIP, namun variasi *delay* dan ketidakstabilan jaringan tetap dapat mempengaruhi keandalan data yang diterima sehingga bisa berdampak pada pengambilan keputusan. Oleh karena itu, analisis QoS menjadi penting pada sistem monitoring yang membutuhkan data secara terus menerus seperti pada sistem monitoring budidaya maggot.

Budidaya maggot *Black Soldier Fly* (BSF) merupakan salah satu solusi dalam pengelolaan sampah organik sekaligus sebagai sumber protein alternatif (Febrian et al., 2024). Dalam proses budidayanya, kondisi lingkungan menjadi faktor penting demi keberlangsungan hidup koloni maggot. Oleh karena itu, pemantauan kondisi budidaya seperti suhu, kelembaban, intensitas cahaya, serta tingkat kepadatan koloni menjadi faktor yang menentukan kualitas dan keberhasilan budidaya. Namun, dalam praktik oleh pelaku usaha Maggot Center Beji Timur masih melakukan pemantauan secara manual yang memiliki keterbatasan karena memerlukan waktu yang relatif lama dan bersifat subjektif, sehingga menyulitkan evaluasi kondisi budidaya secara berkelanjutan (Hansen et al., 2022). Seiring dengan meningkatnya skala budidaya, maka metode pemantauan manual sudah tidak lagi relevan dilakukan dan memerlukan sistem monitoring yang mampu memberikan data lebih cepat dan akurat.

Selain parameter lingkungan, kondisi kepadatan maggot juga perlu dipantau karena dapat mempengaruhi proses pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian. Kepadatan yang terlalu tinggi menyebabkan peningkatan suhu media, buruknya sirkulasi udara dan distribusi pakan yang tidak merata. Pemantauan kepadatan secara manual sulit dilakukan secara konsisten karena bersifat subjektif. Oleh karena itu, diperlukan pemantauan otomatis berbasis pengolahan citra



© 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

menggunakan modul kamera ESP32-CAM untuk merepresentasikan kondisi kepadatan koloni maggot secara objektif. Modul ESP32-CAM secara umum telah banyak digunakan untuk kebutuhan IoT, seperti *face recognition* maupun untuk mendeteksi gerakan. Namun, pada kasus ini objek yang diamati berupa mikroorganisme seperti maggot yang berukuran kecil dan saling bertumpuk, sehingga pemantauan kondisi kepadatan menggunakan satu metode menjadi kurang optimal. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikombinasikan dua metode, yaitu YOLO *Object Detection* dan HSV *Color Space Image Processing*, sehingga representasi kepadatan dapat dilakukan dengan lebih optimal pada berbagai kondisi.

Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring IoT serupa, sebagai solusi dari permasalahan keterbatasan metode pemantauan manual. Penelitian oleh Sanjaya et al. (2025) telah dilakukan implementasi sistem IoT berbasis WSN sebagai monitoring lingkungan yang juga menerapkan sistem Multi Sensor Network untuk mengumpulkan data dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk IoT. Selanjutnya. Mahfudi et al. (2026) melakukan pengembangan dengan mengevaluasi performa komunikasi pada jaringan LoRa melalui parameter RSSI, SNR, *Packet Delivery Ratio* (PDR), dan *delay* dan pengaruhnya terhadap data sensor yang dikirim secara *real time*. Namun pada penelitian tersebut masih berfokus pada performa komunikasi di sisi *node* sensor dan belum mempertimbangkan performa komunikasi sampai ke sisi server.

Penelitian oleh Kusuma et al. (2024) dilakukan analisis dengan membandingkan QoS antara protokol HTTP dan MQTT pada sistem monitoring berbasis IoT. Parameter yang dianalisis yaitu *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas jaringan memiliki pengaruh terhadap proses pengiriman data dalam sistem IoT. Selain itu, Yuazijah et al. (2024) juga menegaskan pentingnya QoS dengan melakukan implementasi sistem pemantauan jaringan menggunakan The Dude guna meningkatkan efisiensi pengelolaan jaringan dan memastikan kecepatan akses optimal bagi klien. Namun, penelitian - penelitian tersebut masih terbatas pada jaringan berbasis IP secara umum dan belum membahas dampak kinerja jaringan pada sistem IoT WSN berbasis LoRaWAN.



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

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan analisis kinerja jaringan pada jalur komunikasi data, mulai dari segmen *gateway* hingga aplikasi monitoring. Jalur ini menjadi penting karena data harus melewati beberapa tahap pengiriman sebelum sampai ke pengguna, sehingga kualitas pada setiap segmennya menjadi salah satu faktor penentu keandalan sistem. Selain itu, diperlukan juga pendekatan untuk merepresentasikan kondisi kepadatan maggot secara objektif sebagai pelengkap data lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

- 1) Bagaimana kinerja jaringan jalur komunikasi data dari segmen *gateway* hingga aplikasi pada sistem monitoring berbasis LoRaWAN berdasarkan standar ITU-T Y.1541?
- 2) Bagaimana konsistensi kombinasi metode YOLO *Object Detection* dan HSV *Color Space Image Processing* dalam merepresentasikan kondisi kepadatan maggot?
- 3) Bagaimana kualitas aplikasi monitoring berbasis *website* berdasarkan pengujian *functional suitability* dan *performance efficiency* (ISO 25010)?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- 1) Menganalisis kinerja jaringan jalur komunikasi data dari segmen *gateway* hingga aplikasi pada sistem monitoring berbasis LoRaWAN berdasarkan standar ITU-T Y.1541?
- 2) Menguji konsistensi kombinasi metode YOLO *Object Detection* dan HSV *Color Space Image Processing* dalam merepresentasikan kondisi kepadatan maggot.
- 3) Mengevaluasi kualitas aplikasi monitoring berbasis *website* berdasarkan pengujian *functional suitability* dan *performance efficiency* (ISO 25010).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

1.4 Luaran

Luaran yang ingin dicapai dalam pembuatan Skripsi ini adalah:

- 1) Aplikasi monitoring budidaya maggot berbasis website yang mampu menampilkan data sensor secara terintegrasi serta representasi visual kepadatan maggot dan dapat diakses melalui pada <https://magrow.site>.
- 2) Laporan skripsi berdasarkan hasil rancang bangun website sistem monitoring dan analisis pengujian yang dilakukan selama penelitian.



Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang 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, implementasi, dan pengujian sistem monitoring budidaya maggot berbasis IoT dan WSN, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi monitoring berbasis website berhasil dirancang dan dibangun menggunakan framework Laravel dan React JS, serta dapat diakses secara online melalui <https://magrow.site>. Aplikasi menampilkan data sensor lingkungan secara *real time*, hasil pengolahan gambar kepadatan maggot, serta informasi diagnostik kinerja jaringan secara terpadu dalam satu antarmuka.
2. Kinerja jaringan pada jalur komunikasi *gateway* hingga aplikasi monitoring memenuhi standar ITU-T Y.1541 Kelas 4 di seluruh kondisi pengujian. Pada segmen *gateway* menuju ChirpStack, *delay* meningkat dari 9,825 ms (Baseline) menjadi 20,291 ms (iPerf 100%), namun tetap jauh di bawah batas maksimum 1000 ms. *Packet loss* UDP tercatat 0% pada semua kondisi. Pada segmen ChirpStack menuju aplikasi melalui MQTT, seluruh parameter (*delay* < 0,1 ms, *packet loss* 0%) menunjukkan stabilitas sangat tinggi karena seluruh komponen berjalan dalam satu lingkungan server AWS EC2.
3. Kombinasi metode YOLO Object Detection dan Image Processing berbasis HSV Color Space menunjukkan konsistensi yang sangat baik dalam merepresentasikan tingkat kepadatan maggot. Pendekatan hybrid ini berhasil memperoleh nilai performa yang seimbang dan konsisten pada seluruh metrik pengujian, dengan akurasi keseluruhan, precision, recall, dan F1-Score yang secara seragam mencapai 90%. Hasil ini membuktikan bahwa sistem memiliki tingkat ketepatan yang tinggi serta mampu meminimalkan kesalahan deteksi (false positive maupun false negative) dalam memantau kondisi maggot.
4. Kualitas aplikasi monitoring website berdasarkan standar ISO/IEC 25010 menunjukkan hasil yang sangat baik. Pengujian Functional Suitability



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

dengan blackbox testing mencatat tingkat keberhasilan 100% (10 dari 10 skenario valid). Pengujian Performance Efficiency menggunakan GTmetrix menghasilkan Grade A dengan rata-rata Performance Score 84,3%–85,7% pada tiga halaman utama, membuktikan responsivitas dan efisiensi kode yang tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut, yaitu:

1. Peningkatan kualitas deteksi kepadatan maggot dapat dilakukan dengan menambah jumlah data latih model YOLO, khususnya pada kondisi pencahayaan yang bervariasi, serta mengintegrasikan fitur tekstur sebagai komplemen analisis warna HSV untuk meminimalkan false negative akibat kemiripan warna maggot dan pakan.
2. Penggantian atau peningkatan kualitas kamera dari ESP32-CAM ke modul kamera dengan resolusi dan kualitas gambar yang lebih tinggi dapat meningkatkan akurasi segmentasi citra, terutama pada kondisi pencahayaan rendah atau maggot yang sangat padat.
3. Penerapan sistem pada skala budidaya yang lebih besar dengan menambah jumlah *node* sensor dan kolam yang dipantau perlu dilakukan untuk menguji skalabilitas sistem secara menyeluruh, sekaligus memvalidasi keandalan jaringan LoRaWAN pada kondisi multi-*node* yang lebih kompleks

Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Al Maamari, S. R. S., & Nasar, M. (2025). A Comparative Analysis of NoSQL and SQL Databases: Performance, Consistency, and Suitability for Modern Applications with a Focus on IoT. *East Journal of Computer Science*, 1(2), 10–15. <https://doi.org/10.63496/ejcs.Vol1.Iss2.76>
- Alamery, A., Shehab, M. A., Mahmood, O. A., Hammadi, Y. I., Aziz, A., & Muthanna, M. S. A. (2023). Internet of Things Protocols (IoTp) Literature Review. *Proceedings of the 7th International Conference on Future Networks and Distributed Systems*, 730–734. <https://doi.org/10.1145/3644713.3644835>
- Alemu, M. B., Debie, A., Alemu, S. B., & Tessema, G. A. (2024). Residential and wealth-related disparities of high fertility preferences in Ethiopia: A decomposition analysis. *PLOS ONE*, 19(3), e0299443. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299443>
- Ali, M. L., & Zhang, Z. (2024). The YOLO Framework: A Comprehensive Review of Evolution, Applications, and Benchmarks in Object Detection. *Computers*, 13(12), 336. <https://doi.org/10.3390/computers13120336>
- Candita, G., Rossi, S., Cwiklinska, K., Fanni, S. C., Cioni, D., Lencioni, R., & Neri, E. (2023). Imaging Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma: A State-of-the-Art Review. *Diagnostics*, 13(4), 625. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13040625>
- Chong, J. L., Chew, K. W., Peter, A. P., Ting, H. Y., & Show, P. L. (2023). Internet of Things (IoT)-Based Environmental Monitoring and Control System for Home-Based Mushroom Cultivation. *Biosensors*, 13, 1–24.
- Dortmans, B. M. A., Egger, J., Diener, S., & Zurbrugg, C. (2021). Black Soldier Fly Biowaste Processing-A Step-by-Step Guide, 2 nd Edition. In *Bibliographic*.
- Fascista, A. (2022). Toward Integrated Large-Scale Environmental Monitoring Using WSN/UAV/Crowdsensing: A Review of Applications, Signal



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

Processing, and Future Perspectives. *Sensors*, 22(5), 1824. <https://doi.org/10.3390/s22051824>

Febrian, Razak, A., Yuniarti, E., & Handayuni, L. (2024). Potensi Larva Black Soldier Fly Sebagai Pengurai Limbah Organik Melalui Budidaya Maggot untuk Pakan Unggas dan Ikan. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 5(1), 130–137. <https://doi.org/10.55448/b8m24h50>

Hansen, M. F., Oparacke, A., Gallagher, R., Karimi, A., Tariq, F., & Smith, M. L. (2022). Towards Machine Vision for Insect Welfare Monitoring and Behavioural Insights. *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.835529>

Hasanah, S., Ismiati, R., Ansori, A. I. R., Dewi, S. Y. S., Fadilah, L., Kusuma, M. A., Khairah, M., Septiana, T., Larasati, A. R., & Nurbaiti, N. (2023). *Maggot (Black Soldier Fly) sebagai Pengurai Sampah Dapur Rumah Tangga*. <https://doi.org/10.29303/jpmpi.v6i1.3457>

Herdiyatmoko, H. F. (2022). BACK-END SYSTEM DESIGN BASED ON REST API. *Jurnal Teknik Informasi Dan Komputer (Tekinkom)*, 5(1), 123. <https://doi.org/10.37600/tekinkom.v5i1.401>

Idris, M., Rismayani, D., Aulia, A., Nopiyanti, T., & Rahayu, R. (2024). Biology of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) and Utilization of its Waste (Maggot Frass) for Plant Growth: A Literature Review. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(3), 273–291. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i3.7226>

Isnawaty, I., Subardin, S., & Normawan, L. L. (2022). Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Menggunakan Metode Haversine Formula. *Digital Transformation Technology*, 2(2), 35–44. <https://doi.org/10.47709/digitech.v2i2.1803>

Katie, B. (2024). Internet of Things (IoT) for Environmental Monitoring. *International Journal of Computing and Engineering*, 6(3), 30–42.



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

Križanović, V., Grgić, K., Spišić, J., & Žagar, D. (2023). An Advanced Energy-Efficient Environmental Monitoring in Precision Agriculture Using LoRa-Based Wireless Sensor Networks. *Sensors*, 23(14), 6332. <https://doi.org/10.3390/s23146332>

Kusuma, F. C., Karna, N. B. A., & Irawan, A. I. (2024). Analisis Perbandingan Quality of Services (QoS) Protokol HTTP dan MQTT pada Sistem Monitoring Berat Ayam Broiler Berbasis IoT. *Jurnal Nasional SAINS Dan TEKNIK*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.25124/jnst.v2i1.7987>

Lala, G., & Vugar, A. (2025). Application of IoT and Sensor Technologies in Environmental Monitoring. *Environmental Research and Ecotoxicity*, 4, 1–5.

Li, Z., Li, X., & Shang, J. (2025). Forest Fire Monitoring and Energy Optimization Based on LoRa-Mesh Wireless Communication Technology. *Electronics*, 1–21.

Mahfudi, I., Soelistianto, F. A., Aditya, A., & Meylinda, Y. D. (2026). Analisis dan Optimasi Kinerja Transmisi LoRa SX1278 Ra-02 untuk Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things. *Jurnal Riset Sains Dan Teknologi*, 10.

Majewski, P., Mrzygłód, M., Lampa, P., Burduk, R., & Reiner, J. (2024). Monitoring the growth of insect larvae using a regression convolutional neural network and knowledge transfer. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 127, 107358. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.107358>

Makdee, S., Sangkaphet, P., Boonprasom, C., Chaleamwong, B., & Chansiri, N. (2026). The Development of a Wildfire Early Warning System Using LoRa Technology. *Computers*, 15(2), 105. <https://doi.org/10.3390/computers15020105>



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

- Mansour, M., Gamal, A., Ahmed, A. I., Said, L. A., Elbaz, A., Herencsar, N., & Soltan, A. (2023). Internet of Things: A Comprehensive Overview on Protocols, Architectures, Technologies, Simulation Tools, and Future Directions. *Energies*, 16(8), 3465. <https://doi.org/10.3390/en16083465>
- Nawoya, S., Ssemakula, F., Akol, R., Geissmann, Q., Karstoft, H., Bjerge, K., Mwikirize, C., Katumba, A., & Gebreyesus, G. (2024). Computer vision and deep learning in insects for food and feed production: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 216, 108503. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108503>
- Nofiyanti, E., Tri Laksono, B., Salman, N., Ari Wardani, G., Mellyanawaty, M., Studi Teknik Lingkungan Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, P., & Studi Farmasi STIKes Bakti Tunas Husada Tasikmalaya, P. (2022). Efektivitas Larva Black Soldier Fly (*Hermetia lilucens*) dalam Mereduksi Sampah Organik Pasar. *Serambi Engineering*, VII(1).
- Nuryani, R., Rahmatuloh, M., & Resdiana, W. (2024). APLIKASI DASHBOARD KINERJA WIRELESS LOCAL AREA NETWORK (WLAN) MENGGUNAKAN METODE QUALITY OF SERVICE (QOS). *Jurnal Kecerdasan Buatan Dan Teknologi Informasi*, 3(3), 146– 155. <https://doi.org/10.69916/jkbt.v3i3.153>
- Nyabuto, Mr. G. M. (2024). Architectural Review of Client-Server Models. *International Journal of Scientific Research and Engineering Trends*, 10(1), 139–143. <https://doi.org/10.61137/ijsret.vol 10.issue1.126>
- Panwar, V. (2024). Web Evolution to Revolution: Navigating the Future of Web Application Development. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 72(2), 34–40. <https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V72I2P107>
- Praselia, R. D., & Widiyari, I. R. (2025). Perancangan IoT Monitoring Lingkungan Berbasis Wireless Sensor Network (WSN) Dengan Menerapkan Multi Sensor Network (MSN). *JIPI (Jurnal Ilmiah*



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

Penelitian Dan Pembelajaran Informatika), 10(1), 652–666.
<https://doi.org/10.29100/jipi.v10i1.6040>

R, S., P, B., S, K., V, C., S R, A. R., & R, D. (2025). Wireless Sensor Networks in Environmental Monitoring Applications Challenges and Future Directions. *ITM Web of Conferences*, 76, 03002.
<https://doi.org/10.1051/itmconf/20257603002>

Ragnoli, M., Esposito, P., Stornelli, V., Barile, G., Santis, E. De, & Sciarra, N. (2023). A LoRa-based Wireless Sensor Network monitoring system for urban areas subjected to landslide. *Proceedings of the 2023 8th International Conference on Cloud Computing and Internet of Things*, 91–97. <https://doi.org/10.1145/3627345.3627359>

Roca, A., Castro, G., Torre, G., Colombo, L. J., Mas, I., Pereira, J., & Giribet, J. I. (2025). Detection of Endangered Deer Species Using UAV Imagery: A Comparative Study between Efficient Deep Learning Approaches. *2025 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 83–90. <https://doi.org/10.1109/ICUAS65942.2025.11007886>

Sanjaya, R. D., Syamdova, D., Farhan, M., & Laksana, R. P. (2025). ANALISIS PARAMETER QOS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET DI PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS ESA UNGGUL TANGERANG. *Journal of Data Analytics, Information, and Computer Science*, 2(1), 97–106. <https://doi.org/10.70248/jdaics.v2i1.1819>

Sunil Bhutada, Nakerakanti Yashwanth, Puppala Dheeraj, & Kethavath Shekar. (2022). Opening and closing in morphological image processing. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 14(3), 687–695. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2022.14.3.0576>

Tossa, F., Faga, Y., Abdou, W., Ezin, E. C., & Gouton, P. (2025). Wireless Sensor Network Deployment: Architecture, Objectives, and Methodologies. *Sensors*, 1–23.



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

- Trigka, M., & Dritsas, E. (2025). A Comprehensive Survey of Machine Learning Techniques and Models for Object Detection. *Sensors*, 25(1), 214. <https://doi.org/10.3390/s25010214>
- Xu, J., Gu, B., & Tian, G. (2022). Review of agricultural IoT technology. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 6, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.01.001>
- Yao, F., Ding, Y., Hong, S., & Yang, S.-H. (2022). A Survey on Evolved LoRa-Based Communication Technologies for Emerging Internet of Things Applications. *International Journal of Network Dynamics and Intelligence*, 1, 4–19.
- Yuazijah, A., Solehudin, A., & Haerul Jaman, J. (2024). SISTEM MONITORING JARINGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY OF SERVICE (QoS) DENGAN PERANGKAT LUNAK THE DUDE. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(6), 12137–12142. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i6.11811>
- Zhong, C., & Nie, X. (2024). A novel single-channel edge computing LoRa gateway for real-time confirmed messaging. *Scientific Reports*, 14(1), 8369. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-59058-8>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



FADLI AHMAD FAUZI

Lulus dari SDN Harapan Baru 3 pada tahun 2016, SMPN 21 pada tahun 2019, SMKN 5 pada tahun 2022. Penulis melanjutkan studi di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Broadband Multimedia.

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

L-1 Source Code Program Deteksi Kepadatan

```
=====
# detect.py
# HYBRID MAGGOT DENSITY DETECTION
# YOLO + HSV
# FOR LARAVEL DEPLOYMENT
#
=====
```

```
#
=====
# IMPORT
#
=====
```

```
import sys
import json
import cv2
import numpy as np
import os
```

```
from datetime import datetime
from ultralytics import YOLO
```

```
#
=====
```

```
# LOAD IMAGE PATH
#
=====
```

```
image_path = sys.argv[1]
```

```
#
=====
```

```
# LOAD IMAGE
#
=====
```

```
img = cv2.imread(image_path)
```

```
if img is None:
```

```
    result = {
        "status": "error",
        "message": "Image gagal dibaca"
```



© 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

```

}

print(json.dumps(result))
sys.exit()

#
=====
# RGB
#
=====

img_rgb = cv2.cvtColor(
    img,
    cv2.COLOR_BGR2RGB
)

img_h, img_w = img.shape[:2]

image_area = img_h * img_w

#
=====
#
=====

# LOAD YOLO MODEL
#
=====
#
=====

BASE_DIR = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))
model_path = os.path.join(BASE_DIR, "modelmaggot.pt")
model = YOLO(model_path)

#
=====
#
=====

# 1. YOLO ESTIMATION
#
=====
#
=====

```



© 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

```

results = model.predict(
    source=img,
    conf=0.25,
    imgsz=640,
    max_det=600,
    verbose=False
)

#
=====
# YOLO DENSITY
#
=====

total_box_area = 0

boxes = results[0].boxes

for box in boxes:

    x1, y1, x2, y2 = box.xyxy[0]

    w = x2 - x1
    h = y2 - y1

    area = w * h

    total_box_area += area

# tensor -> float
total_box_area = float(total_box_area)

# density
yolo_density = total_box_area / image_area

# scaling correction
yolo_density *= 1.2

# clamp
yolo_density = min(yolo_density, 1.0)

yolo_percent = yolo_density * 100

total_detection = len(boxes)

#

```



© 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

```
=====
# YOLO RESULT IMAGE
#
=====

yolo_result = results[0].plot()

#
#
=====
# 2. HSV ESTIMATION
#
#
#
=====
# SHADING CORRECTION
#
=====

gray = cv2.cvtColor(
    img,
    cv2.COLOR_BGR2GRAY
)

background = cv2.GaussianBlur(
    gray,
    (151,151),
    0
)

img_float = img.astype(np.float32)

background = background.astype(np.float32)

background += 1

corrected = np.zeros_like(img_float)

for i in range(3):

    corrected[:, :, i] = (
```



© 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

```

img_float[:, :, i] / background
) * 130

corrected = np.clip(
    corrected,
    0,
    255
)

corrected = corrected.astype(np.uint8)

#
=====
# CLAHE
#
=====

lab = cv2.cvtColor(
    corrected,
    cv2.COLOR_BGR2LAB
)

l, a, b = cv2.split(lab)

clahe = cv2.createCLAHE(
    clipLimit=2.5,
    tileGridSize=(8,8)
)

l_clahe = clahe.apply(l)

lab = cv2.merge((l_clahe, a, b))

clahe_result = cv2.cvtColor(
    lab,
    cv2.COLOR_LAB2BGR
)

#
=====
# WHITE BALANCE CORRECTION
#
=====

lab2 = cv2.cvtColor(
    clahe_result,
    cv2.COLOR_BGR2LAB

```



© 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

```
)

l2, a2, b2 = cv2.split(lab2)

a2 = cv2.add(a2, -3)
b2 = cv2.add(b2, 3)

lab2 = cv2.merge((l2, a2, b2))

final_preprocess = cv2.cvtColor(
    lab2,
    cv2.COLOR_LAB2BGR
)

#
=====
# CENTER ROI CROP
#
=====

h, w = final_preprocess.shape[:2]

crop = final_preprocess[
    int(h*0.15):int(h*0.85),
    int(w*0.15):int(w*0.85)
]

final_preprocess = crop

#
=====
# GAUSSIAN BLUR
#
=====

final_preprocess = cv2.GaussianBlur(
    final_preprocess,
    (5,5),
    0
)

#
=====
# HSV
#
```



© 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

```
=====
hsv = cv2.cvtColor(
    final_preprocess,
    cv2.COLOR_BGR2HSV
)

#
=====
# HSV RANGE
#
=====

# --- MASK v5 (improved) ---
# Maggot krem/kuning = warna dominan saat menumpuk (padat)
lower_yellow = np.array([12, 25, 70])
upper_yellow = np.array([42, 190, 255])
mask_yellow = cv2.inRange(hsv, lower_yellow, upper_yellow)

# Maggot putih terang
lower_white = np.array([0, 0, 150])
upper_white = np.array([180, 28, 255])
mask_white = cv2.inRange(hsv, lower_white, upper_white)

# Gabungan kuning+putih. Daun/sampah gelap otomatis terbuang
# karena V (kecerahan) rendah, jadi tidak ikut ke-mask.
mask_hsv = cv2.bitwise_or(mask_yellow, mask_white)

#
=====
# MORPHOLOGY
#
=====

kernel = np.ones((5,5), np.uint8)

mask_clean = cv2.morphologyEx(
    mask_hsv,
    cv2.MORPH_OPEN,
    kernel
)

mask_clean = cv2.morphologyEx(
    mask_clean,
    cv2.MORPH_CLOSE,
    kernel
)
```



© 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

```
#
=====

# REMOVE SMALL OBJECT
#
=====

num_labels, labels, stats, centroids = cv2.connectedComponentsWithStats(
    mask_clean,
    connectivity=8
)

filtered_mask = np.zeros_like(mask_clean)

MIN_AREA = 40

for i in range(1, num_labels):
    area = stats[i, cv2.CC_STAT_AREA]

    if area > MIN_AREA:
        filtered_mask[labels == i] = 255

#
=====

# HSV DENSITY
#
=====

white_pixels = np.sum(filtered_mask > 0)

total_pixels = (
    filtered_mask.shape[0]
    *
    filtered_mask.shape[1]
)

hsv_density = white_pixels / total_pixels

hsv_percent = hsv_density * 100

#
=====

# HSV RESULT IMAGE
```



© 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

```
#
=====

final_rgb = cv2.cvtColor(
    final_preprocess,
    cv2.COLOR_BGR2RGB
)

hsv_result = cv2.bitwise_and(
    final_rgb,
    final_rgb,
    mask=filtered_mask
)

#
=====
#
=====
# 3. HYBRID DECISION
#
=====
#

# YOLO_PADAT_THRESHOLD = 5.0
# HSV_PADAT_THRESHOLD = 56.0
YOLO_PADAT_THRESHOLD = 4.5
HSV_PADAT_THRESHOLD = 48.0

is_padat = (yolo_percent >= YOLO_PADAT_THRESHOLD) or (hsv_percent
>= HSV_PADAT_THRESHOLD)

# Pilih sinyal & gambar yang ditampilkan
if hsv_percent >= HSV_PADAT_THRESHOLD:

    final_density = hsv_percent
    method_used = "HSV"
    final_image = hsv_result

else:

    final_density = yolo_percent
    method_used = "YOLO"
    final_image = yolo_result

#
```



© 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

```
=====
# CATEGORY
#
=====

if is_padat:

    category = "Padat"

else:

    category = "Tidak Padat"

#
=====
# SAVE FINAL RESULT IMAGE
#
=====

filename = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")

output_image_path = f"result/result_{filename}.jpg"

final_bgr = cv2.cvtColor(
    final_image,
    cv2.COLOR_RGB2BGR
)

cv2.imwrite(
    output_image_path,
    final_bgr
)

#
=====
# FINAL JSON OUTPUT
#
=====

result = {

    "status": "success",

    "density": round(final_density, 2),
```



© 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

```
"category": category,  
"method": method_used,  
"yolo_density": round(yolo_percent, 2),  
"hsv_density": round(hsv_percent, 2),  
"total_detection": total_detection,  
}  
print(json.dumps(result))
```



L-2 Source Code Program Halaman Monitoring Kolam



© 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

```
// === VERSI RESPONSIF v4 — tabel riwayat beneran scroll-x di mobile (w-
full + lg:items-start) ===
import MainLayout from "@/Layouts/MainLayout";
import React, { useState } from "react";
import {
  Thermometer,
  Droplets,
  Activity,
  RefreshCw,
  Sun,
  Clock,
  Info,
  ImageIcon,
  BarChart2,
  X,
} from "lucide-react";
import { usePage } from "@inertiajs/react";
import { router } from '@inertiajs/react';
import { useEffect } from 'react';

export default function MonitoringKolam() {

  const { poolsData = [] } = usePage().props;
  const safePools = Array.isArray(poolsData) ? poolsData : [];
  console.log(safePools);
  useEffect(() => {

    const interval = setInterval(() => {

      router.reload({
        only: ['poolsData']
      });

    }, 30000);

    return () => clearInterval(interval);

  }, []);

  const [selectedPool, setSelectedPool] = useState(null);
```



© 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

```

const latestTempUdara =
  safePools
    .filter((p) => p.temp_udara !== null)
    .sort((a, b) => new Date(b.received_at) - new Date(a.received_at))[0]
    ?.temp_udara ?? 0;

const latestHumUdara =
  safePools
    .filter((p) => p.hum_udara !== null)
    .sort((a, b) => new Date(b.received_at) - new Date(a.received_at))[0]
    ?.hum_udara ?? 0;

const avgCahaya = (() => {
  if (safePools.length === 0) return "0 lux — Gelap";

  const lux =
    safePools.reduce(
      (sum, pool) => sum + Number(pool.intensitas_cahaya || 0),
      0,
    ) / safePools.length;

  const label =
    lux < 10   ? "Gelap" :
    lux < 50   ? "Redup" :
    lux < 200  ? "Cahaya Sedang" :
    lux < 1000 ? "Terang" :
    lux < 10000 ? "Sangat Terang":"";

  return `${label}`;
})();
const activePool = safePools.find((p) => p.id === selectedPool) ?? null;

// const historyData = safePools
//   .filter((p) => p.id === selectedPool || p.pool_id === selectedPool)
//   .sort((a, b) => new Date(b.received_at) - new Date(a.received_at))
//   .slice(0, 10);

const historyData = activePool?.history ?? [];

// ☒ Fixed: tidak lagi memanggil setDetailTab
const handleSelectPool = (pool) => setSelectedPool(pool.id);
const handleClose = () => setSelectedPool(null);

return (
  <MainLayout>

```



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

```

<style>{
  @keyframes fadeIn {
    from { opacity: 0; transform: translateY(8px); }
    to { opacity: 1; transform: translateY(0); }
  }
  .pool-card-enter { animation: fadeIn 0.35s ease forwards; }
  .detail-enter { animation: fadeIn 0.4s ease 0.1s forwards; opacity:
0; }
}</style>

<div className="w-full lg:h-full flex flex-col px-4 md:px-6 py-4 gap-4
bg-gradient-to-br from-slate-50 to-emerald-50/40">

  {/ * HEADER */}
  <div className="flex items-center justify-between">
    <div>
      <h2 className="text-2xl font-semibold text-emerald-800
leading-tight">
        Monitoring Kondisi Kolam Maggot
      </h2>
      <p className="text-sm text-gray-500">
        Data lingkungan berbasis Wireless Sensor Network (WSN)
      </p>
    </div>
    {/ * <button className="flex items-center gap-2 bg-emerald-600
border border-emerald-600 hover:bg-emerald-700 text-white px-3 py-1.5
rounded-lg text-sm shadow-sm">
      <RefreshCw size={15} />
      Refresh Data
    </button> */}
  </div>

  {/ * BODY */}
  <div className="flex flex-col lg:flex-row gap-4 flex-1 min-h-0">

    {/ * LEFT: SUMMARY CARDS */}
    <div className="flex flex-col gap-3 w-full lg:w-56 lg:shrink-0">
      <div className="bg-blue-50 border border-blue-200 rounded-lg
p-4 flex-1 flex flex-col justify-between">
        <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
          <div className="bg-blue-500 p-1.5 rounded-lg">
            <Thermometer size={16} className="text-white" />
          </div>
          <span className="text-xs font-medium text-gray-
600">Suhu Udara</span>

```



© 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

```

</div>
<p className="text-3xl font-bold text-blue-700">{latestTempUdara}°C</p>
</div>
<div className="bg-green-50 border border-green-200 rounded-lg p-4 flex-1 flex flex-col justify-between">
  <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
    <div className="bg-green-500 p-1.5 rounded-lg">
      <Droplets size={16} className="text-white" />
    </div>
    <span className="text-xs font-medium text-gray-600">Kelembapan Udara</span>
  </div>
  <p className="text-3xl font-bold text-green-700">{latestHumUdara}%</p>
</div>
<div className="bg-yellow-50 border border-yellow-200 rounded-lg p-4 flex-1 flex flex-col justify-between">
  <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
    <div className="bg-yellow-500 p-1.5 rounded-lg">
      <Sun size={16} className="text-white" />
    </div>
    <span className="text-xs font-medium text-gray-600">Intensitas Cahaya</span>
  </div>
  <p className="text-3xl font-bold text-yellow-700">{avgCahaya}</p>
</div>
</div>
{ /* RIGHT: POOL AREA */ }
<div className="flex flex-col lg:flex-row gap-4 flex-1 min-w-0">
  { /* — MODE NORMAL: 3 card — */ }
  { !selectedPool && safePools.slice(0, 3).map((pool) => (
    <div
      key={pool.id}
      className="pool-card-enter bg-white border border-gray-200 rounded-lg shadow-sm flex flex-col flex-1 min-w-0"
    >
      <div className="bg-gradient-to-r from-emerald-600 to-teal-600 text-white px-4 py-2.5 rounded-t-lg">
        <h3 className="text-base font-semibold">{pool.name}</h3>
      </div>
      <div className="p-4 flex flex-col gap-3 flex-1">

```

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

```
on
onClick={() => handleSelectPool(pool)}
className="w-full text-sm text-emerald-700"
font-size="medium flex items-center justify-center"
BarChart2 size={14} />
```



© 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

```

<div className="bg-gradient-to-r from-emerald-600 to-teal-600 text-white px-5 py-3 rounded-t-lg flex items-center justify-between shrink-0">

  <div>
    <h3 className="text-base font-semibold">
      Riwayat & Kondisi — {activePool.name}
    </h3>
    <p className="text-xs text-emerald-100">Gambar ESP-CAM & data sensor historis</p>
  </div>
  <button
    onClick={handleClose}
    className="bg-emerald-500 hover:bg-emerald-400 p-1.5 rounded-lg transition-colors"
    title="Tutup"
  >
    <X size={16} />
  </button>
</div>

{/* CONTENT */}
<div className="flex-1 overflow-hidden p-4 flex flex-col gap-3">

  {/* BARIS ATAS: gambar kiri + tabel riwayat kanan */}
  <div className="flex flex-col lg:flex-row gap-4 flex-1 min-h-0 lg:items-start">

    {/* Foto ESP-CAM */}
    <div className="w-full lg:w-[320px] shrink-0 aspect-[4/3] overflow-hidden bg-gray-100 rounded-lg border border-gray-200 flex items-center justify-center">
      {activePool.image_path ? (
        <img
          src={activePool.image_path}
          alt={`Kondisi ${activePool.name}`}
          className="w-full h-full object-cover"
          loading="lazy"
          decoding="async"
          width={400}
          height={300}
        />
      ) : (
        <div className="text-center text-gray-400 p-4">
          <ImageIcon size={32} className="mx-auto mb-2 opacity-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

```

        <p className="text-xs text-gray-400">Belum
        ada gambar</p>
      </div>
    )}
  </div>

  { /* Tabel riwayat */ }
  <div className="w-full flex-1 flex flex-col min-w-0
min-h-0">
    <div className="flex items-center gap-2 mb-2
shrink-0">
      <BarChart2 size={13} className="text-gray-
400" />
      <span className="text-xs font-semibold text-
gray-500 uppercase tracking-wide">Riwayat Data</span>
    </div>
    {historyData.length > 0 ? (
      <div className="h-[240px] overflow-auto
rounded-lg border border-gray-200">
        <table className="w-full min-w-[680px] text-
sm">
          <thead className="sticky top-0 bg-gray-50
border-b border-gray-200">
            <tr>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-
nowrap">Waktu</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Suhu Pakan</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Kel. Pakan</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Kepadatan</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Int. Cahaya</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Suhu Udara</th>
              <th className="px-3 py-2 text-left
text-xs font-semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Kel. Udara</th>
            </tr>
          </thead>
          <tbody className="divide-y divide-gray-
100">
            {historyData.map((row, idx) => (
              <tr key={idx} className="hover:bg-

```



© 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

```

gray-50 transition-colors">
    <td className="px-3 py-2 text-xs
text-gray-400 font-mono whitespace-nowrap">{row.received_at || "-"}</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
font-semibold text-blue-700">{row.temp_pakan ?? "-"}°C</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
font-semibold text-green-700">{row.hum_pakan ?? "-"}%</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
font-semibold text-purple-700">{row.density ?? "-"}%</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
font-semibold text-yellow-700">{row.intensitas_cahaya ?? "-"}</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
text-gray-600">{row.temp_udara ?? "-"}°C</td>
    <td className="px-3 py-2 text-xs
text-gray-600">{row.hum_udara ?? "-"}%</td>
  </tr>
  </tbody>
</table>
</div>
): (
  <div className="flex-1 flex flex-col items-center
justify-center text-gray-400 border border-gray-200 rounded-lg">
    <BarChart2 size={28} className="opacity-25
mb-2" />
    <p className="text-sm text-gray-500">Belum
ada data riwayat</p>
  </div>
  </div>
  </div>
  { /* BARIS BAWAH: 3 chip data terkini sejajar +
timestamp */ }
  <div className="flex flex-col sm:flex-row sm:items-
center gap-3 shrink-0 pt-2 border-t border-gray-100">
    <div className="bg-blue-50 border border-blue-100
rounded-lg px-4 py-2 flex items-center flex-1">
      <span className="text-xs text-gray-500">Suhu
Pakan</span>
      <span className="text-base font-bold text-blue-700
ml-auto">{activePool.temp_pakan ?? 0}°C</span>
    </div>
    <div className="bg-green-50 border border-green-
100 rounded-lg px-4 py-2 flex items-center flex-1">
      <span className="text-xs text-gray-
500">Kelembapan Pakan</span>

```

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

[illegible]

L-3 Source Code Program Halaman Monitoring Sistem



© 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

```
import MainLayout from "@/Layouts/MainLayout";
import React from "react";
import {
  Wifi,
  RefreshCw,
  Clock,
  Info,
  Server,
  Database,
  MessageSquare,
  Activity,
  Radio,
  Camera,
  CheckCircle2,
  XCircle,
  AlertCircle,
  Zap,
} from "lucide-react";
import { usePage } from "@inertiajs/react";
import { router } from '@inertiajs/react';
import { useEffect } from 'react';

// ——— Status badge helper

const StatusBadge = ({ status }) => {
  const map = {
    online: { cls: "bg-green-100 text-green-700 border-green-200", dot:
      "bg-green-500", label: "ONLINE" },
    connected: { cls: "bg-green-100 text-green-700 border-green-200", dot:
      "bg-green-500", label: "CONNECTED" },
    running: { cls: "bg-green-100 text-green-700 border-green-200", dot:
      "bg-green-500", label: "RUNNING" },
    success: { cls: "bg-green-100 text-green-700 border-green-200", dot:
      "bg-green-500", label: "SUCCESS" },
    warning: { cls: "bg-yellow-100 text-yellow-700 border-yellow-200",
      dot: "bg-yellow-500", label: "WARNING" },
    stopped: { cls: "bg-red-100 text-red-700 border-red-200", dot:
      "bg-red-500", label: "STOPPED" },
    offline: { cls: "bg-red-100 text-red-700 border-red-200", dot: "bg-
      red-500", label: "OFFLINE" },
    disconnected: { cls: "bg-red-100 text-red-700 border-red-200", dot:
      "bg-red-500", label: "DISCONNECTED" },
  }
}
```



© 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

```

    failed: { cls: "bg-red-100 text-red-700 border-red-200", dot: "bg-
red-500", label: "FAILED" },
    unknown: { cls: "bg-gray-100 text-gray-500 border-gray-200", dot:
"bg-gray-400", label: "UNKNOWN" },
  };
  const s = map[status?.toLowerCase()] ?? map.unknown;
  return (
    <span className={`inline-flex items-center gap-1.5 px-2 py-0.5
rounded-full border text-xs font-semibold ${s.cls}`} >
      <span className={`w-1.5 h-1.5 rounded-full ${s.dot} ${status ===
"online" || status === "connected" || status === "running" ? "animate-pulse" :
""}`} />
        {s.label}
      </span>
    );
  };

// ——— Service row


---



const ServiceRow = ({ icon: Icon, label, status, detail }) => (
  <div className="flex items-center gap-3 py-2 border-b border-gray-100
last:border-0">
    <div className="w-7 h-7 bg-gray-100 rounded-md flex items-center
justify-center shrink-0">
      <Icon size={14} className="text-gray-500" />
    </div>
    <span className="text-xs font-medium text-gray-700 flex-
1">{label}</span>
    {detail && <span className="text-xs text-gray-400 font-mono mr-
2">{detail}</span>}
    <StatusBadge status={status} />
  </div>
);

// ——— Delay stat card


---



const DelayStat = ({ label, value, unit, color }) => (
  <div className="bg-gray-50 rounded-lg p-3 border border-gray-100">
    <p className="text-xs text-gray-500 mb-1">{label}</p>
    <p className={`text-xl font-bold ${color}`}>{value ?? "—"}</p>
    {unit && <p className="text-xs text-gray-400">{unit}</p>}
  </div>
);

```



© 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

```
//
export default function MonitoringJaringan() {

  useEffect(() => {
    const interval = setInterval(() => {
      router.reload({
        only: [
          'databaseStatus', 'activeNodes', 'totalNodes',
          'mqttStatus', 'subscriberStatus', 'gatewayStatus',
          'nodeRows', 'avgMqttDelay', 'fastestDelay',
          'highestDelay',
        ]
      });
    }, 30000);
    return () => clearInterval(interval);
  }, []);

  const {
    // Summary
    gatewayStatus    = $gatewayStatus,
    mqttStatus       = $mqttStatus,
    subscriberStatus = $subscriberStatus,
    databaseStatus   = $databaseStatus,
    activeNodes      = $activeNodes,
    totalNodes       = $totalNodes,
    lastDataReceived = null,
    avgUpdateDelay   = null,

    // Node table
    nodeRows        = [],

    // Service detail
    chirpstackStatus = "unknown",
    lastMqttMessage  = null,

    // Delay monitoring
    avgMqttDelay      = null,
    fastestDelay      = null,
    highestDelay      = null,
    avgDbInsertTime   = null,
    lastProcessingTime = null,
```



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

```

} = usePage().props;

const nodeStatusDot = (status) => {

  switch ((status || "").toUpperCase()) {

    case 'ONLINE':
      return 'bg-green-500';

    case 'OFFLINE':
      return 'bg-red-500';

    default:
      return 'bg-gray-400';

  }

};

const delayColor = (v) => {
  if (!v || v === "-") return "text-gray-400";
  const n = Number(v);
  if (n < 500) return "text-green-600";
  if (n < 2000) return "text-yellow-600";
  return "text-red-600";
};

return (
  <MainLayout>
    <div className="w-full lg:h-full flex flex-col px-4 md:px-6 py-3 gap-3 bg-gradient-to-br from-emerald-50 via-teal-50 to-emerald-100/70">
      {/ * — HEADER — */}
      <div className="flex items-center justify-between">
        <div>
          <h2 className="text-2xl font-semibold text-emerald-800 leading-tight">
            Monitoring Sistem
          </h2>
          <p className="text-sm text-gray-500">
            Diagnostik komunikasi IoT — LoRaWAN · MQTT ·
            ChirpStack · Database · AI Pipeline
          </p>
        </div>
        {/ * <button className="flex items-center gap-2 bg-emerald-600

```



© 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

```
border border-emerald-600 hover:bg-emerald-700 text-white px-3 py-1.5
rounded-lg text-sm shadow-sm">
    <RefreshCw size={15} />
    Refresh
  </button> */}
</div>

{/* — MAIN BODY — */}
<div className="flex flex-col lg:flex-row gap-4 flex-1 min-h-0">

  {/* LEFT COLUMN: summary cards */}
  <div className="flex flex-col gap-2 w-full lg:w-56 lg:shrink-0">

    {/* Gateway */}
    <div className="bg-white border border-gray-200 shadow-sm
rounded-lg p-3 flex-1 flex flex-col justify-between">
      <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
        <div className="bg-green-500 p-1.5 rounded-lg">
          <Radio size={14} className="text-white" />
        </div>
        <span className="text-xs font-medium text-gray-
600">Gateway</span>
      </div>
      <StatusBadge status={gatewayStatus} />
    </div>

    {/* MQTT */}
    <div className="bg-white border border-gray-200 shadow-sm
rounded-lg p-3 flex-1 flex flex-col justify-between">
      <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
        <div className="bg-blue-500 p-1.5 rounded-lg">
          <MessageSquare size={14} className="text-white" />
        </div>
        <span className="text-xs font-medium text-gray-
600">MQTT Broker</span>
      </div>
      <StatusBadge status={mqttStatus} />
    </div>

    {/* Subscriber */}
    <div className="bg-white border border-gray-200 shadow-sm
rounded-lg p-3 flex-1 flex flex-col justify-between">
      <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
        <div className="bg-purple-500 p-1.5 rounded-lg">
          <Zap size={14} className="text-white" />
        </div>
        <span className="text-xs font-medium text-gray-
```



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

```

600">Subscriber</span>
</div>
<StatusBadge status={subscriberStatus} />
</div>

{/* Database */}
<div className="bg-white border border-gray-200 shadow-sm
rounded-lg p-3 flex-1 flex flex-col justify-between">
  <div className="flex items-center gap-2 mb-1">
    <div className="bg-orange-500 p-1.5 rounded-lg">
      <Database size={14} className="text-white" />
    </div>
    <span className="text-xs font-medium text-gray-
600">Database</span>
    </div>
    <StatusBadge status={databaseStatus} />
  </div>

  {/* Active nodes + last data */}
  <div className="bg-white border border-gray-200 shadow-sm
rounded-lg p-3 flex-1 flex flex-col justify-between">
    <div className="flex items-center gap-2 mb-2">
      <div className="bg-gray-400 p-1.5 rounded-lg">
        <Activity size={14} className="text-white" />
      </div>
      <span className="text-xs font-medium text-gray-
600">Active Nodes</span>
    </div>
    <p className="text-3xl font-bold text-gray-
800">{activeNodes}<span className="text-base font-normal text-gray-400">
/ {totalNodes}</span></p>
    {lastDataReceived && (
      <div className="flex items-center gap-1 text-xs text-
gray-400 mt-1">
        <Clock size={10} />
        <span
className="truncate">{lastDataReceived}</span>
      </div>
    )}
  </div>

  {/* RIGHT COLUMN */}
  <div className="flex flex-col gap-3 flex-1 min-w-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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

    { /* — ROW 1: NODE TABLE + SERVICE STATUS (side
    by side) — */
    <div className="flex flex-col lg:flex-row gap-3 flex-1 min-h-
    0">

        { /* NODE TABLE */
        <div className="flex-1 bg-white rounded-lg border border-
        gray-200 shadow-sm overflow-hidden flex flex-col min-w-0">
            <div className="bg-emerald-50 border-b border-
            emerald-100 px-4 py-2.5 flex items-center gap-2 shrink-0">
                <Server size={13} className="text-gray-500" />
                <span className="text-xs font-semibold text-gray-700
                uppercase tracking-wide">Status Node & Komunikasi</span>
            </div>
            <div className="overflow-auto flex-1">
                <table className="w-full text-xs">
                    <thead className="sticky top-0 bg-gray-50 border-b
                    border-gray-200">
                        <tr>
                            <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-
                            nowrap">Node</th>
                            <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide">Status</th>
                            <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-nowrap">Last
                            Update</th>
                            { /* <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-nowrap">MQTT
                            Latency</th> */}
                            { /* <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-nowrap">DB
                            Insert</th> */}
                            <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-nowrap">Data
                            Received</th>
                            <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-
                            nowrap">Camera</th>
                            { /* <th className="px-3 py-2 text-left font-
                            semibold text-gray-600 uppercase tracking-wide whitespace-nowrap">Last
                            Error</th> */}
                        </tr>
                    </thead>
                    <tbody className="divide-y divide-gray-100">
                        {nodeRows.map((node, idx) => (
                            <tr key={idx} className="hover:bg-gray-50

```



© 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

```

transition-colors">
    <td className="px-3 py-2.5">
        <div className="flex items-center gap-2">
            <div className="{`w-2 h-2 rounded-full
shrink-0 ${nodeStatusDot(node.status)} `}" />
            <span className="font-mono font-
medium text-gray-800 whitespace-nowrap">{node.name}</span>
        </div>
    </td>
    <td className="px-3 py-2.5">
        <StatusBadge status={node.status ??
"unknown"} />
    </td>
    <td className="px-3 py-2.5 font-mono text-
gray-500 whitespace-nowrap">{node.lastUpdate ? new
Date(node.lastUpdate).toLocaleString('id-ID', {day: '2-digit',month:
'short',hour: '2-digit',minute: '2-digit',}): "—"}</td>
    <td className="px-3 py-2.5">
        <span className="{`font-mono font-
semibold ${delayColor(node.mqttDelay)} `}">
            {node.status === "ONLINE" &&
node.mqttDelay !== null? `${Math.round(node.mqttDelay)} ms`: "—"}
        </span>
    </td> </td>
    <td className="px-3 py-2.5">
        <StatusBadge status={node.dbInsert ??
"unknown"} />
    </td> </td>
    <td className="px-3 py-2.5 font-mono font-
semibold text-gray-700">{node.dataReceived ?? "—"}</td>
    <td className="px-3 py-2.5 font-mono text-
gray-500 whitespace-nowrap">
        {node.lastCapture ? new
Date(node.lastCapture).toLocaleString('id-ID', {day: '2-digit',month:
'short',hour: '2-digit',minute: '2-digit',}): "—"}
    </td>
</tr>
    </tbody>
</table>
</div>
</div>

```



© 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

```

    {/ * — ROW 2: DELAY MONITOR — */}
    <div className="flex gap-3 shrink-0">

        {/ * DELAY MONITORING */}
        <div className="bg-white rounded-lg border border-gray-
200 shadow-sm p-3 flex-1">
            <div className="flex items-center gap-2 mb-2">
                <Zap size={13} className="text-orange-500" />
                <span className="text-xs font-semibold text-gray-700
uppercase tracking-wide">Latensi Sistem</span>
            </div>
            <div className="grid grid-cols-3 gap-2">
                <DelayStat label="Avg Latency"
value={avgMqttDelay} unit="ms" color={delayColor(avgMqttDelay)} />
                <DelayStat label="Lowest Latency"
value={fastestDelay} unit="ms" color="text-green-600" />
                <DelayStat label="Peak Latency"
value={highestDelay} unit="ms" color="text-red-500" />
            </div>
        </div>
    </div>
</div>
</div>

    {/ * INFO BAR */}
    <div className="bg-emerald-50 border border-emerald-200
rounded-lg px-4 py-2.5 flex items-center gap-2.5 shrink-0">
        <Info size={15} className="text-emerald-600 shrink-0" />
        <p className="text-xs text-gray-600">
            <span className="font-medium text-gray-700">Catatan:
</span>
            Halaman ini memantau layer komunikasi aplikasi (MQTT,
ChirpStack, DB, AI) — bukan parameter radio LoRa.
            Gunakan untuk troubleshooting pipeline data sebelum cek
perangkat fisik.
        </p>
    </div>
</MainLayout>
);
}

```



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

L-4 Source Code Program Halaman Tentang Sistem

```
import MainLayout from '@/Layouts/MainLayout'
import React from "react";
import {
  Info,
  Target,
  Thermometer,
  Radio,
  MessageSquare,
  Database,
  Camera,
  LayoutDashboard,
  Activity,
  Server,
  Layers,
} from "lucide-react";

export default function Tentang() {
  const techStack = [
    {
      icon: Thermometer,
      color: "text-green-600",
      bg: "bg-green-100",
      title: "Sensor Node (WSN)",
      desc: "Mengukur suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya pada tiap kolam secara berkala.",
    },
    {
      icon: Radio,
      color: "text-blue-600",
      bg: "bg-blue-100",
      title: "LoRaWAN + ChirpStack",
      desc: "Jaringan komunikasi jarak jauh berdaya rendah yang mengirim data dari node sensor ke server.",
    },
    {
      icon: MessageSquare,
      color: "text-purple-600",
      bg: "bg-purple-100",
      title: "MQTT Broker (Mosquitto)",
      desc: "Mengalirkan data sensor secara real-time dari gateway menuju backend aplikasi.",
    },
    {
      icon: Database,
```



© 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

```

color: "text-orange-600",
bg: "bg-orange-100",
title: "Database (MySQL)",
desc: "Menyimpan riwayat data lingkungan kolam untuk analisis tren dan
pelaporan.",
},
{
  icon: Camera,
  color: "text-teal-600",
  bg: "bg-teal-100",
  title: "AI Image Pipeline",
  desc: "Menganalisis citra kondisi maggot sebagai data pelengkap di samping
sensor lingkungan.",
},
{
  icon: LayoutDashboard,
  color: "text-emerald-600",
  bg: "bg-emerald-100",
  title: "Web Dashboard (Laravel + React)",
  desc: "Memvisualisasikan data kolam dan status kesehatan sistem secara
terpusat.",
},
];

const features = [
  {
    icon: Activity,
    color: "text-emerald-600",
    bg: "bg-emerald-100",
    title: "Monitoring Kolam",
    desc: "Menampilkan kondisi lingkungan tiap kolam (suhu, kelembapan,
kepadatan) secara real-time beserta riwayatnya.",
  },
  {
    icon: Server,
    color: "text-blue-600",
    bg: "bg-blue-100",
    title: "Monitoring Sistem",
    desc: "Diagnostik kesehatan pipeline komunikasi: gateway, MQTT, database,
AI, dan status tiap node.",
  },
];

return (
  <MainLayout>

```



© 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

```

<div className="max-w-4xl mx-auto px-4 sm:px-6 py-8">
  {/ * HEADER */}
  <div className="mb-6">
    <h2 className="text-2xl font-semibold text-emerald-800 leading-tight">
      Tentang Sistem
    </h2>
    <p className="text-sm text-gray-500 mt-1">
      MAGGROW — Pemantauan kondisi budidaya maggot BSF berbasis
      Wireless Sensor Network (WSN)
    </p>
  </div>

  <div className="space-y-5">
    {/ * TUJUAN */}
    <div className="bg-white rounded-lg border border-gray-200 p-6 shadow-sm">
      <div className="flex items-center gap-2 mb-3">
        <div className="bg-emerald-100 p-2 rounded-lg">
          <Target size={18} className="text-emerald-600" />
        </div>
        <h3 className="text-lg font-medium text-gray-800">Tujuan
        Pengembangan</h3>
      </div>
      <p className="text-gray-600 leading-relaxed">
        MAGGROW dikembangkan sebagai sistem pemantauan kondisi
        budidaya maggot
        Black Soldier Fly (BSF) secara real-time. Sistem mengumpulkan data
        lingkungan
        kolam — suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya — melalui node
        sensor yang
        terhubung lewat jaringan nirkabel, lalu menampilkannya dalam
        dashboard yang mudah
        dipantau. Tujuannya membantu peneliti dan pelaku budidaya
        mengevaluasi kesesuaian
        kondisi kolam maggot secara objektif dan berkelanjutan.
      </p>
    </div>

    {/ * ARSITEKTUR & TEKNOLOGI */}
    <div className="bg-white rounded-lg border border-gray-200 p-6 shadow-sm">
      <div className="flex items-center gap-2 mb-4">
        <div className="bg-emerald-100 p-2 rounded-lg">
          <Layers size={18} className="text-emerald-600" />
        </div>
        <h3 className="text-lg font-medium text-gray-800">Arsitektur &
        Teknologi</h3>

```



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

```

</div>
<ul className="grid sm:grid-cols-2 gap-4">
  {techStack.map(({ icon: Icon, color, bg, title, desc }) => (
    <li key={title} className="flex items-start gap-3">
      <div className={` ${bg} p-2 rounded-lg shrink-0`}>
        <Icon size={16} className={color} />
      </div>
      <div>
        <p className="font-medium text-gray-800 text-sm">{title}</p>
        <p className="text-gray-500 text-sm leading-relaxed">{desc}</p>
      </div>
    </li>
  )))
</ul>
</div>

{/* FITUR UTAMA */}
<div className="bg-white rounded-lg border border-gray-200 p-6 shadow-sm">
  <div className="flex items-center gap-2 mb-4">
    <div className="bg-emerald-100 p-2 rounded-lg">
      <LayoutDashboard size={18} className="text-emerald-600" />
    </div>
    <h3 className="text-lg font-medium text-gray-800">Fitur Utama</h3>
  </div>
  <div className="grid sm:grid-cols-2 gap-4">
    {features.map(({ icon: Icon, color, bg, title, desc }) => (
      <div key={title} className="border border-gray-100 rounded-lg p-4">
        <div className="flex items-center gap-2 mb-2">
          <div className={` ${bg} p-1.5 rounded-lg`}>
            <Icon size={15} className={color} />
          </div>
          <p className="font-medium text-gray-800 text-sm">{title}</p>
        </div>
        <p className="text-gray-500 text-sm leading-relaxed">{desc}</p>
      </div>
    )))
  </div>
</div>

{/* CATATAN PENTING */}
<div className="bg-emerald-50 border border-emerald-200 rounded-lg p-6">
  <div className="flex items-start gap-3">
    <Info size={22} className="text-emerald-600 mt-0.5 flex-shrink-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 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

```

<div>
  <h4 className="font-medium text-gray-800 mb-2">Catatan
Penting</h4>
  <p className="text-gray-700 text-sm leading-relaxed">
    Sistem ini merupakan alat bantu penelitian dan dikembangkan untuk
keperluan
    akademik. Hasil pemantauan sebaiknya dikombinasikan dengan
pengamatan manual
    dan pengetahuan praktis dalam budidaya maggot BSF agar evaluasi
yang diperoleh
    lebih komprehensif.
  </p>
</div>
</div>
{ /* RUANG LINGKUP */ }
<div className="bg-white rounded-lg border border-gray-200 p-6 shadow-
sm">
  <h3 className="text-lg font-medium text-gray-800 mb-3">Ruang
Lingkup</h3>
  <p className="text-gray-600 leading-relaxed">
    Sistem berfokus pada pemantauan kondisi lingkungan kolam dan
kesehatan sistem
    komunikasi data. Sistem tidak menggantikan observasi langsung maupun
pemeriksaan
    fisik secara menyeluruh yang dilakukan oleh praktisi budidaya.
  </p>
</div>
</div>
</MainLayout>
);
}

```



Hak Cipta :

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

L-5 Source Code Program Subscribe MQTT

```
<?php

namespace App\Console\Commands;

use Illuminate\Console\Command;
use PhpMqtt\Client\MqttClient;
use PhpMqtt\Client\ConnectionSettings;
use Illuminate\Support\Facades\DB;

use Kreait\Firebase\Contract\Messaging;
use Kreait\Firebase\Messaging\CloudMessage;
use Kreait\Firebase\Messaging\Notification;
use Kreait\Firebase\Messaging\AndroidConfig;

class MqttSubscribe extends Command
{
    protected $signature = 'mqtt:subscribe';
    protected $description = 'Subscribe MQTT ChirpStack and store sensor + network logs';

    protected Messaging $messaging;

    public function __construct(Messaging $messaging)
    {
        parent::__construct();
        $this->messaging = $messaging;
    }

    public function handle()
    {
        while (true) {
            try {
                $server = '16.79.147.171';
                $port = 1883;
                $clientId = 'laravel-subscriber-' . uniqid();
                $mqtt = new MqttClient($server, $port, $clientId);

                $settings = (new ConnectionSettings)
                    ->setKeepAliveInterval(60)
                    ->setConnectTimeout(10);

                $mqtt->connect($settings, true);
                $this->info('Connected to MQTT Broker');
```



© 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

```
$mqtt->subscribe('application/+/device/+/event/up',
function (string $topic, string $message) {
    try {
        $this->info("TOPIC: " . $topic);

        $parts = explode('/', $topic);
        $devEui = strtolower(trim($parts[3] ?? ""));
        if (!$devEui) {
            $this->error("DEV EUI kosong");
            return;
        }

        $payload = json_decode($message, true);
        if (json_last_error() !== JSON_ERROR_NONE) {
            $this->error("JSON ERROR: " . json_last_error_msg());
            return;
        }
        if (empty($payload)) {
            $this->warn("Payload kosong");
            return;
        }

        $object = $payload['object'] ?? null;
        $this->info("STEP 1");
        if (!$object) {
            $this->warn("Object kosong");
            return;
        }

        $temp_pakan = $object['temp_pakan'] ?? null;
        $hum_pakan = $object['hum_pakan'] ?? null;
        $temp_udara = $object['temp_udara'] ?? null;
        $hum_udara = $object['hum_udara'] ?? null;
        $intensitas_cahaya = $object['intensitas_cahaya'] ?? null;

        if ($temp_pakan == -127) {
            $temp_pakan = null;
            $this->warn("DS18B20 belum siap dibaca");
        }

        $sensor_timestamp = $object['sensor_timestamp'] ?? null;
        $frameCounter = $payload['fCnt'] ?? null;
        $spreadingFactor =
        $payload['txInfo']['modulation']['lorawan']['spreadingFactor'] ?? null;
        $rssi = $payload['rxInfo'][0]['rssi'] ?? null;
        $snr = $payload['rxInfo'][0]['snr'] ?? null;
```



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

```

$received_at    = now();

// === LATENSI MQTT: dari ChirpStack publish event →
subscriber nerima ===

$publishTime = $payload['time'] ?? null; // waktu ChirpStack
generate/publish event (RFC3339)

$this->info("TIMES -> event: " . json_encode($payload['time'] ?? null)
. " | nsTime: " . json_encode($payload['rxInfo'][0]['nsTime'] ?? null)
. " | gwTime: " . json_encode($payload['rxInfo'][0]['time'] ?? null));

$mqtt_latency_ms = null;
$delay_ms        = null;
if ($publishTime) {
    try {
        $pubMs = \Carbon\Carbon::parse($publishTime)-
>getPreciseTimestamp(3); // epoch ms
        $latency = round((microtime(true) * 1000) - $pubMs, 2);
        if ($latency >= 0 && $latency <= 600000) { // sanity check
            $mqtt_latency_ms = $latency;
            $delay_ms        = $latency;
        }
    } catch (\Throwable $e) {
    }
}

$this->info("DEV EUI MQTT: " . $devEui);
$device = DB::table('devices')
->whereRaw('LOWER(TRIM(dev_eui)) = ?', [$devEui])
->first();
$this->info("DEVICE FOUND: " . ($device ? "YES" : "NO"));
$this->info("STEP 2");

if (!$device) {
    $this->error("Device tidak ditemukan: " . $devEui);
    return;
}

$deviceId = $device->id;
$gatewayId = 1;
$this->info("STEP 3");

$packetLoss    = 0;
$lastNetworkLog = DB::table('network_logs')
->where('device_id', $deviceId)

```



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

```

->whereNotNull('frame_counter')
->orderByDesc('id')
->first();

if ($lastNetworkLog && $lastNetworkLog->frame_counter !== null) {
    if ($frameCounter <= $lastNetworkLog->frame_counter) {
        $this->warn("FCNT RESET TERDETEKSI");
        $packetLoss = 0;
    } else {
        $packetLoss = max(0, $frameCounter - $lastNetworkLog-
>frame_counter - 1);
    }
}

DB::table('devices')->where('id', $deviceId)->update([
    'last_seen_at' => now(),
    'updated_at' => now(),
]);

$sensorData = [
    'device_id' => $deviceId,
    'temp_pakan' => $temp_pakan,
    'hum_pakan' => $hum_pakan,
    'temp_udara' => $temp_udara,
    'hum_udara' => $hum_udara,
    'intensitas_cahaya' => $intensitas_cahaya,
    'sensor_timestamp' => $sensor_timestamp,
    'received_at' => $received_at,
    'created_at' => $received_at,
    'updated_at' => $received_at,
];

$networkLog = [
    'gateway_id' => $gatewayId,
    'device_id' => $deviceId,
    'mqtt_latency_ms' => $mqtt_latency_ms,
    'uplink_delay_ms' => $delay_ms,
    'uplink_packet_loss' => $packetLoss,
    'uplink_rssi' => $rssi,
    'uplink_snr' => $snr,
    'frame_counter' => $frameCounter,
    'spreading_factor' => $spreadingFactor,
    'tested_at' => $received_at,
    'created_at' => $received_at,
    'updated_at' => $received_at,
];

```



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

```

$this->info("STEP 4");
DB::table('sensor_data')->insert($sensorData);
DB::table('network_logs')->insert($networkLog);
$this->info("STEP 5");

$this->info("FCNT: $frameCounter | SF: $spreadingFactor | PACKET
LOSS: $packetLoss");

//
=====
// FIREBASE NOTIFICATION
//
=====
$this->info("CHECK ALERT - hum_pakan: $hum_pakan, temp_pakan:
$temp_pakan");
$alerts = [];
// Pakai device_id (angka) biar lebih mudah dibaca
$nodeLabel = "Node $deviceId";

if ($hum_pakan !== null && (int)$hum_pakan > 90) {
    $alerts[] = ['⚠ Alert Kelembapan Pakan!', "[$nodeLabel]
Kelembapan terlalu tinggi ($hum_pakan%)"];
}
if ($hum_pakan !== null && (int)$hum_pakan < 60) {
    $alerts[] = ['⚠ Alert Kelembapan Pakan!', "[$nodeLabel]
Kelembapan terlalu rendah ($hum_pakan%)"];
}
if ($temp_pakan !== null && (float)$temp_pakan > 36) {
    $alerts[] = ['🔥 Alert Suhu Pakan!', "[$nodeLabel] Suhu terlalu tinggi
($temp_pakan°C)"];
}
if ($temp_udara !== null && (float)$temp_udara > 35) {
    $alerts[] = ['🔥 Peringatan Kondisi Lingkungan!', "[$nodeLabel] Suhu
udara terlalu tinggi ($temp_udara°C)"];
}
if ($temp_udara !== null && (float)$temp_udara < 28) {
    $alerts[] = ['🔥 Peringatan Kondisi Lingkungan!', "[$nodeLabel] Suhu
udara terlalu rendah ($temp_udara°C)"];
}
if ($hum_udara !== null && (int)$hum_udara > 75) {
    $alerts[] = ['⚠ Peringatan Kondisi Lingkungan!', "[$nodeLabel]
Kelembapan udara terlalu tinggi ($hum_udara% RH)"];
}
if ($hum_udara !== null && (int)$hum_udara < 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

```

        $alerts[] = ['⚠ Peringatan Kondisi Lingkungan!', "[$nodeLabel]
        Kelembapan udara terlalu rendah ($hum_udara% RH)"];
    }
    if ($intensitas_cahaya !== null && (int)$intensitas_cahaya > 10000) {
        $alerts[] = ['☀ Peringatan Kondisi Cahaya!', "[$nodeLabel] Intensitas
        cahaya terlalu tinggi ($intensitas_cahaya lux)"];
    }

    $this->info("TOTAL ALERTS: " . count($alerts));

    if (!empty($alerts)) {
        $users = DB::table('users')->whereNotNull('fcm_token')->get();
        $this->info("TOTAL USERS WITH TOKEN: " . count($users));

        foreach ($alerts as [$title, $body]) {
            foreach ($users as $user) {
                try {
                    $msg = CloudMessage::new()
                        ->withToken($user->fcm_token)
                        ->withNotification(Notification::create($title, $body))
                        ->withHighestPossiblePriority();

                    $this->messaging->send($msg);
                    $this->info("NOTIF SENT: $title");

                } catch (\Exception $e) {
                    $this->error("FCM ERROR: " . $e->getMessage());
                    $this->error("FCM CLASS: " . $e->get_class($e));
                }
            }
        }
    } catch (\Exception $e) {
        $this->error("MQTT PROCESS ERROR: " . $e->getMessage());
    }
    },
    1
);

$mqtt->loop(true);

} catch (\Exception $e) {
    $this->error("MQTT DISCONNECTED: " . $e->getMessage());
    $this->info("Reconnecting in 5 seconds...");
    sleep(5);
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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





L-6 Data Mentah Pengujian Kinerja Jaringan

PENGUJIAN KINERJA JARINGAN GATEWAY KE CHIRPSTACK							
No.	Kondisi Jaringan	Pengujian ke-	Waktu Pengujian	Parameter Jaringan			
				Throughput (bps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
1	BASELINE	1	5 Menit	959	7.43	4.54	0
2		2	5 Menit	951	8.97	7.2	0
3		3	5 Menit	958	8.91	9.5	0
4		4	5 Menit	964	14.52	16.6	0
5		5	5 Menit	960	9.827	7.6	0
6		6	5 Menit	961	13.96	16	0
7		7	5 Menit	939	8.64	3.7	0
8		8	5 Menit	959	7.32	2.85	0
9		9	5 Menit	962	8.49	4.87	0
10		10	5 Menit	961	10.18	8.07	0
11	iPerf 50%	1	5 Menit	937	8.72	5.01	0
12		2	5 Menit	964	15.93	14.4	0
13		3	5 Menit	940	28.5	27.2	0
14		4	5 Menit	922	24.17	26.72	0
15		5	5 Menit	947	15.42	13.19	0
16		6	5 Menit	939	11.69	7.9	0
17		7	5 Menit	954	17.7	19.19	0
18		8	5 Menit	966	16.86	16.55	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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

19		9	5 Menit	937	16.45	16.52	0
20		10	5 Menit	961	41.14	31.21	0
21	iPerf 100%	1	5 Menit	940	13.46	8.24	0
22		2	5 Menit	908	18.32	18.63	0
23		3	5 Menit	932	27.89	31.29	0
24		4	5 Menit	947	22.88	23.54	0
25		5	5 Menit	938	28.51	37.52	0
26		6	5 Menit	909	18.2	10.7	0
27		7	5 Menit	923	12.66	12.06	0
28		8	5 Menit	903	25.19	20.75	0
29		9	5 Menit	919	19.43	16.98	0
30		10	5 Menit	938	16.37	14.63	0

PENGUJIAN KINERJA JARINGAN CHIRPSTACK KE APLIKASI MONITORING							
No.	Kondisi Jaringan	Pengujian Ke-	Waktu Pengujian	Parameter Jaringan			
				Throughput (bps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
1	BASELINE	1	5 Menit	5590	0.12	0.21	0
2		2	5 Menit	5562	0.05	0.19	0
3		3	5 Menit	5912	0.11	0.41	0
4		4	5 Menit	5912	0.07	0.25	0
5		5	5 Menit	5987	0.059	0.199	0
6		6	5 Menit	5890	0.27	0.61	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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7		7	5 Menit	5790	0.057	0.193	0
8		8	5 Menit	5886	0.058	0.195	0
9		9	5 Menit	5950	0.053	0.176	0
10		10	5 Menit	5950	0.051	0.166	0
11	iPerf 50%	1	5 Menit	5782	0.066	0.111	0
12		2	5 Menit	5957	0.065	0.11	0
13		3	5 Menit	5758	0.072	0.12	0
14		4	5 Menit	5637	0.073	0.125	0
15		5	5 Menit	5791	0.074	0.129	0
16		6	5 Menit	5799	0.062	0.106	0
17		7	5 Menit	5825	0.054	0.085	0
18		8	5 Menit	5840	0.067	0.115	0
19		9	5 Menit	5654	0.069	0.12	0
20		10	5 Menit	5919	0.068	0.117	0
21	iPerf 100%	1	5 Menit	5512	0.077	0.135	0
22		2	5 Menit	5639	0.082	0.144	0
23		3	5 Menit	5711	0.072	0.126	0
24		4	5 Menit	5854	0.08	0.141	0
25		5	5 Menit	5879	0.085	0.15	0
26		6	5 Menit	5684	0.114	0.21	0
27		7	5 Menit	5738	0.049	0.081	0
28		8	5 Menit	5268	0.051	0.084	0
29		9	5 Menit	5692	0.05	0.083	0

30		10	5 Menit	5891	0.054	0.09	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

