



**RANCANG BANGUN SISTEM SMART HIDROPONIK  
UNTUK MONITORING DETEKSI HAMA PADA  
TUMBUHAN BERBASIS INTERNET OF THINGS**

**Sub Judul:**

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL  
HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM  
DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR  
MICROSERVICES**

**SKRIPSI**

**Muhammad Khairu Mufid - 2207421031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**DEPOK**

**2026**



**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL  
HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM  
DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR  
MICROSERVICES**

**SKRIPSI**

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk  
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

**Muhammad Khairu Mufid - 2207421031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN  
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**DEPOK**

**2026**



## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Khairu Mufid  
NIM : 2207421031  
Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / T. Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA  
PROTOKOL HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM  
DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR MICROSERVICES

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung cirri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 28 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



(Muhammad Khairu Mufid)

NIM.2207421031

### Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Khairu Mufid

NIM : 2207421031

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR MICROSERVICES

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu.....  
Tanggal 1...., Bulan Juli....., Tahun 2026..... dan dinyatakan **LULUS**

Disahkan oleh

Pembimbing I : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom. (Maria)

Penguji I : Dr. Prihatin Oktivasari S.Si., M.Si. (Prihatin)

Penguji II : Susana Dwi Yulianti M.Kom. (Susana)

Penguji III : Chandra Wirawan, S.Kom, M.Kom. (Chandra)

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP.197908032003122003



**Hak Cipta :**

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

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Analisis Perbandingan Kinerja Protokol HTTP, WebSocket, dan MQTT pada Platform Deteksi Hama Berbasis Arsitektur *Microservices*”. Skripsi ini disusun sebagai syarat penyelesaian Program Studi Sarjana Terapan Teknik Multimedia dan Jaringan di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala kemudahan, kelancaran, dan petunjuk-Nya selama proses penelitian.
2. Ibu Maria Agustin, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu serta memberikan arahan teknis yang berharga dari awal hingga akhir.
3. Kedua orang tua dan keluarga, yang senantiasa memberikan doa, cinta, dan dukungan moral tanpa henti.
4. Rekan-rekan tim penelitian hidroponik, atas kerja sama, kolaborasi, dan diskusi teknis yang sangat membantu penyelesaian riset ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat nyata bagi pengembangan rekayasa jaringan dan *Internet of Things* (IoT).

Depok, 28 Juni 2026

Muhammad Khairu Mufid



**© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta**

**Hak Cipta :**

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

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Khairu Mufid

NIM : 2207421031

Jurusan/Program Studi : T.Informatika dan Komputer / T. Multimedia dan Jaringan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR MICROSERVICES**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 28 Juni 2026

Yang Menyatakan



(Muhammad Khairu Mufid)

NIM.2207421031



**Hak Cipta :**

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

## ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA PROTOKOL HTTP, WEBSOCKET, DAN MQTT PADA PLATFORM DETEKSI HAMA BERBASIS ARSITEKTUR MICROSERVICES

### ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh beban ganda perangkat edge computing dalam mengeksekusi model kecerdasan buatan sekaligus mengirimkan gambar secara terus-menerus pada sistem pemantauan hidroponik. Kondisi ini rentan memicu hambatan pada perangkat keras. Di sisi lain, studi perbandingan sebelumnya umumnya masih terbatas pada pengujian data sensor berskala ringan, sehingga efisiensi protokol jaringan untuk pengiriman data gambar berukuran besar belum teruji secara pasti. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi dan membandingkan kinerja protokol HTTP, WebSocket, dan MQTT pada arsitektur microservices. Metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental melalui ekstraksi parameter Quality of Service (QoS) berstandar TIPHON dan pengujian keandalan operasional. Hasil pengujian menunjukkan Packet Loss seluruh protokol sangat ideal di bawah 1%. MQTT terbukti sebagai protokol paling optimal dengan Throughput tertinggi sebesar 153.92 Kbps dan Latency yang bersaing di angka 26.10 ms. Sebaliknya, HTTP menjadi yang paling lambat (27.71 ms) akibat pembengkakan lapisan aplikasi dan mekanisme sinkron, sedangkan WebSocket memicu fluktuasi Jitter tertinggi mencapai 78.22 ms akibat beban komputasi enkripsi XOR Masking pada tingkat mikrokontroler. Infrastruktur microservices terbukti kebal terhadap kegagalan berantai dengan waktu pemulihan murni berkisar antara 5.019 hingga 8.044 detik. Kesimpulannya, integrasi MQTT dan arsitektur microservices menghasilkan platform smart farming yang memiliki toleransi kesalahan tinggi dan andal untuk operasional greenhouse hidroponik.

*Kata kunci: Arsitektur Microservices, Edge Computing, Hidroponik, Internet of Things, MQTT, Quality of Service.*



**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR ISI**

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....                               | ii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                                                | iii |
| KATA PENGANTAR.....                                                    | iv  |
| SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....                            | v   |
| SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....                                | v   |
| ABSTRAK .....                                                          | vi  |
| DAFTAR ISI .....                                                       | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                    | x   |
| DAFTAR TABEL.....                                                      | xii |
| BAB I                                                                  |     |
| PENDAHULUAN .....                                                      | 1   |
| 1.1. Latar Belakang Masalah .....                                      | 1   |
| 1.2. Perumusan Masalah .....                                           | 3   |
| 1.3. Batasan Masalah .....                                             | 4   |
| 1.4. Tujuan dan Manfaat .....                                          | 5   |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....                                       | 6   |
| BAB II                                                                 |     |
| TINJAUAN PUSTAKA.....                                                  | 8   |
| 2.1. Penelitian Terdahulu .....                                        | 8   |
| 2.2. Internet of Things (IoT) dan Edge Computing .....                 | 12  |
| 2.3. Konsep <i>Smart Farming</i> dan Hidroponik .....                  | 12  |
| 2.4. Protokol Komunikasi Data.....                                     | 13  |
| 2.4.1. <i>Hypertext Transfer Protocol</i> (HTTP).....                  | 13  |
| 2.4.2. <i>WebSocket Protocol</i> .....                                 | 14  |
| 2.4.3. <i>MQTT Protocol</i> .....                                      | 14  |
| 2.4.4. <i>Overhead Komputasi dan Kriptografi</i> .....                 | 15  |
| 2.5. Representasi Data Gambar (Base64 Encoding).....                   | 16  |
| 2.6. Arsitektur dan Infrastruktur Sistem .....                         | 17  |
| 2.6.1. Arsitektur <i>Microservices</i> dan Toleransi Kesalahan.....    | 17  |
| 2.6.2. <i>Cloud Computing</i> ( <i>Google Cloud Platform</i> ).....    | 17  |
| 2.6.3. <i>Kontainerisasi</i> ( <i>Docker dan Docker Compose</i> )..... | 18  |
| 2.7. Teknologi Pengembangan Platform Web.....                          | 18  |
| 2.7.1. <i>Node JS dan Manajemen Memori</i> .....                       | 18  |



**Hak Cipta :**

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

|                            |                                                                     |    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.2.                     | Eclipse Mosquitto .....                                             | 19 |
| 2.7.3.                     | React.js .....                                                      | 19 |
| 2.7.4.                     | PostgreSQL dan Connection Pooling.....                              | 20 |
| 2.8.                       | Parameter Pengujian Quality of Service (QoS) .....                  | 20 |
| 2.8.1.                     | <i>Throughput</i> .....                                             | 21 |
| 2.8.2.                     | Latensi .....                                                       | 21 |
| 2.8.3.                     | <i>Packet Loss</i> .....                                            | 22 |
| 2.8.4.                     | <i>Jitter</i> .....                                                 | 23 |
| 2.9.                       | Metode Pengujian dan Keandalan Sistem Perangkat Lunak .....         | 24 |
| 2.9.1.                     | Pengujian Fungsionalitas (Blackbox) .....                           | 24 |
| 2.9.2.                     | Pengujian Penerimaan (UAT) dan Technology Acceptance Model<br>24    |    |
| 2.9.3.                     | Pengujian Keandalan Operasional ( <i>Reliability Testing</i> )..... | 25 |
| BAB III                    |                                                                     |    |
| METODE PENELITIAN.....     |                                                                     | 26 |
| 3.1.                       | Rancangan Penelitian.....                                           | 26 |
| 3.2.                       | Tahapan Penelitian .....                                            | 27 |
| 3.3.                       | Objek Penelitian.....                                               | 31 |
| BAB IV                     |                                                                     |    |
| HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                                     | 32 |
| 4.1.                       | Analisis Kebutuhan.....                                             | 32 |
| 4.1.1.                     | Kebutuhan Fungsional .....                                          | 32 |
| 4.1.2.                     | Kebutuhan Non-Fungsional .....                                      | 34 |
| 4.2.                       | Perancangan Sistem .....                                            | 35 |
| 4.2.1.                     | Spesifikasi Perangkat Keras.....                                    | 35 |
| 4.2.2.                     | Spesifikasi Perangkat Lunak.....                                    | 36 |
| 4.2.3.                     | Diagram Blok Sistem .....                                           | 38 |
| 4.2.4.                     | Arsitektur Microservices dan Jaringan.....                          | 39 |
| 4.2.5.                     | Flowchart Sistem.....                                               | 40 |
| 4.2.6.                     | Perancangan <i>Database</i> .....                                   | 42 |
| 4.2.7.                     | Perancangan Antarmuka Pengguna.....                                 | 44 |
| 4.3.                       | Implementasi Sistem .....                                           | 49 |
| 4.3.1.                     | Implementasi <i>Database</i> .....                                  | 49 |
| 4.3.2.                     | Implementasi <i>Backend</i> dan Broker .....                        | 52 |
| 4.3.3.                     | Implementasi <i>Frontend</i> .....                                  | 58 |
| 4.3.4.                     | Implementasi Infrastruktur Cloud .....                              | 62 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.4. Pengujian Sistem.....       | 63  |
| 4.4.1. Deskripsi Pengujian ..... | 63  |
| 4.4.2. Prosedur Pengujian .....  | 65  |
| 4.4.3. Data Hasil Pengujian..... | 70  |
| 4.4.4. Analisis Data .....       | 106 |
| BAB V                            |     |
| PENUTUP.....                     | 116 |
| 5.1. Kesimpulan .....            | 116 |
| 5.2. Saran .....                 | 117 |
| DAFTAR PUSTAKA.....              | 118 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....        | 121 |
| LAMPIRAN.....                    | 122 |





## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.1 Tahapan Penelitian .....                                                      | 28 |
| Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem .....                                                    | 38 |
| Gambar 4.2. Diagram Arsitektur <i>Microservices</i> .....                                | 39 |
| Gambar 4.3. Flowchart Sistem.....                                                        | 41 |
| Gambar 4.4 Entity-Relationship Diagram (ERD) Sistem.....                                 | 42 |
| Gambar 4.5. Rancangan Halaman Login .....                                                | 44 |
| Gambar 4.6. Rancangan Halaman Dashboard .....                                            | 45 |
| Gambar 4.7. Rancangan Halaman Live Monitor .....                                         | 46 |
| Gambar 4.8. Rancangan Halaman Laporan (Sesi <i>Monitoring</i> ).....                     | 46 |
| Gambar 4.9. Rancangan Halaman Laporan (Log Deteksi <i>Raw</i> ).....                     | 47 |
| Gambar 4.10. Rancangan Halaman Detail Log .....                                          | 47 |
| Gambar 4.11. Rancangan Halaman Pengaturan.....                                           | 48 |
| Gambar 4.12 Daftar Tabel Sistem pada Antarmuka CLI PostgreSQL.....                       | 49 |
| Gambar 4.13 Spesifikasi Atribut dan Tipe Data Tabel <i>tb_detection_log</i> .....        | 51 |
| Gambar 4.14 Struktur Direktori Arsitektur <i>Backend Node.js</i> .....                   | 53 |
| Gambar 4.15 Konfigurasi <i>Listener</i> pada Eclipse Mosquitto.....                      | 54 |
| Gambar 4.16 Implementasi <i>Gateway</i> HTTP dan <i>Client</i> MQTT pada Node.js .....   | 55 |
| Gambar 4.17. Pembuatan Instans MQTT Client.....                                          | 56 |
| Gambar 4.19 Implementasi Halaman Login .....                                             | 58 |
| Gambar 4.20 Implementasi Halaman Registrasi Pengguna .....                               | 59 |
| Gambar 4.21 Implementasi Halaman <i>Dashboard</i> (1) .....                              | 59 |
| Gambar 4.22 Implementasi Halaman <i>Dashboard</i> (2) .....                              | 60 |
| Gambar 4.23 Implementasi Halaman <i>Live Monitor</i> dengan <i>Protocol Switcher</i> ... | 60 |
| Gambar 4.24 Implementasi Halaman Laporan Log Telemetri.....                              | 61 |
| Gambar 4.25 Implementasi Halaman Laporan Log Telemetri.....                              | 61 |
| Gambar 4.26 Implementasi Halaman Detail Log Visual .....                                 | 62 |
| Gambar 4.27. Overview Pembuatan Instans VM GCP.....                                      | 62 |
| Gambar 4.28. Hasil Konfigurasi <i>Firewall Rule</i> VM.....                              | 63 |
| Gambar 4.29 Konfigurasi Penangkapan Jaringan Menggunakan SSH Remote Wireshark .....      | 79 |
| Gambar 4.30 Grafik <i>Throughput</i> Protokol HTTP (Sesi 1).....                         | 82 |
| Gambar 4.31 Grafik <i>Throughput</i> Protokol HTTP (Sesi 2).....                         | 82 |
| Gambar 4.32 Grafik <i>Throughput</i> Protokol H TTP (Sesi 3).....                        | 83 |
| Gambar 4.33 Grafik <i>Throughput</i> Protokol WebSocket (Sesi 1) .....                   | 84 |
| Gambar 4.34 Grafik <i>Throughput</i> Protokol WebSocket (Sesi 2) .....                   | 84 |
| Gambar 4.35 Grafik <i>Throughput</i> Protokol WebSocket (Sesi 3) .....                   | 84 |
| Gambar 4.36 Grafik <i>Throughput</i> Protokol MQTT (Sesi 1) .....                        | 85 |
| Gambar 4.37 Grafik <i>Throughput</i> Protokol MQTT (Sesi 2) .....                        | 86 |
| Gambar 4.38 Grafik <i>Throughput</i> Protokol MQTT (Sesi 3) .....                        | 86 |
| Gambar 4.39 Hasil Pemindaian Retransmisi TCP Protokol HTTP (Sesi 1) .....                | 88 |
| Gambar 4.40 Hasil Pemindaian Retransmisi TCP Protokol HTTP (Sesi 2) .....                | 88 |
| Gambar 4.41 Hasil Pemindaian Retransmisi TCP Protokol HTTP (Sesi 3) .....                | 89 |
| Gambar 4.42 Pemindaian Retransmisi TCP Protokol WebSocket (Sesi 1).....                  | 90 |
| Gambar 4.43 Pemindaian Retransmisi TCP Protokol WebSocket (Sesi 2).....                  | 90 |
| Gambar 4.44 Pemindaian Retransmisi TCP Protokol WebSocket (Sesi 3).....                  | 91 |

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

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.45 Hasil Retransmisi TCP Protokol MQTT (Sesi 1).....                                                                                                                                                     | 92  |
| Gambar 4.46 Hasil Retransmisi TCP Protokol MQTT (Sesi 2).....                                                                                                                                                     | 92  |
| Gambar 4.47 Hasil Retransmisi TCP Protokol MQTT (Sesi 3).....                                                                                                                                                     | 93  |
| Gambar 4.48 Hasil Perekaman <i>Uptime</i> Kontainer Pasca-Pengujian .....                                                                                                                                         | 97  |
| Gambar 4.49 Pemantauan Visual Suhu Operasional Perangkat <i>Edge</i> .....                                                                                                                                        | 97  |
| Gambar 4.50 Log Pemutusan dan Restorasi Koneksi Protokol HTTP pada Perangkat <i>Edge</i> .....                                                                                                                    | 98  |
| Gambar 4.51 Log Transmisi Normal Protokol WebSocket.....                                                                                                                                                          | 99  |
| Gambar 4.52 Log Pemutusan dan Restorasi Soket <i>Persistent</i> WebSocket .....                                                                                                                                   | 99  |
| Gambar 4.53 Log Transmisi Normal MQTT .....                                                                                                                                                                       | 100 |
| Gambar 4.54 Log Restorasi Status Terhubung dan Transmisi Lanjutan MQTT .....                                                                                                                                      | 100 |
| Gambar 4.55 Eksekusi <i>Command</i> Penghentian Sementara Layanan MQTT .....                                                                                                                                      | 102 |
| Validasi matinya layanan dibuktikan melalui pengecekan status kontainer pada Gambar 4.56. Saat kontainer MQTT dalam status berhenti, kontainer layanan inti lainnya terlihat tetap beroperasi secara normal. .... | 102 |
| Gambar 4.56 Status Kontainer Saat Layanan MQTT Dimatikan .....                                                                                                                                                    | 102 |
| Gambar 4.57 Status Kontainer Saat Layanan MQTT Beroperasi Kembali .....                                                                                                                                           | 102 |
| Gambar 4.58 Log <i>Backend</i> Menangkap Pemutusan dan Pemulihan Koneksi MQTT .....                                                                                                                               | 103 |
| Gambar 4.59 Eksekusi Perintah Penghentian dan Pemulihan Layanan <i>Database</i> .....                                                                                                                             | 103 |
| Gambar 4.60 Status Kontainer Saat Layanan <i>Database</i> Dimatikan .....                                                                                                                                         | 103 |
| Gambar 4.62 Log <i>Backend</i> Menangani Galat Kueri dan Pemulihan Layanan ...                                                                                                                                    | 104 |
| Gambar 4.63 Log Skrip <i>Mock</i> Mengabaikan Galat dan Melanjutkan Transmisi Data .....                                                                                                                          | 105 |
| Gambar 4.64 <i>Overhead</i> Lapisan Aplikasi pada Protokol HTTP .....                                                                                                                                             | 108 |
| Gambar 4.65 Efisiensi Framing Biner pada Protokol MQTT .....                                                                                                                                                      | 108 |
| Gambar 4.66 Implementasi Eksplisit Soket TCP <i>Keep-Alive</i> pada Lapisan Server .....                                                                                                                          | 109 |
| Gambar 4.67 Rapatnya <i>Interval Time Delta</i> Akibat Pola Burst Transmission HTTP .....                                                                                                                         | 110 |
| Gambar 4.68 Kurva Stabil Penggunaan RAM <i>Server Backend</i> Selama 6 Jam .....                                                                                                                                  | 112 |
| Gambar 4.69 Log Tangkapan Eksepsi [Errno 101] pada Protokol HTTP .....                                                                                                                                            | 113 |
| Gambar 4.70 Loop <i>Recovery</i> Otomatis Akibat Galat [Errno 101] pada WebSocket .....                                                                                                                           | 113 |
| Gambar 4.71 Upaya Restorasi <i>Persistent</i> Node.js Saat Layanan Mosquitto dimatikan.....                                                                                                                       | 114 |



## DAFTAR TABEL

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu.....                                   | 8   |
| Tabel 2.2 Klasifikasi Throughput Menurut TIPHON .....                  | 21  |
| Tabel 2.3 Klasifikasi Latensi Menurut TIPHON .....                     | 22  |
| Tabel 2.4 Klasifikasi <i>Packet Loss</i> Menurut TIPHON .....          | 23  |
| Tabel 2.5 Klasifikasi <i>Jitter</i> Menurut TIPHON.....                | 23  |
| Tabel 4.1. Kebutuhan Perangkat Fungsional .....                        | 32  |
| Tabel 4.2. Kebutuhan Perangkat Fungsional.....                         | 34  |
| Tabel 4.3. Spesifikasi Perangkat Keras .....                           | 35  |
| Tabel 4.4. Spesifikasi Perangkat Lunak .....                           | 36  |
| Tabel 4.5 Daftar Tabel Sistem .....                                    | 49  |
| Tabel 4.6 Spesifikasi Atribut Tabel <i>tb_detection_log</i> .....      | 51  |
| Tabel 4.7. Hasil Pengujian Fungsionalitas ( <i>Blackbox</i> ).....     | 70  |
| Tabel 4.8 Hasil Eksekusi Tugas Fungsional UAT .....                    | 74  |
| Tabel 4.9 Hasil Evaluasi Kualitas Perangkat Lunak (Skala 1-5) .....    | 75  |
| Tabel 4.10 Hasil Kalkulasi Latensi Protokol HTTP.....                  | 77  |
| Tabel 4.11 Hasil Kalkulasi Latensi Protokol WebSocket.....             | 77  |
| Tabel 4.12 Hasil Kalkulasi Latensi Protokol MQTT .....                 | 78  |
| Tabel 4.13 Agregasi Komparatif Latensi Antarprotokol .....             | 78  |
| Tabel 4.14 Hasil Kalkulasi <i>Jitter</i> Protokol HTTP .....           | 80  |
| Tabel 4.15 Hasil Kalkulasi <i>Jitter</i> Protokol WebSocket.....       | 80  |
| Tabel 4.16 Hasil Kalkulasi <i>Jitter</i> Protokol MQTT.....            | 81  |
| Tabel 4.17 Agregasi Komparatif <i>Jitter</i> Antarprotokol .....       | 81  |
| Tabel 4.18 Hasil Kalkulasi <i>Throughput</i> Protokol HTTP.....        | 83  |
| Tabel 4.19 Hasil Kalkulasi <i>Throughput</i> Protokol WebSocket.....   | 85  |
| Tabel 4.20 Hasil Kalkulasi <i>Throughput</i> Protokol MQTT .....       | 86  |
| Tabel 4.21 Agregasi Komparatif <i>Throughput</i> Antarprotokol .....   | 87  |
| Tabel 4.22 Hasil Kalkulasi <i>Packet Loss</i> Protokol HTTP .....      | 89  |
| Tabel 4.23 Hasil Kalkulasi <i>Packet Loss</i> Protokol WebSocket ..... | 91  |
| Tabel 4.24 Hasil Kalkulasi <i>Packet Loss</i> Protokol MQTT.....       | 93  |
| Tabel 4.25. Agregasi komparasi akhir <i>Packet Loss</i> .....          | 94  |
| Tabel 4.26 Rekapitulasi Hasil Keseluruhan Metrik QoS .....             | 94  |
| Tabel 4.27 Agregasi Performa Sumber Daya <i>Server</i> per Jam.....    | 96  |
| Tabel 4.28 Agregasi Kinerja <i>Recovery</i> Jaringan Otomatis.....     | 101 |
| Tabel 4.29 Rekapitulasi Uji Ketahanan <i>Microservices</i> .....       | 105 |

### Hak Cipta :

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

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pertanian modern, khususnya sistem hidroponik, menuntut pengawasan untuk menjaga kualitas dan kuantitas hasil panen. Lingkungan tumbuh pada hidroponik sangat bergantung pada stabilitas parameter buatan. Pengawasan berkelanjutan menjadi penting karena sedikit saja fluktuasi pada kondisi lingkungan atau masuknya anomali biologis dapat langsung berdampak pada pertumbuhan sayuran dan memicu gagal panen (Kartika dkk., 2025).

Dari berbagai variabel risiko yang ada, salah satu ancaman terbesar dalam budidaya hidroponik adalah serangan hama. Hama seperti lalat buah, kutu daun, hingga ulat grayak sering kali memanfaatkan lingkungan *greenhouse* hidroponik sebagai sumber makanan dan lokasi berkembang biak. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Zulgani dkk. (2023), intensitas kerusakan tanaman sayur akibat hama yang tidak tertangani dapat menyebar dengan sangat cepat dan mencapai tingkat kerusakan signifikan hingga 60,7% dari total populasi tanaman.

Urgensi penanganan hama tersebut terkonfirmasi melalui hasil observasi dan wawancara langsung dengan pihak pengelola *greenhouse* hidroponik Lokatani. Pada operasionalnya, *greenhouse* hidroponik masih menghadapi serangan hama secara terus-menerus, khususnya kutu kebul (*whitefly*) dan kutu daun (*aphids*). Serangan hama tersebut secara spesifik menyerang dan merusak komoditas utama kebun, yakni tanaman pakcoy dan bayam. Kemunculan hama yang terus berulang di *greenhouse* hidroponik Lokatani membuktikan bahwa ancaman ini menuntut adanya integrasi teknologi deteksi hama.

Dalam menghadapi serangan hama di *greenhouse* hidroponik seperti Lokatani, metode pemantauan konvensional yang masih mengandalkan pengawasan secara manual oleh pekerja dinilai sangat tidak efisien dan rentan terhadap keterlambatan penanganan (Iman, 2026). Keterbatasan penglihatan mata manusia membuat gejala awal serangan hama sering kali terlewatkan. Oleh karena itu, integrasi teknologi



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

*Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan (*Computer Vision*) menjadi solusi krusial. Seperti yang dijelaskan oleh Tiwari dkk. (2020), penerapan IoT dan otomatisasi pengambilan keputusan mampu mengurangi ketergantungan pada pemantauan manual, sekaligus menggantikannya dengan sistem peringatan dini yang beroperasi secara *real-time*. Pada implementasinya, sistem pendeteksi hama ini membutuhkan arsitektur protokol komunikasi yang andal agar dapat mengirimkan data tanpa hambatan.

Integrasi teknologi IoT dan pengolahan citra pada sistem hidroponik telah diteliti secara spesifik melalui *prototype* deteksi hama YOLO berbasis Raspberry Pi (Dinata, 2023). Penelitian tersebut mengeksekusi model kecerdasan buatan secara lokal pada *Edge Device*, yang terbukti memicu *hardware bottleneck* dengan penurunan *frame rate* hingga mencapai 1,14 FPS. Namun, arsitektur pada penelitian tersebut hanya mengelola data di dalam *server* lokal tanpa adanya beban transmisi internet jarak jauh. Ketika infrastruktur ini diekspansi untuk mendistribusikan data gambar menuju *server Cloud Microservices* melalui jaringan publik, perangkat *Edge* dipaksa memikul *dual workload*, yakni mempertahankan komputasi visual dan memproses enkapsulasi jaringan secara serentak. Kondisi ini memunculkan tantangan arsitektural baru, yakni urgensi pemilihan protokol komunikasi yang paling ringan dan memiliki *Quality of Service* (QoS) tinggi, agar beban jaringan tidak memperparah kemacetan pemrosesan yang dapat melumpuhkan sistem.

Sebagai solusi latensi pada jaringan IoT, penerapan protokol komunikasi *persistent* seperti WebSocket terbukti mampu menekan waktu respons transmisi hingga di bawah 1 detik (Kojansow dkk., 2024). Di sisi lain, Tsaqief dan Sutopo (2025) membuktikan bahwa MQTT (QoS 0) secara fundamental jauh lebih unggul dalam meminimalkan latensi dan Jitter dibandingkan koneksi WebSocket, yang rentan mengalami hambatan pemrosesan di tingkat mikrokontroler. Analisis komparatif secara langsung juga telah dilakukan oleh Amirkhanov dkk. (2025), yang mengonfirmasi bahwa MQTT mencetak latensi rata-rata tercepat (290,5 ms) dibandingkan WebSocket (341,9 ms) maupun HTTP. Akan tetapi, seluruh penelitian tersebut memiliki satu celah empiris yang fundamental, yaitu pengujian hanya memikul muatan telemetri lingkungan berskala sangat ringan. Belum ada



#### 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pembuktian mengenai batas kegagalan protokol dan lonjakan latensi saat dihadapkan pada muatan data gambar berukuran besar secara dinamis, yang menjadi titik fokus komparatif pada penelitian ini.

Berdasarkan celah pada penelitian terdahulu, kebutuhan distribusi data gambar ke *server cloud* memunculkan dilema arsitektural pada pemilihan protokol komunikasi di perangkat *edge*. Setiap protokol lapisan aplikasi, yakni HTTP, WebSocket, dan MQTT, memiliki karakteristik bawaan yang berisiko menciptakan *bottleneck*. Mengingat infrastruktur jaringan modern seperti Wi-Fi 5G telah meniadakan batasan kecepatan fisik saluran, ancaman hambatan transmisi kini murni bergeser pada inefisiensi lapisan aplikasi dari protokol itu sendiri serta penalti pemrosesan pada perangkat keras berspesifikasi terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memecahkan dilema tersebut dengan mengevaluasi dan membandingkan kinerja ketiga protokol secara empiris pada skenario transmisi gambar yang dikirim secara kontinu mengikuti pergerakan aktuator kamera. Evaluasi difokuskan pada ekstraksi parameter *Quality of Service (QoS)* berdasarkan standar TIPHON, meliputi *Latency, Throughput, Packet Loss, dan Jitter*, untuk merumuskan standar arsitektur telemetri visual yang paling efisien, stabil, dan optimal.

#### 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang bangun dan memvalidasi fungsionalitas sistem pemantauan deteksi hama berbasis arsitektur *microservices* menggunakan metode pengujian *Blackbox* serta *User Acceptance Test (UAT)*?
2. Bagaimana mengimplementasikan protokol lapisan aplikasi (HTTP, WebSocket, dan MQTT) di dalam lingkungan *microservices* terisolasi untuk melayani transmisi data citra dari perangkat *Edge* menuju *server*?
3. Bagaimana tingkat keandalan sistem saat dihadapkan pada skenario anomali jaringan dan arsitektural, seperti pemutusan koneksi, beban pengiriman tinggi, hingga gangguan layanan *broker*?



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

4. Bagaimana perbandingan kinerja jaringan berdasarkan parameter QoS meliputi *Throughput*, *Packet Loss*, *End-to-End Latency*, dan *Jitter* antara protokol HTTP, WebSocket, dan MQTT pada transmisi data gambar?
5. Bagaimana relevansi empiris antara degradasi metrik QoS yang terekam dengan batasan arsitektural dari setiap protokol, khususnya terkait inefisiensi pembengkakan lapisan aplikasi (*Application-Layer Bloat*) dan mekanisme sinkron (*Half-Duplex*) pada HTTP, serta penalti komputasi XOR Masking pada WebSocket?

### 1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan parameter pengujian tetap objektif, ruang lingkup dibatasi pada:

1. Perancangan dan pengujian dibatasi pada evaluasi platform arsitektur *microservices* (frontend, backend, dan komunikasi data) menggunakan metode Blackbox dan *User Acceptance Test* (UAT). Pengembangan model kecerdasan buatan (YOLO) dan perakitan *hardware* aktuator dikecualikan karena dikerjakan terpisah dalam riset payung yang sama.
2. Implementasi transmisi data dibatasi pada karakteristik bawaan protokol HTTP, WebSocket, dan MQTT (QoS Level 0). Protokol alternatif seperti CoAP, AMQP, atau gRPC tidak diuji. Keamanan tingkat lanjut seperti enkripsi TLS/SSL tidak diterapkan agar pengujian murni menilai beban komputasi bawaan dari masing-masing protokol.
3. Pengujian *reliability* sistem dibatasi pada simulasi operasi selama 6 jam untuk mengukur stabilitas memori, kemampuan *auto-reconnect* perangkat edge saat jaringan internet terputus, serta pemulihan *recovery* otomatis saat dependensi *microservices* seperti database dan broker dimatikan secara paksa.
4. Komparasi kinerja jaringan dieksekusi menggunakan infrastruktur Wi-Fi 5G untuk memisahkan parameter Throughput, Packet Loss, End-to-End Latency, dan Jitter dari gangguan sinyal seluler. Pengiriman data menggunakan gambar 640x640 piksel berformat Base64 dengan interval pengiriman tetap 3 detik. Interval 3 detik ini ditetapkan berdasarkan batas waktu yang dibutuhkan



#### Hak Cipta :

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

perangkat edge untuk mengeksekusi model AI, konversi *payload*, dan waktu pergerakan motor slider kamera secara kontinu dari satu ujung ke ujung lainnya.

5. Analisis penurunan kualitas QoS dibatasi pada evaluasi inefisiensi akibat header yang membengkak (*Application-Layer Bloat*) dan mekanisme transmisi sinkron pada HTTP, serta beban komputasi enkripsi XOR *Masking* bawaan WebSocket pada mikrokontroler.

#### 1.4. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, penelitian ini memiliki tujuan spesifik sebagai berikut:

1. Merancang bangun dan memvalidasi fungsionalitas sistem pemantauan deteksi hama berbasis arsitektur *microservices* melalui metode pengujian *Blackbox* serta *User Acceptance Test* (UAT).
2. Mengimplementasikan protokol lapisan aplikasi (HTTP, WebSocket, dan MQTT) di dalam lingkungan *microservices* terisolasi untuk melayani transmisi data citra secara *persistent*.
3. Mengevaluasi tingkat keandalan operasional sistem saat dihadapkan pada skenario anomali melalui uji ketahanan durasi operasi, pengujian *Recovery* koneksi jaringan otomatis (*auto-reconnect*), dan resiliensi interupsi layanan *backend*.
4. Mengekstraksi dan membandingkan kinerja jaringan berdasarkan parameter QoS—meliputi *Throughput*, *Packet Loss*, *End-to-End Latency*, dan *Jitter*—dari ketiga protokol tersebut di atas batas kapasitas infrastruktur nirkabel.
5. Menganalisis relevansi empiris antara degradasi metrik QoS yang terekam dengan batasan arsitektural bawaan protokol, untuk mengetahui dampak inefisiensi dari pembengkakan lapisan aplikasi (*Application-Layer Bloat*) dan mekanisme sinkron (*Half-Duplex*) pada HTTP, serta penalti komputasi XOR *Masking* pada WebSocket.

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

1. Menghasilkan sistem pemantauan deteksi hama yang fungsional dan telah teruji penggunaannya, sehingga dapat langsung membantu pengelola *greenhouse* hidroponik dalam mengambil tindakan penanganan hama.
2. Menyediakan rancangan arsitektur perangkat lunak berbasis *microservices* yang stabil, sehingga dapat dijadikan panduan praktis bagi *developer* lain yang ingin membangun aplikasi *Smart Farming* untuk kebutuhan pengiriman data gambar secara terus-menerus.
3. Memberikan sistem yang *reliable* dan mampu memulihkan koneksinya sendiri secara otomatis ketika terjadi pemutusan jaringan internet atau gangguan mendadak pada *server*.
4. Menyediakan tolok ukur berupa data nyata yang memperlihatkan perbandingan kecepatan dan kestabilan kinerja antara protokol HTTP, WebSocket, dan MQTT.
5. Memberikan wawasan teknis baru yang mengetahui penyebab pasti mengapa sebuah protokol bisa menjadi lambat atau membebani perangkat keras, sehingga dapat mencegah *developer* sistem IoT dari kesalahan dalam memilih protokol komunikasi.

### 1.5. Sistematika Penulisan

#### 1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan fondasi penelitian, dimulai dari latar belakang masalah terkait *bottleneck* performa transmisi HTTP pada sistem deteksi hama sebelumnya. Selain itu, bab ini memaparkan rumusan masalah yang berfokus pada komparasi arsitektur jaringan, penetapan batasan masalah untuk mengunci variabel pengujian (*payload* citra dan isolasi protokol), serta menjabarkan tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

#### 2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian literatur dan landasan teori yang mendasari rekayasa sistem. Topik utama mencakup arsitektur protokol komunikasi dasar (HTTP *Request-Response*, WebSocket *Full-Duplex*, dan MQTT *Pub/Sub*), teori pengukuran parameter *Quality of Service* (QoS) pada jaringan, karakteristik



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

format encoding data citra (Base64), serta tinjauan pustaka dari penelitian terdahulu.

### 3. BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjabarkan *blueprint* dan metodologi yang digunakan untuk mengeksekusi penelitian. Pembahasan meliputi perancangan topologi jaringan yang memuat node IoT, MQTT Broker, *Server Backend*, dan *Client Frontend*. Lebih lanjut, bab ini merinci skenario pengujian secara terisolasi untuk ketiga protokol, standarisasi variabel kontrol (seperti resolusi dan ukuran *payload* citra), serta instrumen dan tata cara pengambilan data metrik QoS (*Latency*, *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet Loss*).

### 4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil implementasi dan analisis komparatif dari sistem yang telah dibangun. Fokus utama bab ini adalah penyajian data empiris hasil testing transmisi citra dari ketiga protokol secara *apple-to-apple*, analisis teknis terhadap *overhead* atau anomali jaringan yang terjadi, serta implementasi dashboard web yang terintegrasi dengan fitur sistem pendukung keputusan (rekomendasi otomatis tindakan preventif dan kuratif hama).

### 5. BAB V PENUTUP

Bab ini merangkum seluruh hasil penelitian ke dalam kesimpulan yang bersifat objektif dan terukur, secara spesifik menjawab protokol mana yang terbukti paling optimal secara empiris berdasarkan pengujian di Bab IV. Selain itu, bab ini memberikan saran atau rekomendasi teknis bagi pengembangan arsitektur sistem pada penelitian di masa mendatang.

**Hak Cipta :**

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

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1.Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan arsitektur, implementasi sistem, dan ekstraksi data komparatif empiris yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, penelitian ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* deteksi hama berbasis *microservices* berhasil dirancang bangun dan divalidasi dengan tingkat keberhasilan 100% pada pengujian *Blackbox*. Pada *User Acceptance Test* (UAT), pengguna mengonfirmasi kepuasan terhadap operasional sistem di lapangan.
2. Ketiga protokol lapisan aplikasi (HTTP, WebSocket, dan MQTT) berhasil diimplementasikan secara terisolasi di dalam lingkungan *Docker Bridge Network*. Arsitektur ini mampu memfasilitasi transmisi dinamis data gambar Base64 dari perangkat *Edge* ke *server* Node.js dan Mosquitto secara stabil tanpa memicu konflik port.
3. Arsitektur sistem terbukti andal dengan mencapai Kesetimbangan suhu ( $50.6^{\circ}\text{C}$ – $55.0^{\circ}\text{C}$ ) dan stabilitas RAM (2-3%) selama 6 jam operasi tanpa kebocoran memori. Saat jaringan terputus, perangkat *Edge* mampu melakukan *Auto-Reconnect* dalam 2-3 detik. Infrastruktur *microservices* juga terbukti kebal terhadap *cascading failure*, dengan kemampuan memulihkan layanan secara otomatis dalam waktu 15.019 detik untuk layanan broker dan 18.044 detik untuk layanan *database*.
4. Evaluasi kinerja QoS mengonfirmasi MQTT memiliki rata-rata *Throughput* tertinggi (153.92 Kbps), diikuti WebSocket (152.95 Kbps) dan HTTP (150.88 Kbps). Tingkat *Packet Loss* seluruh protokol sangat ideal di bawah 1%, dengan HTTP mencatatkan angka kegagalan terkecil (0.26%). Untuk kecepatan waktu tempuh, WebSocket mencatatkan rata-rata tercepat (25.11 ms), disusul ketat oleh MQTT (26.10 ms), dan HTTP paling lambat (27.71 ms). Pada parameter *Jitter*, HTTP mencatatkan fluktuasi terendah (16.00



#### Hak Cipta :

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

ms), sedangkan WebSocket memiliki fluktuasi jeda kedatangan paling tinggi (78.22 ms).

5. Penurunan kualitas pada metrik QoS terbukti berkaitan secara empiris dengan batasan arsitektur dari setiap protokol. Keterlambatan waktu tempuh pada HTTP dipicu oleh inefisiensi *application-layer bloat* dan mekanisme pengiriman yang sinkron. Lonjakan *Jitter* pada WebSocket merupakan bentuk hambatan fisik akibat kewajiban komputasi kriptografi *XOR Masking* di tingkat mikrokontroler. MQTT terbukti menjadi standar arsitektur yang paling optimal karena berhasil menghindari kedua kelemahan tersebut melalui penggunaan format data biner yang ringan dan mekanisme transmisi asinkron.

#### 5.2. Saran

Berdasarkan batasan masalah dan temuan selama pengujian, rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data agronomi aktual yang telah divalidasi langsung oleh pakar pertanian. Hal ini bertujuan untuk menaikkan nilai guna praktis dari fitur sistem pendukung keputusan bagi para pengelola kebun di lapangan.
2. Mengingat evaluasi kinerja pada penelitian ini dieksekusi menggunakan infrastruktur Wi-Fi 5G berkapasitas tinggi dengan persentase kehilangan paket yang sangat rendah, penelitian masa depan perlu melakukan uji beban (*stress test*) menggunakan simulasi pembatasan kecepatan jaringan atau pada lingkungan seluler yang tidak stabil. Selain itu, perlu dilakukan pengukuran batas kapasitas maksimal *broker* MQTT dengan menghubungkan puluhan hingga ratusan perangkat *edge* secara bersamaan.
3. Untuk mengurangi beban komputasi *payload* pada perangkat keras, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk mengganti format teks Base64 dengan mekanisme serialisasi biner murni, seperti *Protocol Buffers* atau *MessagePack*. Ruang lingkup analisis juga dapat diperluas dengan mengevaluasi protokol alternatif yang dirancang khusus untuk komunikasi *microservices* berkinerja tinggi, seperti gRPC atau CoAP.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amirkhanov, B., Amirkhanova, G., Kunelbayev, M., Adilzhanova, S., & Tokhtassyn, M. (2025). Evaluating HTTP, MQTT over TCP and MQTT over WEBSOCKET for digital twin applications: A comparative analysis on Latency, stability, and integration. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(1), 679-694.
- An, S., Eck, T., & Yim, H. (2023). Understanding Consumers' Acceptance Intention to Use Mobile Food Delivery Applications through an Extended Technology Acceptance Model. *Sustainability*, 15(1).
- Dinata, D. C. (2023). *Rancang Bangun Sistem Penyiraman Pestisida dan Deteksi Hama Menggunakan Metode YOLO*. Laporan Penelitian Politeknik Negeri Jakarta. Depok: Politeknik Negeri Jakarta.
- Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. (2017). Microservices: yesterday, today, and tomorrow. *Present and Ulterior Software Engineering*, 195-216.
- ETSI. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*. ETSI TR 101 329 V2.1.1.
- Tsaqief, M. F., & Sutopo, J. (2025). Comparative performance analysis between the MQTT and WebSocket protocols. *Bit-Tech*, 8(2), 2227-2237.
- Gao, Y., et al. (2026). Mitigating GIL Bottlenecks in Edge AI Systems. *arXiv preprint arXiv:2601.10582*.
- Grigorik, I. (2013). *High Performance Browser Networking: What every web developer should know about networking and web performance*. O'Reilly Media, Inc.
- Hussain, S., et al. (2022). Database Connection Pooling in Modern Web Applications: Performance and Reliability Analysis. *Journal of Cloud Computing*.

### Hak Cipta :

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



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

Internet Engineering Task Force (IETF). (2011). *RFC 6455: The WebSocket Protocol*. [Online] Diakses dari <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6455>

Josefsson, S. (2006). *The Base16, Base32, and Base64 Data Encodings*. RFC 4648, Internet Engineering Task Force (IETF).

Kojansow, C. W., Manembu, P. D. K., & Rumagit, A. M. (2024). Internet Of Things (IoT) Platform Development using WebSocket communication. *Jurnal Teknik Informatika*, 19(3), 259-269.

Kuo, Y. H., et al. (2001). *Software Reliability Engineering: Testing and Quality Management*. John Wiley & Sons.

Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (8th ed.). Pearson.

Lemire, D. (2019). *What is the space overhead of Base64 encoding?*. [Online] Diakses dari web log penulis.

Light, R. (2017). Mosquitto: server and client implementation of the MQTT protocol. *The Journal of Open Source Software*, 2(13), 265.

Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. *National Institute of Standards and Technology, Special Publication 800-145*.

Merenda, M., et al. (2020). Edge Machine Learning for AI-Enabled IoT Devices: A Review. *Sensors*, 20(9), 2533.

Merkel, D. (2014). Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment. *Linux Journal*, 2014(239), 2.

Myers, G. J., Sandler, C., & Badgett, T. (2011). *The Art of Software Testing* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Newman, S. (2015). *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. O'Reilly Media, Inc.

Ornbo, G. (2012). *Sams Teach Yourself Node.js in 24 Hours*. Sams Publishing.



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

Pressman, R. S. (2014). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.

Pressman, R. S., & Maxim, B. R. (2020). *Software Engineering: A Practitioner's Approach* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Rofiansyah, W., Zalianty, F. R., Ito, F. A. L., Wijayanto, I., Ryanu, H. H., & Irawati, I. D. (2025). IoT-based control and monitoring system for hydroponic plant growth using image processing and mobile applications. *PeerJ Computer Science*. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2763>

Satyanarayanan, M. (2017). The Emergence of Edge Computing. *Computer*, 50(1), 30-39.

Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2020). *Database System Concepts* (7th ed.). McGraw-Hill.

Sommerville, I. (2015). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson.

Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Tilkov, S., & Vinoski, S. (2010). Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs. *IEEE Internet Computing*, 14(6), 80-83.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Muhammad Khairu Mufid lahir di Depok tahun 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDIT Mutiara Islam pada tahun 2016, dilanjutkan ke tingkat menengah di SMP Negeri 5 Depok dan lulus pada tahun 2019, lalu melanjutkan ke sekolah Tingkat atas di MA Negeri 7 Jakarta dengan peminatan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), lulus pada tahun 2022. Saat ini, penulis sedang menyelesaikan pendidikan sarjana terapan di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif berorganisasi dalam Kelompok Studi Mahasiswa (KSM) serta berpartisipasi dan mengembangkan kompetensi melalui perlombaan, baik di bidang akademik maupun non-akademik.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Observasi dan Implementasi





### Hak Cipta :

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

## Lampiran 2. Instrumen dan Hasil *Raw Data User Acceptance Test (UAT)*

Siapa yang telah menjawab?

Email

najib290501@gmail.com

BAGIAN 1: IDENTITAS DAN DATA DEMOGRAFI

Nama Lengkap Responden

1 jawaban

Ainun Najib

Posisi / Peran Operasional

1 jawaban

100%

- Level Manajerial / Pengelola Kebun
- Staf / Petani Lapangan
- Teknisi Sistem / Pakar IT

Tanggal dan Waktu Pengujian

1 jawaban

Jun 2026 | 23

Bagian 2: Pengujian Eksplorasi Fungsional (Black-Box Testing)

Tugas 1: Autentikasi Pengguna (Login Sistem)

Deskripsi Tugas: Masukkan username dan password yang diberikan pada halaman utama dasbor.

1 jawaban

100%

- Berhasil (Masuk ke halaman utama dasbor)
- Gagal (Sistem menolak/error/membeku)



### Hak Cipta :

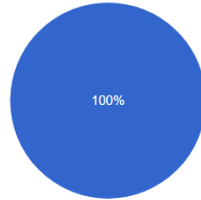
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

#### Tugas 2: Akses Pemantauan Langsung (Live Monitor)

[Salin diagram](#)

*Deskripsi Tugas:* Akses menu "Live Monitor", perhatikan aliran matriks citra (video streaming) dari kamera Raspberry Pi di kebun.

1 jawaban



- Berhasil (Gambar muncul dan diperbarui secara berkala)
- Gagal (Gambar tidak muncul/blank/error)

#### Tugas 3: Validasi Trigger DSS & Rekomendasi Mitigasi

[Salin diagram](#)

*Deskripsi Tugas:* Hadapkan objek hama pada kamera. Amati apakah panel Sistem Pendukung Keputusan (DSS) otomatis muncul di samping layar saat kotak penanda (bounding box) YOLO mendeteksi hama.

1 jawaban



- Berhasil (Panel informasi DSS muncul dan memuat teks rekomendasi)
- Gagal (Panel DSS tidak muncul meskipun hama terdeteksi)

#### Tugas 4: Penelusuran Riwayat Laporan Pengujian

[Salin diagram](#)

*Deskripsi Tugas:* Akses menu "Laporan", cari log deteksi yang masuk hari ini, lalu klik tombol "Detail" untuk memuat ulang data foto serta koordinat bounding box.

1 jawaban



- Berhasil (Data riwayat basis data termuat dengan lengkap)
- Gagal (Data tidak ditemukan/gagal mengambil data dari server)



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

#### Tugas 5: Modifikasi Parameter Batas Sensitivitas (Confidence Threshold)

[Salin diagram](#)

**Deskripsi Tugas:** Akses menu "Pengaturan", ubah nilai batas deteksi (Confidence Threshold) menjadi angka 0.70, lalu klik tombol simpan.

1 jawaban



- Berhasil (Parameter tersimpan dan sensitivitas kamera berubah)
- Gagal (Konfigurasi menolak disimpan/ tidak ada respons)

#### Tugas 6: Responsivitas Perangkat Bergerak (Mobile Access)

[Salin diagram](#)

**Deskripsi Tugas:** Gunakan peramban (browser) pada ponsel pintar Anda untuk membuka tautan dasbor Lokatani. Pastikan antarmuka menyesuaikan ukuran layar tanpa ada tombol yang terpotong.

1 jawaban



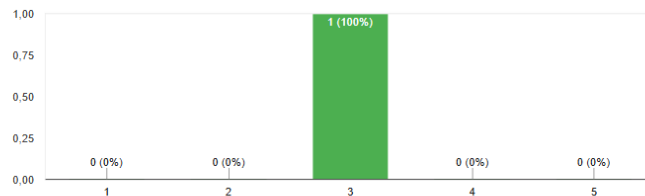
- Berhasil (Tampilan dasbor menyesuaikan layar ponsel dengan rapi)
- Gagal (Tampilan berantakan, tombol tidak bisa ditekan, atau harus digeser secara horizontal)

#### Bagian 3: Penilaian Kualitas Kinerja dan Kepuasan Pengguna

**[KEMUDAHAN NAVIGASI]** Tampilan antarmuka dasbor mudah dipahami dan struktur menunya intuitif, bahkan bagi pengguna tanpa latar belakang IT ahli.

[Salin diagram](#)

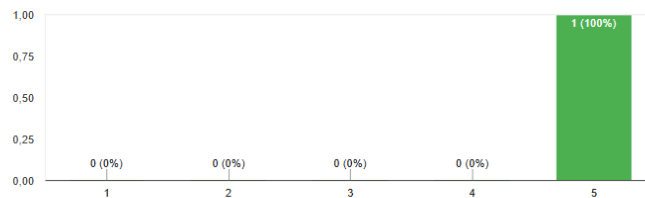
1 jawaban



**[KINERJA JARINGAN]** Kecepatan pembaruan data dan pengiriman gambar dari perangkat lapangan ke dasbor berjalan lancar tanpa tundaan (delay) yang mengganggu operasional.

[Salin diagram](#)

1 jawaban





## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

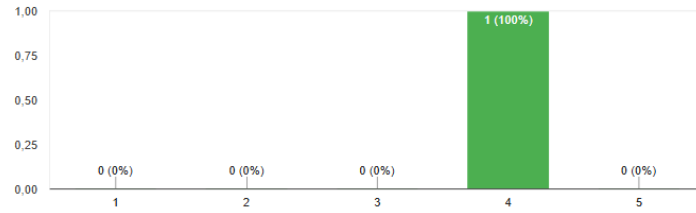
### Hak Cipta :

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

[EFEKTIVITAS VISUAL] Fitur kotak penanda (*Bounding Box*) dan label persentase akurasi pada Live Monitor sangat membantu mengenali posisi hama secara instan.

[Salin diagram](#)

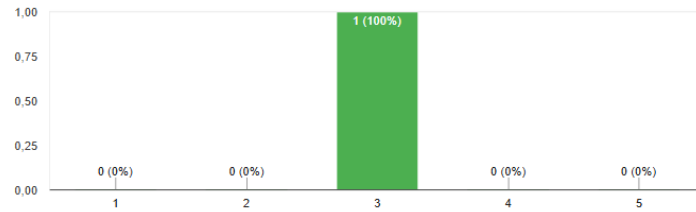
1 jawaban



[UTILITAS DATA DSS] Keberadaan modul panel informasi yang otomatis menampilkan instruksi penanganan mitigasi saat terjadi deteksi sangat membantu mempercepat proses pengambilan keputusan tindakan.

[Salin diagram](#)

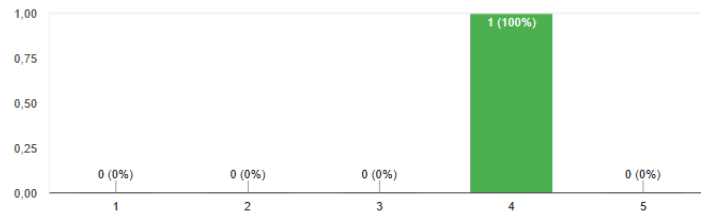
1 jawaban



[IMPLIKASI OPERASIONAL] Secara keseluruhan, implementasi platform pemantauan ini efektif meningkatkan efisiensi waktu manajemen kebun dibandingkan metode inspeksi manual.

[Salin diagram](#)

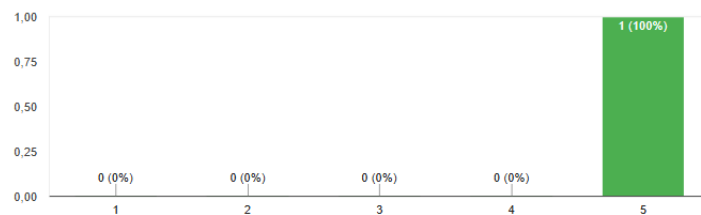
1 jawaban



[STABILITAS & PENANGANAN GALAT]: Selama durasi pengujian, sistem dasbor berjalan dengan stabil tanpa mengalami pembekuan layar (*freeze*), keluar paksa (*crash*), atau proses memuat (*loading*) yang tidak berujung.

[Salin diagram](#)

1 jawaban





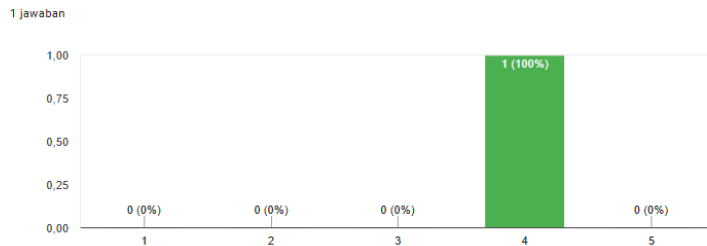
## Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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

[Arsitektur Informasi Historis] Grafik statistik dan tabel riwayat deteksi hama yang disajikan pada menu Laporan mudah diinterpretasikan untuk mengevaluasi tren serangan hama dari waktu ke waktu.

Salin diagram



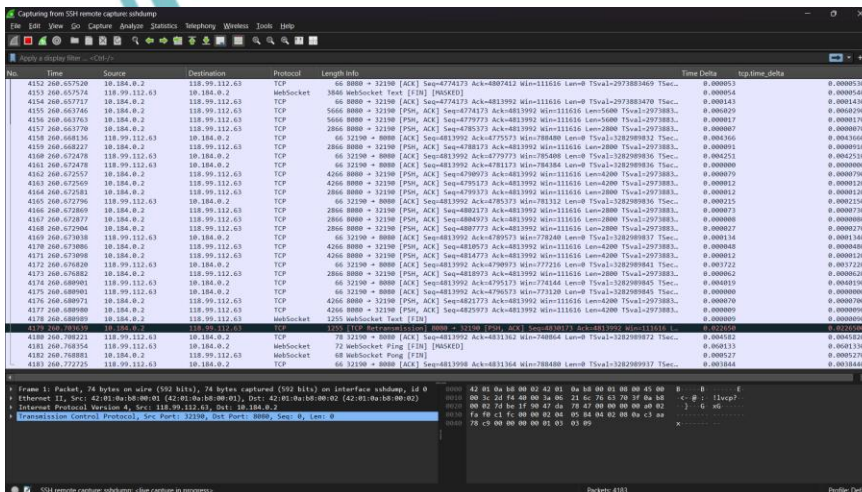
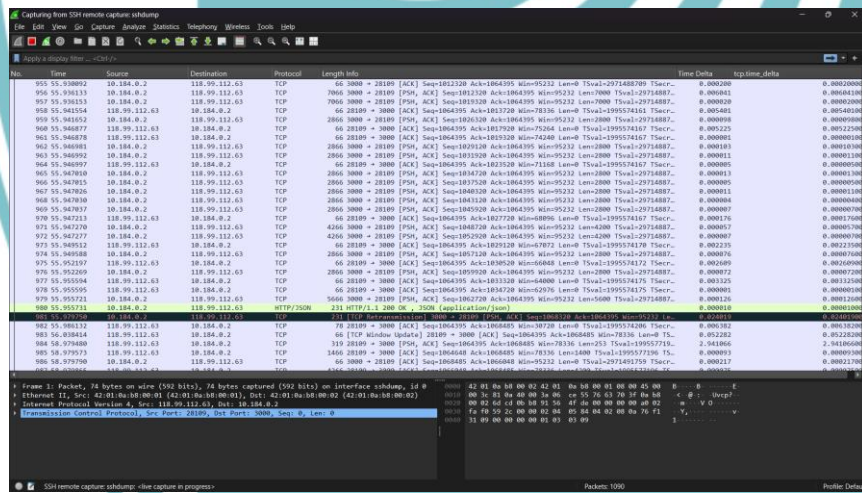
### Bagian 4: Catatan Teknis, Kritik, dan Saran

#### Kritik, Saran, dan Catatan Temuan Bug Selama Pengujian

1 jawaban

1. Perlu adanya rotasi kamera 360
2. Penyesuaian tinggi kamera

## Lampiran 3. Proses Packet Sniffing SSH Remote Wireshark



Lampiran 4. Data Mentah Pengujian *Quality of Service* (QoS)

| protokol | waktu_kirim                | waktu_terima               | latency_ms |
|----------|----------------------------|----------------------------|------------|
| HTTP     | 2026-07-11 13:41:53.058+00 | 2026-07-11 13:41:53.225+00 | 167        |
| HTTP     | 2026-07-11 13:41:56.139+00 | 2026-07-11 13:41:56.163+00 | 24         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:41:59.217+00 | 2026-07-11 13:41:59.242+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:02.264+00 | 2026-07-11 13:42:02.291+00 | 27         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:05.341+00 | 2026-07-11 13:42:05.367+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:08.41+00  | 2026-07-11 13:42:08.437+00 | 27         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:11.469+00 | 2026-07-11 13:42:11.494+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:14.534+00 | 2026-07-11 13:42:14.562+00 | 28         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:17.591+00 | 2026-07-11 13:42:17.618+00 | 27         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:20.671+00 | 2026-07-11 13:42:20.697+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:23.751+00 | 2026-07-11 13:42:23.775+00 | 24         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:26.821+00 | 2026-07-11 13:42:26.846+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:29.9+00   | 2026-07-11 13:42:29.927+00 | 27         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:32.981+00 | 2026-07-11 13:42:33.007+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:36.043+00 | 2026-07-11 13:42:36.071+00 | 28         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:39.102+00 | 2026-07-11 13:42:39.132+00 | 30         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:42.19+00  | 2026-07-11 13:42:42.219+00 | 29         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:45.247+00 | 2026-07-11 13:42:45.272+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:48.317+00 | 2026-07-11 13:42:48.343+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:51.383+00 | 2026-07-11 13:42:51.408+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:54.469+00 | 2026-07-11 13:42:54.494+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:42:57.541+00 | 2026-07-11 13:42:57.565+00 | 24         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:00.619+00 | 2026-07-11 13:43:00.647+00 | 28         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:03.692+00 | 2026-07-11 13:43:03.716+00 | 24         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:06.749+00 | 2026-07-11 13:43:06.775+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:09.808+00 | 2026-07-11 13:43:09.829+00 | 21         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:12.888+00 | 2026-07-11 13:43:12.914+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:15.946+00 | 2026-07-11 13:43:15.971+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:22.075+00 | 2026-07-11 13:43:22.1+00   | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:25.157+00 | 2026-07-11 13:43:25.182+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:28.225+00 | 2026-07-11 13:43:28.25+00  | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:31.287+00 | 2026-07-11 13:43:31.311+00 | 24         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:34.372+00 | 2026-07-11 13:43:34.397+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:37.437+00 | 2026-07-11 13:43:37.458+00 | 21         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:40.522+00 | 2026-07-11 13:43:40.548+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:43.59+00  | 2026-07-11 13:43:43.616+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:46.639+00 | 2026-07-11 13:43:46.665+00 | 26         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:49.701+00 | 2026-07-11 13:43:49.726+00 | 25         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:52.781+00 | 2026-07-11 13:43:52.808+00 | 27         |
| HTTP     | 2026-07-11 13:43:55.849+00 | 2026-07-11 13:43:55.876+00 | 27         |

© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|      |                            |                            |     |
|------|----------------------------|----------------------------|-----|
| HTTP | 2026-07-11 13:43:58.919+00 | 2026-07-11 13:43:58.945+00 | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:01.98+00  | 2026-07-11 13:44:02.007+00 | 27  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:05.034+00 | 2026-07-11 13:44:05.057+00 | 23  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:08.111+00 | 2026-07-11 13:44:08.136+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:11.181+00 | 2026-07-11 13:44:11.209+00 | 28  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:14.245+00 | 2026-07-11 13:44:14.272+00 | 27  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:17.308+00 | 2026-07-11 13:44:17.333+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:20.364+00 | 2026-07-11 13:44:20.395+00 | 31  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:23.439+00 | 2026-07-11 13:44:23.461+00 | 22  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:26.517+00 | 2026-07-11 13:44:26.541+00 | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:29.589+00 | 2026-07-11 13:44:29.616+00 | 27  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:32.651+00 | 2026-07-11 13:44:32.675+00 | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:35.721+00 | 2026-07-11 13:44:35.751+00 | 30  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:38.794+00 | 2026-07-11 13:44:38.82+00  | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:41.868+00 | 2026-07-11 13:44:41.896+00 | 28  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:44.929+00 | 2026-07-11 13:44:44.973+00 | 44  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:47.988+00 | 2026-07-11 13:44:48.018+00 | 30  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:51.041+00 | 2026-07-11 13:44:51.07+00  | 29  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:54.116+00 | 2026-07-11 13:44:54.141+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:44:57.202+00 | 2026-07-11 13:44:57.228+00 | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:00.25+00  | 2026-07-11 13:45:00.275+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:03.319+00 | 2026-07-11 13:45:03.343+00 | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:06.378+00 | 2026-07-11 13:45:06.406+00 | 28  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:09.453+00 | 2026-07-11 13:45:09.476+00 | 23  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:12.534+00 | 2026-07-11 13:45:12.56+00  | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:15.602+00 | 2026-07-11 13:45:15.625+00 | 23  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:18.674+00 | 2026-07-11 13:45:18.699+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:21.75+00  | 2026-07-11 13:45:21.77+00  | 20  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:24.819+00 | 2026-07-11 13:45:24.845+00 | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:27.896+00 | 2026-07-11 13:45:27.92+00  | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:30.985+00 | 2026-07-11 13:45:31.012+00 | 27  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:34.058+00 | 2026-07-11 13:45:34.083+00 | 25  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:37.116+00 | 2026-07-11 13:45:37.145+00 | 29  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:40.206+00 | 2026-07-11 13:45:40.23+00  | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:43.304+00 | 2026-07-11 13:45:43.324+00 | 20  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:46.426+00 | 2026-07-11 13:45:46.45+00  | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:49.488+00 | 2026-07-11 13:45:49.515+00 | 27  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:52.561+00 | 2026-07-11 13:45:52.707+00 | 146 |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:55.639+00 | 2026-07-11 13:45:55.665+00 | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:45:58.715+00 | 2026-07-11 13:45:58.739+00 | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:01.783+00 | 2026-07-11 13:46:01.811+00 | 28  |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:04.848+00 | 2026-07-11 13:46:04.872+00 | 24  |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:07.927+00 | 2026-07-11 13:46:07.953+00 | 26  |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:11.006+00 | 2026-07-11 13:46:11.035+00 | 29  |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:14.095+00 | 2026-07-11 13:46:14.122+00 | 27  |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|      |                            |                            |    |
|------|----------------------------|----------------------------|----|
| HTTP | 2026-07-11 13:46:17.17+00  | 2026-07-11 13:46:17.199+00 | 29 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:20.218+00 | 2026-07-11 13:46:20.242+00 | 24 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:23.294+00 | 2026-07-11 13:46:23.318+00 | 24 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:26.366+00 | 2026-07-11 13:46:26.39+00  | 24 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:29.423+00 | 2026-07-11 13:46:29.452+00 | 29 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:32.494+00 | 2026-07-11 13:46:32.522+00 | 28 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:35.581+00 | 2026-07-11 13:46:35.605+00 | 24 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:38.642+00 | 2026-07-11 13:46:38.667+00 | 25 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:41.708+00 | 2026-07-11 13:46:41.732+00 | 24 |
| HTTP | 2026-07-11 13:46:44.801+00 | 2026-07-11 13:46:44.824+00 | 23 |
|      |                            |                            |    |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:25.433+00 | 2026-07-11 14:12:25.475+00 | 42 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:28.546+00 | 2026-07-11 14:12:28.57+00  | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:31.63+00  | 2026-07-11 14:12:31.653+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:34.707+00 | 2026-07-11 14:12:34.73+00  | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:37.782+00 | 2026-07-11 14:12:37.803+00 | 21 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:40.849+00 | 2026-07-11 14:12:40.879+00 | 30 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:43.924+00 | 2026-07-11 14:12:43.949+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:47.017+00 | 2026-07-11 14:12:47.04+00  | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:50.093+00 | 2026-07-11 14:12:50.119+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:53.167+00 | 2026-07-11 14:12:53.191+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:56.248+00 | 2026-07-11 14:12:56.27+00  | 22 |
| MQTT | 2026-07-11 14:12:59.326+00 | 2026-07-11 14:12:59.351+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:02.399+00 | 2026-07-11 14:13:02.422+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:05.484+00 | 2026-07-11 14:13:05.575+00 | 91 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:08.574+00 | 2026-07-11 14:13:08.601+00 | 27 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:11.663+00 | 2026-07-11 14:13:11.689+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:14.758+00 | 2026-07-11 14:13:14.785+00 | 27 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:17.831+00 | 2026-07-11 14:13:17.855+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:20.911+00 | 2026-07-11 14:13:20.939+00 | 28 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:23.997+00 | 2026-07-11 14:13:24.023+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:27.085+00 | 2026-07-11 14:13:27.109+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:30.193+00 | 2026-07-11 14:13:30.219+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:33.224+00 | 2026-07-11 14:13:33.247+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:36.279+00 | 2026-07-11 14:13:36.303+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:39.31+00  | 2026-07-11 14:13:39.332+00 | 22 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:42.363+00 | 2026-07-11 14:13:42.388+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:45.41+00  | 2026-07-11 14:13:45.436+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:48.454+00 | 2026-07-11 14:13:48.478+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:51.524+00 | 2026-07-11 14:13:51.557+00 | 33 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:54.584+00 | 2026-07-11 14:13:54.61+00  | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:13:57.665+00 | 2026-07-11 14:13:57.687+00 | 22 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:00.71+00  | 2026-07-11 14:14:00.735+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:03.764+00 | 2026-07-11 14:14:03.789+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:06.802+00 | 2026-07-11 14:14:06.822+00 | 20 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|      |                            |                            |    |
|------|----------------------------|----------------------------|----|
| MQTT | 2026-07-11 14:14:09.85+00  | 2026-07-11 14:14:09.875+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:12.901+00 | 2026-07-11 14:14:12.925+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:15.932+00 | 2026-07-11 14:14:15.957+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:18.984+00 | 2026-07-11 14:14:19.009+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:22.027+00 | 2026-07-11 14:14:22.051+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:25.075+00 | 2026-07-11 14:14:25.098+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:28.144+00 | 2026-07-11 14:14:28.168+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:31.203+00 | 2026-07-11 14:14:31.23+00  | 27 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:34.231+00 | 2026-07-11 14:14:34.255+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:37.286+00 | 2026-07-11 14:14:37.31+00  | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:40.343+00 | 2026-07-11 14:14:40.378+00 | 35 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:43.373+00 | 2026-07-11 14:14:43.398+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:46.428+00 | 2026-07-11 14:14:46.474+00 | 46 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:49.464+00 | 2026-07-11 14:14:49.49+00  | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:52.519+00 | 2026-07-11 14:14:52.544+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:55.559+00 | 2026-07-11 14:14:55.584+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:14:58.623+00 | 2026-07-11 14:14:58.646+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:01.664+00 | 2026-07-11 14:15:01.688+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:04.721+00 | 2026-07-11 14:15:04.748+00 | 27 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:07.774+00 | 2026-07-11 14:15:07.799+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:10.807+00 | 2026-07-11 14:15:10.836+00 | 29 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:13.857+00 | 2026-07-11 14:15:13.882+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:16.929+00 | 2026-07-11 14:15:16.969+00 | 40 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:19.992+00 | 2026-07-11 14:15:20.023+00 | 31 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:23.054+00 | 2026-07-11 14:15:23.078+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:26.105+00 | 2026-07-11 14:15:26.125+00 | 20 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:29.152+00 | 2026-07-11 14:15:29.175+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:32.212+00 | 2026-07-11 14:15:32.236+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:35.27+00  | 2026-07-11 14:15:35.294+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:38.324+00 | 2026-07-11 14:15:38.349+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:41.368+00 | 2026-07-11 14:15:41.394+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:44.413+00 | 2026-07-11 14:15:44.435+00 | 22 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:47.453+00 | 2026-07-11 14:15:47.476+00 | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:50.503+00 | 2026-07-11 14:15:50.528+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:53.563+00 | 2026-07-11 14:15:53.588+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:56.632+00 | 2026-07-11 14:15:56.657+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:15:59.682+00 | 2026-07-11 14:15:59.709+00 | 27 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:02.727+00 | 2026-07-11 14:16:02.75+00  | 23 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:05.795+00 | 2026-07-11 14:16:05.821+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:08.85+00  | 2026-07-11 14:16:08.874+00 | 24 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:11.886+00 | 2026-07-11 14:16:11.912+00 | 26 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:14.94+00  | 2026-07-11 14:16:14.965+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:17.999+00 | 2026-07-11 14:16:18.024+00 | 25 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:21.031+00 | 2026-07-11 14:16:21.053+00 | 22 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:24.07+00  | 2026-07-11 14:16:24.093+00 | 23 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|      |                            |                            |     |
|------|----------------------------|----------------------------|-----|
| MQTT | 2026-07-11 14:16:27.131+00 | 2026-07-11 14:16:27.155+00 | 24  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:30.19+00  | 2026-07-11 14:16:30.216+00 | 26  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:33.228+00 | 2026-07-11 14:16:33.253+00 | 25  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:36.277+00 | 2026-07-11 14:16:36.301+00 | 24  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:39.344+00 | 2026-07-11 14:16:39.367+00 | 23  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:42.386+00 | 2026-07-11 14:16:42.41+00  | 24  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:45.436+00 | 2026-07-11 14:16:45.464+00 | 28  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:48.484+00 | 2026-07-11 14:16:48.594+00 | 110 |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:51.55+00  | 2026-07-11 14:16:51.575+00 | 25  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:54.581+00 | 2026-07-11 14:16:54.604+00 | 23  |
| MQTT | 2026-07-11 14:16:57.656+00 | 2026-07-11 14:16:57.681+00 | 25  |
| MQTT | 2026-07-11 14:17:00.701+00 | 2026-07-11 14:17:00.725+00 | 24  |
| MQTT | 2026-07-11 14:17:03.748+00 | 2026-07-11 14:17:03.776+00 | 28  |
| MQTT | 2026-07-11 14:17:06.782+00 | 2026-07-11 14:17:06.806+00 | 24  |
| MQTT | 2026-07-11 14:17:09.843+00 | 2026-07-11 14:17:09.899+00 | 56  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:27.903+00 | 2026-07-11 14:18:27.94+00  | 37  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:30.918+00 | 2026-07-11 14:18:30.939+00 | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:34.02+00  | 2026-07-11 14:18:34.045+00 | 25  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:37.134+00 | 2026-07-11 14:18:37.156+00 | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:40.243+00 | 2026-07-11 14:18:40.266+00 | 23  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:43.34+00  | 2026-07-11 14:18:43.365+00 | 25  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:46.44+00  | 2026-07-11 14:18:46.465+00 | 25  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:49.538+00 | 2026-07-11 14:18:49.56+00  | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:52.643+00 | 2026-07-11 14:18:52.66+00  | 17  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:55.756+00 | 2026-07-11 14:18:55.778+00 | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:18:58.757+00 | 2026-07-11 14:18:58.779+00 | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:01.866+00 | 2026-07-11 14:19:01.887+00 | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:04.982+00 | 2026-07-11 14:19:05.004+00 | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:08.094+00 | 2026-07-11 14:19:08.114+00 | 20  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:11.2+00   | 2026-07-11 14:19:11.22+00  | 20  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:14.299+00 | 2026-07-11 14:19:14.32+00  | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:17.395+00 | 2026-07-11 14:19:17.416+00 | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:20.49+00  | 2026-07-11 14:19:20.522+00 | 32  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:23.574+00 | 2026-07-11 14:19:23.712+00 | 138 |
| WS   | 2026-07-11 14:19:26.679+00 | 2026-07-11 14:19:26.703+00 | 24  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:29.807+00 | 2026-07-11 14:19:29.827+00 | 20  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:32.871+00 | 2026-07-11 14:19:32.89+00  | 19  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:35.894+00 | 2026-07-11 14:19:35.918+00 | 24  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:38.956+00 | 2026-07-11 14:19:38.981+00 | 25  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:42.007+00 | 2026-07-11 14:19:42.029+00 | 22  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:45.081+00 | 2026-07-11 14:19:45.102+00 | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:48.132+00 | 2026-07-11 14:19:48.153+00 | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:51.209+00 | 2026-07-11 14:19:51.23+00  | 21  |
| WS   | 2026-07-11 14:19:54.271+00 | 2026-07-11 14:19:54.292+00 | 21  |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|    |                            |                            |     |
|----|----------------------------|----------------------------|-----|
| WS | 2026-07-11 14:19:57.349+00 | 2026-07-11 14:19:57.369+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:20:00.438+00 | 2026-07-11 14:20:00.46+00  | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:20:03.508+00 | 2026-07-11 14:20:03.528+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:20:06.564+00 | 2026-07-11 14:20:06.587+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:20:09.648+00 | 2026-07-11 14:20:09.666+00 | 18  |
| WS | 2026-07-11 14:20:12.719+00 | 2026-07-11 14:20:12.742+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:20:15.794+00 | 2026-07-11 14:20:15.816+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:20:18.856+00 | 2026-07-11 14:20:18.878+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:20:21.92+00  | 2026-07-11 14:20:21.944+00 | 24  |
| WS | 2026-07-11 14:20:24.987+00 | 2026-07-11 14:20:25.008+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:20:28.068+00 | 2026-07-11 14:20:28.086+00 | 18  |
| WS | 2026-07-11 14:20:31.135+00 | 2026-07-11 14:20:31.157+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:20:34.207+00 | 2026-07-11 14:20:34.232+00 | 25  |
| WS | 2026-07-11 14:20:37.272+00 | 2026-07-11 14:20:37.293+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:20:40.342+00 | 2026-07-11 14:20:40.374+00 | 32  |
| WS | 2026-07-11 14:20:43.398+00 | 2026-07-11 14:20:43.419+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:20:46.477+00 | 2026-07-11 14:20:46.503+00 | 26  |
| WS | 2026-07-11 14:20:49.542+00 | 2026-07-11 14:20:49.564+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:20:52.62+00  | 2026-07-11 14:20:52.64+00  | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:20:55.698+00 | 2026-07-11 14:20:55.718+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:20:58.774+00 | 2026-07-11 14:20:58.796+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:21:01.833+00 | 2026-07-11 14:21:01.854+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:04.899+00 | 2026-07-11 14:21:04.92+00  | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:07.968+00 | 2026-07-11 14:21:07.99+00  | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:21:11.043+00 | 2026-07-11 14:21:11.065+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:21:14.115+00 | 2026-07-11 14:21:14.136+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:17.185+00 | 2026-07-11 14:21:17.206+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:20.264+00 | 2026-07-11 14:21:20.414+00 | 150 |
| WS | 2026-07-11 14:21:23.331+00 | 2026-07-11 14:21:23.352+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:26.401+00 | 2026-07-11 14:21:26.421+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:21:29.473+00 | 2026-07-11 14:21:29.492+00 | 19  |
| WS | 2026-07-11 14:21:32.53+00  | 2026-07-11 14:21:32.555+00 | 25  |
| WS | 2026-07-11 14:21:35.601+00 | 2026-07-11 14:21:35.621+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:21:38.682+00 | 2026-07-11 14:21:38.704+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:21:41.754+00 | 2026-07-11 14:21:41.775+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:44.806+00 | 2026-07-11 14:21:44.829+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:21:47.891+00 | 2026-07-11 14:21:47.912+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:50.962+00 | 2026-07-11 14:21:50.984+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:21:54.019+00 | 2026-07-11 14:21:54.04+00  | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:21:57.086+00 | 2026-07-11 14:21:57.107+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:22:00.166+00 | 2026-07-11 14:22:00.184+00 | 18  |
| WS | 2026-07-11 14:22:03.232+00 | 2026-07-11 14:22:03.272+00 | 40  |
| WS | 2026-07-11 14:22:06.308+00 | 2026-07-11 14:22:06.326+00 | 18  |
| WS | 2026-07-11 14:22:09.379+00 | 2026-07-11 14:22:09.402+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:22:12.4+00   | 2026-07-11 14:22:12.418+00 | 18  |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|    |                            |                            |     |
|----|----------------------------|----------------------------|-----|
| WS | 2026-07-11 14:22:15.464+00 | 2026-07-11 14:22:15.484+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:22:18.518+00 | 2026-07-11 14:22:18.539+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:22:21.609+00 | 2026-07-11 14:22:21.629+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:22:24.682+00 | 2026-07-11 14:22:24.706+00 | 24  |
| WS | 2026-07-11 14:22:27.744+00 | 2026-07-11 14:22:27.767+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:22:30.807+00 | 2026-07-11 14:22:30.827+00 | 20  |
| WS | 2026-07-11 14:22:33.865+00 | 2026-07-11 14:22:33.887+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:22:36.942+00 | 2026-07-11 14:22:36.965+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:22:40.01+00  | 2026-07-11 14:22:40.032+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:22:43.083+00 | 2026-07-11 14:22:43.104+00 | 21  |
| WS | 2026-07-11 14:22:46.145+00 | 2026-07-11 14:22:46.168+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:22:49.211+00 | 2026-07-11 14:22:49.233+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:22:52.283+00 | 2026-07-11 14:22:52.426+00 | 143 |
| WS | 2026-07-11 14:22:55.358+00 | 2026-07-11 14:22:55.383+00 | 25  |
| WS | 2026-07-11 14:22:58.431+00 | 2026-07-11 14:22:58.447+00 | 16  |
| WS | 2026-07-11 14:23:01.497+00 | 2026-07-11 14:23:01.519+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:23:04.559+00 | 2026-07-11 14:23:04.581+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:23:07.649+00 | 2026-07-11 14:23:07.672+00 | 23  |
| WS | 2026-07-11 14:23:10.714+00 | 2026-07-11 14:23:10.736+00 | 22  |
| WS | 2026-07-11 14:23:13.785+00 | 2026-07-11 14:23:13.803+00 | 18  |
| WS | 2026-07-11 14:23:16.847+00 | 2026-07-11 14:23:16.868+00 | 21  |

Lampiran 5. Data Hasil Pengujian Soak Testing

| Timestamp       | Host CPU Usage | Host RAM (MB) | Backend CPU | Backend RAM | DB CPU | DBR RAM |
|-----------------|----------------|---------------|-------------|-------------|--------|---------|
| 6/23/2026 12:26 | 1              | 896           | 0.01        | 2.77        | 0.03   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:26 | 1              | 896           | 0.01        | 2.78        | 15.56  | 1.43    |
| 6/23/2026 12:26 | 5              | 912           | 0           | 2.77        | 0.03   | 1.44    |
| 6/23/2026 12:26 | 2              | 910           | 0           | 2.79        | 0.02   | 1.44    |
| 6/23/2026 12:26 | 2              | 913           | 0           | 2.78        | 0.28   | 1.44    |
| 6/23/2026 12:26 | 0              | 896           | 0           | 2.77        | 0.18   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:26 | 55             | 996           | 0.41        | 2.78        | 0.06   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:27 | 0              | 910           | 0.34        | 2.78        | 0.03   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:27 | 1              | 920           | 0.02        | 2.78        | 0.14   | 1.34    |
| 6/23/2026 12:27 | 1              | 911           | 0           | 2.77        | 4.97   | 1.35    |
| 6/23/2026 12:27 | 0              | 912           | 0.29        | 2.78        | 0.14   | 1.34    |
| 6/23/2026 12:27 | 1              | 911           | 0.33        | 2.78        | 0.02   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:27 | 1              | 903           | 0.03        | 2.78        | 0.17   | 1.03    |
| 6/23/2026 12:28 | 7              | 902           | 0.41        | 2.78        | 0.02   | 1.02    |
| 6/23/2026 12:28 | 1              | 899           | 0           | 2.78        | 0      | 1.02    |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |   |     |      |      |       |      |
|-----------------|---|-----|------|------|-------|------|
| 6/23/2026 12:28 | 1 | 911 | 0.4  | 2.78 | 0.05  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:28 | 1 | 911 | 0    | 2.78 | 0.02  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:28 | 6 | 914 | 0    | 2.78 | 0.18  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:28 | 2 | 900 | 0    | 2.78 | 0.29  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:28 | 1 | 901 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.01 |
| 6/23/2026 12:29 | 1 | 899 | 0    | 2.78 | 4.73  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:29 | 1 | 899 | 7.32 | 2.78 | 0     | 1.43 |
| 6/23/2026 12:29 | 2 | 912 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:29 | 0 | 913 | 0.36 | 2.79 | 0.02  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:29 | 1 | 916 | 0.28 | 2.78 | 0.03  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:29 | 0 | 896 | 4.15 | 2.78 | 0.03  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:30 | 2 | 898 | 0.01 | 2.77 | 0.2   | 1.03 |
| 6/23/2026 12:30 | 7 | 900 | 0.35 | 2.78 | 0.02  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:30 | 1 | 908 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:30 | 1 | 910 | 0.42 | 2.79 | 0.03  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:30 | 1 | 911 | 0.01 | 2.79 | 4.9   | 1.44 |
| 6/23/2026 12:30 | 3 | 904 | 0    | 2.79 | 0.18  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:30 | 1 | 903 | 0.34 | 2.78 | 0.01  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:31 | 0 | 903 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:31 | 1 | 897 | 0    | 2.78 | 14.25 | 1.43 |
| 6/23/2026 12:31 | 1 | 912 | 3.72 | 2.78 | 0     | 1.43 |
| 6/23/2026 12:31 | 0 | 907 | 0    | 2.78 | 0.04  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:31 | 6 | 916 | 0.15 | 2.79 | 0.03  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:31 | 1 | 902 | 0.42 | 2.78 | 0.03  | 1.01 |
| 6/23/2026 12:31 | 0 | 898 | 0.41 | 2.78 | 0     | 1.02 |
| 6/23/2026 12:32 | 1 | 898 | 0.01 | 2.79 | 5.36  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:32 | 1 | 910 | 0.35 | 2.79 | 0.01  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:32 | 0 | 916 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:32 | 1 | 916 | 0.38 | 2.79 | 0.02  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:32 | 1 | 916 | 0.01 | 2.78 | 0.16  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:32 | 6 | 893 | 0.03 | 2.78 | 0.2   | 1.02 |
| 6/23/2026 12:33 | 9 | 897 | 0.45 | 2.78 | 0     | 1.01 |
| 6/23/2026 12:33 | 6 | 901 | 0    | 2.78 | 0.14  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:33 | 1 | 906 | 0    | 2.78 | 0.02  | 1.43 |
| 6/23/2026 12:33 | 1 | 903 | 0.01 | 2.78 | 0     | 1.44 |
| 6/23/2026 12:33 | 1 | 907 | 0.45 | 2.78 | 5     | 1.44 |
| 6/23/2026 12:33 | 1 | 904 | 0.44 | 2.78 | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 12:33 | 1 | 903 | 0.26 | 2.78 | 0.02  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:34 | 1 | 905 | 0    | 2.78 | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 12:34 | 2 | 903 | 0    | 2.79 | 0.2   | 1.44 |
| 6/23/2026 12:34 | 2 | 915 | 0    | 2.78 | 0.14  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:34 | 0 | 900 | 0    | 2.78 | 0     | 1.44 |
| 6/23/2026 12:34 | 5 | 903 | 0    | 2.78 | 0.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:34 | 1 | 893 | 3.59 | 2.78 | 0     | 1.02 |
| 6/23/2026 12:35 | 2 | 891 | 0    | 2.78 | 0.02  | 1.03 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |    |     |      |      |      |      |
|-----------------|----|-----|------|------|------|------|
| 6/23/2026 12:35 | 2  | 885 | 0    | 2.79 | 0.23 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:35 | 2  | 897 | 0    | 2.78 | 4.86 | 1.4  |
| 6/23/2026 12:35 | 0  | 897 | 0.34 | 2.8  | 0    | 1.4  |
| 6/23/2026 12:35 | 0  | 902 | 0    | 2.79 | 0.07 | 1.4  |
| 6/23/2026 12:35 | 0  | 899 | 0.01 | 2.78 | 0.18 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:35 | 2  | 900 | 0    | 2.79 | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:36 | 2  | 904 | 0    | 2.79 | 0.19 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:36 | 0  | 901 | 0.34 | 2.79 | 0.82 | 1.43 |
| 6/23/2026 12:36 | 10 | 912 | 0.03 | 2.78 | 0.32 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:36 | 2  | 914 | 0    | 2.78 | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 12:36 | 0  | 915 | 0    | 2.79 | 0.02 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:36 | 8  | 907 | 0.01 | 2.78 | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:36 | 1  | 915 | 0.01 | 2.79 | 5.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:37 | 0  | 913 | 0    | 2.79 | 0.14 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:37 | 0  | 921 | 0.34 | 2.79 | 0.18 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:37 | 1  | 919 | 0    | 2.79 | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 12:37 | 0  | 923 | 0    | 2.79 | 0.04 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:37 | 1  | 926 | 0.5  | 2.8  | 0.19 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:37 | 5  | 910 | 0.01 | 2.79 | 1.71 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:38 | 6  | 910 | 0    | 2.78 | 0.02 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:38 | 0  | 907 | 0    | 2.78 | 0.16 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:38 | 1  | 916 | 0    | 2.78 | 0.03 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:38 | 1  | 913 | 0.34 | 2.79 | 4.85 | 1.45 |
| 6/23/2026 12:38 | 1  | 913 | 0.36 | 2.79 | 0.17 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:38 | 1  | 910 | 0.36 | 2.8  | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:38 | 1  | 904 | 0.01 | 2.79 | 0.19 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:39 | 1  | 906 | 0.32 | 2.79 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:39 | 15 | 910 | 0.02 | 2.78 | 0    | 1.35 |
| 6/23/2026 12:39 | 1  | 912 | 0.01 | 2.79 | 0.03 | 1.34 |
| 6/23/2026 12:39 | 5  | 903 | 0    | 2.78 | 0.78 | 1.35 |
| 6/23/2026 12:39 | 1  | 907 | 0    | 2.78 | 3.14 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:39 | 1  | 893 | 0    | 2.78 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:40 | 1  | 895 | 0    | 2.77 | 4.75 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:40 | 1  | 891 | 0    | 2.78 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:40 | 1  | 904 | 0    | 2.78 | 0.05 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:40 | 2  | 911 | 0    | 2.78 | 0.03 | 1.45 |
| 6/23/2026 12:40 | 1  | 913 | 0.42 | 2.78 | 0    | 1.43 |
| 6/23/2026 12:40 | 1  | 909 | 0.3  | 2.78 | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:40 | 0  | 908 | 0.32 | 2.78 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:41 | 6  | 912 | 0.03 | 2.78 | 0.18 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 906 | 0.42 | 2.78 | 0.77 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 920 | 3.83 | 2.78 | 0.15 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 915 | 0.3  | 2.79 | 5.06 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 918 | 0.01 | 2.79 | 0.22 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 909 | 0    | 2.78 | 0.17 | 1.03 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |    |     |      |      |      |      |
|-----------------|----|-----|------|------|------|------|
| 6/23/2026 12:41 | 1  | 907 | 0.43 | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:42 | 1  | 910 | 0    | 2.78 | 0.1  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:42 | 1  | 907 | 0.77 | 2.79 | 0    | 1.39 |
| 6/23/2026 12:42 | 0  | 918 | 0    | 2.78 | 0.12 | 1.39 |
| 6/23/2026 12:42 | 6  | 909 | 0    | 2.78 | 0.01 | 1.39 |
| 6/23/2026 12:42 | 0  | 914 | 0.39 | 2.79 | 0.03 | 1.4  |
| 6/23/2026 12:42 | 2  | 904 | 3.2  | 2.79 | 1.76 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 904 | 0    | 2.78 | 5.02 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 908 | 0    | 2.78 | 0.18 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 914 | 0.42 | 2.79 | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 903 | 0    | 2.78 | 0.03 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 904 | 0.33 | 2.78 | 0    | 1.43 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 904 | 0.01 | 2.78 | 0.17 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:43 | 1  | 902 | 0.31 | 2.78 | 0.24 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:44 | 3  | 905 | 0.31 | 2.78 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:44 | 3  | 905 | 0    | 2.78 | 0.07 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:44 | 5  | 904 | 0    | 2.78 | 0.04 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:44 | 1  | 902 | 0    | 2.79 | 0.76 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:44 | 1  | 900 | 0    | 2.78 | 5.09 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:44 | 1  | 902 | 0.4  | 2.78 | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:45 | 3  | 899 | 0    | 2.78 | 0.06 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:45 | 2  | 897 | 0    | 2.78 | 0.02 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:45 | 2  | 892 | 0    | 2.78 | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:45 | 1  | 893 | 0    | 2.78 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:45 | 1  | 895 | 0    | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:45 | 5  | 891 | 0.32 | 2.79 | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:45 | 1  | 892 | 0.01 | 2.78 | 0.13 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:46 | 11 | 898 | 0.4  | 2.79 | 0.17 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:46 | 0  | 898 | 0.41 | 2.78 | 5.49 | 1.47 |
| 6/23/2026 12:46 | 0  | 902 | 0.02 | 2.78 | 0.2  | 1.46 |
| 6/23/2026 12:46 | 1  | 905 | 0    | 2.78 | 0.44 | 1.43 |
| 6/23/2026 12:46 | 2  | 897 | 0    | 2.8  | 0.17 | 1.43 |
| 6/23/2026 12:46 | 2  | 889 | 0    | 2.78 | 0.02 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:46 | 1  | 911 | 0.35 | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:47 | 1  | 898 | 0.26 | 2.79 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:47 | 6  | 902 | 0    | 2.79 | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 12:47 | 1  | 903 | 0    | 2.79 | 0.05 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:47 | 0  | 897 | 0.41 | 2.79 | 0.03 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:47 | 0  | 897 | 0.61 | 2.79 | 4.86 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:47 | 1  | 888 | 3.79 | 2.79 | 0.02 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:48 | 1  | 891 | 0    | 2.78 | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:48 | 0  | 891 | 0.33 | 2.79 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:48 | 0  | 896 | 0    | 2.79 | 0.03 | 1.43 |
| 6/23/2026 12:48 | 1  | 903 | 0.01 | 2.8  | 0.12 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:48 | 1  | 902 | 0    | 2.79 | 0    | 1.44 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |   |     |      |      |      |      |
|-----------------|---|-----|------|------|------|------|
| 6/23/2026 12:48 | 6 | 881 | 0    | 2.79 | 0.18 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:48 | 1 | 882 | 1.26 | 2.79 | 0.02 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:49 | 1 | 881 | 0.01 | 2.8  | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:49 | 6 | 884 | 0.43 | 2.79 | 4.87 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:49 | 1 | 894 | 4.01 | 2.79 | 0.16 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:49 | 2 | 897 | 0    | 2.79 | 0.9  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:49 | 1 | 898 | 0    | 2.8  | 3.68 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:49 | 1 | 890 | 0    | 2.79 | 0.02 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:50 | 1 | 891 | 0    | 2.79 | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:50 | 2 | 894 | 0    | 2.8  | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:50 | 6 | 891 | 3.79 | 2.8  | 0    | 1.3  |
| 6/23/2026 12:50 | 0 | 897 | 0    | 2.79 | 0.03 | 1.31 |
| 6/23/2026 12:50 | 1 | 900 | 0.01 | 2.8  | 0.02 | 1.31 |
| 6/23/2026 12:50 | 1 | 893 | 0    | 2.79 | 5.04 | 1.31 |
| 6/23/2026 12:50 | 9 | 887 | 0.41 | 2.79 | 0.17 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:51 | 1 | 888 | 0.58 | 2.8  | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:51 | 0 | 898 | 0.01 | 2.8  | 0.79 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:51 | 2 | 900 | 0.18 | 2.79 | 0.13 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:51 | 1 | 904 | 0    | 2.8  | 0.18 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:51 | 1 | 904 | 0.27 | 2.8  | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 12:51 | 0 | 888 | 0.01 | 2.8  | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 12:51 | 5 | 881 | 0    | 2.8  | 0.02 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:52 | 3 | 877 | 0    | 2.79 | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:52 | 2 | 885 | 0    | 2.8  | 0.03 | 1.3  |
| 6/23/2026 12:52 | 1 | 887 | 0.34 | 2.8  | 5.19 | 1.31 |
| 6/23/2026 12:52 | 1 | 883 | 0.01 | 2.79 | 0.03 | 1.31 |
| 6/23/2026 12:52 | 1 | 889 | 0.01 | 2.79 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:52 | 2 | 877 | 0    | 2.79 | 0.16 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:53 | 1 | 876 | 0.39 | 2.8  | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:53 | 0 | 874 | 0.29 | 2.8  | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 12:53 | 1 | 891 | 0.01 | 2.79 | 0.1  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:53 | 5 | 890 | 0.16 | 2.8  | 0.18 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:53 | 1 | 886 | 0.01 | 2.8  | 0.18 | 1.45 |
| 6/23/2026 12:53 | 1 | 879 | 0.31 | 2.79 | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:53 | 2 | 878 | 0.01 | 2.79 | 4.75 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:54 | 1 | 875 | 0    | 2.79 | 0.16 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:54 | 1 | 875 | 7.69 | 2.8  | 0.01 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:54 | 5 | 890 | 3.74 | 2.8  | 0.02 | 1.45 |
| 6/23/2026 12:54 | 1 | 890 | 0    | 2.8  | 0    | 1.45 |
| 6/23/2026 12:54 | 1 | 890 | 0.33 | 2.8  | 4.14 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:54 | 1 | 876 | 0.01 | 2.79 | 0.21 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:55 | 6 | 878 | 0.32 | 2.8  | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 12:55 | 3 | 877 | 0.3  | 2.8  | 0.03 | 1.02 |
| 6/23/2026 12:55 | 2 | 890 | 0    | 2.79 | 0.07 | 1.44 |
| 6/23/2026 12:55 | 0 | 890 | 0    | 2.79 | 5.28 | 1.44 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |   |     |      |      |       |      |
|-----------------|---|-----|------|------|-------|------|
| 6/23/2026 12:55 | 1 | 901 | 0    | 2.8  | 0.15  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:55 | 4 | 893 | 0    | 2.79 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:55 | 1 | 893 | 4.25 | 2.79 | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 12:56 | 1 | 884 | 0    | 2.79 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:56 | 0 | 886 | 0    | 2.79 | 11.26 | 1.35 |
| 6/23/2026 12:56 | 1 | 900 | 0.01 | 2.8  | 0.01  | 1.35 |
| 6/23/2026 12:56 | 6 | 901 | 0.37 | 2.79 | 0.02  | 1.35 |
| 6/23/2026 12:56 | 1 | 899 | 0    | 2.8  | 0.03  | 1.35 |
| 6/23/2026 12:56 | 1 | 893 | 0.46 | 2.79 | 0.02  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:56 | 2 | 909 | 0.02 | 2.79 | 5.68  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:57 | 1 | 903 | 0.01 | 2.79 | 0.14  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:57 | 1 | 912 | 0.34 | 2.8  | 0.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:57 | 5 | 901 | 0    | 2.8  | 0.09  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:57 | 0 | 892 | 0    | 2.79 | 0.02  | 1.45 |
| 6/23/2026 12:57 | 1 | 898 | 0    | 2.79 | 0.19  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:57 | 1 | 886 | 0.44 | 2.79 | 0.03  | 1.02 |
| 6/23/2026 12:58 | 5 | 894 | 0.43 | 2.8  | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 12:58 | 1 | 886 | 0    | 2.79 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:58 | 2 | 897 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:58 | 1 | 895 | 0.02 | 2.8  | 5.1   | 1.44 |
| 6/23/2026 12:58 | 1 | 899 | 0    | 2.79 | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 12:58 | 1 | 892 | 0    | 2.8  | 0.05  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:58 | 1 | 891 | 0    | 2.79 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:59 | 1 | 893 | 0    | 2.79 | 0.14  | 1.03 |
| 6/23/2026 12:59 | 0 | 893 | 7.76 | 2.8  | 0.02  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:59 | 0 | 902 | 0    | 2.8  | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 12:59 | 3 | 905 | 0.01 | 2.79 | 0.09  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:59 | 4 | 903 | 0    | 2.8  | 0.16  | 1.44 |
| 6/23/2026 12:59 | 1 | 895 | 0    | 2.79 | 0.18  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:00 | 1 | 893 | 0.35 | 2.79 | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:00 | 2 | 890 | 0.19 | 2.8  | 5.09  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:00 | 1 | 903 | 0    | 2.8  | 0.03  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:00 | 3 | 906 | 0    | 2.8  | 0.17  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:00 | 1 | 899 | 0    | 2.8  | 0.04  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:00 | 3 | 895 | 0    | 2.8  | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:00 | 0 | 891 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:01 | 1 | 890 | 0    | 2.8  | 0.01  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:01 | 5 | 889 | 0    | 2.8  | 11.98 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:01 | 1 | 899 | 0.31 | 2.8  | 0.16  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:01 | 0 | 904 | 0    | 2.8  | 0     | 1.44 |
| 6/23/2026 13:01 | 1 | 899 | 0    | 2.8  | 5.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:01 | 0 | 881 | 0    | 2.8  | 0.17  | 1.02 |
| 6/23/2026 13:01 | 1 | 881 | 0.37 | 2.8  | 0.18  | 1.02 |
| 6/23/2026 13:02 | 2 | 879 | 0.4  | 2.79 | 0     | 1.02 |
| 6/23/2026 13:02 | 1 | 891 | 0.01 | 2.79 | 0.03  | 1.44 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |   |     |      |      |      |      |
|-----------------|---|-----|------|------|------|------|
| 6/23/2026 13:02 | 2 | 897 | 3.94 | 2.8  | 0.01 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:02 | 1 | 897 | 0    | 2.8  | 0.17 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:02 | 6 | 896 | 0.27 | 2.8  | 0.02 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:02 | 1 | 876 | 0.01 | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 885 | 0    | 2.8  | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 884 | 0    | 2.79 | 5.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 893 | 0    | 2.79 | 0.03 | 1.39 |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 889 | 0.1  | 2.8  | 0    | 1.4  |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 898 | 0.01 | 2.8  | 0.03 | 1.4  |
| 6/23/2026 13:03 | 1 | 884 | 0.01 | 2.79 | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:03 | 5 | 880 | 0.01 | 2.8  | 0.18 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:04 | 1 | 882 | 0.3  | 2.8  | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:04 | 5 | 881 | 7.96 | 2.8  | 0.01 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:04 | 0 | 893 | 0    | 2.8  | 0.02 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:04 | 1 | 902 | 0.87 | 2.8  | 0.15 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:04 | 0 | 897 | 0    | 2.79 | 5.06 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:04 | 1 | 890 | 0.32 | 2.8  | 0.01 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:05 | 1 | 888 | 0.03 | 2.79 | 0.18 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:05 | 2 | 889 | 0    | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:05 | 1 | 899 | 0    | 2.79 | 0.03 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:05 | 6 | 902 | 0    | 2.79 | 0.01 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:05 | 1 | 899 | 0    | 2.79 | 0.01 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:05 | 8 | 888 | 0.01 | 2.8  | 0.16 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:05 | 1 | 889 | 0.01 | 2.8  | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 890 | 0    | 2.79 | 0.04 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 892 | 0.33 | 2.8  | 21.3 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 894 | 0.17 | 2.8  | 0.03 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 900 | 0    | 2.79 | 0.21 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 899 | 0.16 | 2.8  | 0.22 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 891 | 0.22 | 2.79 | 0    | 1.02 |
| 6/23/2026 13:06 | 1 | 877 | 0.37 | 2.8  | 0.02 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:07 | 2 | 876 | 0.01 | 2.79 | 0.16 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:07 | 5 | 884 | 0    | 2.79 | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 13:07 | 2 | 895 | 0    | 2.79 | 0.17 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:07 | 1 | 900 | 0.32 | 2.8  | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 13:07 | 0 | 900 | 0    | 2.79 | 4.77 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:07 | 1 | 888 | 0.05 | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 892 | 0    | 2.79 | 0.04 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 890 | 0    | 2.79 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 899 | 0.44 | 2.8  | 0.02 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 900 | 0    | 2.8  | 0    | 1.44 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 889 | 0    | 2.8  | 0.26 | 1.44 |
| 6/23/2026 13:08 | 1 | 878 | 0    | 2.8  | 0.16 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:08 | 5 | 885 | 4.31 | 2.8  | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:09 | 0 | 882 | 0.3  | 2.8  | 0    | 1.03 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |    |     |      |      |       |      |
|-----------------|----|-----|------|------|-------|------|
| 6/23/2026 13:09 | 1  | 882 | 7.3  | 2.8  | 0.21  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:09 | 2  | 885 | 0    | 2.79 | 5.23  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:09 | 1  | 882 | 0    | 2.79 | 0.2   | 1.45 |
| 6/23/2026 13:09 | 0  | 882 | 0    | 2.79 | 0.16  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:09 | 0  | 880 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:10 | 2  | 880 | 0.03 | 2.79 | 0.03  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:10 | 1  | 883 | 0    | 2.79 | 0     | 1.04 |
| 6/23/2026 13:10 | 1  | 889 | 0    | 2.79 | 0.03  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:10 | 11 | 891 | 0.01 | 2.8  | 0.23  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:10 | 1  | 884 | 0    | 2.79 | 0     | 1.44 |
| 6/23/2026 13:10 | 2  | 885 | 0.86 | 2.79 | 0.04  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:10 | 1  | 878 | 0    | 2.8  | 6.39  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:11 | 1  | 870 | 0    | 2.8  | 0.04  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:11 | 1  | 874 | 0    | 2.79 | 14.83 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:11 | 2  | 885 | 0    | 2.79 | 0.22  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:11 | 0  | 890 | 0.41 | 2.8  | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 13:11 | 1  | 890 | 0.01 | 2.8  | 0.03  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:11 | 1  | 893 | 0.01 | 2.8  | 0.19  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:11 | 9  | 890 | 0    | 2.79 | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:12 | 1  | 892 | 0.01 | 2.8  | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:12 | 1  | 897 | 0    | 2.8  | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 13:12 | 3  | 893 | 0    | 2.81 | 5.18  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:12 | 1  | 893 | 0    | 2.81 | 0.94  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:12 | 0  | 894 | 0    | 2.8  | 0.15  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:12 | 1  | 878 | 0.38 | 2.8  | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:13 | 7  | 882 | 0    | 2.81 | 0.04  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:13 | 0  | 879 | 0    | 2.81 | 0.22  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:13 | 2  | 892 | 0    | 2.81 | 0.03  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:13 | 5  | 884 | 0.26 | 2.81 | 0.18  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:13 | 1  | 880 | 0.34 | 2.81 | 0.04  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:13 | 0  | 874 | 0.01 | 2.81 | 0.21  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:13 | 1  | 874 | 0.46 | 2.8  | 5.3   | 1.04 |
| 6/23/2026 13:14 | 1  | 872 | 0    | 2.81 | 0.03  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:14 | 3  | 876 | 7.73 | 2.81 | 0.77  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:14 | 1  | 887 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:14 | 1  | 896 | 0    | 2.8  | 0.16  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:14 | 1  | 889 | 0    | 2.8  | 0.05  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:14 | 1  | 873 | 0    | 2.8  | 0.03  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:15 | 6  | 874 | 0    | 2.8  | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:15 | 0  | 884 | 0    | 2.81 | 0.02  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:15 | 0  | 887 | 0    | 2.8  | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 13:15 | 1  | 895 | 3.81 | 2.81 | 4.73  | 1.39 |
| 6/23/2026 13:15 | 1  | 895 | 0    | 2.81 | 0.96  | 1.43 |
| 6/23/2026 13:15 | 3  | 881 | 0    | 2.81 | 0.04  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:15 | 2  | 885 | 0.01 | 2.8  | 0.81  | 1.03 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |    |     |      |      |       |      |
|-----------------|----|-----|------|------|-------|------|
| 6/23/2026 13:16 | 2  | 886 | 0    | 2.81 | 0.06  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:16 | 1  | 886 | 0.37 | 2.8  | 14.68 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:16 | 1  | 888 | 0    | 2.81 | 0.04  | 1.47 |
| 6/23/2026 13:16 | 6  | 892 | 0.02 | 2.81 | 0.02  | 1.47 |
| 6/23/2026 13:16 | 2  | 887 | 0    | 2.8  | 0.2   | 1.48 |
| 6/23/2026 13:16 | 1  | 892 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.39 |
| 6/23/2026 13:16 | 1  | 913 | 4.23 | 2.8  | 5.43  | 1.41 |
| 6/23/2026 13:17 | 4  | 901 | 0.01 | 2.81 | 0.03  | 1.46 |
| 6/23/2026 13:17 | 1  | 901 | 0.9  | 2.81 | 0     | 1.46 |
| 6/23/2026 13:17 | 1  | 903 | 0    | 2.81 | 0.17  | 1.46 |
| 6/23/2026 13:17 | 1  | 900 | 0    | 2.8  | 0.83  | 1.46 |
| 6/23/2026 13:17 | 1  | 900 | 0    | 2.8  | 0     | 1.46 |
| 6/23/2026 13:17 | 1  | 895 | 0.01 | 2.81 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:18 | 13 | 894 | 0.01 | 2.8  | 0.16  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:18 | 1  | 887 | 0    | 2.8  | 0.03  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:18 | 1  | 898 | 0.14 | 2.8  | 0.04  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:18 | 5  | 896 | 0    | 2.81 | 4.09  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:18 | 0  | 893 | 0.01 | 2.8  | 3.36  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:18 | 2  | 886 | 0    | 2.8  | 0.16  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:18 | 2  | 882 | 0    | 2.8  | 0.03  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:19 | 1  | 884 | 0    | 2.8  | 0     | 1.03 |
| 6/23/2026 13:19 | 2  | 886 | 6.15 | 2.81 | 0.82  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:19 | 1  | 899 | 0    | 2.8  | 0     | 1.45 |
| 6/23/2026 13:19 | 1  | 899 | 0.01 | 2.81 | 0.17  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:19 | 5  | 890 | 0    | 2.8  | 0.01  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:19 | 1  | 884 | 0    | 2.8  | 0.01  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:20 | 0  | 884 | 0    | 2.8  | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:20 | 1  | 884 | 0.01 | 2.8  | 5.19  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:20 | 0  | 888 | 0.29 | 2.81 | 0.02  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:20 | 1  | 897 | 0.14 | 2.81 | 0.02  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:20 | 0  | 897 | 0    | 2.8  | 0.4   | 1.44 |
| 6/23/2026 13:20 | 3  | 880 | 0.39 | 2.81 | 0.19  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:20 | 1  | 878 | 0.39 | 2.81 | 0.83  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:21 | 1  | 878 | 0    | 2.81 | 0.02  | 1.03 |
| 6/23/2026 13:21 | 6  | 878 | 0    | 2.8  | 14.99 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:21 | 1  | 889 | 0.01 | 2.8  | 0.19  | 1.44 |
| 6/23/2026 13:21 | 1  | 893 | 0.01 | 2.81 | 0.18  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:21 | 2  | 893 | 0.33 | 2.81 | 4.86  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:21 | 0  | 888 | 0    | 2.8  | 0     | 1.04 |
| 6/23/2026 13:21 | 3  | 883 | 3.9  | 2.81 | 0.03  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:22 | 1  | 884 | 0    | 2.8  | 0.15  | 1.04 |
| 6/23/2026 13:22 | 2  | 889 | 0.28 | 2.8  | 0.03  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:22 | 1  | 895 | 0.4  | 2.8  | 0.02  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:22 | 1  | 896 | 0.16 | 2.81 | 0.77  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:22 | 5  | 893 | 0    | 2.8  | 0.04  | 1.04 |



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

|                 |   |     |      |      |      |      |
|-----------------|---|-----|------|------|------|------|
| 6/23/2026 13:22 | 2 | 876 | 0.01 | 2.81 | 0.15 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:23 | 9 | 882 | 0    | 2.81 | 0.03 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:23 | 1 | 886 | 0    | 2.81 | 4.76 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:23 | 2 | 891 | 0    | 2.8  | 0.2  | 1.45 |
| 6/23/2026 13:23 | 1 | 898 | 3.88 | 2.82 | 0.19 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:23 | 1 | 898 | 0    | 2.81 | 0.16 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:23 | 1 | 884 | 0.33 | 2.81 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:23 | 1 | 884 | 0    | 2.81 | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:24 | 1 | 882 | 0.02 | 2.8  | 0.21 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:24 | 5 | 883 | 7.09 | 2.81 | 0.95 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:24 | 1 | 893 | 0.01 | 2.8  | 0.16 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:24 | 1 | 896 | 0.29 | 2.81 | 0.18 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:24 | 1 | 893 | 0    | 2.8  | 4.79 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:24 | 1 | 878 | 0    | 2.8  | 0.17 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:24 | 5 | 878 | 0.39 | 2.8  | 0    | 1.03 |
| 6/23/2026 13:25 | 0 | 876 | 0    | 2.81 | 0.02 | 1.04 |
| 6/23/2026 13:25 | 1 | 890 | 0    | 2.8  | 0    | 1.45 |
| 6/23/2026 13:25 | 1 | 892 | 0    | 2.8  | 0.02 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:25 | 1 | 893 | 0.01 | 2.81 | 0.17 | 1.45 |
| 6/23/2026 13:25 | 6 | 894 | 0.48 | 2.81 | 0.03 | 1.03 |
| 6/23/2026 13:25 | 1 | 878 | 0.32 | 2.8  | 0.74 | 1.03 |

Lampiran 6. *Source Code* Berkas docker-compose.yml

```
services:

# — PostgreSQL Database —
postgres:
  image: postgres:16-alpine
  container_name: lokatani-db
  restart: unless-stopped
  environment:
    POSTGRES_DB: ${DB_NAME:-lokatani}
    POSTGRES_USER: ${DB_USER:-postgres}
    POSTGRES_PASSWORD: ${DB_PASSWORD:-No77203239}
  ports:
    - "5432:5432"
  volumes:
    - pgdata:/var/lib/postgresql/data
    - ./backend-app/src/db/schema.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/01-schema.sql:ro
    - ./backend-app/src/db/seed.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/02-seed.sql:ro
  healthcheck:
    test: ["CMD-SHELL", "pg_isready -U ${DB_USER:-postgres} -d ${DB_NAME:-lokatani}"]
    interval: 10s
    timeout: 5s
    retries: 5
    start_period: 10s
  logging:
    driver: "json-file"
```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

options:
  max-size: "10m"
  max-file: "3"
networks:
  - lokatani-net

# — Eclipse Mosquitto MQTT Broker —
mosquitto:
  image: eclipse-mosquitto:2
  container_name: lokatani-mqtt
  restart: unless-stopped
  ports:
    - "1883:1883"
    - "9001:9001"
  volumes:
    - ./mosquitto/mosquitto.conf:/mosquitto/config/mosquitto.conf:ro
    - mosquitto-data:/mosquitto/data
    - mosquitto-log:/mosquitto/log
  logging:
    driver: "json-file"
    options:
      max-size: "10m"
      max-file: "3"
  networks:
    - lokatani-net

# — Node.js Backend (HTTP + WS + MQTT) —
backend:
  build:
    context: ./backend-app
    dockerfile: Dockerfile
  container_name: lokatani-backend
  restart: unless-stopped
  depends_on:
    postgres:
      condition: service_healthy
    mosquitto:
      condition: service_started
  ports:
    - "3000:3000"
    - "8080:8080"
  environment:
    DB_HOST: postgres
    DB_PORT: 5432
    DB_USER: ${DB_USER:-postgres}
    DB_PASSWORD: ${DB_PASSWORD:-No77203239}
    DB_NAME: ${DB_NAME:-lokatani}
    DB_POOL_MAX: 20
    PORT_HTTP: 3000
    PORT_WS: 8080
    MQTT_BROKER_URL: mqtt://mosquitto:1883
    MQTT_CLIENT_ID: lokatani-backend
    JWT_SECRET: ${JWT_SECRET:-super-secret-jwt-key-change-in-production}
    JWT_EXPIRES_IN_SEC: ${JWT_EXPIRES_IN_SEC:-86400}
    API_KEY: ${API_KEY:-lokatani-edge-device-key}

```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

    UPLOAD_DIR: uploads/images
    LOG_LEVEL: INFO
    MIN_CONFIDENCE: 0.60
  volumes:
    - backend-uploads:/app/uploads/images
  logging:
    driver: "json-file"
    options:
      max-size: "10m"
      max-file: "3"
  networks:
    - lokatani-net

# --- React Frontend (Nginx SPA) ---
frontend:
  build:
    context: ./frontend-app
    dockerfile: Dockerfile
  container_name: lokatani-frontend
  restart: unless-stopped
  depends_on:
    - backend
  ports:
    - "80:80"
  logging:
    driver: "json-file"
    options:
      max-size: "10m"
      max-file: "3"
  networks:
    - lokatani-net

volumes:
  pgdata:
    name: lokatani-pgdata
  mosquitto-data:
    name: lokatani-mqtt-data
  mosquitto-log:
    name: lokatani-mqtt-log
  backend-uploads:
    name: lokatani-uploads

networks:
  lokatani-net:
    name: lokatani-network
    driver: bridge

```

```

import argparse
import base64
import cv2
import csv
import logging

```

### Lampiran 7. Source Code Skrip Edge Device



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

```
import os
import threading
import time
import queue
import signal
import psutil
import socket

from datetime import datetime, timezone
from flask import Flask, Response
from picamera2 import Picamera2
from clients import create_protocol_client
from inference.processor import InferenceEngine
from hardware.serial_worker import esp8266_usb_worker

# --- LOGGING CONFIGURATION ---
logging.basicConfig(
    level=logging.INFO,
    format="%(asctime)s [%(levelname)s] %(message)s",
    datefmt="%H:%M:%S",
)
log = logging.getLogger("LokataniEdge")

app = Flask(__name__)

MODEL_REGISTRY = {
    "v8n_640": {"path": "models/best_v8n_ncnn_model", "imgsz": 640},
    "v8n_416": {"path": "models/yolov8n_best_416_ncnn_model", "imgsz": 416},
    "v8n_320": {"path": "models/yolov8n_best_320_ncnn_model", "imgsz": 320},
    "v5s_320": {"path": "models/yolov5s_best_320.pt", "imgsz": 320},
}

# --- ARGUMENT PARSER ---
parser = argparse.ArgumentParser(description="Lokatani Integrated Edge Stream & Cloud Gateway.")
parser.add_argument("--protocol", type=str, choices=["HTTP", "WS", "MQTT"],
    default="HTTP", help="Protokol komunikasi cloud")
parser.add_argument("--host", type=str, default="localhost", help="IP/Hostname Cloud Backend")
parser.add_argument("--http-port", type=int, default=3000, help="Port HTTP API")
parser.add_argument("--ws-port", type=int, default=8080, help="Port WebSocket")
parser.add_argument("--broker", type=str, default=None, help="MQTT Broker URL")
parser.add_argument("--api-key", type=str, default="lokatani-edge-device-key", help="API Key autentikasi device")
parser.add_argument("--serial-port", type=str, default="/dev/ttyUSB0", help="Port USB Serial ESP8266")
parser.add_argument("--min-confidence", type=float, default=0.25, help="Threshold minimum confidence YOLO")
parser.add_argument("--run-duration", type=int, default=0, help="Durasi jalan dalam detik (0 = selamanya)")

parser.add_argument(
    "--model",
    choices=list(MODEL_REGISTRY.keys()),
    default="v8n_320",
    help="Pilih model yang dipakai untuk inferensi (default: v8n_320)"
)
```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

)

parser.add_argument(
    "--imgsz",
    type=int,
    default=None,
    help="Override ukuran input manual (opsional, default ikut konfigurasi model)"
)

args, unknown = parser.parse_known_args()

model_cfg = MODEL_REGISTRY[args.model]
model_path = model_cfg["path"]
final_imgsz = args.imgsz if args.imgsz is not None else model_cfg["imgsz"]

# — CONFIGURATION & STORAGE —————
RUN_TAG = args.model
BASE_OUTPUT_DIR = os.path.join("hasil_pengujian", RUN_TAG)
LOG_FILE = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "hasil_pengujian_hama.csv")
IMAGE_SAVE_DIR = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "bukti_hama")
RAW_DATASET_DIR = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "raw_dataset")
PERF_LOG_FILE = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "performa_sistem.csv")
ESP_CONNECT_TIMEOUT = 5

os.makedirs(IMAGE_SAVE_DIR, exist_ok=True)
os.makedirs(RAW_DATASET_DIR, exist_ok=True)

if not os.path.exists(LOG_FILE):
    with open(LOG_FILE, mode='w', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow([
            "Timestamp",
            "Session_ID",
            "File_Foto",
            "AI_Winged_Aphid",
            "AI_Whitefly",
            "Real_Winged_Aphid",
            "Real_Whitefly",
            "Waktu_Inferensi(s)",
            "Status_TP_FP_FN"
        ])

# — DATA SHARE REPOSITORY (THREAD-SAFE CHANNELS) —————
global_frame_raw = None
global_frame_annotated = None

# Lock infrastructure
state_lock = threading.Lock()
frame_lock = threading.Lock()
shutdown_event = threading.Event()
_shutdown_in_progress = threading.Event()

io_queue = queue.Queue(maxsize=50)

shared_state = {

```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

"esp_hardware_ready": False,
"esp_handshake_done": False,
"is_scanning": False,
"session_id": f"LOCAL_BOOT_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}",
"internet_connected": False,
"is_cloud_active": False,
"last_inf_time": 0.0,
"current_cpu_util": 0.0,
"current_ram_util": 0.0,
"current_cpu_temp": 25.0,
}

# --- HARDWARE & MODEL INITIALIZATION ---
picam2 = Picamera2()
config = picam2.create_preview_configuration(main={"format": "BGR888", "size": (1280,
960)})
picam2.configure(config)
picam2.set_controls({
    # Biarkan AE jalan otomatis - hapus ExposureTime & AnalogueGain
    "AeConstraintMode": 1, # Highlight constraint: cegah area putih (whitefly) jadi blob
    "AeExposureMode": 0, # Normal AE mode
    "AwbMode": 0, # Auto white balance

    # Visual enhancement untuk deteksi hama
    "Saturation": 1.3, # Boost warna hijau daun vs putih whitefly
    "Contrast": 1.2, # Turunin dari 1.4 - jangan clip highlights
    "Sharpness": 2.0, # Tetap tinggi buat deteksi insect kecil
})
picam2.start()

engine = InferenceEngine(model_path, args.min_confidence, imgsz=final_imgsz)
log.info(f"🤖 Model [{args.model}] dimuat | path={model_path} | imgsz={final_imgsz}")

# --- CORE CAMERA BACKGROUND WORKER ---
def camera_stream_worker():
    """Worker Thread: Mengambil data matriks sensor gambar secara kontinu (~30 FPS)"""
    global global_frame_raw
    log.info("🌀 Background Camera Worker started.")
    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            frame_rgb = picam2.capture_array()
            with frame_lock:
                global_frame_raw = frame_rgb
            time.sleep(0.03)
        except Exception as e:
            log.error(f"Error pada thread kamera: {e}")
            time.sleep(1)

def check_internet_connection(host="1.1.1.1", port=53, timeout=3.0) -> bool:
    """
    Melakukan TCP handshake kilat ke DNS publik untuk memeriksa akses internet global.
    Menggunakan port 53 (DNS) karena hampir pasti dibuka oleh ISP/Hotspot.
    """
    try:
        # Mencoba membuat koneksi socket ke DNS publik

```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

```

socket.setdefaulttimeout(timeout)
with socket.create_connection((host, port), timeout=timeout):
    return True
except OSError:
    return False

def network_watchdog_worker():
    """
    Worker Thread: Memantau konektivitas internet global secara real-time.
    Mencetak log spesifik saat koneksi internet terhubung kembali (back-online).
    """
    log.info("🌐 Network Access Watchdog Worker started.")
    last_state = False # False = Offline, True = Online

    # Inisialisasi pengecekan awal saat boot
    initial_check = check_internet_connection()
    with state_lock:
        shared_state["internet_connected"] = initial_check
    last_state = initial_check

    if initial_check:
        log.info("🌐 [Network Status]: Terkoneksi ke Internet Global.")
    else:
        log.warning("🌐 [Network Status]: Offline / Tidak ada akses internet.")

    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            # Periksa koneksi internet ke Cloudflare/Google DNS tiap 3 detik
            current_state = check_internet_connection(host="1.1.1.1", port=53,
            timeout=2.0)

            if current_state != last_state:
                with state_lock:
                    shared_state["internet_connected"] = current_state

                if current_state:
                    log.info("🌐 [Network Event]: RPi BERHASIL TERKONEKSI KE INTERNET
                    (Akses WAN Aktif).")
                else:
                    log.warning("🌐 [Network Event]: RPi KEHILANGAN AKSES INTERNET
                    (Koneksi Terputus).")

                last_state = current_state

            # Jeda deteksi agar tidak membebani lalu lintas jaringan
            time.sleep(3.0)
        except Exception as e:
            log.error(f"Error pada Network Watchdog Worker: {e}")
            time.sleep(5)

# — STATS OVERLAY HELPERS —
_fps_counter = {"count": 0, "last_time": time.time(), "fps": 0.0}
_fps_lock = threading.Lock()

def update_fps():

```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

with _fps_lock:
    _fps_counter["count"] += 1
    now = time.time()
    elapsed = now - _fps_counter["last_time"]
    if elapsed >= 1.0:
        _fps_counter["fps"] = round(_fps_counter["count"] / elapsed, 2)
        _fps_counter["count"] = 0
        _fps_counter["last_time"] = now

def get_cpu_temp():
    try:
        with open("/sys/class/thermal/thermal_zone0/temp", "r") as f:
            return round(int(f.read().strip()) / 1000, 1)
    except Exception:
        return None

# — PERFORMANCE LOGGER —
def perf_logger_worker():
    """Worker Thread: Catat FPS, CPU, RAM, Suhu ke CSV tiap 1 detik."""
    log.info("📊 Performance Logger Worker started.")
    with open(PERF_LOG_FILE, mode='a', newline='') as f:
        writer = csv.writer(f)
        while not shutdown_event.is_set():
            try:
                with _fps_lock:
                    fps = _fps_counter["fps"]

                timestamp = datetime.now(timezone.utc).strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f')[:-3] + 'Z'

                cpu = psutil.cpu_percent(interval=None)
                ram = psutil.virtual_memory().percent
                suhu = get_cpu_temp()

                with state_lock:
                    shared_state["current_cpu_util"] = cpu
                    shared_state["current_ram_util"] = ram
                    if suhu is not None:
                        shared_state["current_cpu_temp"] = suhu
                    inf_time = shared_state.get("last_inf_time", 0.0)

                writer.writerow([timestamp, fps, cpu, ram, suhu if suhu is not None else
                                "", f"{inf_time:.4f}"])
                f.flush()
                time.sleep(1.0)
            except Exception as e:
                log.error(f"Error pada Performance Logger: {e}")
                time.sleep(1)

# — I/O & CLOUD WORKER (CONSUMER THREAD) —
def io_worker(client):
    """
    Worker Thread: Mengambil data dari antrean (queue) untuk disimpan ke
    SD Card dan dikirim ke Cloud. Memisahkan I/O dari komputasi AI.
    """
    log.info("📦 Background I/O Worker started.")

```



### Hak Cipta :

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

```

with open(LOG_FILE, mode='a', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)

    while True:
        try:
            data_paket = io_queue.get()

            if data_paket is None:
                io_queue.task_done()
                break

            writer.writerow(data_paket['csv_row'])
            file.flush()

            if data_paket['image_to_save'] is not None:
                cv2.imwrite(data_paket['filepath'], data_paket['image_to_save'],
                    [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 85])

            if data_paket.get('raw_image_to_save') is not None:
                cv2.imwrite(data_paket['raw_filepath'],
                    data_paket['raw_image_to_save'], [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 85])

            with state_lock:
                is_network_up = shared_state["internet_connected"]

            if data_paket['send_to_cloud'] and client and is_network_up:
                try:
                    img_to_encode = data_paket['image_to_save'] if
data_paket['image_to_save'] is not None else data_paket['fallback_raw_image']
                    ret, jpeg_buf = cv2.imencode('.jpg', img_to_encode,
                        [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 85])

                    if ret:
                        b64_str = base64.b64encode(jpeg_buf.tobytes()).decode("utf-8")
                        payload_data = {
                            "scan_session_id": data_paket['session_id'],
                            "timestamp": data_paket['timestamp'],
                            "image_base64": f"data:image/jpeg;base64,{b64_str}",
                            "detections": data_paket['detections'],
                            "min_confidence": args.min_confidence
                        }
                        client.send_detection(data_paket['session_id'], payload_data)
                        log.info(f"☁ Cloud: Data dikirim
[{data_paket['filename']}]")
                    except Exception as e:
                        log.error(f"⚠️ Gagal mengirim data ke cloud: {e}")

                io_queue.task_done()

            except Exception as e:
                log.error(f"Error pada I/O Worker: {e}")

def esp_watchdog(client):

```



### Hak Cipta :

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

```

log.info(f"⌚ ESP Watchdog aktif – menunggu handshake maks {ESP_CONNECT_TIMEOUT}
detik...")
deadline = time.time() + ESP_CONNECT_TIMEOUT

while time.time() < deadline:
    with state_lock:
        if shared_state["esp_handshake_done"]:
            log.info("☑ ESP terdeteksi – mode: ESP-Controlled.")
            return
        time.sleep(0.5)

new_session = None
if client:
    try:
        # Proteksi jika cloud unreachable saat booting agar thread gak mati
        new_session = client.start_session()
    except Exception as e:
        log.error(f"⚠️ Gagal inisialisasi sesi cloud saat boot (Server offline/RT0):
{e}")

    with state_lock:
        if not shared_state["esp_handshake_done"]:
            shared_state["is_scanning"] = True
            if new_session:
                shared_state["session_id"] = new_session
                shared_state["is_cloud_active"] = True
                log.info(f"🔵 [STANDALONE CLOUD] Sesi server aktif: #{new_session}")
            else:
                shared_state["session_id"] =
f"STANDALONE_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}"
                shared_state["is_cloud_active"] = False
                log.warning("🔴 [STANDALONE LOCAL] Cloud tidak tersedia, simpan lokal.")
            log.warning("⚠️ ESP tidak terdeteksi → STANDALONE MODE aktif, scanning berjalan
otomatis.")

# — PIPELINE ENGINE: INFERENCE & DATA PACKAGING WORKER —————
def ai_inference_worker():
    """Worker Thread: Memproses Digital Zoom, Inferensi YOLOv8, Log CSV, & Pipeline
Cloud."""
    global global_frame_annotated
    log.info("🌀 Background AI Inference Worker started.")
    last_save_time = 0
    last_sent_time = 0
    SAVE_INTERVAL = 5.0
    SEND_INTERVAL = 3.0

    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            with state_lock:
                current_scanning = shared_state["is_scanning"]
                current_session_id = shared_state["session_id"]
                current_cloud_active = shared_state["is_cloud_active"]

            if not current_scanning:
                time.sleep(0.1)

```



### Hak Cipta :

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

```

        continue

    with frame_lock:
        if global_frame_raw is None:
            time.sleep(0.01)
            continue
        local_raw = global_frame_raw.copy()

        annotated_img, detections, counts, inf_time, cropped_raw =
engine.detect_and_process(local_raw)
        update_fps()

    with frame_lock:
        global_frame_annotated = annotated_img.copy()

        count_winged_aphids = counts.get("winged_aphid", 0)
        count_whitefly = counts.get("whitefly", 0)

    with state_lock:
        shared_state["last_inf_time"] = inf_time

        timestamp_sekarang = datetime.now(timezone.utc).strftime('%Y-%m-
%dT%H:%M:%S.%F')[:-3] + 'Z'
        current_time = time.time()
        hama_detected = (count_winged_aphids > 0 or count_whitefly > 0)

        should_send = (current_time - last_sent_time >= SEND_INTERVAL)

        filename = "-"
        if hama_detected or (current_time - last_save_time >= SAVE_INTERVAL):
            waktu_detail = datetime.now().strftime("%Y%m%d-%H%M%S_%F")[:-3]
            if hama_detected:
                filename =
f"hama_{waktu_detail}_A{count_winged_aphids}_K{count_whitefly}.jpg"
            else:
                filename = f"negatif_{waktu_detail}.jpg"

        if current_scanning:
            img_save_payload = annotated_img.copy() if filename != "-" else None
            raw_save_payload = cropped_raw.copy() if filename != "-" else None
            fallback_payload = annotated_img.copy() if (should_send and
current_cloud_active and filename == "-") else None

        paket = {
            'csv_row': [
                timestamp_sekarang,
                current_session_id,
                filename,
                count_winged_aphids,
                count_whitefly,
                "",
                "",
                f"{inf_time:.4f}",
                ""
            ],

```



### Hak Cipta :

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

```
'image_to_save': img_save_payload,
'raw_image_to_save': raw_save_payload,
'fallback_raw_image': fallback_payload,
'filepath': os.path.join(IMAGE_SAVE_DIR, filename) if filename != "-"
else "",
'raw_filepath': os.path.join(RAW_DATASET_DIR, filename.replace('.jpg',
'_raw.jpg')) if filename != "-" else "",
'send_to_cloud': should_send and current_cloud_active,
'session_id': current_session_id,
'timestamp': timestamp_sekarang,
'detections': detections,
'filename': filename
}

try:
    # Berikan toleransi waktu tunggu 0.1 detik sebelum benar-benar
    melempar/drop frame
    io_queue.put(paket, timeout=0.1)
except queue.Full:
    log.warning("⚠ Antrean I/O Penuh! Melewati frame ini biar AI gak
    ngelag.")

    if filename != "-":
        last_save_time = current_time
    if should_send:
        last_sent_time = current_time

    time.sleep(0.01)

except Exception as e:
    log.error(f"Error pada thread AI Inference Worker: {e}")
    time.sleep(1)

# — FLASK STREAMING GENERATOR —
def gen_frames():
    """Generator streaming mjpeg yang mengambil data ter-update dari AI Engine"""
    log.info("📡 Client baru terhubung ke Flask Live Stream.")
    while True:
        with frame_lock:
            if global_frame_annotated is None:
                time.sleep(0.04)
                continue
            frame_bgr = global_frame_annotated.copy()

        with state_lock:
            scanning = shared_state.get("is_scanning", False)
            cloud = shared_state.get("is_cloud_active", False)
            cpu = shared_state.get("current_cpu_util", 0.0)
            ram = shared_state.get("current_ram_util", 0.0)
            suhu = shared_state.get("current_cpu_temp", 25.0)

        with _fps_lock:
            fps = _fps_counter["fps"]

    overlay_lines = [
```



### Hak Cipta :

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

```
f"FPS: {fps:.1f}",
f"CPU: {cpu:.1f}% RAM: {ram:.1f}%",
f"Suhu: {suhu:.1f}C",
f"Scan: {'ON' if scanning else 'OFF'} Cloud: {'ON' if cloud else 'OFF'}",
]

y = 20
for line in overlay_lines:
    cv2.putText(frame_bgr, line, (10, y),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.55, (0, 0, 0), 3)
    cv2.putText(frame_bgr, line, (10, y),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.55, (0, 255, 0), 1)
    y += 22

ret, buffer = cv2.imencode('.jpg', frame_bgr, [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 70])
if not ret:
    time.sleep(0.04)
    continue

yield (b'--frame\r\n'
       b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' + buffer.tobytes() + b'\r\n')

time.sleep(0.04)

shutdown_lock = threading.Lock()

def graceful_shutdown(signum=None, frame=None):
    # Gunakan kunci atomik, gagalkan thread kedua yang mencoba masuk secara bersamaan
    if not shutdown_lock.acquire(blocking=False):
        return

    if shutdown_event.is_set():
        return

    log.warning(f"🔴 Sinyal shutdown ({signum}) diterima – memicu event stop ke semua thread...")

    # 1. Hentikan loop utama produsen skrip (AI & Camera Workers)
    shutdown_event.set()

    # 2. Kirim poison pill dan kunci aliran data hingga buffer kosong
    try:
        io_queue.put(None, timeout=1.0)
    except queue.Full:
        log.warning("⚠️ Antrean penuh, poison pill terpaksa dilewati.")

    log.info("⌚ Menunggu io_worker mengosongkan sisa buffer ke SD Card...")

    timeout_deadline = time.time() + 5.0
    while not io_queue.empty() and time.time() < timeout_deadline:
        time.sleep(0.1)

    if not io_queue.empty():
        log.warning("⚠️ Batas waktu habis! Sisa antrean terpaksa di-drop demi stabilitas sistem.")
```



### 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```
# 3. Lepaskan driver tingkat hardware eksternal secara defensif
try:
    picam2.stop()
    log.info("📷 Perangkat keras kamera berhasil dilepaskan.")
except Exception as e:
    log.error(f"Gagal menghentikan kamera: {e}")

# 4. Lepaskan soket komunikasi jaringan cloud
if cloud_client and hasattr(cloud_client, "close"):
    try:
        cloud_client.close()
        log.info("🔌 Soket komunikasi cloud berhasil ditutup.")
    except Exception as e:
        log.error(f"Gagal menutup client cloud secara bersih: {e}")

log.info("✅ Semua resource selesai dibersihkan. Keluar.")
os._exit(0)

@app.route('/')
def index():
    return Response(gen_frames(), mimetype='multipart/x-mixed-replace; boundary=frame')

# — MAIN ENTRY POINT —
if __name__ == '__main__':
    log.info("=====")
    log.info("  Lokatani Edge Runtime - Raspberry Pi Initialization  ")
    log.info("=====")

    cloud_client = create_protocol_client(
        protocol_type=args.protocol,
        host=args.host,
        http_port=args.http_port,
        ws_port=args.ws_port,
        broker=args.broker,
        api_key=args.api_key
    )

    signal.signal(signal.SIGTERM, graceful_shutdown)
    signal.signal(signal.SIGINT, graceful_shutdown)

    threads = [
        threading.Thread(target=camera_stream_worker, daemon=True),
        threading.Thread(target=ai_inference_worker, daemon=True),
        threading.Thread(target=perf_logger_worker, daemon=True),
        threading.Thread(target=io_worker, args=(cloud_client,), daemon=True),
        threading.Thread(target=esp8266_usb_worker, args=(args, state_lock, shared_state,
cloud_client, log), daemon=True),
        threading.Thread(target=esp_watchdog, args=(cloud_client,), daemon=True),
        threading.Thread(target=network_watchdog_worker, daemon=True)
    ]

    for t in threads:
        t.start()
```



## © Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

```
if args.run_duration > 0:
    def auto_shutdown():
        time.sleep(args.run_duration)
        log.info(f"🕒 Durasi {args.run_duration} detik selesai – sistem mati otomatis.")
        os.kill(os.getpid(), signal.SIGTERM)
    threading.Thread(target=auto_shutdown, daemon=True).start()
    log.info(f"🕒 Auto-shutdown aktif dalam {args.run_duration} detik.")

app.run(host='0.0.0.0', port=5000, threaded=True, debug=False)
```

