



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**SISTEM PREDIKSI BENCANA BANJIR DAN TANAH
LONGSOR DENGAN METODE DEEP LEARNING LONG
SHORT-TERM MEMORY (LSTM) BERBASIS
MULTISENSOR**

Sub Judul:

**Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor
Berbasis *Edge Computing***

SKRIPSI

LAURA GRACELLA

2203431042

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

2026



Hak Cipta :

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



**SISTEM PREDIKSI BENCANA BANJIR DAN TANAH
LONGSOR DENGAN METODE DEEP LEARNING LONG
SHORT-TERM MEMORY (LSTM) BERBASIS
MULTISENSOR**

Sub Judul:

**Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor
Berbasis *Edge Computing***

SKRIPSI
POLITEKNIK
NEGERI
LAURA GRACELLA
JAKARTA
2203431042

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
2026**



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Laura Gracella

NIM : 2203431042

Tanda Tangan :

Tanggal : 02 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Laura Gracella
NIM : 2203431042
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Skripsi : Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor Berbasis *Edge Computing*

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang skripsi pada 02 Juli 2026 dan dinyatakan
LULUS

Pembimbing I : Hariyanto, S.Pd.,M.T.
NIP.199101282020121008

()

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 15 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyantri, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor Berbasis *Edge Computing*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri, Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa keberhasilan penulisan ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan, dan kerja sama dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis, yang memberikan dukungan doa, serta motivasi dalam setiap tahapan pendidikan yang penulis tempuh.
2. Ibu Dr., Murie Dwiyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro
3. Ibu Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri
4. Bapak Hariyanto, S.Pd., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan selama penyusunan skripsi.
5. Shofiyah Zahidah dan Syabilla Anandhira Muzzaki selaku teman satu tim yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
6. Teman-teman Moodeng yang telah memberikan saran dan dukungan dalam menyusun skripsi
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi mitigasi bencana dan keselamatan masyarakat.

Depok, 2 Juni 2026

Laura Gracella



Hak Cipta :

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

Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor Berbasis Edge Computing

ABSTRAK

Bencana banjir dan tanah longsor merupakan ancaman serius yang memerlukan sistem mitigasi responsif dan akurat. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem peringatan dini bencana terintegrasi berbasis Internet of Things (IoT) dan Deep Learning yang dioptimalkan untuk pengawasan real-time. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 untuk pengumpulan data sensor dan edge computing Jetson Nano untuk inferensi model Long Short-Term Memory (LSTM). Komunikasi data antar perangkat dilakukan menggunakan protokol MQTT dengan tingkat packet loss rata-rata sebesar 3,19%. Selain itu, sistem dilengkapi dengan dashboard web berbasis Flask untuk visualisasi data, notifikasi otomatis melalui Telegram Bot, serta fitur data logging terpusat untuk keperluan audit dan evaluasi. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi model mencapai 81,1% untuk deteksi banjir dan 99,2% untuk deteksi longsor, dengan latensi komunikasi end-to-end 974,99 ms untuk node banjir dan 939,47 ms untuk node longsor. Fitur lead time yang dikombinasikan dengan mekanisme locking data berhasil menyediakan jeda waktu evakuasi yang adaptif (227 detik untuk banjir dan 3 detik untuk longsor) tanpa adanya redudansi notifikasi. Melalui integrasi antara protokol MQTT yang stabil, visualisasi dashboard, notifikasi Telegram, dan sistem logging yang komprehensif, penelitian ini berhasil menciptakan infrastruktur peringatan dini yang tidak hanya responsif terhadap perubahan kondisi lapangan, tetapi juga memberikan transparansi data yang esensial bagi pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan darurat.

Kata Kunci: LSTM, Peringatan Dini, Banjir, Tanah Longsor, Edge Computing.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

Implementasi Sistem Deteksi Dini Banjir dan Tanah Longsor Berbasis Edge Computing

ABSTRACT

Floods and landslides are serious threats that require responsive and accurate mitigation systems. This study designs and implements an integrated disaster early warning system based on the Internet of Things (IoT) and Deep Learning, optimized for real-time monitoring. The system utilizes ESP32 microcontrollers for sensor data collection and a Jetson Nano for edge computing to perform inference using a Long Short-Term Memory (LSTM) model. Data communication between devices is conducted using the MQTT protocol with an average packet loss rate of 3.19%. Furthermore, the system is equipped with a Flask-based web dashboard for data visualization, automated notifications via a Telegram Bot, and a centralized data logging feature for audit and evaluation purposes. Experimental results demonstrate that the model achieved an accuracy of 81.1% for flood detection and 99.2% for landslide detection, with end-to-end communication latencies of 974.99 ms for the flood node and 939.47 ms for the landslide node. The lead time feature, combined with a data locking mechanism, successfully provides adaptive evacuation time windows (227 seconds for floods and 3 seconds for landslides) without notification redundancy. Through the integration of stable MQTT protocols, dashboard visualization, Telegram notifications, and a comprehensive logging system, this research successfully creates an early warning infrastructure that is not only responsive to field conditions but also provides essential data transparency for stakeholders in emergency decision-making.

Keywords: LSTM, Early Warning, Flood, Landslide, Edge Computing.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	1
HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	II
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	III
KATA PENGANTAR.....	IV
ABSTRAK	V
ABSTRACT	VI
DAFTAR ISI.....	VII
DAFTAR GAMBAR.....	X
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR LAMPIRAN	XIII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 State of The Art.....	5
2.2 Landasan Teori.....	8
2.2.1 Bencana Banjir	8
2.2.2 Bencana Tanah Longsor.....	9
2.2.3 Early Warning System	11
2.2.4 Edge Computing	12
2.2.5 Long Short-Term Memory	13
2.2.6 TensorFlow Lite	15
2.2.7 Inferensi.....	16
2.2.8 NVIDIA Jetson Nano	17
2.2.9 Mikrokontroler ESP32	18
2.2.10 Tipping Bucket Rain Gauge.....	19
2.2.11 JSN-SR04T	20



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2.2.12	Sensor Capacitive Soil Moisture.....	21
2.2.13	MPU-6050.....	22
2.2.14	MQTT	23
2.2.15	Web Dashboard.....	24
2.2.16	Telegram	25
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....		27
3.1	Rancangan Alat	27
3.1.1	Deskripsi Alat	28
3.1.2	Cara Kerja Alat	30
3.1.3	Spesifikasi Alat	32
3.1.4	Diagram Blok.....	34
3.1.5	Cara kerja Sub Sistem	35
3.2	Realisasi Hardware.....	36
3.2.1	Plant Simulasi	36
3.2.2	Rangkaian Sistem.....	38
3.3	Realisasi Software.....	39
3.3.1	Konversi TFLite.....	39
3.3.2	Komunikasi dan Akuisisi Data	40
3.3.3	Pengolahan dan Prediksi Data.....	41
3.3.4	Web Dashboard.....	42
3.3.5	Penyimpanan Data dan Notifikasi.....	45
BAB IV PEMBAHASAN.....		48
4.1	Pengujian Kinerja Transmisi Data	48
4.1.1	Deskripsi Pengujian	48
4.1.2	Peralatan Pengujian.....	48
4.1.3	Prosedur Pengujian	49
4.1.4	Analisis Data Hasil Pengujian.....	49
a.	Analisis Packet Loss	49
b.	Analisis Waktu Latensi Sistem	52
4.2	Pengujian Akurasi Klasifikasi Model LSTM.....	55
4.2.1	Deskripsi Pengujian	55
4.2.2	Peralatan Pengujian.....	55



Hak Cipta :

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

4.2.3	Prosedur Pengujian	56
4.2.4	Analisa Data Hasil Pengujian.....	56
4.3	Pengujian Waktu Prediksi (<i>Lead Time</i>)	61
4.3.1	Deskripsi Pengujian	61
4.3.2	Peralatan Pengujian.....	62
4.3.3	Prosedur Pengujian	62
4.3.4	Analisa Data Hasil Pengujian.....	63
BAB V PENUTUP.....		68
5.1	Simpulan	68
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....		VIII
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS		XII
LAMPIRAN.....		XII

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Banjir.....	8
Gambar 2.2 Tanah Longsor.....	9
Gambar 2.3 EWS	11
Gambar 2.4 Edge Computing.....	12
Gambar 2.5 LSTM.....	13
Gambar 2.6 Tensor Flow.....	15
Gambar 2.7 Inferensi	16
Gambar 2.8 Jetson Nano	17
Gambar 2.9 ESP32	18
Gambar 2.10 Rain Gauge.....	19
Gambar 2.11 JSN-SR04T	20
Gambar 2.12 Capacitive Soil Moisture Sensor.....	21
Gambar 2.13 MPU-6050.....	22
Gambar 2.14 MQTT.....	23
Gambar 2.15 Telegram.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Cara Kerja Alat	30
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem	34
Gambar 3.4 Diagram Alir kerja subsistem.....	35
Gambar 3.5 Design Alat.....	37
Gambar 3.6 Rangkaian Sistem.....	39
Gambar 3.7 Kode konversi TFLite	40
Gambar 3.8 Kode Inisialisasi MQTT.....	40
Gambar 3.9 Kode Topic MQTT.....	40
Gambar 3.10 Kode Load Model.....	41
Gambar 3.11 Kode Pra-pemrosesan.....	41
Gambar 3.12 Kode Inferensi	42
Gambar 3.13 Kode Post Pemrosesan	42
Gambar 3.14 Tampilan Utama Dashboard.....	43
Gambar 3.15 Tampilan Data History	43
Gambar 3.16 Riwayat Notifikasi	44



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Gambar 3.17 Riwayat Lead Time	45
Gambar 3.18 Kode Post Pemrosesan	45
Gambar 3.19 Data Tersimpan di file CSV	46
Gambar 3.20 Data Tersimpan di file CSV	46
Gambar 3.21 Pesan Peringatan Telegram	47
Gambar 4.1 Confusion Matrix Prediksi Banjir	57
Gambar 4.2 Confusion Matrix Prediksi Longsor	59
Gambar 4.3 Grafik Lead Time Banjir	65
Gambar 4.4 Grafik Lead Time Longsor	67





Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (D. Setiawan et al., 2026)	5
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu (Ge et al., 2026)	6
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu (Wijaya et al., 2025)	7
Tabel 3.1 Ambang Batas Klasifikasi Status Bencana	31
Tabel 3.2 Distribusi Kelas Dataset Banjir dan Longsor	31
Tabel 3.3 Tabel Spesifikasi	32
Tabel 3.4 Tabel Komponen	32
Tabel 3. 5 Rincian Rangkaian	39
Tabel 4. 1Peralatan Pengujian Kinerja Transmisi	48
Tabel 4.2 Data Pengujian Packet Loss Node Sensor Banjir	50
Tabel 4.3 Data Pengujian Packet Loss Node Sensor Longsor	51
Tabel 4.4 Data Pengujian Waktu Latensi	53
Tabel 4.5 Tabel Ringkasan Waktu Latensi	54
Tabel 4.6 Peralatan Pengujian Klasifikasi Model	55
Tabel 4.7 Data Rekapitulasi Metrik Banjir	58
Tabel 4.8 Data Rekapitulasi Metrik Longsor	60
Tabel 4.9 Peralatan Pengujian Waktu Prediksi	62
Tabel 4.10 Data Lead Time Banjir	63
Tabel 4.11 Data Lead Time Longsor	65



Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Kode Utama app.py	xiii
Lampiran 2 :Kode index.html	viii





Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai negara tropis yang terletak di antara dua benua dan dua samudra, Indonesia memiliki curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun. Karakteristik iklim dan geografis inilah yang menyebabkan Indonesia sangat rentan terhadap berbagai bencana hidrometeorologi, seperti banjir dan tanah longsor. Tingginya risiko tersebut sejalan dengan catatan Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). Selama kurun waktu 1 Januari 2025 hingga 1 Januari 2026, telah terjadi 3.451 bencana di Indonesia, di mana banjir mendominasi dengan 1.705 kejadian dan tanah longsor tercatat sebanyak 247 kejadian (BNPB, 2026). Statistik ini mempertegas status keduanya sebagai ancaman bencana yang paling sering terjadi di Indonesia.

Tingginya frekuensi bencana tersebut mengindikasikan perlunya optimalisasi langkah mitigasi melalui penerapan Early Warning System (EWS) yang komprehensif. EWS merupakan sistem terintegrasi yang berperan vital dalam memfasilitasi mekanisme kesiapsiagaan guna meminimalkan risiko kehilangan nyawa serta kerusakan infrastruktur kritis (Agbehadj et al., 2023). Keberhasilan sebuah EWS sangat bergantung pada pengintegrasian empat pilar utama, yaitu pengetahuan risiko, pemantauan dan prediksi, penyebaran informasi, serta kemampuan respons masyarakat (Siddique et al., 2023). Namun, infrastruktur EWS eksisting di Indonesia dinilai belum memadai karena kerap kali bersifat single-hazard dan belum terintegrasi dengan baik. Selain itu, sistem konvensional yang bergantung pada model fisik hidrologi membutuhkan komputasi data yang sangat besar dan rumit (Riza et al., 2023). Di sisi operasional, pemantauan parameter lingkungan sering kali masih dilakukan secara manual, sehingga penyampaian informasi peringatan menjadi lambat dan tidak real-time (Reyhan et al., 2025). Ketiadaan sistem peringatan otomatis di berbagai wilayah rawan menyebabkan masyarakat kerap terlambat mengantisipasi datangnya bencana (Hambali et al., 2022).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Perkembangan teknologi sensor dan Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk melakukan pemantauan lingkungan secara otomatis dan real-time melalui berbagai parameter kunci, seperti intensitas curah hujan, ketinggian muka air, kemiringan tanah, dan kelembapan tanah. Rangkaian data deret waktu yang presisi dari instrumen sensor tersebut kemudian dianalisis menggunakan algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). Pemilihan metode LSTM didasarkan pada keunggulannya dalam menangkap ketergantungan data jangka panjang (long-term dependencies) pada data sekuensial yang kompleks (Cho et al., 2022). Kemampuan ini memungkinkan sistem untuk menghubungkan pengaruh kondisi lingkungan masa lalu dengan data saat ini untuk memprediksi kejadian di masa depan secara lebih stabil dan akurat tanpa rentan terhadap fluktuasi data yang abnormal (Hu et al., 2018).

Meskipun demikian, penelitian terkait sistem peringatan dini berbasis pembelajaran mesin umumnya masih berfokus pada satu jenis bencana dan diimplementasikan pada lingkungan komputasi berbasis cloud. Pendekatan tersebut menimbulkan beberapa keterbatasan, seperti latensi komunikasi, ketergantungan terhadap konektivitas jaringan, serta kurangnya kemampuan untuk melakukan pemrosesan secara mandiri di tingkat lokal. Di sisi lain, integrasi antara multisensor, pemrosesan data real-time, dan implementasi model deep learning pada perangkat edge computing masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks sistem peringatan dini.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, studi ini mengusulkan pengembangan sistem prediksi dan peringatan dini banjir dan tanah longsor berbasis multisensor yang memanfaatkan model LSTM dan diimplementasikan pada perangkat edge computing. Sistem yang dikembangkan dirancang untuk melakukan akuisisi data secara real-time, memproses dan menghasilkan prediksi secara lokal dengan latensi rendah, serta mendukung pengambilan keputusan melalui mekanisme notifikasi otomatis. Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan akurasi dan kecepatan prediksi, tetapi juga menghasilkan sistem yang lebih mandiri, responsif, dan adaptif dalam mendukung mitigasi bencana secara efektif.



Hak Cipta :

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

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah, maka persoalan utama dalam penelitian ini dapat dirumuskan ke dalam beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana performa transmisi data MQTT antara ESP32 dan Jetson Nano, serta seberapa cepat total waktu respons sistem?
2. Bagaimana tingkat akurasi inferensi model LSTM pada Jetson Nano dalam mengklasifikasikan status bencana?
3. Berapa lama durasi lead time yang dihasilkan sistem sebagai peringatan dini sebelum kondisi bahaya terdeteksi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan skripsi ini adalah:

1. Menganalisis efektivitas transmisi data ESP32 ke Jetson Nano serta mengukur total waktu respons sistem mulai dari sensor hingga notifikasi.
2. Menguji akurasi inferensi model LSTM pada Jetson Nano dengan membandingkan hasil klasifikasi sistem terhadap data kondisi aktual.
3. Menentukan kemampuan lead time sistem dalam memberikan peringatan dini sebelum bencana terjadi.

1.4 Batasan Masalah

Diperlukan batasan penelitian agar pembahasan tetap fokus dan sesuai dengan kapasitas sistem yang dirancang. Batasan-batasan tersebut meliputi:

1. Data yang diproses oleh sistem merupakan data hasil pembacaan sensor secara simulasi.
2. Pengujian sistem terbatas pada lingkungan laboratorium dengan skala maket, sehingga tidak merepresentasikan dimensi atau material geologis yang sebenarnya.
3. Penelitian pada subsistem ini tidak mencakup proses pelatihan model. Sistem hanya mengimplementasikan model berarsitektur LSTM yang sudah dilatih sebelumnya.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4. Sistem difokuskan untuk menerima aliran data pemantauan dari mikrokontroler ESP32 menggunakan protokol komunikasi MQTT.
5. Hasil prediksi dibatasi pada penentuan status aman, siaga 2 , siaga 1 untuk banjir dan waspada, siaga, awas untuk longsor.
6. Keluaran hanya akan divisualisasikan pada dashboard web, dikirimkan sebagai notifikasi melalui Telegram, dan dicatat sebagai riwayat ke dalam berkas format CSV.
7. Sistem tidak memperhitungkan interaksi kompleks faktor geologis serta variasi cuaca eksternal.

1.5 Luaran

Sebagai perwujudan dari tercapainya tujuan penelitian, Adapun luaran yang ditargetkan dari penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan laporan skripsi yang mendokumentasikan proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi dini berbasis *edge computing* untuk prediksi bencana banjir dan tanah longsor.
2. Menghasilkan jurnal atau artikel ilmiah yang mengkaji performa implementasi inferensi model *deep learning* LSTM pada perangkat *edge computing*.
3. Menghasilkan sistem pendukung keputusan yang beroperasi pada Jetson Nano, yang mencakup sistem pengiriman notifikasi otomatis.

Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data yang telah dilakukan pada sistem peringatan dini bencana berbasis ESP32, Jetson Nano, dan model LSTM, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem berhasil diimplementasikan dengan protokol MQTT yang menunjukkan transmisi data stabil, terbukti dari nilai packet loss rata-rata sebesar 3,19%. Total waktu respons sistem (end-to-end latency) mencapai rata-rata 974,99 ms untuk node banjir dan 939,47 ms untuk node longsor. Notifikasi Telegram menjadi elemen dengan latensi tertinggi karena ketergantungan pada API eksternal dan bandwidth internet.
2. Integrasi model Deep Learning pada perangkat edge menghasilkan Model LSTM yang dijalankan pada edge computing (Jetson Nano) memiliki tingkat akurasi klasifikasi sebesar 81,1% untuk deteksi banjir dan 99,2% untuk deteksi longsor. Sistem menunjukkan ketahanan (robustness) yang tinggi dalam memfilter noise data sensor, sehingga prediksi status bencana hanya berubah berdasarkan perubahan kondisi yang valid. Mekanisme locking yang diterapkan terbukti efektif mengeliminasi redundansi data.
3. Sistem mampu memberikan lead time peringatan dini yang signifikan sebelum bencana terjadi, yakni sebesar 227 detik untuk banjir dan 3 detik untuk longsor. Durasi lead time tersebut telah sesuai dengan karakteristik fisik dari masing-masing bencana, membuktikan bahwa integrasi deteksi sensor, pemrosesan model edge, dan mekanisme notifikasi event-driven telah membentuk sistem peringatan dini yang responsif dan konsisten.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem di masa mendatang, peneliti memberikan saran sebagai berikut:

1. Karena ukuran maket menyebabkan *input* data sensor memiliki dinamika yang lebih agresif dibandingkan kondisi nyata, disarankan untuk melakukan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

feature scaling atau normalisasi data yang lebih intensif pada tahap *preprocessing*.

2. Mengingat ketergantungan pada WiFi, disarankan mengintegrasikan modul komunikasi cadangan secara failover. Hal ini akan memastikan sistem tetap dapat mengirimkan notifikasi peringatan jika jaringan internet lokal utama mengalami downtime.
3. Mengingat adanya bias klasifikasi pada status tertentu, penyesuaian threshold parameter sensor perlu dilakukan secara periodik berdasarkan kalibrasi lapangan agar model tetap relevan dengan perubahan kondisi lingkungan fisik di lokasi pemasangan sensor.
4. Selain notifikasi Telegram, pengembangan antarmuka dashboard yang lebih interaktif, seperti penambahan fitur riwayat (log) data yang bisa diunduh secara real-time dan fitur map-based visualization untuk memantau titik lokasi bencana, akan sangat membantu pengguna dalam memvisualisasikan situasi secara lebih intuitif.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR PUSTAKA

- Abu.Zaid, M. I. M., Ismail, S. I., Dzulkefli, N. N. S. N., & Abdullah, R. (2023). IoT-based Emergency Alert System Integrated with Telegram Bot. *2023 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, June, 126–131. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS57635.2023.10193550>
- Afiyat, N., Pramartaningthya, E. K., & Prasetyo, A. (2026). *IoT-Based LPG Gas Leak Detection System for Real-Time Household Safety Monitoring Integrated with Telegram Bot Notifications*. 10(1), 140–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.70609/g-tech.v10i1.8650>
- Agbehadj, I., Mabhaudhi, T., Botai, J., & Masinde, M. (2023). *A Systematic Review of Existing Early Warning Systems ' Challenges and Opportunities in Cloud Computing Early Warning Systems*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/cli11090188>
- Az-zikri, A. N., Indriyanto, S., & Wicaksono, A. (2025). *PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM MONITORING LEVEL AIR TANDON BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK JSN-SR04T*. 2(3), 13–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.61124/sinta.v2i1.38>
- BMKG. (2026). *Cuaca Ekstrem Dampak Nyata Perubahan Iklim, BMKG Tekankan Pentingnya Penguatan Peringatan Dini dan Kolaborasi*. Bmkg.Go.Id. <https://www.bmkg.go.id/berita/utama/cuaca-ekstrem-dampak-nyata-perubahan-iklim-bmkg-tekankan-pentingnya-penguatan-peringatan-dini-dan-kolaborasi>
- BNPB. (2026). *Data Informasi Bencana Indonesia 2025-2026*. <https://gis.bnpb.go.id/>
- Chen, G., Aihara, S., & Takegawa, Y. (2026). *Attention-Enhanced LSTM for Real-Time Curling Stone Trajectory Prediction on Resource-Constrained Devices*. 1–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app16052612>
- Cho, M., Kim, C., Jung, K., & Jung, H. (2022). *Water Level Prediction Model Applying a Long Short-Term Memory(LSTM)–Gated Recurrent Unit (GRU) Method for Flood Prediction*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14142221>
- Espressif Systems. (2025). *ESP32*. Espressif Systems. <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>
- Faudzi, A. A. M., Raslan, M. M., & Alias, N. E. (2023). *IoT based real-time monitoring system of rainfall and water level for flood prediction using LSTM Network*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1143/1/012015>



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

- Fauzan, Zaini, Basyar, B., P., R. E., Aprisal, Fahmi Lubis⁶, R. A. L., Fadhiya, R., Syahmina, L., S., R. A. R., Kamil, L., M., M. G., F., Y. L., M., F. Al, K., M. R., & Uais. (2025). *Penerapan Early Warning System Banjir Bandang Berbasis Sensor dan Pembuatan Desain Normalisasi Sungai di Nagari Aie Angek, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat*. 9(6), 1938–1943. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/dinamisia.v9i6.31119>
- Febrioko, D., Nurhayati, I., Sugito, & Sutrisno, J. (2022). *MITIGASI BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA BEGAGANLIMO KECAMATAN GONDANG KABUPATEN MOJOKERTO*. 6(01), 8–20.
- Ge, H., Cao, Y., Huang, S., Qin, C., Liu, T., Liao, X., & Liang, Y. (2026). *An Early Warning Method Based on Transformer – Attention – LSTM Hybrid Framework for Landslides in the Red Bed Sedimentary Layers in Western Sichuan , China: Implications for Sustainable Hazard Mitigation*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su18073241>
- Hambali, Akbar, A., & Yani, A. (2022). *EARLY WARNING SYSTEM FOR FLOOD IN GUNUNGSARI DISTRICT BASED ON IOT WITH TELEGRAM BOT AS A WARNING MESSAGE*. 18(2). <https://doi.org/10.33480/pilar.v18i2.3711>
- Higashino, T., Yamaguchi, H., Hiromori, A., & Uchiyama, A. (2017). *Edge Computing and IoT Based Research for Building Safe Smart Cities Resistant to Disasters*. 1729–1737. <https://doi.org/10.1109/ICDCS.2017.160>
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). *LONG SHORT-TERM MEMORY*. 9(8), 1–32.
- Hu, C., Wu, Q., Li, H., Jian, S., Li, N., & Lou, Z. (2018). *Deep Learning with a Long Short-Term Memory Networks Approach for Rainfall-Runoff Simulation*. 1–16. <https://doi.org/10.3390/w10111543>
- Isnaini, R. (2019). *Analisis Bencana Tanah Longsor di Wilayah Jawa Tengah*. 1(2), 143–160. <https://doi.org/10.18326/imej.v1i2.143-160>
- Kusuma, H. A., Purba, J. V, Pangesty, A. D., & Riauna, Y. W. (2025). *Measurement of Beach Slope Inclination Based on MPU6050 Inertial Sensor*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1559/1/012009>
- Lertudomkitpaisan, P. (2026). *Machine Learning for Air Quality Prediction*.
- Ma, K., & Zhang, W. (2015). *Introducing browser-based high-frequency cloud monitoring system using WebSocket proxy*. 6(1).
- Mishra, V. K., Rath, D. S., & Pandey, B. N. (2026). *Developing Real-Time Research Data Visualization Dashboard for Academic Institutions and Libraries: Utilizing OpenAlex Database and Open-Source Software*. 24(2), 165–184. <https://doi.org/https://doi.org/10.22034/ijism.2026.2057528.1780>



Hak Cipta :

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

- MQTT. (2024). *MQTT: The Standard for IoT Messaging*. MQTT.Org. <https://mqtt.org/>
- Mujahid, S., Irawan, B., & Setianingsih, C. (2020). PERANCANGAN PROTOTIPE SISTEM PERINGATAN DINI TANAH LONGSOR BERBASIS INTERNET OF THINGS. *E-Proceeding of Engineering*, 7(1), 1651–1657.
- NVIDIA. (2025). *NVIDIA Jetson Nano*. NVIDIA Corporation. <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/product-development/>
- Placidi, P., Gasperini, L., Grassi, A., Cecconi, M., & Scorzoni, A. (2020). *Characterization of Low-Cost Capacitive Soil Moisture Sensors for IoT Networks*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/s20123585>
- Priadi, A. R., Safitri, R. A., Pratama, T. B., & Latifa, U. (2025). *PERBANDINGAN TINGKAT AKURASI DAN PRESISI PEMBACAAN JARAK PADA SENSOR ULTRASONIK HC-SR04, JSN SR04T, DAN A02YYUW*. 27(1), 19–29. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/tesla>
- Raffly, M. R. A.-, Pramukantoro, E. S., & Amron, K. (2025). *IMPLEMENTASI SISTEM INFERENSI KLASIFIKASI DETAK*. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 9(2), 1–8.
- Reyhan, P., Purba, E., & Marlina, L. (2025). *Analisis Kesiapan BPBD Kota Binjai dalam Penerapan Kecerdasan Buatan untuk Sistem Peringatan Dini Bencana Banjir Banjir*. 3. <https://doi.org/https://doi.org/10.62951/bridge.v3i3.596>
- Riza, H., Santoso, E. W., Tejakusuma, I. G., Prawiradisastra, F., & Prihartanto. (2023). *PEMANFAATAN KECERDASAN ARTIFISIAL UNTUK MENINGKATKAN MITIGASI BENCANA BANJIR*. 107–120. <https://doi.org/10.55981/brin.668.c545>
- Segovia-cardozo, D. A., Rodríguez-Sinobas, L., Díez-Herrero, A., Zubelzu, S., & Canales-Ide, F. (2021). *Understanding the Mechanical Biases of Tipping-Bucket Rain Gauges: A Semi-Analytical Calibration Approach*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w13162285>
- Setiawan, D., Putri, R. N., Salamun, Elvitarian, L., & Trisnawati, L. (2026). *Pengembangan Arsitektur Edge Computing untuk E arly Warning System (EWS) Banjir Berbasis Multi-Sensor Menggunakan Model Hybrid LSTM – Random Forest*. 6(1). <https://doi.org/10.58794/jekin.v6i1.2028>
- Setiawan, H., Jalil, M., S, M. E., Purwadi, F., Adios, S., Brata, A. W., & Jufda, A. S. (2020). *ANALISIS PENYEBAB BANJIR DI KOTA SAMARINDA*. *Jurnal Geografi Gea*, 20(April), 39–43.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Shuiquan, L., Binqing, Z., Tianjiao, D., Mingyue, G., & Yashi, P. (2026). *Urban flood disaster prevention , control , and rescue using edge computing and the resilience concept*. 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41598-025-31599-6> 1

Siddique, M., Ahmed, T., & Husain, M. S. (2023). *EAI Endorsed Transactions Flood Monitoring and Early Warning Systems – An IoT Based Perspective*. 9(2), 1–10. <https://doi.org/10.4108/eetiot.v9i2.2968>

Siregar, A. A., Simanungkalit, E., & Nasrudin. (2025). *Telegram-Based Earthquake Early Warning*. 11(5), 85–94. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i5.11080>

Situngkir, A. M. (2022). *ANALISIS DATA CURAH HUJAN SEBAGAI PENYEBAB BANJIR DI GEDONG TATAAN LAMPUNG*. 10(1), 95–108. <https://doi.org/https://doi.org/10.35450/jip.v10i01.277>

Wijaya, I., Herlawati, H., & Sari, R. (2025). *PREDIKSI CURAH HUJAN DI KABUPATEN BOGOR MENGGUNAKAN LONG SHORT-TERM MEMORY DAN GEMMA 2*. *Jurnal Komtika (Komputasi Dan Informatika)*, 9(1), 147–157. <https://doi.org/https://doi.org/10.31603/komtika.v9i1.13639>
Received:

Xie, P., Zhou, A., & Chai, B. (2019). *The Application of Long Short-Term Memory (LSTM) Method on Displacement Prediction of Multifactor-Induced Landslides*. *IEEE Access*, 7, 54305–54311. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2912419>

Younis, S. B., & Al-Qassim, M. A. (2025). *Realtime IoT Monitoring for Coworking Spaces Using ESP32 and TFLite-Based Classification*. 18(9). <https://doi.org/10.22266/ijies2025.1031.60>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Laura Gracella. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara, lahir di Jakarta 29 Desember 2004. Memulai pendidikan formal dari SD. Santo Markus I, Jakarta hingga lulus pada tahun 2016. Melanjutkan studi di SMP Negeri 128 Jakarta hingga tahun 2019. Menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 93 Jakarta pada tahun 2022, Kemudian melanjutkan studi ke jenjang perkuliahan di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2022. Hingga akhirnya berhasil menyelesaikan seluruh rangkaian studi dan menyusun skripsi ini untuk memperoleh gelar akademik pada tahun 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN



Hak Cipta :

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



Lampiran 1: Kode Utama app.py

```
import eventlet
eventlet.monkey_patch()
import time
import csv
import json
import threading
import requests
import numpy as np
from datetime import datetime
from flask import Flask, render_template, request, jsonify
from flask_socketio import SocketIO
import paho.mqtt.client as mqtt
import tfLite_runtime.interpreter as tflite

app = Flask(__name__)
socketio = SocketIO(app, cors_allowed_origins="*",
                    async_mode='eventlet')

interpreter_banjir =
tflite.Interpreter(model_path="model_banjir.tflite")
interpreter_banjir.allocate_tensors()
input_details_banjir = interpreter_banjir.get_input_details()
output_details_banjir = interpreter_banjir.get_output_details()

interpreter_longsor =
tflite.Interpreter(model_path="model_longsor.tflite")
interpreter_longsor.allocate_tensors()
input_details_longsor = interpreter_longsor.get_input_details()
output_details_longsor = interpreter_longsor.get_output_details()

with open("scaler_longsor_raw.json", "r") as f:
    scaler_raw = json.load(f)

with open("config_longsor_raw.json", "r") as f:
    config_longsor = json.load(f)

SCALE_LONGSOR = np.array([scaler_raw["scale_"], dtype=np.float32)
MIN_LONGSOR = np.array([scaler_raw["min_"], dtype=np.float32)

def scale_fitur_longsor(fitur_mentah):
    arr = np.array(fitur_mentah, dtype=np.float32)
    return arr * SCALE_LONGSOR + MIN_LONGSOR

FITUR_LONGSOR = config_longsor["features"]
TIMESTEPS_LONGSOR = config_longsor["timesteps"]
LABEL_MAP_LONGSOR = {int(k): v for k, v in
config_longsor["label_map"].items()}

print(f"    Fitur      : {FITUR_LONGSOR}")
print(f"    Timesteps  : {TIMESTEPS_LONGSOR}")

HUJAN_MIN, HUJAN_MAX = 0.0000, 394.8000
AIR_MIN, AIR_MAX = 0.0000, 14.0000
TIMESTEPS_BANJIR = 20

LABEL_STATUS_BANJIR = {0: "Aman", 1: "Siaga 2", 2: "Siaga 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

buffer_banjir = []
buffer_longsor = []

status_banjir_terakhir = "Menunggu"
status_longsor_terakhir = "Menunggu"

waktu_mdl_siaga_banjir = None
waktu_mdl_bahaya_banjir = None
jeda_siaga_banjir = 0.0
jeda_bahaya_banjir = 0.0
lock_siaga_banjir = False
lock_bahaya_banjir = False

waktu_mdl_siaga_longsor = None
waktu_mdl_bahaya_longsor = None
jeda_siaga_longsor = 0.0
jeda_bahaya_longsor = 0.0
lock_siaga_longsor = False
lock_bahaya_longsor = False

SOIL_MIN, SOIL_MAX = 0.63, 100.0
TILT_MIN, TILT_MAX = 0.0, 34.0

MITIGASI = {
    "banjir": {
        "Siaga 1": "Bahaya! Segera pindah ke area aman/datar yang jauh dari sungai dan lereng.",
        "Siaga 2": "Siapkan barang penting & pantau terus. Hindari area dekat sungai/saluran air.",
        "Aman": "Kondisi terkendali. Tetap pantau jika cuaca memburuk."
    },
    "longsor": {
        "Awat": "Segera Evakuasi!! menjauh dari lereng/tebing. Jangan kembali sampai dinyatakan aman.",
        "Siaga": "Ancaman terdeteksi! Hentikan aktivitas di sekitar lereng/tebing, bersiaplah untuk evakuasi",
        "Waspada": "Tingkatkan kehati-hatian. Pantau terus kondisi tanah dan lingkungan sekitar"
    }
}

def nama_csv(tipe, tanggal_str=None):
    if tanggal_str is None:
        tanggal_str = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d")
    return f"data_sensor_{tipe}_{tanggal_str}.csv"

def pastikan_header_csv(nama_file, tipe):
    import os
    if os.path.exists(nama_file) and os.path.getsize(nama_file) > 0:
        return
    with open(nama_file, mode='w', newline='') as f:
        writer = csv.writer(f)
        if tipe == "banjir":
            writer.writerow(["Waktu_Sistem", "Tipe", "Siklus", "Millis_Node",
                             "Lat_Prep_ms", "Lat_Invoke_ms",
                             "Lat_Post_ms", "Lat Mdl Total ms",

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        "Lat_Web_ms", "Lat_Tele_ms",
        "Sensor_Hujan", "Sensor_Air",
        "fisis nyata", "Status",

    "Jeda_Prediksi_Detik"]])
    else:
        writer.writerow(["Waktu_Sistem", "Tipe", "Siklus",
        "Millis_Node",
        "Lat_Prep_ms", "Lat_Invoke_ms",
        "Lat_Post_ms", "Lat_Mdl_Total_ms",
        "Lat_Web_ms", "Lat_Tele_ms",
        "Sensor_Soil", "Sensor_Tilt",
        "fisis nyata", "Status",
        "Jeda_Prediksi_Detik"]])

def kirim_telegram(pesan):
    bot_token = '8683714473:AAHJRE5z6Be2t58ock5GZfbv1JrEgiWa6nc'
    bot_chatID = '-1004420182986'
    latensi_tele_ms = 0.0

    send_text = (
        f'https://api.telegram.org/bot{bot_token}/sendMessage'
        f'?chat_id={bot_chatID}&parse_mode=Markdown&text={pesan}'
    )
    try:
        t_start = time.perf_counter()
        response = requests.get(send_text)
        t_end = time.perf_counter()
        latensi_tele_ms = (t_end - t_start) * 1000

        if response.status_code == 200:
            print(f"Telegram SUKSES terkirim ({latensi_tele_ms:.2f}
ms)")
        else:
            print(f"Telegram GAGAL! Error Code:
{response.status_code}")

    except Exception as e:
        print("Gagal Jaringan Telegram:", e)
    return latensi_tele_ms

def simpan_ke_csv(tipe, siklus, millis_node, lat_prep, lat_invoke,
lat_post,
        lat_mdl_total, lat_web, lat_tele, data_sensor,
        kondisi nyata, status, jeda_detik):
    waktu = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    tipe_lower = tipe.lower()
    nama_file = nama_csv(tipe_lower)
    pastikan_header_csv(nama_file, tipe_lower)

    with open(nama_file, mode='a', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow([waktu, tipe, siklus, millis_node,
        f"{lat_prep:.4f}", f"{lat_invoke:.4f}",
        f"{lat_post:.4f}", f"{lat_mdl_total:.4f}",
        f"{lat_web:.4f}", f"{lat_tele:.4f}"
        + data_sensor
        + [kondisi nyata, status,
        f"{jeda_detik:.2f}"]])

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
def prediksi_banjir():
    global buffer_banjir
    t0 = time.perf_counter()
    input_data = np.array([buffer_banjir], dtype=np.float32)
    interpreter_banjir.set_tensor(input_details_banjir[0]['index'],
    input_data)
    t1 = time.perf_counter()

    interpreter_banjir.invoke()
    t2 = time.perf_counter()

    output_data =
    interpreter_banjir.get_tensor(output_details_banjir[0]['index'])
    probabilitas = output_data[0]
    index_tertinggi = np.argmax(probabilitas)
    status_sekarang = LABEL_STATUS_BANJIR[index_tertinggi]
    t3 = time.perf_counter()

    lat_prep = (t1 - t0) * 1000
    lat_invoke = (t2 - t1) * 1000
    lat_post = (t3 - t2) * 1000
    lat_mdl_total = lat_prep + lat_invoke + lat_post

    return status_sekarang, probabilitas, lat_prep, lat_invoke,
    lat_post, lat_mdl_total

def prediksi_longsors():
    global buffer_longsor
    t0 = time.perf_counter()
    input_data = np.array([buffer_longsor], dtype=np.float32)
    interpreter_longsor.set_tensor(input_details_longsor[0]['index'],
    input_data)
    t1 = time.perf_counter()

    interpreter_longsor.invoke()
    t2 = time.perf_counter()

    output_data =
    interpreter_longsor.get_tensor(output_details_longsor[0]['index'])
    probabilitas = output_data[0]
    index_tertinggi = np.argmax(probabilitas)
    status_sekarang = LABEL_MAP_LONGSOR[index_tertinggi]
    t3 = time.perf_counter()

    lat_prep = (t1 - t0) * 1000
    lat_invoke = (t2 - t1) * 1000
    lat_post = (t3 - t2) * 1000
    lat_mdl_total = lat_prep + lat_invoke + lat_post

    print(f"DEBUG Probabilitas -> Waspada: {probabilitas[0]:.4f} |
    Siaga: {probabilitas[1]:.4f} | Awas: {probabilitas[2]:.4f}")
    print(f"DEBUG Buffer[-1] (scaled, 2 fitur) -> {[round(float(x),
    4) for x in buffer_longsor[-1]]}")

    return status_sekarang, probabilitas, lat_prep, lat_invoke,
    lat_post, lat_mdl_total
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    print("Terhubung ke Broker Lokal dengan kode:", rc)
    client.subscribe("sensor/banjir")
    client.subscribe("sensor/longsor")

def on_message(client, userdata, msg):
    global buffer_banjir, buffer_longsor
    global status_banjir_terakhir, status_longsor_terakhir
    global waktu_mdl_siaga_banjir, waktu_mdl_bahaya_banjir
    global jeda_siaga_banjir, jeda_bahaya_banjir
    global lock_siaga_banjir, lock_bahaya_banjir
    global waktu_mdl_siaga_longsor, waktu_mdl_bahaya_longsor
    global jeda_siaga_longsor, jeda_bahaya_longsor
    global lock_siaga_longsor, lock_bahaya_longsor

    topik      = msg.topic
    payload     = msg.payload.decode('utf-8')
    data_mentah = payload.split(',')

    try:
        waktu_sekarang = datetime.now().strftime("%H:%M:%S")
        if topik == "sensor/banjir":
            millis_node = int(data_mentah[0])
            siklus_node = int(data_mentah[1])
            val_hujan    = float(data_mentah[2])
            val_air      = float(data_mentah[3])
            if val_air >= 6.0 or (val_hujan >= 12.0 and val_air >=
4.0):
                kondisi_nyata = "Siaga 1"
            elif val_air >= 3.0 or val_hujan >= 5.0:
                kondisi_nyata = "Siaga 2"
            else:
                kondisi_nyata = "Aman"

            s_hujan = max(0.0, min(val_hujan, HUJAN_MAX)) / HUJAN_MAX
            s_air   = max(0.0, min(val_air,   AIR_MAX))   / AIR_MAX
            if siklus_node == 1:
                buffer_banjir = []
                waktu_mdl_siaga_banjir = None
                waktu_mdl_bahaya_banjir = None
                jeda_siaga_banjir = 0.0
                jeda_bahaya_banjir = 0.0
                lock_siaga_banjir = False
                lock_bahaya_banjir = False

                buffer_banjir.append([s_hujan, s_air])
                if len(buffer_banjir) > TIMESTEPS_BANJIR:
                    buffer_banjir.pop(0)

                status_tampil = f"Mengumpulkan
({len(buffer_banjir)}/{TIMESTEPS_BANJIR})"
                lat_prep = lat_invoke = lat_post = lat_mdl_total =
lat_web = lat_tele = 0.0
                jeda_detik_tulis = 0.0
                lead_time_emit   = 0.0

                if len(buffer_banjir) >= TIMESTEPS_BANJIR:
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        status_pred, prob, lat_prep, lat_invoke, lat_post,
lat_mdl_total = prediksi_banjir()
        status_tampil = status_pred

        if status_pred == "Siaga 2" and
waktu_mdl_siaga_banjir is None:
            waktu_mdl_siaga_banjir = time.time()
            if kondisi_nyata == "Siaga 2" and
waktu_mdl_siaga_banjir is not None and not lock_siaga_banjir:
                jeda_siaga_banjir = time.time() -
waktu_mdl_siaga_banjir
                lock_siaga_banjir = True

            if status_pred == "Siaga 1" and
waktu_mdl_bahaya_banjir is None:
                waktu_mdl_bahaya_banjir = time.time()
                if kondisi_nyata == "Siaga 1" and
waktu_mdl_bahaya_banjir is not None and not lock_bahaya_banjir:
                    jeda_bahaya_banjir = time.time() -
waktu_mdl_bahaya_banjir
                    lock_bahaya_banjir = True

            jeda_detik_tulis = jeda_bahaya_banjir if
lock_bahaya_banjir else jeda_siaga_banjir
            lead_time_emit = round(jeda_detik_tulis, 2)

            if status_pred != status_banjir_terakhir:
                pesan_mitigasi = MITIGASI["banjir"][status_pred]
                kirim_notif = False

            if status_pred == "Siaga 2":
                lat_tele = kirim_telegram(
                    f"PERINGATAN BANJIR!\nStatus: *Siaga
2*\n"
                    f"Tinggi air: {val_air:.1f} cm\n"
                    f"Curah hujan: {val_hujan:.1f} mm\n\n"
                    f"Mitigasi: {pesan_mitigasi}"
                )
                kirim_notif = True
            elif status_pred == "Siaga 1":
                lat_tele = kirim_telegram(
                    f"PERINGATAN BANJIR!\nStatus: *Siaga
1*\n"
                    f"Tinggi air: {val_air:.1f} cm\n"
                    f"Curah hujan: {val_hujan:.1f} mm\n\n"
                    f"□ Mitigasi: {pesan_mitigasi}"
                )
                kirim_notif = True
            elif status_pred == "Aman" and
status_banjir_terakhir != "Menunggu":
                lat_tele = kirim_telegram(
                    f"INFO BANJIR\nStatus: *Aman*\nKondisi
air terpantau kembali normal.\n\n"
                    f"□ Info: {pesan_mitigasi}"
                )
                kirim_notif = True

            if kirim_notif:

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

socketio.emit('new_notification', {
    'tipe': 'Node Banjir',
    'status': status_pred,
    'pesan': pesan_mitigasi,
    'waktu': waktu_sekarang
})

status_banjir_terakhir = status_pred

print("\n" + "="*50)
print(f"[MONITORING NODE BANJIR] Siklus: {siklus_node} |
Fisis: {kondisi_nyata} | Prediksi: {status_tampil}")
print(f"    JEDA EW SIAGA 1 : {jeda_siaga_banjir:.2f}
Detik " + ("(LOCKED)" if lock_siaga_banjir else "(COUNTING)")
print(f"    JEDA EW SIAGA 2 : {jeda_bahaya_banjir:.2f} Detik
" + ("(LOCKED)" if lock_bahaya_banjir else "(COUNTING)")
print("="*50)

t_web_start = time.perf_counter()
socketio.emit('update_banjir', {
    'waktu': waktu_sekarang,
    'hujan': val_hujan,
    'air': val_air,
    'status': status_tampil,
    'status_nyata': kondisi_nyata,
    'lead_time': lead_time_emit
})
t_web_end = time.perf_counter()
lat_web = (t_web_end - t_web_start) * 1000

simpan_ke_csv("banjir", siklus_node, millis_node,
              lat_prep, lat_invoke, lat_post,
lat_mdl_total,
              lat_web, lat_tele,
              [val_hujan, val_air],
              kondisi_nyata, status_tampil,
jeda_detik_tulis)

elif topik == "sensor/longsor":
    millis_node = int(data_mentah[0])
    siklus_node = int(data_mentah[1])
    val_soil = float(data_mentah[2])
    val_tilt = float(data_mentah[3])

    if val_tilt > 10.0 or val_soil > 65.0 or (val_soil > 50
and val_tilt > 10):
        kondisi_nyata = "Awas"
    elif val_tilt >= 5.0 or val_soil >= 40.0:
        kondisi_nyata = "Siaga"
    else:
        kondisi_nyata = "Waspada"

    if siklus_node == 1:
        buffer_longsor = []
        waktu_mdl_siaga_longsor = None
        waktu_mdl_bahaya_longsor = None
        jeda_siaga_longsor = 0.0
        jeda_bahaya_longsor = 0.0
        lock_siaga_longsor = False

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

lock_bahaya_longsor = False

fitur_mentah = [val_soil, val_tilt]
fitur_scaled = scale_fitur_longsor(fitur_mentah)

buffer_longsor.append(fitur_scaled.tolist())
if len(buffer_longsor) > TIMESTEPS_LONGSOR:
    buffer_longsor.pop(0)

status_tampil = f"Mengumpulkan
({len(buffer_longsor)}/{TIMESTEPS_LONGSOR})"
lat_prep = lat_invoke = lat_post = lat_mdl_total =
lat_web = lat_tele = 0.0
jeda_detik_tulis = 0.0
lead_time_emit = 0.0

if len(buffer_longsor) >= TIMESTEPS_LONGSOR:
    status_pred, prob, lat_prep, lat_invoke, lat_post,
lat_mdl_total = prediksi_longsens()
    status_tampil = status_pred

    if status_pred == "Siaga" and waktu_mdl_siaga_longsor
is None:
        waktu_mdl_siaga_longsor = time.time()
        if kondisi_nyata == "Siaga" and
waktu_mdl_siaga_longsor is not None and not lock_siaga_longsor:
            jeda_siaga_longsor = time.time() -
waktu_mdl_siaga_longsor
            lock_siaga_longsor = True

        if status_pred == "Awat" and waktu_mdl_bahaya_longsor
is None:
            waktu_mdl_bahaya_longsor = time.time()
            if kondisi_nyata == "Awat" and
waktu_mdl_bahaya_longsor is not None and not lock_bahaya_longsor:
                jeda_bahaya_longsor = time.time() -
waktu_mdl_bahaya_longsor
                lock_bahaya_longsor = True

            jeda_detik_tulis = jeda_bahaya_longsor if
lock_bahaya_longsor else jeda_siaga_longsor
            lead_time_emit = round(jeda_detik_tulis, 2)

    if status_pred != status_longsor terakhir:
        pesan_mitigasi = MITIGASI["longsor"][status_pred]
        kirim_notif = False

    if status_pred == "Awat":
        lat_tele = kirim_telegram(
            f"PERINGATAN LONGSOR!\nStatus Prediksi:
*Awat*\n"

            f"Kemiringan: {val_tilt:.1f}°\n"
            f"Kelembapan tanah: {val_soil:.1f}%\n\n"
            f"Mitigasi: {pesan_mitigasi}"
        )
        kirim_notif = True
    elif status_pred == "Siaga":
        lat_tele = kirim_telegram(

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
f"PERINGATAN LONGSOR!\nStatus Prediksi:
*Siaga*\n"

f"Kemiringan: {val_tilt:.1f}°\n"
f"Kelembapan tanah: {val_soil:.1f}%\n\n"
f"☐ Mitigasi: {pesan_mitigasi}"

)
    kirim_notif = True
    elif status_pred == "Waspada" and
status_longsor_terakhir != "Menunggu":
        lat_tele = kirim_telegram(
            f"INFO LONGSOR\nStatus Prediksi:
*Waspada*\nTanah kembali stabil.\n\n"
            f"☐ Info: {pesan_mitigasi}"
        )
        kirim_notif = True

    if kirim_notif:
        socketio.emit('new_notification', {
            'tipe': 'Node Longsor',
            'status': status_pred,
            'pesan': pesan_mitigasi,
            'waktu': waktu_sekarang
        })

    status_longsor_terakhir = status_pred

    print("\n" + "="*50)
    print(f"[MONITORING NODE LONGSOR] Siklus: {siklus_node} |
Fisis: {kondisi_nyata} | Argmax: {status_tampil}")
    print(f"Fitur mentah -> soil:{val_soil:.2f}
tilt:{val_tilt:.2f}")
    print(f"JEDA EW SIAGA : {jeda_siaga_longsor:.2f} Detik "
+ ("(LOCKED)" if lock_siaga_longsor else "(COUNTING)") )
    print(f"☐ JEDA EW AWAS : {jeda_bahaya_longsor:.2f}
Detik " + ("(LOCKED)" if lock_bahaya_longsor else "(COUNTING)") )
    print("="*50)

    t_web_start = time.perf_counter()
    socketio.emit('update_longsor', {
        'waktu': waktu_sekarang,
        'moisture': val_soil,
        'tilt': val_tilt,
        'status': status_tampil,
        'status_nyata': kondisi_nyata,
        'lead_time': lead_time_
    })
    t_web_end = time.perf_counter()
    lat_web = (t_web_end - t_web_start) * 1000

    simpan_ke_csv(
        "longsor", siklus_node, millis_node,
        lat_prep, lat_invoke, lat_post, lat_mdl_total,
        lat_web, lat_tele,
        [val_soil, val_tilt],
        kondisi_nyata, status_tampil, jeda_detik_tulis
    )

except Exception as e:
    print(f"Error parsing data Komunikasi: {e}")
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

mqtt_client = mqtt.Client()
mqtt_client.on_connect = on_connect
mqtt_client.on_message = on_message

@app.route('/')
def index():
    return render_template('index.html')

@app.route('/api/history')
def api_history():
    tipe = request.args.get('type', '').lower()
    tanggal = request.args.get('date', '') # format: YYYY-MM-DD
    limit_raw = request.args.get('limit', '25')

    if tipe not in ('banjir', 'longsor'):
        return jsonify({"error": "Parameter 'type' harus 'banjir' atau 'longsor'"}), 400

    if not tanggal:
        return jsonify({"error": "Parameter 'date' wajib diisi (format YYYY-MM-DD)"}), 400

    nama_file = nama_csv(tipe, tanggal)
    if tipe == 'banjir':
        kolom_param = ['Sensor_Hujan', 'Sensor_Air']
    else:
        kolom_param = ['Sensor_Soil', 'Sensor_Tilt']

    hasil = []
    try:
        with open(nama_file, mode='r', newline='') as file:
            reader = csv.DictReader(file)
            for row in reader:
                waktu_sistem = row.get('Waktu_Sistem', '')
                jam_saja = waktu_sistem.split(' ')[1] if ' ' in waktu_sistem else waktu_sistem

                baris = {
                    "waktu": jam_saja,
                    "status": row.get('Status', ''),
                    "fisis": row.get('fisis nyata', ''),
                }
                for i, kolom in enumerate(kolom_param, start=1):
                    baris[f"param{i}"] = row.get(kolom, '')

                hasil.append(baris)

    except FileNotFoundError:
        return jsonify({"error": f"Tidak ada data untuk tanggal {tanggal}"}), 404
    except Exception as e:
        return jsonify({"error": f"Gagal membaca data: {e}"}), 500
    hasil.sort(key=lambda r: r['waktu'], reverse=True)

    if limit_raw != 'all':

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

try:
    hasil = hasil[:int(limit_raw)]
except ValueError:
    pass

return jsonify(hasil)

if __name__ == '__main__':
    mqtt_client.connect("localhost", 1883, 60)
    mqtt_client.loop_start()
    socketio.run(app, host='0.0.0.0', port=5000)

```



Lampiran 1 :Kode index.html

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="id">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
  <title>Sistem Peringatan Dini Bencana</title>
  <script src="https://cdn.tailwindcss.com"></script>
  <link rel="stylesheet"
href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-
awesome/6.4.0/css/all.min.css">
  <script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/chart.js"></script>
  <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/socket.io/4.0.1/sock
et.io.js"></script>
  <link
href="https://fonts.googleapis.com/css2?family=Inter:wght@400;50
0;600;700&family=JetBrains+Mono:wght@500;700&display=swap"
rel="stylesheet">

  <style>
    body { font-family: 'Inter', sans-serif; background-
color: #0f172a; color: #f8fafc; }
    .font-mono { font-family: 'JetBrains Mono', monospace; }
    .bg-dark { background-color: #1e293b; }

    @keyframes pulse-red { 0%, 100% { box-shadow: 0 0 0 0
rgba(239, 68, 68, 0.4); } 50% { box-shadow: 0 0 0 15px rgba(239,
68, 68, 0); } }
    .pulsing-red-large { animation: pulse-red 1s infinite; }

    @keyframes pulse-yellow { 0%, 100% { box-shadow: 0 0 0 0
rgba(245, 158, 11, 0.4); } 50% { box-shadow: 0 0 0 15px
rgba(245, 158, 11, 0); } }
    .pulsing-yellow-large { animation: pulse-yellow 1.5s
infinite; }

    @keyframes pulse-red-small { 0%, 100% { box-shadow: 0 0
0 0 rgba(239, 68, 68, 0.4); } 50% { box-shadow: 0 0 0 8px
rgba(239, 68, 68, 0); } }
    .pulsing-red { animation: pulse-red-small 1.5s infinite;
}

    ::-webkit-scrollbar { width: 6px; height: 6px; }
    ::-webkit-scrollbar-track { background: transparent; }
    ::-webkit-scrollbar-thumb { background: #475569; border-
radius: 4px; }
    ::-webkit-scrollbar-thumb:hover { background: #64748b; }
    .drawer-open { transform: translateX(0%); }
    .drawer-closed { transform: translateX(100%); }
  </style>
</head>
<body class="h-screen w-full flex flex-col p-4 md:p-6 overflow-
hidden relative">

  <header class="w-full flex-none flex justify-between items-
center mb-4 md:mb-6 max-w-7xl mx-auto">
```

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

<div>
  <h1 class="text-2xl md:text-3xl font-bold bg-clip-
text text-transparent bg-gradient-to-r from-blue-400 to-emerald-
400 flex items-center">
    <i class="fa-solid fa-satellite-dish mr-3 text-
blue-400"></i> Early Warning System
  </h1>
  <p class="text-gray-400 text-xs md:text-sm mt-
1">Pemantauan Real-time & Riwayat Operasional</p>
</div>

<div class="flex gap-3 items-center">
  <button onclick="toggleNotificationDrawer()"
class="relative bg-slate-800 hover:bg-slate-700 p-2.5 rounded-
full text-gray-300 transition-colors border border-gray-700
shadow-lg group">
    <i class="fa-solid fa-bell group-hover:animate-
swing"></i>
    <span id="notif-badge" class="absolute top-0
right-0 w-3 h-3 bg-red-500 border-2 border-slate-800 rounded-
full hidden"></span>
  </button>

  <div id="nav-buttons" class="flex gap-3">
    <button onclick="switchView('history')" id="btn-
to-history" class="bg-indigo-600 hover:bg-indigo-500 text-white
px-4 py-2 rounded-lg text-sm font-semibold transition-colors
flex items-center shadow-lg shadow-indigo-900/20">
      <i class="fa-solid fa-clock-rotate-left mr-
2"></i> Riwayat Data
    </button>
    <button onclick="switchView('dashboard')"
id="btn-to-dashboard" class="hidden bg-slate-700 hover:bg-slate-
600 text-white px-4 py-2 rounded-lg text-sm font-semibold
transition-colors flex items-center shadow-lg">
      <i class="fa-solid fa-chart-line mr-2"></i>
      Dashboard Utama
    </button>
  </div>
</div>
</header>

<!-- DASHBOARD VIEW -->
<main id="view-dashboard" class="w-full max-w-7xl mx-auto
flex-1 grid grid-cols-1 lg:grid-cols-2 gap-4 md:gap-6 min-h-0
pb-2 transition-opacity duration-300">
  <div class="bg-dark rounded-xl shadow-lg border border-
gray-800 flex flex-col min-h-0 h-full">
    <div class="flex-none bg-gray-800 px-5 py-3 border-b
border-gray-700">
      <h2 class="text-base md:text-lg font-bold text-
blue-400"><i class="fa-solid fa-cloud-showers-water mr-2"></i>
      Pemantauan Banjir</h2>
    </div>

    <div class="flex-none p-4 flex flex-col gap-4">

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

<div id="status-panel-banjir" class="p-4
rounded-xl border-2 border-gray-700 bg-slate-800 flex items-
center justify-between transition-all duration-300">
  <div>
    <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest font-semibold mb-1">Status Prediksi
Sistem</p>
    <h2 id="status-text-banjir" class="text-
1xl md:text-2xl font-black tracking-wide text-gray-500
uppercase">Menunggu</h2>
  </div>
  <div id="status-icon-banjir" class="w-10 h-
10 rounded-full bg-slate-700 flex items-center justify-center
text-1xl text-gray-500 transition-colors">
    <i class="fa-solid fa-spinner fa-
spin"></i>
  </div>
</div>
<div class="grid grid-cols-2 gap-4">
  <div class="bg-slate-800 p-3 rounded-lg
border border-gray-700 text-center relative overflow-hidden">
    <div class="absolute top-0 left-0 w-full
h-1 bg-blue-500"></div>
    <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest mb-1 mt-1">Curah Hujan</p>
    <h3 class="text-3xl font-mono font-bold
text-white"><span id="val-hujan">0.0</span><span class="text-sm
text-gray-500 ml-1">mm</span></h3>
  </div>
  <div class="bg-slate-800 p-3 rounded-lg
border border-gray-700 text-center relative overflow-hidden">
    <div class="absolute top-0 left-0 w-full
h-1 bg-cyan-400"></div>
    <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest mb-1 mt-1">Tinggi Air</p>
    <h3 class="text-3xl font-mono font-bold
text-white"><span id="val-air">0.0</span><span class="text-sm
text-gray-500 ml-1">cm</span></h3>
  </div>
</div>
<div class="flex-1 px-4 pb-4 flex flex-col min-h-0">
  <div class="relative flex-1 w-full min-h-
[150px]">
    <canvas id="chartBanjir"></canvas>
  </div>
</div>
</div>
<div class="bg-dark rounded-xl shadow-lg border border-
gray-800 flex flex-col min-h-0 h-full">
  <div class="flex-none bg-gray-800 px-5 py-3 border-b
border-gray-700">
    <h2 class="text-base md:text-lg font-bold text-
amber-500"><i class="fa-solid fa-mountain-sun mr-2"></i>
Pemantauan Longsor</h2>
  </div>

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

<div class="flex-none p-4 flex flex-col gap-4">
  <div id="status-panel-longsor" class="p-4
rounded-xl border-2 border-gray-700 bg-slate-800 flex items-
center justify-between transition-all duration-300">
    <div>
      <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest font-semibold mb-1">Status Prediksi
Sistem</p>
      <h2 id="status-text-longsor"
class="text-1xl md:text-2xl font-black tracking-wide text-gray-
500 uppercase">Menunggu</h2>
    </div>
    <div id="status-icon-longsor" class="w-10 h-
10 rounded-full bg-slate-700 flex items-center justify-center
text-1xl text-gray-500 transition-colors">
      <i class="fa-solid fa-spinner fa-
spin"></i>
    </div>
  </div>
  <div class="grid grid-cols-2 gap-4">
    <div class="bg-slate-800 p-3 rounded-lg
border border-gray-700 text-center relative overflow-hidden">
      <div class="absolute top-0 left-0 w-full
h-1 bg-amber-500"></div>
      <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest mb-1 mt-1">Kelembapan Tanah</p>
      <h3 class="text-3xl font-mono font-bold
text-white"><span id="val-soil">0.0</span><span class="text-sm
text-gray-500 ml-1">%</span></h3>
    </div>
    <div id="box-tilt" class="bg-slate-800 p-3
rounded-lg border border-gray-700 text-center relative overflow-
hidden transition-all duration-300">
      <div class="absolute top-0 left-0 w-full
h-1 bg-red-500"></div>
      <p class="text-gray-400 text-xs
uppercase tracking-widest mb-1 mt-1">Kemiringan (Tilt)</p>
      <h3 class="text-3xl font-mono font-bold
text-white"><span id="val-tilt">0.0</span><span class="text-sm
text-gray-500 ml-1">&deg;</span></h3>
    </div>
  </div>
  <div class="flex-1 px-4 pb-4 flex flex-col min-h-0">
    <div class="relative flex-1 w-full min-h-
[150px]">
      <canvas id="chartLongsor"></canvas>
    </div>
  </div>
</div>

</main>
<main id="view-history" class="hidden w-full max-w-7xl mx-
auto flex-1 flex flex-col min-h-0 pb-2 transition-opacity
duration-300">

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

<div class="bg-slate-800 p-4 rounded-xl border border-
gray-700 flex flex-wrap gap-4 items-end mb-4 flex-none shadow-
lg">
  <div class="w-full sm:w-auto flex-1 sm:flex-none">
    <label class="block text-gray-400 text-[10px]
md:text-xs uppercase tracking-widest mb-1">Pilih Titik
Pantau</label>
    <select id="hist-type" class="bg-slate-900
border border-gray-600 text-white text-sm rounded-lg focus:ring-
indigo-500 focus:border-indigo-500 block w-full p-2.5 outline-
none">
      <option value="banjir">Banjir (Curah Hujan &
Air)</option>
      <option value="longsor">Longsor (Kelembapan
& Kemiringan)</option>
    </select>
  </div>
  <div class="w-full sm:w-auto flex-1 sm:flex-none">
    <label class="block text-gray-400 text-[10px]
md:text-xs uppercase tracking-widest mb-1">Pilih Tanggal</label>
    <input type="date" id="hist-date" class="bg-
slate-900 border border-gray-600 text-white text-sm rounded-lg
focus:ring-indigo-500 focus:border-indigo-500 block w-full p-2.5
outline-none [color-scheme:dark]">
  </div>
  <div class="w-full sm:w-auto flex-1 sm:flex-none">
    <label class="block text-gray-400 text-[10px]
md:text-xs uppercase tracking-widest mb-1">Jumlah Baris</label>
    <select id="hist-limit" class="bg-slate-900
border border-gray-600 text-white text-sm rounded-lg focus:ring-
indigo-500 focus:border-indigo-500 block w-full p-2.5 outline-
none">
      <option value="10">10 Baris</option>
      <option value="25" selected>25
Baris</option>
      <option value="50">50 Baris</option>
      <option value="100">100 Baris</option>
      <option value="all">Semua Data</option>
    </select>
  </div>
  <button onclick="fetchDataCSV()" class="w-full sm:w-
auto bg-blue-600 hover:bg-blue-500 text-white px-6 py-2.5
rounded-lg text-sm font-bold transition-colors shadow-lg">
    <i class="fa-solid fa-magnifying-glass mr-
2"></i> Tampilkan Data
  </button>
</div>
<div class="bg-slate-800 rounded-xl border border-gray-
700 flex-1 overflow-hidden flex flex-col min-h-0 shadow-lg">
  <div class="bg-slate-900/50 p-3 border-b border-
gray-700 flex justify-between items-center flex-none">
    <h3 class="text-white font-semibold text-sm"
id="table-title">Riwayat Log: Menunggu Pemilihan</h3>
    <span class="text-xs text-gray-400" id="table-
count">Total: 0 baris</span>
  </div>

  <div class="overflow-auto flex-1 p-0">

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

<table class="w-full text-sm text-left text-gray-300 whitespace-nowrap">
  <thead class="text-xs text-gray-400 uppercase bg-slate-900 sticky top-0 z-10 shadow-md">
    <tr id="table-head-row">
      <th scope="col" class="px-6 py-4">Waktu</th>
      <th scope="col" class="px-6 py-4">Parameter 1</th>
      <th scope="col" class="px-6 py-4">Parameter 2</th>
      <th scope="col" class="px-6 py-4 text-center">Status Prediksi</th>
    </tr>
  </thead>
  <tbody id="table-body" class="divide-y divide-gray-700">
    <tr>
      <td colspan="4" class="px-6 py-8 text-center text-gray-500 italic">
        <i class="fa-solid fa-file-csv text-3xl mb-3 block text-gray-600"></i>
        Silakan pilih tipe bencana dan tanggal, lalu klik "Tampilkan Data".
      </td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
</div>
</div>
</main>
<div id="drawer-overlay" onclick="toggleNotificationDrawer()" class="fixed inset-0 bg-black/50 z-40 hidden transition-opacity opacity-0 backdrop-blur-sm"></div>
<div id="notif-drawer" class="fixed inset-y-0 right-0 w-full sm:w-96 bg-slate-900 border-1 border-gray-700 shadow-2xl z-50 flex flex-col drawer-closed transition-transform duration-300 ease-in-out">
  <div class="flex-none p-4 border-b border-gray-800 flex justify-between items-center bg-slate-800/50">
    <h2 class="text-lg font-bold text-white"><i class="fa-solid fa-bell mr-2 text-indigo-400"></i> Riwayat Notifikasi</h2>
    <button onclick="toggleNotificationDrawer()" class="text-gray-400 hover:text-white bg-slate-800 hover:bg-slate-700 p-2 rounded-lg transition-colors">
      <i class="fa-solid fa-xmark"></i>
    </button>
  </div>
  <div class="flex-1 overflow-y-auto p-4 flex flex-col gap-3" id="notif-list">
    <div class="text-center text-gray-500 mt-10" id="empty-notif">
      <i class="fa-regular fa-bell-slash text-4xl mb-3"></i>
      <p class="text-sm">Belum ada notifikasi / peringatan.</p>
    </div>
  </div>
</div>

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        </div>
      </div>
      <div class="flex-none p-4 border-t border-gray-800 bg-slate-800/30">
        <button onclick="clearNotifications()" class="w-full py-2 bg-slate-800 hover:bg-slate-700 border border-gray-700 text-gray-300 rounded-lg text-sm transition-colors">
          Bersihkan Riwayat
        </button>
      </div>
    </div>

    <script>
      const socket = io();
      function switchView(viewName) {
        const viewDashboard = document.getElementById('view-dashboard');
        const viewHistory = document.getElementById('view-history');
        const btnToHistory = document.getElementById('btn-to-history');
        const btnToDashboard = document.getElementById('btn-to-dashboard');

        if (viewName === 'history') {
          viewDashboard.classList.add('hidden');
          viewHistory.classList.remove('hidden');
          btnToHistory.classList.add('hidden');
          btnToDashboard.classList.remove('hidden');
          const dateInput = document.getElementById('history-date');
          if(!dateInput.value) dateInput.value = new Date().toISOString().split('T')[0];
        } else {
          viewHistory.classList.add('hidden');
          viewDashboard.classList.remove('hidden');
          btnToDashboard.classList.add('hidden');
          btnToHistory.classList.remove('hidden');
        }
        let isDrawerOpen = false;
        function toggleNotificationDrawer() {
          const drawer = document.getElementById('notification-drawer');
          const overlay = document.getElementById('notification-drawer-overlay');
          const badge = document.getElementById('notification-badge');

          isDrawerOpen = !isDrawerOpen;
          if (isDrawerOpen) {
            overlay.classList.remove('hidden');
            setTimeout(() => overlay.classList.remove('opacity-0'), 10);
            drawer.classList.remove('drawer-closed');
            drawer.classList.add('drawer-open');
            badge.classList.add('hidden');
          } else {
            overlay.classList.add('opacity-0');
            drawer.classList.add('drawer-closed');
            drawer.classList.remove('drawer-open');
          }
        }
      }
    </script>
  </div>
</div>

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        setTimeout(() =>
overlay.classList.add('hidden'), 300);
    }
    function addNotification(type, status, message) {
        const list = document.getElementById('notif-list');
        const emptyState = document.getElementById('empty-
notif');
        const badge = document.getElementById('notif-
badge');
        if(emptyState) emptyState.remove();
        const time = new Date().toLocaleTimeString('id-ID',
{ hour: '2-digit', minute: '2-digit', second: '2-digit' });

        let iconCode, bgColor, textColor, borderColor;
        if(status === 'Bahaya') {
            iconCode = '<i class="fa-solid fa-triangle-
exclamation"></i>';
            bgColor = 'bg-red-900/20'; textColor = 'text-
red-400'; borderColor = 'border-red-500/30';
        } else if (status === 'Siaga') {
            iconCode = '<i class="fa-solid fa-bell"></i>';
            bgColor = 'bg-yellow-900/20'; textColor = 'text-
yellow-400'; borderColor = 'border-yellow-500/30';
        } else {
            iconCode = '<i class="fa-solid fa-circle-
check"></i>';
            bgColor = 'bg-green-900/20'; textColor = 'text-
green-400'; borderColor = 'border-green-500/30';
        }
        const notifHTML = `
            <div class="p-3 rounded-lg border ${borderColor}
${bgColor} flex items-start gap-3 animate-[fadeIn_0.3s_ease-
out]">
                <div class="mt-1 ${textColor} text-
lg">${iconCode}</div>
                <div class="flex-1">
                    <div class="flex justify-between items-
center mb-1">
                        <span class="font-bold text-sm
${textColor}">${type} - ${status}</span>
                        <span class="text-xs text-gray-400
font-mono">${time}</span>
                    </div>
                    <p class="text-xs text-gray-300 leading-
relaxed">${message}</p>
                </div>
            </div>
        `;
        list.insertAdjacentHTML('afterbegin', notifHTML);
        if(!isDrawerOpen) badge.classList.remove('hidden');
    }
    function clearNotifications() {
        document.getElementById('notif-list').innerHTML = `
            <div class="text-center text-gray-500 mt-10"
id="empty-notif">
                <i class="fa-regular fa-bell-slash text-4xl
mb-3"></i>

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        <p class="text-sm">Belum ada notifikasi /
peringatan.</p>
    </div>
    `;
    document.getElementById('notif-
badge').classList.add('hidden');
    }
    function updateLargeStatus(node, status) {
        const panel = document.getElementById(`status-panel-
${node}`);
        const text = document.getElementById(`status-text-
${node}`);
        const icon = document.getElementById(`status-icon-
${node}`);

        panel.className = "p-2 rounded-xl border-2 flex
items-center justify-between transition-all duration-300";
        icon.className = "w-10 h-10 rounded-full flex items-
center justify-center text-3xl transition-colors shadow-lg";
        text.innerText = status;
        if (status.includes("Aman")) {
            panel.classList.add("bg-green-900/20", "border-
green-500/50");
            text.classList.add("text-green-400");
            text.classList.remove("text-gray-500", "text-yellow-400", "text-
red-500");
            icon.classList.add("bg-green-500/20", "text-
green-400");
            icon.innerHTML = '<i class="fa-solid fa-shield-
check"></i>';
        }
        else if (status.includes("Siaga")) {
            panel.classList.add("bg-yellow-900/20", "border-
yellow-500", "pulsing-yellow-large");
            text.classList.add("text-yellow-400");
            text.classList.remove("text-gray-500", "text-green-400", "text-
red-500");
            icon.classList.add("bg-yellow-500/20", "text-
yellow-400");
            icon.innerHTML = '<i class="fa-solid fa-
triangle-exclamation"></i>';
        }
        else if (status.includes("Bahaya")) {
            panel.classList.add("bg-red-900/30", "border-
red-500", "pulsing-red-large");
            text.classList.add("text-red-500");
            text.classList.remove("text-gray-500", "text-green-400", "text-
yellow-400");
            icon.classList.add("bg-red-500/20", "text-red-
500");
            icon.innerHTML = '<i class="fa-solid fa-
radiation"></i>';
        }
        else {
            // Untuk status "Mengumpulkan (X/Y)"
            panel.classList.add("bg-slate-800", "border-
gray-700");

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        text.classList.add("text-gray-500");
        text.classList.remove("text-green-400", "text-yellow-400",
        "text-red-500");
        icon.classList.add("bg-slate-700", "text-gray-
        500");
        icon.innerHTML = '<i class="fa-solid fa-spinner
        fa-spin"></i>';
    }
    Chart.defaults.color = '#94a3b8';
    Chart.defaults.font.family = "'Inter', sans-serif";
    const commonOptions = { responsive: true,
    maintainAspectRatio: false, animation: { duration: 400 },
    plugins: { legend: { display: false } }, scales: { x: { display:
    false } }, elements: { point: { radius: 0, hitRadius: 10 },
    line: { tension: 0.4, borderWidth: 2 } } };

    const ctxBanjir =
    document.getElementById('chartBanjir').getContext('2d');
    const chartBanjir = new Chart(ctxBanjir, {
        type: 'line', data: { labels: [], datasets: [ {
    label: 'Hujan (mm)', borderColor: '#3b82f6', backgroundColor:
    'rgba(59,130,246,0.1)', data: [], fill: true, yAxisID: 'y' }, {
    label: 'Air (cm)', borderColor: '#22d3ee', backgroundColor:
    'transparent', data: [], yAxisID: 'y1' } ] },
        options: { ...commonOptions, scales: { y: { type:
    'linear', position: 'left', title:{display:true, text:'Hujan',
    color:'#64748b'} }, y1: { type: 'linear', position: 'right',
    title:{display:true, text:'Air', color:'#64748b'}, grid:
    {drawOnChartArea: false} } } }
    });

    const ctxLongsor =
    document.getElementById('chartLongsor').getContext('2d');
    const chartLongsor = new Chart(ctxLongsor, {
        type: 'line', data: { labels: [], datasets: [ {
    label: 'Moisture (%)', borderColor: '#f59e0b', backgroundColor:
    'rgba(245,158,11,0.1)', data: [], fill: true, yAxisID: 'y' }, {
    label: 'Tilt (°)', borderColor: '#ef4444', backgroundColor:
    'transparent', data: [], yAxisID: 'y1' } ] },
        options: { ...commonOptions, scales: { y: { type:
    'linear', position: 'left', min:0, max:100, title:{display:true,
    text:'Kelembapan', color:'#64748b'} }, y1: { type: 'linear',
    position: 'right', title:{display:true, text:'Tilt',
    color:'#64748b'}, grid: {drawOnChartArea: false} } } }
    });

    const MAX_DATA = 20;

    function processBanjirData(msg) {
        document.getElementById('val-hujan').innerText =
        parseFloat(msg.hujan).toFixed(1);
        document.getElementById('val-air').innerText =
        parseFloat(msg.air).toFixed(1);

        updateLargeStatus('banjir', msg.status);

        chartBanjir.data.labels.push(msg.waktu);

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        chartBanjir.data.datasets[0].data.push(msg.hujan);
        chartBanjir.data.datasets[1].data.push(msg.air);
        if(chartBanjir.data.labels.length > MAX_DATA) {
            chartBanjir.data.labels.shift();
            chartBanjir.data.datasets[0].data.shift();
            chartBanjir.data.datasets[1].data.shift(); }
        chartBanjir.update();
    }
    function processLongsorData(msg) {
        const tilt = parseFloat(msg.tilt).toFixed(1);
        document.getElementById('val-soil').innerText =
            parseFloat(msg.moisture).toFixed(1);
        document.getElementById('val-tilt').innerText =
            tilt;

        updateLargeStatus('longsor', msg.status);

        const boxTilt = document.getElementById('box-tilt');
        if(parseFloat(tilt) >= 11.0) {
            boxTilt.classList.add('bg-red-900/40', 'border-
            red-500', 'pulsing-red');
            document.getElementById('val-
            tilt').classList.add('text-red-400');
        } else {
            boxTilt.classList.remove('bg-red-900/40',
            'border-red-500', 'pulsing-red');
            document.getElementById('val-
            tilt').classList.remove('text-red-400');
        }
        chartLongsor.data.labels.push(msg.waktu);

        chartLongsor.data.datasets[0].data.push(msg.moisture);
        chartLongsor.data.datasets[1].data.push(tilt);
        if(chartLongsor.data.labels.length > MAX_DATA) {
            chartLongsor.data.labels.shift();
            chartLongsor.data.datasets[0].data.shift();
            chartLongsor.data.datasets[1].data.shift(); }
        chartLongsor.update();
    }
    socket.on('update_banjir', function(msg) {
        processBanjirData(msg);
    });
    socket.on('update_longsor', function(msg) {
        processLongsorData(msg);
    });

    socket.on('new_notification', function(msg) {
        addNotification(msg.tipe, msg.status, msg.pesan);
    });
    async function fetchDataCSV() {
        const tipe = document.getElementById('hist-
        type').value;
        const tanggal = document.getElementById('hist-
        date').value;
        const limitSelect = document.getElementById('hist-
        limit').value;

        const tbody = document.getElementById('table-body');

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
const thead = document.getElementById('table-head-
row');
const title = document.getElementById('table-
title');

if(!tanggal) return alert('Silakan pilih tanggal
terlebih dahulu!');

tbody.innerHTML = `<tr><td colspan="5" class="px-6
py-8 text-center text-blue-400"><i class="fa-solid fa-spinner
fa-spin mr-2"></i> Mengambil data dari server
(API)...</td></tr>`;
title.innerText = `Meminta data historis...`;

if(tipe === 'banjir') {
  thead.innerHTML = `
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold">Jam (WIB)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-blue-400">Curah Hujan (mm)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-cyan-400">Tinggi Air (cm)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-center">Status Prediksi</th>
  `;
} else {
  thead.innerHTML = `
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold">Jam (WIB)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-amber-500">Kelembapan (%)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-red-400">Kemiringan (°)</th>
    <th scope="col" class="px-6 py-4 font-
semibold text-center">Status Prediksi</th>
  `;
}
try {
  const response = await
fetch(`/api/history?type=${tipe}&date=${tanggal}&limit=${limitSe
lect}`);

  if (!response.ok) {
    throw new Error("Gagal mengambil respon dari
server");
  }
  const dataList = await response.json();

  document.getElementById('table-count').innerText
= `Total: ${dataList.length} baris (Limit: ${limitSelect} ===
'all' ? 'Semua' : limitSelect)`;
  title.innerText = `Data ${tipe === 'banjir' ?
'Banjir' : 'Longsor'} - Tanggal: ${tanggal}`;

  if(dataList.length === 0) {
    tbody.innerHTML = `<tr><td colspan="4"
class="px-6 py-8 text-center text-gray-500"><i class="fa-solid`
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

fa-folder-open text-3xl mb-3 block text-gray-600"></i>Tidak ada
data historis pada tanggal tersebut.</td></tr>`;
    return;
  }
  let htmlRows = '';
  dataList.forEach(row => {
    let statusBadge = '';
    if(row.status === 'Aman') statusBadge =
    '<span class="bg-green-900/40 text-green-400 border border-
    green-500/30 px-3 py-1 rounded text-xs font-bold"><i class="fa-
    solid fa-shield-check mr-1"></i>Aman</span>`;
    else if(row.status === 'Siaga') statusBadge
    = '<span class="bg-yellow-900/40 text-yellow-400 border border-
    yellow-500/30 px-3 py-1 rounded text-xs font-bold"><i class="fa-
    solid fa-bell mr-1"></i>Siaga</span>`;
    else statusBadge = '<span class="bg-red-
    900/40 text-red-400 border border-red-500/30 px-3 py-1 rounded
    text-xs font-bold pulsing-red"><i class="fa-solid fa-radiation
    mr-1"></i>Bahaya</span>`;

    htmlRows += `
      <tr class="hover:bg-slate-700/50
      transition-colors">
        <td class="px-6 py-3 font-mono text-
        gray-300">${row.waktu}</td>
        <td class="px-6 py-3 font-mono text-
        white font-semibold">${row.param1}</td>
        <td class="px-6 py-3 font-mono text-
        white font-semibold">${row.param2}</td>
        <td class="px-6 py-3 text-
        center">${statusBadge}</td>
      </tr>
    `;
  });
  tbody.innerHTML = htmlRows;
} catch (error) {
  console.error(error);
  tbody.innerHTML = `<tr><td colspan="4"
  class="px-6 py-8 text-center text-red-400"><i class="fa-solid
  fa-triangle-exclamation text-3xl mb-3 block text-red-
  500/50"></i>Gagal terhubung ke API '/api/history'. Pastikan
  Flask sudah menyediakannya.</td></tr>`;
  document.getElementById('table-count').innerText
  = "Total: Error";
}
}
</script>
</body>
</html>

```