



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kampus Berbasis *Wireless*
Sensor Network (WSN) dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Eka Safitri

2203421036

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kampus Berbasis *Wireless*
Sensor Network (WSN) dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Eka Safitri

2203421036

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Eka Safitri

NIM : 2203421036

Tanda Tangan :

Tanggal : 17 Juli 2026

**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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Eka Safitri

NIM : 2203421036

Program Studi : Broadband Multimedia

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kampus Berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada 30 Juni 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Mohamad Fathurahman, S.T., M.T.

NIP. 197108242003121001

(.....)

Depok, 13 Juli 2026

Disahkan oleh

Dekan Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197803312003122002

**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

KATA PENGANTAR

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

Skripsi ini membahas tentang “Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kampus Berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN”.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Mohamad Fathurahman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini;
2. Seluruh dosen dan staff Program Studi Broadband Multimedia yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman selama masa perkuliahan.
3. Ayah, Mama dan Adik penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral selama mengerjakan skripsi ini;
4. Sahabat dan teman-teman penulis lainnya yang telah banyak membantu dan menemani penulis berjuang menyelesaikan skripsi ini; dan
5. Jovinto Muhammad Atthallah yang telah menjadi partner yang senantiasa mendukung dan membantu penulis selama mengerjakan skripsi ini.

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

Depok, 29 Juni 2026

Penulis



Hak Cipta :

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

Rancang Bangun Sistem Monitoring Lingkungan Kampus Berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* dan Analisis Kinerja Jaringan LoRaWAN

ABSTRAK

Kondisi lingkungan kampus yang meliputi kualitas udara, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan tingkat kebisingan berpengaruh terhadap kesehatan, kenyamanan, serta produktivitas civitas akademika. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring lingkungan kampus berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* menggunakan teknologi LoRaWAN serta menganalisis performa jaringan komunikasinya. Sistem terdiri atas dua node sensor berbasis Heltec WiFi LoRa V3, yaitu Node 1 untuk memantau suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan kebisingan ruangan, serta Node 2 untuk memantau kualitas udara CO, CO₂, Partikel Debu. Data sensor dikirimkan melalui Gateway SenseCAP M2 menuju network server ChirpStack yang dijalankan secara on-premise, kemudian diproses menggunakan Node-RED, disimpan pada InfluxDB. Evaluasi dilakukan melalui pengujian fungsionalitas sistem dan analisis performa komunikasi LoRaWAN berdasarkan parameter *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*, *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*, *Packet Delivery Rate (PDR)*, dan *Packet Loss Rate (PLR)* pada kondisi *Line of Sight (LOS)* dan *Non-Line of Sight (NLOS)* dengan variasi *Spreading Factor*. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil melakukan monitoring lingkungan serta mampu mempertahankan komunikasi data pada kondisi LOS maupun NLOS. Sistem mampu mempertahankan komunikasi hingga 600 m pada kondisi LOS dan 400 m pada kondisi NLOS. Analisis parameter RSSI dan SNR menunjukkan bahwa kualitas sinyal menurun seiring bertambahnya jarak dan adanya penghalang, sedangkan peningkatan *Spreading Factor* meningkatkan sensitivitas penerimaan sinyal sehingga jangkauan komunikasi menjadi lebih luas. Sistem yang dikembangkan dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran implementasi serta analisis performa jaringan LoRaWAN pada kegiatan praktikum di lingkungan kampus.

Kata kunci: Wireless Sensor Network, LoRaWAN, monitoring lingkungan, RSSI, SNR, PDR.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

Design and Development of a Wireless Sensor Network (WSN)-Based Campus Environmental Monitoring System and LoRaWAN Network Performance Analysis

ABSTRACT

Campus environmental conditions, including air quality, temperature, humidity, light intensity, and noise levels, significantly affect the health, comfort, and productivity of the academic community. Therefore, this study aims to design and develop a campus environmental monitoring system based on Wireless Sensor Network (WSN) technology using LoRaWAN and to analyze its network performance. The system consists of two sensor nodes based on the Heltec WiFi LoRa V3. Node 1 monitors temperature, humidity, light intensity, and indoor noise levels, while Node 2 monitors air quality parameters, including carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and particulate matter. Sensor data are transmitted through a SenseCAP M2 gateway to an on-premise ChirpStack network server, then processed using Node-RED and stored in an InfluxDB database. System evaluation was conducted through functionality testing and LoRaWAN network performance analysis based on the parameters of Received Signal Strength Indicator (RSSI), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Packet Delivery Rate (PDR), and Packet Loss Rate (PLR) under both Line of Sight (LOS) and Non-Line of Sight (NLOS) conditions with different Spreading Factor configurations. The results show that the proposed system successfully performs environmental monitoring while maintaining reliable data communication under both LOS and NLOS conditions. The communication range reached up to 600 m under LOS conditions and 400 m under NLOS conditions. Furthermore, the RSSI and SNR analyses indicate that signal quality decreases as transmission distance and obstacles increase, whereas higher Spreading Factor values improve receiver sensitivity, resulting in a longer communication range. The developed system can also serve as a practical learning platform for the implementation and performance analysis of LoRaWAN networks in campus laboratory activities.

Keywords: *Wireless Sensor Network, LoRaWAN, environmental monitoring, RSSI, SNR, PDR.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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.....	2
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Luaran Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i>	4
2.1.1 Komponen <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i>	4
2.1.2 Topologi <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i>	6
2.1.3 Aplikasi WSN pada Monitoring Lingkungan Kampus	7
2.2 <i>Internet of Things (IoT)</i>	9
2.3 Teknologi Lora & LoRaWAN	9
2.3.1 Lora	9
2.3.2 Protokol LoRaWAN	14
2.3.3 Arsitektur Jaringan LoRaWAN	15
2.4 Hardware.....	17



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

2.4.1 Heltec Wifi LoRa 32 V3	17
2.4.2 MQ 135	19
2.4.3 MQ7	20
2.4.4 GP2Y1010AU0F	20
2.4.5 DHT22	21
2.4.6 BH1750	22
2.4.7 MAX4466	22
2.4.8 SenseCap M2 SX1302	23
2.5 Protokol Message Queuing Telemetry Transport (MQTT).....	25
2.6 Chirpstack	25
2.7 Node-RED	26
2.8 InfluxDB	28
2.9 Arduino IDE	29
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	32
3.1 Rancangan sistem.....	32
3.1.1 Deskripsi Sistem	32
3.1.2 Diagram Blok Sistem	34
3.1.3 Cara kerja alat	36
3.1.4 Perancangan Alat.....	39
3.1.5 Spesifikasi Alat	44
3.1.6 Spesifikasi Software.....	48
3.2 Realisasi Alat.....	48
3.3 Realisasi Pemrograman Alat	54
3.3.1 Monitoring Ruangan	54
3.3.2 Kualitas Udara.....	61
3.4 Realisasi Konfigurasi <i>Gateway</i> pada Platform SenseCAP	63
3.4.1 Realisasi Penyambungan <i>Gateway</i> ke Dalam ChirpStack	67
3.4.2 Realisasi Pengelompokan dan Pendaftaran <i>End device</i> di ChirpStack	69
3.5 Instalasi dan Konfigurasi Influx DB	72
3.5.1 Instalasi InfluxDB menggunakan Docker.....	72



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

3.5.2 Konfigurasi Awal InfluxDB	73
3.5.3 Struktur Penyimpanan Data (Schema Design).....	74
3.6 Instalasi dan Konfigurasi Node-RED	75
3.6.1 Instalasi Node-RED	75
3.6.2 Konfigurasi PM2 untuk manajemen proses	75
3.6.3 Instalasi Plugin Pendukung.....	76
3.6.4 Konfigurasi Keamanan Editor Node-RED.....	77
3.6.5 Konfigurasi Akses Publik Menggunakan Tailscale Funnel.....	77
3.7 Perancangan Flow Node-RED	79
3.7.1 Arsitektur Flow	80
3.7.2 Konfigurasi Node MQTT In	80
3.7.3 Konfigurasi Switch Node	81
3.7.4 Konfigurasi Function Node Parser.....	81
3.7.5 Konfigurasi Format Data untuk InfluxDB	83
3.7.6 Konfigurasi Node InfluxDB Out.....	84
3.7.7 Konfigurasi Node Inject dan InfluxDB In	85
3.7.8 Konfigurasi Widget <i>Dashboard</i>	86
3.8 Perancangan <i>Dashboard</i> Monitoring	87
3.8.1 Struktur <i>Dashboard</i>	87
3.8.2 Tab Monitoring Ruangn	87
3.8.3 Tab Kualitas Udara.....	88
BAB IV PEMBAHASAN.....	89
4.1 Pengujian Fungsionalitas Sensor DHT22 dan Akuator Kipas (Node 1)	89
4.1.1 Deskripsi Pengujian	89
4.1.2 Prosedur Pengujian	89
4.1.3 Hasil Pengujian Akurasi Sensor DHT dan Akuator Kipas.....	90
4.1.4 Analisis Data Hasil Akurasi	92
4.2 Pengujian Sensitivitas Sensor BH1750 (Node 1).....	92
4.2.1 Deskripsi Pengujian	93
4.2.2 Prosedur Pengujian	93



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 Hasil Pengujian Sensor BH1750	94
4.2.4 Analisis Data Hasil Pengujian Sensor BH1750	94
4.3 Pengujian Sensitivitas Sensor MAX4466 (Node 1).....	95
4.3.1 Deskripsi Pengujian	95
4.3.2 Prosedur Pengujian	96
4.3.3 Hasil Pengujian Sensor MAXX4466	96
4.3.4 Analisis Data Pengujian Sensor MAXX4466	97
4.4 Pengujian Sensitivitas Sensor Kualitas Udara dan Aktivasi Buzzer (Node 2)	97
4.4.1 Deskripsi Pengujian	98
4.4.2 Prosedur Pengujian	98
4.4.3 Hasil Pengujian Sensor pada Node 2	99
4.4.4 Analisis Data Hasil Pengujian Node 2	100
4.5 Implementasi Sistem	101
4.5.1 Deskripsi Pengujian	101
4.5.2 Prosedur Pengujian	102
4.5.3 Hasil Pengujian Implementasi Sistem Node 1	102
4.5.4 Hasil Pengujian Implementasi Sistem Node 2.....	105
4.5.5 Analisis Data Hasil Pengujian Implementasi Sistem	107
4.6 Pengujian Performansi Jaringan LoRa Berdasarkan Kondisi Propagasi, Jarak, dan Variasi <i>Spreading Factor</i>	108
4.6.1 Deskripsi Pengujian	109
4.6.2 Prosedur Pengujian	109
4.6.3 Hasil Pengujian Jaringan LoRa pada kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS).....	110
4.6.4 Analisis Data Hasil Pengujian Kondisi LOS.....	113
4.6.5 Hasil Pengujian Jaringan Lora Pada kondisi NLOS	119
4.6.6 Analisis Data Hasil Pengujian Kondisi NLOS.....	121
4.6.7 Hasil Analisis Perbandingan LOS dan NLOS.....	127
4.7 Pengujian Fungsionalitas <i>Dashboard</i>	128
4.7.1 Deskripsi Pengujian	129
4.7.2 Hasil Pengujian <i>Dashboard</i> NodeRED.....	129



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

4.7.3 Hasil Analisis Pengujian <i>Dashboard</i>	131
BAB V PENUTUP	132
5.1 Kesimpulan	132
5.2 Saran.....	134
DAFTAR PUSTAKA.....	135
LAMPIRAN.....	141



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 Wireless Sensor Network (WSN).....	4
Gambar 2. 2 Arsitektur Sensor Node	5
Gambar 2. 3 Topologi WSN.....	7
Gambar 2. 4 Arsitektur LoRaWAN.....	16
Gambar 2. 5 Heltec WiFi LoRa V3.....	19
Gambar 2. 6 MQ-135.....	19
Gambar 2. 7 MQ-7.....	20
Gambar 2. 8 GP2Y1010.....	21
Gambar 2. 9 DHT22.....	22
Gambar 2. 10 BH1750	22
Gambar 2. 11 MAXX4466.....	23
Gambar 2. 12 Gateway SenseCAP M2.....	24
Gambar 2. 13 NodeRED	27
Gambar 2. 14 Influxdb.....	28
Gambar 2. 15 Arduino Ide.....	30
Gambar 3. 1 Visualisasi Sistem.....	33
Gambar 3. 2 Diagram Blok.....	34
Gambar 3. 3 Flowchart.....	36
Gambar 3. 4 Perancangan Node 1.....	39
Gambar 3. 5 Perancangan Node 2.....	40
Gambar 3. 6 Perancangan NodeRED.....	42
Gambar 3. 7 Node Monitoring Ruangan.....	49
Gambar 3. 8 Node Kualitas Udara	51
Gambar 3. 9 LED biru pada gateway.....	63
Gambar 3. 10 Jaringan WiFi gateway.....	63
Gambar 3. 11 Dashboard Gateway SenseCAP	64
Gambar 3. 12 Navigasi tombol scanning	64
Gambar 3. 13 Pengisian Password Network.....	64
Gambar 3. 14 Tampilan setelah konfigurasi.....	65



© 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. 15 Halaman Login Router	65
Gambar 3. 16 Device yang tergabung di jaringan.....	66
Gambar 3. 17 Navigasi menuju halaman LoRa network	66
Gambar 3. 18 Perubahan fungsi <i>gateway</i>	67
Gambar 3. 19 Penambahan <i>Gateway</i>	68
Gambar 3. 20 <i>Gateway</i> berhasil disambungkan.....	68
Gambar 3. 21 Dashboard Chirpstack	69
Gambar 3. 22 Halaman Device Profile	69
Gambar 3. 23 add device network.....	69
Gambar 3. 24 Pengisian Device Profile	70
Gambar 3. 25 Penambahan end device	70
Gambar 3. 26 Pengisian End device	71
Gambar 3. 27 Kode OTAA	71
Gambar 3. 28 Installasi InfluxDB	72
Gambar 3. 29 Halaman Login InfluxDB.....	73
Gambar 3. 30 Pembuatan Bucket pada influxDB	73
Gambar 3. 31 Installasi NodeRED.....	75
Gambar 3. 32 Konfigurasi PM2	76
Gambar 3. 33 Plugins NodeRED	76
Gambar 3. 34 Keamananana flow NodeRED	77
Gambar 3. 35 Setting Tailscale Funnel	78
Gambar 3. 36 Mnegaktifkan Tailscale Funnel pada VM	78
Gambar 3. 37 Akses NodeRED Public	79
Gambar 3. 38 Konfigurasi MQTTIN	80
Gambar 3. 39 Konfigurasi Switch Node	81
Gambar 3. 40 Konfigurasi Function Node 1	82
Gambar 3. 41 Konfigurasi Function Node 2	82
Gambar 3. 42 Format DB Sensor 1	83
Gambar 3. 43 Format DB LoRa 1	83
Gambar 3. 44 Format DB Sensor 2	83
Gambar 3. 45 Format DB LoRa 1	84



© 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

Gambar 3. 46 Konfigurasi InfluxDB Out	84
Gambar 3. 47 kueri Flux Suhu	85
Gambar 3. 48 Nilai Suhu.....	86
Gambar 3. 49 Tab Monitoring Ruangan.....	87
Gambar 3. 50 Tab Kualitas Udara.....	88
Gambar 4. 1 Lokasi Pengujian LOS	110
Gambar 4. 2 Grafik RSSI LOS	114
Gambar 4. 3 Grafik SNR LOS	116
Gambar 4. 4 Grafik PDR LOS	117
Gambar 4. 5 Lokasi Pengujian NLOS.....	119
Gambar 4. 6 Grafik RSSI NLOS.....	122
Gambar 4. 7 Grafik SNR NLOS	124
Gambar 4. 8 Grafik PDR NLOS	126

**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 TABEL

Tabel 2. 1 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.....	8
Tabel 2. 2 Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.....	9
Tabel 2. 3 Nilai Sensitivitas Receiver LoRa (RSSI)	12
Tabel 2. 4 Nilai Sensitivitas Receiver LoRa (SNR)	13
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....	44
Tabel 3. 2 Spesifikasi Software	48
Tabel 3. 3 Alokasi Pin Node 1	50
Tabel 3. 4 Alokasi Pin Node 2.....	52
Tabel 3. 5 Pengelompokan pada database.....	74
Tabel 4. 1 Akurasi Sensor DHT dan Akuator Kipas	91
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor BH1750	94
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor MAXX4466	96
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Node 2	100
Tabel 4. 5 Hasil Implementasi Sistem Node 1	102
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Implementasi Sistem Node 2	105
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Kondisi LOSHasil Pengujian Kondisi LOS.....	111
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Kondisi NLOS	119
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Dashboard NodeRED	129

Hak Cipta :

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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi lingkungan pada kampus sangat berpengaruh terhadap kesehatan, kenyamanan dan konsentrasi belajar civitas akademika. Konsentrasi gas berbahaya dan senyawa organik yang melebihi ambang batas dapat menimbulkan resiko keselamatan serius. Selain itu suhu, intensitas cahaya dan kebisingan yang melebihi ambang batas juga dapat menurunkan produktivitas belajar di area kampus. Maka dari itu diperlukan sistem monitoring yang dapat memantau kondisi lingkungan (Ningsih et al., 2022).

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam beberapa tahun terakhir telah membuka peluang besar dalam pengembangan sistem pemantauan lingkungan. Salah satu implementasi yang relevan adalah *Wireless Sensor Network (WSN)*, yaitu jaringan yang terdiri dari sejumlah node sensor yang mampu melakukan pengukuran, pengolahan dan pengiriman data lingkungan secara nirkabel (Prasetia & Widiyarsari, 2025).

Dalam implementasi WSN, teknologi komunikasi yang digunakan menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan sistem. Salah satu teknologi yang banyak digunakan pada aplikasi IoT adalah Long Range (LoRa) dengan protocol LoRaWAN. Teknologi ini menawarkan jangkauan komunikasi yang luas, konsumsi daya yang sangat rendah, mendukung banyak node sensor dalam satu jaringan serta dilengkapi dengan *end-to-end* yang menjamin keamanan data (Almuhaya et al., 2022).

Meskipun memiliki beberapa keunggulan, performa komunikasi LoRaWAN dipengaruhi oleh beberapa parameter jaringan. Salah satu parameter kunci dalam jaringan LoRaWAN yang menentukan performa komunikasi adalah *Spreading Factor (SF)*. Pemilihan SF yang tepat berdampak pada jangkauan komunikasi dan kecepatan transfer data (*data rate*). Semakin tinggi nilai SF, semakin luas jangkauan namun semakin besar konsumsi waktu dan energi (Khairin



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

Nahwan et al., 2022). Selain SF, kondisi propagasi khususnya perbedaan antara kondisi *Line of Sight* (LOS) dan *Non Line of Sight* (NLOS) terbukti berpengaruh signifikan terhadap nilai RSSI, SNR, dan tingkat keberhasilan pengiriman paket data (Gustiyan et al., 2021). Penelitian yang dilakukan di lingkungan dalam gedung (*indoor*) menunjukkan bahwa kondisi NLOS akibat keberadaan dinding dan lantai bertingkat dapat menyebabkan degradasi kualitas sinyal yang cukup besar (Ed Dien et al., n.d.).

Pemahaman mendalam mengenai karakteristik performa jaringan LoRaWAN dalam kondisi nyata sangat diperlukan terutama dalam konteks pembelajaran di program studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta. Namun materi praktikum mengenai jaringan LoRaWAN masih sangat terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut penelitian ini mengusulkan rancang bangun dan analisis performa jaringan LoRaWAN untuk sistem monitoring lingkungan. Sistem dirancang menggunakan dua node sensor berbasis Heltec WiFi LoRa V3, *Gateway* SenseCap M2 SX1302, *Network server* ChirpStack yang berjalan secara on premise. Penelitian ini juga menganalisis performa jaringan LoRaWAN dari sisi telekomunikasi melalui pengujian parameter RSSI, SNR, PDR, *Packet Loss Rate* dan perbandingan *Spreading Factor*. Hasil penelitian ini selanjutnya dikemas sebagai modul praktikum yang dapat digunakan dalam kegiatan pembelajaran mahasiswa.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis LoRaWAN untuk monitoring lingkungan?
2. Bagaimana karakteristik performansi RF (RSSI, SNR, PDR) pada berbagai jarak dan kondisi lingkungan?



Hak Cipta :

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

3. Bagaimana Pengaruh variasi *Spreading Factor* terhadap jangkauan komunikasi dan keandalan pengiriman data pada jaringan LoRaWAN?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem WSN berbasis LoRaWAN yang dapat monitoring lingkungan
2. Menguji karakteristik performansi RF meliputi RSSI, SNR, PDR
3. Menguji Pengaruh variasi *Spreading Factor* terhadap jangkauan komunikasi efektif dan keandalan pengiriman paket data pada jaringan LoRaWAN

1.4 Luaran Penelitian

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sebuah modul praktikum yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa.
2. Sistem monitoring lingkungan berbasis IoT yang mampu mengirimkan data sensor menggunakan teknologi LoRa.
3. Publikasi ilmiah atau laporan penelitian yang membahas rancang bangun dan analisis performa jaringan LoRaWAN untuk sistem monitoring lingkungan berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)*

Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring lingkungan berbasis LoRaWAN, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem *Wireless Sensor Network* (WSN) berbasis LoRaWAN berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan dua *end device* dengan fungsi yang berbeda, yaitu Node 1 sebagai sistem pemantauan kondisi ruangan dan Node 2 sebagai sistem pemantauan kualitas udara. Kedua node berhasil berkomunikasi dengan *Gateway* SenseCAP M2 menggunakan metode aktivasi OTAA dan meneruskan data melalui ChirpStack, MQTT, Node-RED, serta InfluxDB hingga akhirnya ditampilkan pada *dashboard* monitoring. Sistem juga mampu mengaktifkan aktuator secara otomatis sesuai ambang batas yang telah ditentukan, yaitu kipas pada Node 1 dan buzzer pada Node 2.
2. Berdasarkan hasil pengujian, seluruh parameter lingkungan yang terpantau berada dalam kategori aman dan tidak melewati ambang batas yang ditentukan, dengan suhu ruangan pada kisaran 28,6°C hingga 28,8°C, intensitas cahaya 140 hingga 169 lux, kelembapan 64,5% hingga 67,3%, serta tingkat kebisingan 44,4 dB hingga 67,9 dB pada Node 1. Sementara itu, Node 2 mencatat kadar CO sebesar 0,05 hingga 0,08 ppm, CO₂ sebesar 401 hingga 406 ppm, dan partikel debu sebesar 9 hingga 17 µg/m³, yang seluruhnya berada jauh di bawah ambang batas berbahaya. Kondisi ini turut dibuktikan dengan status buzzer pada Node 2 yang tetap OFF sepanjang pengujian, menandakan tidak terdeteksi adanya kondisi lingkungan yang membahayakan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lingkungan kampus pada lokasi dan periode pengujian berada dalam kondisi aman dan layak bagi aktivitas penghuni gedung, sekaligus membuktikan bahwa sistem



Hak Cipta :

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

- WSN berbasis LoRaWAN yang dirancang mampu berfungsi sebagai alat pemantauan dini kondisi lingkungan secara akurat dan konsisten.
3. Hasil pengujian performa jaringan menunjukkan bahwa jarak berpengaruh langsung terhadap kualitas komunikasi LoRaWAN. Semakin jauh jarak antara *end device* dan *gateway*, nilai RSSI dan SNR semakin menurun sehingga menyebabkan *Packet Delivery Rate* (PDR) ikut menurun. Pada kondisi *Line of Sight* (LOS), komunikasi masih dapat dipertahankan hingga jarak 600 meter, sedangkan pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) jangkauan efektif menurun menjadi sekitar 400 meter akibat adanya penghalang yang menyebabkan redaman sinyal lebih besar.
4. Variasi *Spreading Factor* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keandalan komunikasi, terutama pada jarak yang lebih jauh. Pada jarak dekat, seluruh konfigurasi SF7 hingga SF12 memberikan performa yang hampir sama dengan nilai PDR mendekati 100%. Namun ketika kualitas kanal mulai menurun, SF11 dan SF12 mampu mempertahankan komunikasi lebih baik dibandingkan SF7 hingga SF10. Pada pengujian LOS, SF12 masih menghasilkan PDR sebesar 80% pada jarak 600 meter dan SF11 sebesar 73,33% pada jarak yang sama, sedangkan SF7 hanya mencapai 6,67% dan SF8 sebesar 13,33%. Pada kondisi NLOS, SF11 masih mampu mempertahankan PDR sebesar 96,67% dan SF12 sebesar 93,33% pada jarak 400 meter, sementara SF7 dan SF8 mengalami kegagalan komunikasi total (PDR 0%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *Spreading Factor* yang lebih tinggi memberikan ketahanan komunikasi yang lebih baik pada kondisi propagasi yang lebih menantang, baik akibat bertambahnya jarak maupun akibat keberadaan penghalang pada kondisi NLOS.
5. Hasil penelitian ini berhasil diimplementasikan sebagai modul praktikum komunikasi LoRaWAN yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa. Sistem yang dibangun tidak hanya memperlihatkan proses monitoring lingkungan, tetapi juga memungkinkan mahasiswa mempelajari pengaruh parameter komunikasi seperti RSSI, SNR, *Packet Delivery Rate*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

(PDR), dan *Spreading Factor* terhadap performa jaringan LoRaWAN pada berbagai kondisi propagasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan pengembangan pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan menambahkan jumlah *end device* untuk mengevaluasi performa jaringan LoRaWAN ketika beberapa node melakukan transmisi data secara bersamaan. Pengujian tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan jaringan dalam menangani komunikasi dari banyak perangkat pada satu *gateway*.
2. Penelitian selanjutnya dapat melakukan evaluasi terhadap parameter komunikasi LoRaWAN lainnya, seperti bandwidth dan coding rate, sehingga pengaruh masing-masing parameter terhadap nilai RSSI, SNR, dan *Packet Delivery Rate* (PDR) dapat dianalisis untuk memperoleh konfigurasi komunikasi yang lebih optimal.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, W., Saripurna, D., Yakub, S., Studi Sistem Komputer, P., & Triguna Dharma, S. (2021). Analisis Kinerja LoRa (Long Range) berdasarkan Jarak dan *Spreading Factor* pada Area Rural. *Jurnal CyberTech*, 4(4). <https://ojs.trigunadharma.ac.id/>
- Almuhaya, M. A. M., Jabbar, W. A., Sulaiman, N., & Abdulmalek, S. (2022). A Survey on LoRaWAN Technology: Recent Trends, Opportunities, Simulation Tools and Future Directions. In *Electronics (Switzerland)* (Vol. 11, Number 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/electronics11010164>
- Ambarwati, N. (2025). Analisis Implementasi *Wireless Sensor Network* (WSN) pada Smart Agriculture untuk Pemantauan Tanaman: Kajian Literatur. *Karapan Network Journal*, 1, No.1. <https://doi.org/10.20473/KNJ.I.I.286-307>
- Diono, M., Dwika Putri, A., Azwar, H., & Wahyuni Khabzli, dan. (2021). *Sistem Monitoring Jaringan Sensor Node Berbasis Protokol MQTT* (Vol. 7, Number 2). <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>
- Dwi Setiawan, N. (2025). *ELKOM (Jurnal Elektronika dan Komputer) Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32*. 18(1). <https://journal.stekom.ac.id/index.php/elkom>
- Ed Dien, H., Hasyim Ratsanjani, M., Afif Hendrawan, M., Informatika, T., Teknologi Informasi, J., Negeri Malang, P., Soekarno Hatta No, J., Lowokwaru, K., Malang, K., & Timur, J. (n.d.). *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi Analisis LoRa dengan Teknologi LoRaWAN dalam Ruangan di Lingkungan Politeknik Negeri Malang Analysis of LoRa with LoRaWAN Technology Indoors in Polytechnic of Malang Environment*. Retrieved <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- Figure A: SX1261/2 Block Diagram General Description. (n.d.). Retrieved www.semtech.com



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- Fikhri, A. A., Ula, M., & Sayuti, M. (2025). *Sistem Pemantau Kenyamanan Ruang Kelas Menggunakan Protokol MQTT dan HTTP dengan Notifikasi Telegram Berbasis Internet Of Things*. 12(5), 1197–1208.
- Finnegan, J., Farrell, R., & Brown, S. (2020). Analysis and Enhancement of the LoRaWAN Adaptive Data rate Scheme. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(8), 7171–7180. <https://doi.org/10.1109/IIOT.2020.2982745>
- Grzesik, P., & Mrozek, D. (2020). Comparative analysis of time series databases in the context of edge computing for low power sensor networks. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12141 LNCS, 371–383. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50426-7_28
- Gustiyan, F. N., Amanaf, M. A., & Kurnianto, D. (2021). Quality of Service Comparison of LOS and NLOS Propagation in a LoRaWAN-Based Remote Monitoring System. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 10(2), 115–120. <https://doi.org/10.25077/jnte.v10n2.781.2021>
- Implementasi LoRaWAN Menggunakan Platform Chirpstack pada Proses Pengiriman Data Pada Perangkat Tracking Milik Transtrack*. (n.d.).
- Jia, R., & Zhang, H. (2024). *Wireless Sensor Network (WSN) Model Targeting Energy Efficient Wireless Sensor Network (WSN)s Node Coverage*. *IEEE Access*, 12, 27596–27610. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365511>
- Jurnal INTRO (Informatika dan Teknik Elektro)*. (n.d.). Retrieved <https://ejournal.upm.ac.id/index.php/intro>
- Khairin Nahwan, M., Nugrahad, D. T., Itqan Mazdadi, M., Farmadi, A., Abadi, F., Komputer FMIPA ULM Yani St KM, I. A., & Kalimantan, S. (2022). The Effect Of Spreading Factor On LoRa Transmission. In *The Effect Of Spreading Factor On LORA Transmission (Muhammad Khairin Nahwan) |* (Vol. 137, Number 03).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- Kurnianto, A., Dedy Irawan, J., & Ariwibisono, F. X. (2022). *Penerapan IoT untuk Controlling Lampu Menggunakan MQTT Berbasis Web*. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 6, Number 2).
<https://www.embedded.com/>
- Kurniawan, M. M., Amron, K., & Siregar, R. A. (2022). *Analisis Karakteristik Transmisi LoRa pada Wilayah Perkotaan* (Vol. 6, Number 8). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Li, C., & Cao, Z. (2022). LoRa Networking Techniques for Large-scale and Long-term IoT: A Down-to-top Survey. *ACM Computing Surveys*, 55(3).
<https://doi.org/10.1145/3494673>
- LoRa Node Development Kit*. (2022). <https://heltec.org>
- Mahanin Tyas, U., Apri Buckhari, A., Studi Pendidikan Teknologi Informasi, P., & Studi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, P. (2023). *Implementasi Aplikasi Arduino Ide pada Mata Kuliah Sistem Digital* (Vol. 1, Number 1).
- Mahfudi, I., Soelistianto, F. A., Aditya, A., Meylinda, Y. D., Program,), Telekomunikasi, S. T., & Elektro, J. T. (n.d.). *Jurnal Riset Sains dan Teknologi Analisis dan Optimasi Kinerja Transmisi LoRa SX1278 Ra-02 untuk Sistem Monitoring Kualitas Air Berbasis Internet of Things*.
<https://doi.org/10.30595/jrst.v10i1.28610>
- Mirza, R. (n.d.). *Evaluasi Kinerja Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Lorawan Untuk Pemantauan Kualitas Udara Indoor Berdasarkan Parameter Packet Loss Dan RSSI*. 02(02). Retrieved
<https://jurnal.komputasi.org/index.php/jst/article/view/36>
- Muhammad Fahrezi, F., & Arif Sulaiman, M. (n.d.). *RESISTOR Journal | 138 Analisis Pengaruh Parameter Fisik Terhadap Jarak Jangkauan dan Keandalan Data LoRa SX1276*. Retrieved <https://s.id/jurnalresistor>
- Muladi, Wirawan, I. M., Lestari, D., El Raka, S. C., Leksono, A. B., Qodri, F. A., & Prasetyo, S. D. (2025). Chirpstack-Based LoRAWAN Platform for Land-



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

Sliding Monitoring System. *Instrumentation Measure Metrologie*, 24(1), 73–79. <https://doi.org/10.18280/i2m.240108>

Musonda, S. K., Ndiaye, M., Libati, H. M., & Abu-Mahfouz, A. M. (2024). Reliability of LoRaWAN Communications in Mining Environments: A Survey on Challenges and Design Requirements. In *Journal of Sensor and Actuator Networks* (Vol. 13, Number 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/jsan13010016>

nadhira 2024. (n.d.).

Ningsih, N., Ramadhani, A. D., Nurcahya, A., & Azizah, N. (2022). Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak. In *Afifah Dwi Ramadhani* (Vol. 10, Number 1). <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac>

Nur Wijyaningrum, V., Wakhidah, R., Informasi, T., & Negeri Malang, P. (2023). Monitoring Development Board based on InfluxDB and Grafana Monitoring Development Board pada Platform InfluxDB dan Grafana. *Jurnal Informatika Dan Teknologi Informasi*, 20(1), 81–90. <https://doi.org/10.31515/telematika.v20i1.7643>

Nursakinah, B., Syafitri, K., Wijaya, M. A., & Fahlapi, F. (2025). *Analisis Pengaruh Jarak dan Halangan pada Transmisi Data Jaringan Nirkabel Menggunakan Metode Signal-To-Noise Ratio (SNR)*. (Vol. 6, Number 1).

Prasetia, R. D., & Widiasari, I. R. (2025). Perancangan IoT Monitoring Lingkungan Berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) Dengan Menerapkan Multi Sensor Network (MSN). *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 10(1), 652–666. <https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.6040>

Refalista, A., Irawati, R., Wirawan Wisjhnuadji, T., Informasi, F. T., Komputer, S., Luhur, U. B., Jakarta, D., Raya Ciledug, I. J., Utara, P., Lama, K., & Selatan, J. (2023). Penggunaan Sensor MQ-2,4,7,135 dan ESP32 Untuk Air Pollution



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

Monitoring Berbasis Internet of Things. *Jurnal TICOM: Technology of Information and Communication*, 12(1).

Silfiyana Rohman, A., & Nurbaiti, U. (2021). *Analisis Kenyamanan Suhu Ruang Analysis Of Room Temperature Comfort*. 17(1).

Siti, W., Sari, U., Priyandoko, G., & Effendy, D. U. (2022). JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara pada Ruang Isolasi Covid-19 Berbasis Android Menggunakan Sensor Sharp GP2Y1010AUF. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 3(2), 1–11.

<https://doi.org/10.31328/jasee>

Subagiyo, H., Tri Wahyuni, R., Akbar, M., Ulfa, F., Studi Teknik Elektronika, P., Teknologi Industri, J., & Caltex Riau Jl Umbansari, P. (2020). Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Parameter Kualitas Udara. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 18(1), 72–79.

Taqiyah, B., & maulani, S. (2025). Integrasi Arsitektur *Wireless Sensor Network (WSN)* dengan Internet of Things: Desain Protokol Komunikasi Adaptif untuk Jaringan Skala Besar. *Karapan Network S Journal*, 01(01).

<https://doi.org/10.20473/KNJ.I.I.26-35>

Wahyu Herdiyanto, D., Cahyadi, W., Nuryanto, D. R., Sarwono, S., Ceriana Eska, A., Wicaksono, I., Elektro, J. T., Jember, U., Kalimantan, J., & 37, N. (2025). Pengukuran RSSI pada Sistem Monitoring Rumah Walet berbasis WSN LoRa RSSI *Measurement on Swiftlet Nest Monitoring System based on WSN LoRa. TELKA*, 11(1), 16–28.

Hak Cipta :

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Eka Safitri

Lulus dari SDN Tugu 6 pada tahun 2016, MTsN 18 Jakarta pada tahun 2019, MAN 14 Jakarta pada tahun 2022. Penulis melanjutkan studi di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Broadband Multimedia.

**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

LAMPIRAN

L-1 Source Code Node Monitoring Ruangan

```
#include "LoRaWan_APP.h"
#include <Wire.h>
#include <DHT.h>
#include "WiFi.h"
#include "esp_system.h"
#include "HT_SSD1306Wire.h" // Library OLED Grafis Bawaan Heltec

/* =====
   OLED GRAFIS BAWAAN HELTEC V3
   ===== */
SSD1306Wire oled(
    0x3c,
    500000,
    SDA_OLED,
    SCL_OLED,
    GEOMETRY_128_64,
    RST_OLED
);

/* --- I2C BUS KEDUA UNTUK SENSOR (SDA = 41, SCL = 42) --- */
TwoWire I2C_PCB = TwoWire(1);

/* =====
   KONFIGURASI LORAWAN
   ===== */
// OTAA
uint8_t devEui[] = {
    0xEF, 0x5B, 0x46, 0x36,
    0x32, 0x4C, 0x85, 0xC0
};

uint8_t appEui[] = {
    0x8B, 0xE3, 0xF5, 0x83,
    0x1B, 0xFF, 0xAE, 0x34
};

uint8_t appKey[] = {
    0xCB, 0xF1, 0xD3, 0x3D,
    0x88, 0xB4, 0xFA, 0x26,
    0x6E, 0xA2, 0xA8, 0x01,
    0x4B, 0x14, 0x94, 0xDB
};
```



© 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

```
};
// ABP
uint8_t nwkSKey[] = { 0x15,0xb1,0xd0,0xef,0xa4,0x63,0xdf,0xbe,
0x3d,0x11,0x18,0x1e,0x1e,0xc7,0xda,0x85 };
uint8_t appSKey[] = { 0xd7,0x2c,0x78,0x75,0x8c,0xdc,0xca,0xbf,
0x55,0xee,0x4a,0x77,0x8d,0x16,0xef,0x67 };
uint32_t devAddr = (uint32_t)0x007e6ae1;

/* =====
LORAWAN REGION & CHANNEL (AS923)
===== */
uint16_t userChannelsMask[6] = { 0x0001, 0x0000, 0x0000, 0x0000,
0x0000, 0x0000 };
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = LORAMAC_REGION_AS923;
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;

/* =====
LORAWAN SETTING
===== */
uint32_t appTxDutyCycle = 80000; // Interval kirim data (10 detik)
bool overTheAirActivation = true;
bool loraWanAdr = false; //setADR true,false sf manual
bool isTxConfirmed = false;
bool keepNet = true;
uint8_t appPort = 2;
uint8_t confirmedNbTrials = 1;

/* =====
SENSOR & RELAY PIN
===== */
#define DHTPIN      4
#define DHTTYPE     DHT22
#define FAN_PIN     48
#define SOUND_PIN   2

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

/* =====
VARIABEL DATA
===== */
float batasSuhu = 30.0;
float suhu = 0;
float kelembaban = 0;
float lux = 0;
float suara = 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

```

bool statusKipas = false;
uint8_t nomorPaket = 0;

/* =====
   FUNGSI BACA BH1750 MANUAL (I2C_PCB Bus 1)
   ===== */

void initBH1750Manual()
{
    I2C_PCB.beginTransmission(0x23);
    I2C_PCB.write(0x10); // CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE
    I2C_PCB.endTransmission();
}

float readBH1750Manual()
{
    int i = 0;
    uint8_t buff[2];

    I2C_PCB.requestFrom(0x23, 2);
    while(I2C_PCB.available())
    {
        if(i < 2) {
            buff[i] = I2C_PCB.read();
        }
        i++;
    }

    if(i >= 2)
    {
        unsigned int val = ((buff[0] << 8) | buff[1]);
        return (float)(val / 1.2);
    }
    return 0;
}

/* =====
   FUNGSI SENSOR SUARA PEAK-TO-PEAK
   ===== */

float getSoundLevel()
{
    const int samples = 500;
    float maxADC = 0;
    float minADC = 4095;

    for (int i = 0; i < samples; i++)

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
{
    int adc = analogRead(SOUND_PIN);
    if (adc > maxADC) maxADC = adc;
    if (adc < minADC) minADC = adc;
    delayMicroseconds(50);
}

float peakToPeakVolts = ((maxADC - minADC) * 3.3) / 4095.0;
float dB = (peakToPeakVolts * 16.8) + 40.0;
return dB;
}

/* =====
FUNGSI TAMPILAN OLED HELTEC
===== */
/* =====
FUNGSI TAMPILAN OLED HELTEC (Sudah Diperbarui)
===== */
void tampilOLED(float t, float h, float l, float s, String
statusLoRa)
{
    oled.clear();
    oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
    oled.drawString(0, 0, "LORA ROOM MONITOR");
    oled.drawLine(0, 11, 128, 11);

    // Baris 1: Suhu Udara dan Status Kipas di sebelahnya
    oled.drawString(0, 14, "Suhu : " + String(t, 1) + " C [" +
String(statusKipas ? "ON" : "OFF") + "]);

    // Baris 2 & 3: Kelembapan dan Intensitas Cahaya
    oled.drawString(0, 26, "Kelembapan : " + String((int)h) + " %");
    oled.drawString(0, 38, "Cahaya: " + String(l, 1) + " Lx");

    // Baris 4: Kebisingan Suara dan Status Paket LoRaWAN
    oled.drawString(0, 50, "Kebisingan : " + String(s, 1) + " dB | "
+ statusLoRa);

    oled.display();
}

/* =====
PREPARE PAYLOAD LORAWAN & UPDATE DATA
===== */
```



© 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

```
static void prepareTxFrame(uint8_t port)
{ // 1. Membaca Seluruh Sensor
  suhu = dht.readTemperature();
  kelembaban = dht.readHumidity();
  lux = readBH1750Manual();
  suara = getSoundLevel();
  if (isnan(suhu)) suhu = 0;
  if (isnan(kelembaban)) kelembaban = 0;
  if (lux < 0 || isnan(lux)) lux = 0;
  // 2. Otomasi Kontrol Kipas
  if (suhu > batasSuhu)
  { digitalWrite(FAN_PIN, LOW); // Kipas ON
    statusKipas = true;}else
  {digitalWrite(FAN_PIN, HIGH); // Kipas OFF
    statusKipas = false;}
  // 3. Update Tampilan ke OLED Heltec (Status: SENDING)
  tampilOLED(suhu, kelembaban, lux, suara, "SENDING DATA");
  // 4. Encode Data LoRa (Format Payload 10 Byte)
  uint16_t suhuInt = suhu * 100;
  uint16_t lembabInt = kelembaban * 100;
  uint16_t luxInt = lux;
  uint16_t suaraInt = suara * 10;
  appDataSize = 9; // Ukuran diperkecil ke 9 byte
  appData[0] = highByte(suhuInt); // Byte 0-1: Suhu
  appData[1] = lowByte(suhuInt);
  appData[2] = highByte(lembabInt); // Byte 2-3: Kelembaban
  appData[3] = lowByte(lembabInt);
  appData[4] = highByte(luxInt); // Byte 4-5: Cahaya (Lux)
  appData[5] = lowByte(luxInt);
  appData[6] = highByte(suaraInt); // Byte 6-7: Suara (dB)
  appData[7] = lowByte(suaraInt);
  appData[8] = statusKipas; // Byte 8: Status Kipas (0 atau
1)

  // 5. Output Debug ke Serial Monitor
  Serial.println("=====");
  Serial.println("Mengirim Data ke LoRaWAN...");
  Serial.printf("Suhu : %.2f C\n", suhu);
  Serial.printf("Kelembaban : %.2f %%\n", kelembaban);
  Serial.printf("Cahaya : %.2f lux\n", lux);
  Serial.printf("Kebisingan : %.1f dB\n", suara);
  Serial.printf("Status Kipas : %s\n", statusKipas ? "MENYALA" :
"MATI");
  Serial.println("=====");
}
```



© 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

```

unsigned long waktuOLEDTerakhir = 0;
const long intervalOLED = 1500; // Layar OLED dikunci hanya update
tiap 1,5 detik (1500 ms)

/* =====
  SETUP
  ===== */
/* =====
  SETUP (SUDAH BERSIH TOTAL - LANGSUNG TAMPIL DATA SENSOR)
  ===== */

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

  WiFi.mode(WIFI_OFF);
  btStop();

  // --- MANAJEMEN POWER PIN HELTEC V3 ---
  pinMode(Vext, OUTPUT);
  digitalWrite(Vext, LOW); // Aktifkan daya untuk OLED & Sensor I2C
  delay(200);

  // --- INISIALISASI OLED HELTEC PERTAMA ---
  oled.init();
  oled.flipScreenVertically();
  oled.clear(); // Bersihkan layar agar benar-benar kosong di awal

  // --- INISIALISASI OLED HELTEC PERTAMA ---
  oled.init();

  // HAPUS atau BERI TANDA KOMENTAR (//) pada baris di bawah ini
  untuk membalik layar:
  // oled.flipScreenVertically();

  oled.clear(); // Bersihkan layar agar benar-benar kosong di awal

  // --- AKTIFKAN JALUR I2C PCB KEDUA (PIN 41 & 42) ---
  I2C_PCB.begin(41, 42, 100000);
  I2C_PCB.setTimeout(100);

  // Aktifkan Sensor Fisik
  dht.begin();
  initBH1750Manual();

```



© 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

```
// Inisialisasi LoRaWAN Mcu Heltec Hardware
Mcu.begin(HELTEC_BOARD, SLOW_CLK_TPYE);

// Inisialisasi Pin Kipas
pinMode(FAN_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(FAN_PIN, HIGH); // Default Kipas MATI

// --- PROSES AMBIL DATA SENSOR PERTAMA KALI ---
suhu = dht.readTemperature();
kelembaban = dht.readHumidity();
lux = readBH1750Manual();
suara = getSoundLevel();

// Proteksi data jika sensor DHT belum siap merespons cepat
if (isnan(suhu)) suhu = 0;
if (isnan(kelembaban)) kelembaban = 0;

// --- LANGSUNG TAMPILKAN FORMAT DATA SENSOR DI LAYAR ---
// Status di pojok kanan bawah diberi tanda "START" tanda sistem
baru menyala
tampilOLED(suhu, kelembaban, lux, suara, "START");
delay(500);
}

/* =====
   LOOP (STATE MACHINE LORAWAN)
   ===== */
void loop()
{
  switch (deviceState)
  {
    case DEVICE_STATE_INIT:
    {
      #if(LORAWAN_DEVEUI_AUTO)
        LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
      #endif
      LoRaWAN.init(loraWanClass, loraWanRegion);
      LoRaWAN.setDefaultDR(0); // SF
      deviceState = DEVICE_STATE_JOIN;
      break;
    }
    case DEVICE_STATE_JOIN:
    {
      Serial.println("JOINING LORAWAN...");
      tampilOLED(suhu, kelembaban, lux, suara, "JOINING...");
      LoRaWAN.join();
    }
  }
}
```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

```

        break;
    } case DEVICE_STATE_SEND:
    { prepareTxFrame(appPort);
      LoRaWAN.send();
      deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;
      break;
    } case DEVICE_STATE_CYCLE: {
      txDutyCycleTime = appTxDutyCycle;
      LoRaWAN.cycle(txDutyCycleTime);
      deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;
      break; }

case DEVICE_STATE_SLEEP:
{
    // Sambil nunggu siklus kirim LoRa berikutnya (30 detik),
    // OLED tetap di-update datanya agar tetap terlihat real-time
    lokal
    suhu = dht.readTemperature();
    kelembaban = dht.readHumidity();
    lux = readBH1750Manual();
    suara = getSoundLevel();

    if (!isnan(suhu) && !isnan(kelembaban)) {
        if (suhu > batasSuhu) {
            digitalWrite(FAN_PIN, LOW); statusKipas = true;
        } else {
            digitalWrite(FAN_PIN, HIGH); statusKipas = false;
        }
    }
    tampilOLED(suhu, kelembaban, lux, suara, "LoRa SLEEP");

    LoRaWAN.sleep(loraWanClass);
    break;
}

default:
{
    deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
    break;
}
}
}

```

Hak Cipta :

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

L-2 Source Code Node Kualitas Udara

```
#include "LoRaWan_APP.h"
#include <MQUnifiedsensor.h>
#include <Wire.h>
#include "WiFi.h"
#include "esp_system.h"
#include "HT_SSD1306Wire.h" // Library OLED Grafis Bawaan Heltec

/* =====
   OLED GRAFIS BAWAAN HELTEC V3
   ===== */
SSD1306Wire oled(
    0x3c,
    500000,
    SDA_OLED,
    SCL_OLED,
    GEOMETRY_128_64,
    RST_OLED
);

/* =====
   OTAA & ABP CREDENTIALS
   ===== */
// OTAA PARAMETERS

uint8_t devEui[] = {
    0xC9, 0x5C, 0x43, 0xE1,
    0x7D, 0xBF, 0xE6, 0x98
};

uint8_t appEui[] = {
    0x89, 0x57, 0x15, 0xCF,
    0x93, 0xC8, 0xEC, 0xC5
};

uint8_t appKey[] = {
    0xF8, 0xB5, 0x40, 0xC0,
    0x6C, 0xF1, 0x48, 0xD3,
    0x92, 0x98, 0xA3, 0x81,
    0x3A, 0x01, 0xB4, 0x2A
};

uint8_t nwksKey[] = { 0x15, 0xb1, 0xd0, 0xef, 0xa4, 0x63, 0xdf, 0xbe,
    0x3d, 0x11, 0x18, 0x1e, 0x1e, 0xc7, 0xda, 0x85 };
};
```



© 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

```
uint8_t appSKey[] = { 0xd7,0x2c,0x78,0x75,0x8c,0xdc,0xca,0xbf,
0x55,0xee,0x4a,0x77,0x8d,0x16,0xef,0x67 };
uint32_t devAddr = (uint32_t)0x007e6ae1;

uint16_t userChannelsMask[6] = { 0x0003, 0x0000, 0x0000, 0x0000,
0x0000, 0x0000 };
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = LORAMAC_REGION_AS923;
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;

uint32_t appTxDutyCycle = 10000;
bool overTheAirActivation = true;
bool loraWanAdr = false; // true ADR Aktif otomatis false sf manual
bool isTxConfirmed = false;
bool keepNet = true;
uint8_t appPort = 2;
uint8_t confirmedNbTrials = 4;

/* =====
PIN DEFINITION & ALARM LIMITS
===== */
#define PIN_MQ135      5
#define RO_MQ135      23.96
#define PIN_MQ7        1
#define RO_MQ7         0.36
#define DUST_PIN       7
#define LED_PIN        47
#define BUZZER_PIN     48 // Pin untuk Buzzer Aktif

// Batas Kritis Udara (Bisa Anda ubah angkanya sesuai kebutuhan)
float batasCO2 = 1000.0;
float batasCO = 9.0;
float batasDebu = 55.0;
bool statusBuzzer = false;

/* =====
VARIABLES & OBJECTS
===== */
MQUnifiedsensor MQ135("ESP32", 3.3, 12, PIN_MQ135, "MQ-135");
MQUnifiedsensor MQ7("ESP32", 3.3, 12, PIN_MQ7, "MQ-7");

float co2 = 0;
float co = 0;
float partikelDebu = 0;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 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

```
float dustDensity = 0;

uint32_t terakhirBacaOLED = 0;
portMUX_TYPE myMutex = portMUX_INITIALIZER_UNLOCKED;

/* =====
   FUNGSI TAMPILAN OLED HELTEC NODE 2
   ===== */
void tampilOLEDDNode2(float gasCO2, float gasCO, float debu, String
statusLoRa)
{
    oled.clear();
    oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
    oled.drawString(0, 0, "LORA AIR QUALITY");
    oled.drawLine(0, 11, 128, 11);

    oled.drawString(0, 14, "Gas CO2      : " + String((int)gasCO2) +
" ppm");
    oled.drawString(0, 26, "Gas CO      : " + String(gasCO, 2) + "
ppm");
    oled.drawString(0, 38, "Partikel Debu: " + String((int)debu) + "
ug/m3");
    oled.drawString(0, 50, "Bz:[" + String(statusBuzzer ? "ALARM" :
"SAFE") + "] | " + statusLoRa);

    oled.display();
}

/* =====
   FUNGSI LOGIKA KONTROL ALARM BUZZER
   ===== */
void kontrolBuzzer()
{
    // Buzzer aktif jika CO2, CO, ATAU Debu melewati batas aman
    if (co2 > batasCO2 || co > batasCO || partikelDebu > batasDebu)
    {
        statusBuzzer = true;
        digitalWrite(BUZZER_PIN, HIGH);
        delay(100);
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    }
    else
    {
        statusBuzzer = false;
        digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW);
    }
}
```



© 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

```

    }
}

/* =====
PREPARE PAYLOAD LORAWAN
===== */

static void prepareTxFrame(uint8_t port)
{
    delay(100);

    /* ----- MQ135 ----- */
    MQ135.update();
    MQ135.setRegressionMethod(1);
    MQ135.setA(110.47);
    MQ135.setB(-2.862);
    co2 = MQ135.readSensor() + 400;
    if(co2 < 0) co2 = 0;

    delay(100);

    /* ----- MQ7 ----- */
    MQ7.update();
    MQ7.setRegressionMethod(1);
    MQ7.setA(99.042);
    MQ7.setB(-1.518);
    co = MQ7.readSensor();
    if(co < 0) co = 0;

    /* ----- GP2Y ----- */
    /* ----- GP2Y ----- */
    portENTER_CRITICAL(&myMutex);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    delayMicroseconds(280);
    voMeasured = analogRead(DUST_PIN);
    delayMicroseconds(40);
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    portEXIT_CRITICAL(&myMutex);

    delayMicroseconds(9680);

    // Konversi ADC Heltec V3 (3.3V / 4095)
    calcVoltage = voMeasured * (3.3 / 4095.0);

    // GUNAKAN RUMUS STANDAR DATASHEET SHARP GP2Y

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

```
// Nilai 0.172 dan 0.099 bisa dikalibrasi sesuai kondisi alat Anda
dustDensity = (0.172 * calcVoltage) - 0.099;

if (dustDensity < 0) {
    dustDensity = 0; // Cegah nilai minus saat udara sangat bersih
}

// Konversi dari mg/m3 ke ug/m3 (dikali 1000)
partikelDebu = dustDensity * 1000.0;

// Jalankan pengecekan alarm buzzer
kontrolBuzzer();

// Tampilkan data ke OLED (Status: SENDING)
tampilOLEDNode2(co2, co, partikelDebu, "SENDING");

/* =====
   ENCODE PAYLOAD KINI MENJADI 7 BYTE
   ===== */
uint16_t co2Int = (uint16_t)co2;
uint16_t coInt = (uint16_t)(co * 100);
uint16_t debuInt = (uint16_t)partikelDebu;

appDataSize = 7; // Ukuran naik jadi 7 byte
appData[0] = highByte(co2Int);
appData[1] = lowByte(co2Int);
appData[2] = highByte(coInt);
appData[3] = lowByte(coInt);
appData[4] = highByte(debuInt);
appData[5] = lowByte(debuInt);
appData[6] = statusBuzzer; // Byte ke-6 mengirim status buzzer (0
atau 1)

/* Debug Monitor */
Serial.println("\n===== HASIL MONITOR LORAWAN =====");
Serial.printf("CO2 : %.1f ppm | CO: %.2f ppm | Dust: %.1f
ug/m3\n", co2, co, partikelDebu);
Serial.printf("Status Buzzer: %s\n", statusBuzzer ? "ALARM
MENYALA" : "AMAN/MATI");
Serial.println("=====");
}

/* =====
```



© 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

```

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

    WiFi.mode(WIFI_OFF);
    btStop();

    analogReadResolution(12);
    analogSetAttenuation(ADC_11db);

    // Inisialisasi Hardware Pin
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(BUZZER_PIN, LOW); // Buzzer awal mati

    // Manajemen Daya Vext Heltec untuk Layar OLED
    pinMode(Vext, OUTPUT);
    digitalWrite(Vext, LOW);
    delay(200);

    // Inisialisasi Layar OLED (Langsung Tampil Format Data)
    oled.init();
    // oled.flipScreenVertically();
    oled.clear();

    // Inisialisasi Sensor Gas
    MQ135.setRegressionMethod(1);
    MQ135.init();
    MQ135.setR0(RO_MQ135);

    MQ7.setRegressionMethod(1);
    MQ7.init();
    MQ7.setR0(RO_MQ7);

    // Inisialisasi LoRaWAN Mcu Hardware
    Mcu.begin(HELTEC_BOARD, SLOW_CLK_TPYE);

    // Tampilkan data awal di OLED saat startup agar tidak kosong
    tampilOLEDNode2(0, 0, 0, "START");
    delay(1000);
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

/* =====
LOOP (STRUKTUR SUDAH DIPERBAIKI TOTAL)
===== */

void loop()
{
    switch (deviceState)
    {
        case DEVICE_STATE_INIT:
        {
            #if(LORAWAN_DEVEUI_AUTO)
                LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
            #endif
                LoRaWAN.init(loraWanClass, loraWanRegion);
                LoRaWAN.setDefaultDR(0); // Di-comment agar ADR Aktif
                deviceState = DEVICE_STATE_JOIN;
                break;
        }

        case DEVICE_STATE_JOIN:
        {
            tampiOLEDNode2(co2, co, partikelDebu, "JOINING");
            LoRaWAN.join();
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_SEND:
        {
            prepareTxFrame(appPort);
            LoRaWAN.send();
            deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_CYCLE:
        {
            txDutyCycleTime = appTxDutyCycle + randr(-
APP_TX_DUTYCYCLE_RND, APP_TX_DUTYCYCLE_RND);
            LoRaWAN.cycle(txDutyCycleTime);
            deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_SLEEP:
        {
            if (millis() - terakhirBacaOLED >= 10000)

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

```
{
  terakhirBacaOLED = millis();

  MQ135.update();
  co2 = MQ135.readSensor() + 400;
  if(co2 < 0) co2 = 0;

  MQ7.update();
  co = MQ7.readSensor();
  if(co < 0) co = 0;

  kontrolBuzzer();
  tampiOLEDNode2(co2, co, partikelDebu, "LoRa SLEEP");
}

LoRaWAN.sleep(loraWanClass);
break;
}

default:
{
  deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
  break;
}
} // <--- Kurung kurawal penutup switch (deviceState)
} // <--- Kurung kurawal penutup void loop()
```

NEGERI
JAKARTA