



Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM LORA DENGAN
USE-CASE MONITORING SUHU/KELEMBAPAN TANAH
DAN DETEKSI ASAP/API**

TUGAS AKHIR

Ibraheem Arya Hayyi Hakani

2203421040

POLITEKNIK
PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI 2026



Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN MODUL PRAKTIKUM LORA DENGAN
USE-CASE MONITORING SUHU/KELEMBAPAN TANAH
DAN DETEKSI ASAP/API**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Empat / Sarjana Terapan**

Ibraheem Arya Hayyi Hakani

2203421040

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULI 2026



Hak Cipta :

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

PERNYATAAN ORIGINALITAS

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

Nama : Ibraheem Arya Hayyi Hakani

NIM : 2203421040

Tanda Tangan



Tanggal

. Kamis, 2 Agustus 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Ibraheem Arya Hayyi Hakani
NIM : 2203421040
Program Studi : Broadband Multimedia
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Modul Praktikum LoRa dengan Use-Case
Monitoring Suhu / Kelembapan Tanah dan Deteksi Asap /
Api

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada (17 Juli 2026...) dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Mohamad Fathurahman, S.T., M.T.
197108242003121001

**POLITEKNIK
NEGERI**

Depok, 6 Agustus 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, 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 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.

Tugas akhir ini membahas perancangan dan pembangunan modul praktikum berbasis LoRa sebagai media pembelajaran *Internet of Things* (IoT) dengan dua use-case, yaitu monitoring suhu dan kelembapan tanah serta deteksi asap dan api. Sistem dikembangkan menggunakan Heltec LoRa ESP32 v3, sensor DS18B20, Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2, MQ-2, dan KY-026, serta server ChirpStack. Penelitian ini juga mencakup pengujian fungsionalitas, akurasi sensor, dan performa komunikasi LoRa. Hasilnya diharapkan dapat menjadi media praktikum yang mendukung pembelajaran IoT secara aplikatif.

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

1. Bapak Mohamad Fathurahman, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
3. Teman kelompok dan kawan kawan dari kampus yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir 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, 6 Agustus 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Rancang Bangun Modul Praktikum LoRa dengan Use-Case Monitoring

Suhu / Kelembapan Tanah dan Deteksi Asap / Api

ABSTRAK

Perkembangan Internet of Things (IoT) mendorong kebutuhan akan media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan sensor, komunikasi nirkabel, dan sistem monitoring secara terpadu. Salah satu teknologi yang sesuai untuk implementasi IoT adalah LoRa karena memiliki jangkauan komunikasi yang luas dan konsumsi daya yang rendah. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun modul praktikum berbasis LoRa sebagai media pembelajaran IoT dengan dua use-case, yaitu monitoring suhu dan kelembapan tanah serta deteksi asap dan api. Sistem menggunakan Heltec LoRa 32 V3 sebagai node sensor, SenseCAP M2 Multi-Platform LoRa Gateway sebagai gateway, ChirpStack sebagai network server, serta dashboard monitoring sebagai antarmuka visualisasi data. Sensor yang digunakan meliputi DS18B20, Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2, MQ-2, dan KY-026. Pengujian dilakukan terhadap fungsionalitas sistem, kinerja sensor, dan komunikasi LoRa berdasarkan parameter jangkauan, delay, RSSI, SNR, dan packet loss. Hasil pengujian menunjukkan bahwa DS18B20 memiliki galat pengukuran sebesar 0,224–5,641%, sedangkan Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 memiliki galat sebesar 0–14,828%. Sensor MQ-2 mampu mendeteksi asap secara optimal pada jarak kurang dari 5 cm, sedangkan KY-026 mampu mendeteksi api hingga jarak 26 cm. Pengujian komunikasi menunjukkan data sensor dapat dikirim dari node menuju gateway dan server ChirpStack dengan baik serta memiliki keandalan yang sesuai selama pengujian. Berdasarkan hasil pengujian, modul praktikum yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian dan layak digunakan sebagai media pembelajaran IoT berbasis LoRa.

Kata kunci: *Internet of Things, LoRa, Modul Praktikum, Monitoring, ChirpStack*

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Design and Development of LoRa Practical Module for Soil Monitoring and Smoke / Fire Detection

ABSTRACT

The development of the Internet of Things (IoT) has increased the need for learning media that can integrate sensors, wireless communication, and monitoring systems in a unified platform. One of the most suitable technologies for IoT implementation is LoRa due to its long communication range and low power consumption. This study aims to design and develop a LoRa-based practical module as an IoT learning medium with two use cases, namely soil temperature and humidity monitoring, and smoke and fire detection. The system utilizes the Heltec LoRa 32 V3 as the sensor node, the SenseCAP M2 Multi-Platform LoRa Gateway as the gateway, ChirpStack as the network server, and a monitoring dashboard as the data visualization interface. The sensors used include the DS18B20 temperature sensor, Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2, MQ-2 gas sensor, and KY-026 flame sensor. Testing was conducted to evaluate system functionality, sensor performance, and LoRa communication based on parameters such as range, delay, RSSI, SNR, and packet loss. The results show that the DS18B20 sensor has a measurement error ranging from 0.224% to 5.641%, while the Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 has an error range of 0% to 14.828%. The MQ-2 sensor is able to detect smoke optimally at distances of less than 5 cm, while the KY-026 flame sensor can detect fire up to 26 cm. Communication testing indicates that sensor data can be successfully transmitted from the node to the gateway and ChirpStack server with reliable performance during testing. Based on the results, the developed practical module meets the research objectives and is suitable for use as a LoRa-based IoT learning medium.

Keywords: *Internet of Things, LoRa, Laboratory Module, Monitoring, ChirpStack*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN ORIGINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I - PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Luaran	4
BAB II - TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Internet of Things (IoT)	5
2.2. LoRa	6
2.3. Modul Praktikum Berbasis LoRa	8
2.4. Sensor dalam Sistem IoT.....	9
2.4.1. DS18B20 (Sensor Suhu Tanah).....	10
2.4.2. Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 (Sensor Kelembapan Tanah)	10
2.4.3. MQ-2 (Sensor Asap/Gas)	11
2.4.4. KY-026 (Sensor Api).....	12
2.5. Use - Case Monitoring Lingkungan.....	12
2.5.1. Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah.....	12
2.5.2. Monitoring Asap dan Api	13
2.6. Intergrasi Sensor pada Sistem LoRa	14
2.7. Metode Analisis Kinerja Modul Praktikum LoRa	15
2.7.1. Perhitungan Rata - Rata	16
2.7.2. Margin Error.....	16
2.7.3. Standar Deviasi	17
2.7.4. MAE.....	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

2.7.5.	RSSI	18
2.7.6.	SNR.....	19
2.7.7.	Delay	19
2.7.8.	Packet Loss	20
BAB III - PERENCANAAN DAN REALISASI		21
3.1.	Rancangan Alat	21
3.1.1.	Deskripsi Alat.....	21
3.1.2.	Diagram Blok	23
3.1.3.	Cara Kerja Alat.....	25
3.1.4.	Spesifikasi Komponen	27
3.2.	Realisasi Alat.....	30
3.2.1.	Realisasi Hardware.....	31
3.2.2.	Realisasi Firmware.....	37
3.2.3.	Realisasi Dashboard	42
BAB IV - PEMBAHASAN		49
4.1.	Pengujian Fungsionalitas Sistem.....	49
4.1.1.	Deskripsi	49
4.1.2.	Tujuan.....	49
4.1.3.	Prosedur Pengujian	50
4.1.4.	Parameter Pengujian.....	51
4.1.5.	Hasil Pengujian	51
4.1.6.	Penjelasan Data	52
4.1.7.	Analisis Pengujian.....	52
4.2.	Pengujian Sensor.....	53
4.2.1.	Deskripsi	53
4.2.2.	Tujuan.....	53
4.2.3.	Pengujian Sensor Suhu Tanah (DS18B20).....	54
4.2.4.	Pengujian Sensor Kelembapan Tanah (Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2)	56
4.2.5.	Pengujian Sensor Gas/Asap (MQ-2).....	58
4.2.6.	Pengujian Sensor Api (KY-026).....	60
4.3.	Pengujian Komunikasi LoRa	62
4.3.1.	Deskripsi	62
4.3.2.	Tujuan.....	63
4.3.3.	Prosedur Pengujian	63



Hak Cipta :

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

4.3.4. Parameter Pengujian.....	63
4.3.5. Hasil Pengujian	64
4.3.6. Penjelasan Data	64
4.3.7. Analisis Pengujian.....	65
BAB V - PENUTUP.....	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	71
LAMPIRAN.....	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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 - Topologi sistem LoRa	6
Gambar 2.2 - Sensor DS18B20	10
Gambar 2.3 - Sensor Capacitive Soil Moisture v1.2.....	10
Gambar 2.4 - Sensor gas MQ-2.....	11
Gambar 2.5 - Sensor KY-026	12
Gambar 3.1 - Contoh rupa alat yang dirancang	21
Gambar 3.2 - Diagram Blok sistem modul praktikum	23
Gambar 3.3 - Cara kerja modul praktikum	25
Gambar 3.4 - Skematik modul Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah	32
Gambar 3.5 - Blueprint casing modul Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah.....	32
Gambar 3.6 - Skematik modul Deteksi Asap dan Api	33
Gambar 3.7 - Blueprint casing modul Deteksi Asap dan Api	34
Gambar 3.8 - Bentuk jadi perangkat modul Monitoring Tanah	35
Gambar 3.9 - Rangkaian sistem modul Monitoring Tanah	36
Gambar 3.10 - Bentuk jadi perangkat modul Deteksi Asap dan Api	36
Gambar 3.11 - Rangkaian sistem modul Deteksi Asap dan Api	37
Gambar 3.12 - Rancangan diagram struktur software	37
Gambar 3.13 - Arsitektur sistem web dashboard	42
Gambar 3.14 - Header web dashboard	43
Gambar 3.15 - Indikator online/offline + section real-time monitoring	44
Gambar 3.16 - Section Historical Snapshot	44
Gambar 3.17 - Section Recent Alerts	45
Gambar 3.18 - Diagram integrasi keseluruhan sistem	48



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 RSSI berdasarkan TIPHON	18
Tabel 2.2 - Standar SNR berdasarkan TIPHON.....	19
Tabel 2.3 - Parameter delay.....	20
Tabel 2.4 - Parameter Packet Loss	20
Tabel 3.1 - Spec komponen Heltec LoRa ESP32 v3.....	27
Tabel 3.2 - Spec komponen DS18B20	28
Tabel 3.3 - Spec komponen Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2	29
Tabel 3.4 - Spec komponen MQ-2	29
Tabel 3.5 - Spec komponen KY-026	30
Tabel 3.6 - Wiring sistem untuk modul Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah....	34
Tabel 3.7 - Wiring sistem untuk modul Deteksi Asap dan Api	35
Tabel 3.8 - Struktur payload modul Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah.....	41
Tabel 3.9 - Struktur payload modul Deteksi Asap dan Api.....	41
Tabel 3.10 - Logika pengendalian LED modul Monitoring Tanah	42
Tabel 3.11 - Logika pengendalian Buzzer modul Deteksi Asap dan Api.....	42
Tabel 3.12 - Kondisi notifikasi dashboard	47
Tabel 4.1 - Parameter yang diuji pada Fungsionalitas Sistem	51
Tabel 4.2 - Hasil pengujian modul Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah	51
Tabel 4.3 - Hasil pengujian modul Deteksi Asap dan Api	52
Tabel 4.4 - Parameter yang diuji pada sensor DS18B20.....	54
Tabel 4.5 - Hasil pengujian sensor DS18B20	55
Tabel 4.6 - Parameter yang diuji pada Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2.....	57
Tabel 4.7 - Hasil pengujian Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2	57
Tabel 4.8 - Parameter yang diuji pada sensor MQ-2.....	59
Tabel 4.9 - Hasil pengujian sensor MQ-2	59
Tabel 4.10 - Parameter yang diuji pada sensor KY-026.....	61
Tabel 4.11 - Hasil pengujian sensor KY-026.....	61
Tabel 4.12 - Parameter yang diuji pada Komunikasi LoRa	63
Tabel 4.13 - Hasil pengujian Komunikasi LoRa untul modul Use-Case 1	64
Tabel 4.14 - Hasil pengujian Komunikasi LoRa untul modul Use-Case 2	64



Hak Cipta :

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

Dengan berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), banyak perangkat sensor sekarang dapat digabungkan dengan sistem komunikasi untuk menghasilkan solusi monitoring yang cerdas, efektif, dan terhubung secara *real-time*. Untuk analisis, pengambilan keputusan, dan sistem peringatan dini, IoT dapat mengumpulkan, mengirim, dan mengolah data dari lingkungan fisik secara otomatis. Pemahaman tentang sistem *Internet of Things* (IoT) sangat penting untuk pendidikan, khususnya untuk jurusan Teknik Elektro dan program studi Broadband Multimedia, karena teknologi ini mencakup banyak bidang ilmu, seperti perangkat keras (*Hardware*), sensor, komunikasi data, jaringan *wireless*, dan pengolahan data berbasis internet.

Pemilihan teknologi komunikasi yang mampu mendukung transmisi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah merupakan masalah utama dalam menerapkan IoT. Maka dari itu, teknologi LoRa (*Long Range*) adalah solusi *Low - Power Wide Area Network* (LPWAN) yang mampu menyediakan komunikasi data dengan efisiensi energi yang tinggi pada jarak yang luas. LoRa sangat disukai untuk berbagai sistem pemantauan lingkungan, seperti pertanian pintar, pemantauan kualitas lingkungan, serta sistem deteksi kebakaran. Namun teknologi LoRa masih terbatas untuk digunakan pada lingkungan akademik, terutama dalam bentuk modul praktikum yang terstruktur, mudah dipahami, dan memungkinkan mahasiswa untuk menggunakannya sebagai media pembelajaran langsung.

Sebaliknya, sistem monitoring lingkungan semakin dibutuhkan, terutama dalam bidang pertanian dan keamanan. Karena kondisi tanah ideal sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, memantau suhu dan kelembapan tanah menjadi salah satu faktor penting dalam mendukung produktivitas pertanian. Selain itu, deteksi dini asap dan api di dalam ruangan (Laboratorium) sangat penting untuk mencegah kebakaran yang dapat menyebabkan kerugian material dan keselamatan. Sistem monitoring lingkungan dan sistem keamanan berbasis IoT dapat menggabungkan kedua *use-case* tersebut ke dalam satu sistem, meningkatkan nilai pembelajaran lintas - bidang.



© 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

Untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang alur kerja sistem, mulai dari pembacaan data hingga pengolahan data, pembelajaran berbasis praktikum berperan sangat penting. Banyak penelitian sebelumnya tentang IoT dan LoRa hanya fokus kepada implementasi sistem tertentu tanpa mempertimbangkan aspek edukatif sebagai media pembelajaran praktikum. Selain itu, mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana teknologi *Internet of Things* diterapkan dalam kebutuhan industri dan kehidupan sehari-hari dengan mendapatkan dukungan untuk implementasi sistem yang nyata dan aplikatif.

Selain itu, pembuatan modul praktikum berbasis LoRa juga dapat menjadi metode pembelajaran interaktif dan kontekstual. Dengan modul ini, mahasiswa tidak hanya akan mendapatkan pemahaman teori mengenai konsep komunikasi *wireless* dan sensor, tetapi mereka juga akan dapat menguji perangkat, menganalisis kinerja komunikasi, serta menyelesaikan masalah. Metode ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa terhadap teknologi *Internet of Things* (IoT), khususnya dalam implementasi sistem monitoring berbasis LPWAN. Selain itu, modul praktikum ini dapat digunakan untuk mendukung proses pembelajaran laboratorium serta juga dapat digunakan sebagai media untuk pengembangan penelitian mahasiswa tentang teknologi IoT dan komunikasi LoRa.

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, modul praktikum berbasis LoRa harus dirancang. Modul ini harus dapat digunakan sebagai sistem monitoring serta sebagai media pembelajaran yang terintegrasi dan aplikatif. Dengan menggunakan *use-case* seperti monitoring suhu dan kelembapan tanah, serta mendeteksi asap dan api, modul dirancang untuk membantu mahasiswa memahami secara langsung bagaimana sistem IoT bekerja dalam situasi nyata. Dengan harapan akhir kalau pemahaman mahasiswa mengenai teknologi komunikasi LoRa dan implementasinya dalam sistem monitoring berbasis *Internet of Things* akan meningkat.



Hak Cipta :

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

1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Bagaimana merancang dan membangun modul praktikum berbasis LoRa yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran sistem komunikasi IoT
- Bagaimana merancang mekanisme komunikasi data menggunakan LoRa antara node sensor dan penerima (gateway) agar dapat berjalan dengan andal?
- Bagaimana mengintegrasikan sensor suhu tanah, kelembapan tanah, serta sensor deteksi asap dan api ke dalam satu sistem monitoring yang terstruktur
- Bagaimana kinerja sistem komunikasi LoRa dalam mengirimkan data sensor ditinjau dari parameter seperti jangkauan, delay, dan keberhasilan pengiriman data (packet loss)?
- Bagaimana tingkat keberfungsian modul praktikum yang dirancang dalam mendukung proses pembelajaran mahasiswa pada bidang IoT dan komunikasi nirkabel?

1.3. Tujuan Penelitian

- Merancang dan membangun modul praktikum berbasis LoRa yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran sistem komunikasi IoT.
- Mengimplementasikan integrasi sensor suhu tanah, kelembapan tanah, serta sensor deteksi asap dan api dalam satu sistem monitoring yang terstruktur.
- Merancang dan mengimplementasikan mekanisme komunikasi data antara node sensor dan gateway menggunakan teknologi LoRa.
- Menguji dan menganalisis kinerja sistem komunikasi LoRa berdasarkan parameter jangkauan komunikasi, delay transmisi, dan tingkat keberhasilan pengiriman data (packet loss).
- Mengevaluasi fungsi dan kelayakan modul praktikum yang dirancang sebagai media pembelajaran pada bidang IoT dan komunikasi nirkabel.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

1.4. Luaran

- Perangkat modul praktikum berbasis LoRa yang mendukung dua use-case: monitoring suhu dan kelembapan tanah, serta mendeteksi asap dan api.
- Sistem monitoring yang menampilkan data sensor pada sisi server atau *interface* bagi pengguna, serta alarm untuk kondisi asap/api.
- Dokumentasi teknis berupa panduan penggunaan modul praktikum dan jobsheet praktikum mahasiswa.
- Laporan skripsi yang memuat hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem modul praktikum.



Hak Cipta :

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

- Modul praktikum berbasis LoRa berhasil dirancang dan direalisasikan sebagai media pembelajaran IoT dengan dua use-case: yaitu Monitoring Suhu dan Kelembapan Tanah serta Deteksi Asap dan Api. Sistem mengintegrasikan node sensor, gateway, ChirpStack, dan dashboard monitoring.
- Berhasil merancang dan mengimplementasikan mekanisme komunikasi data antara node sensor dan gateway menggunakan teknologi LoRa. Sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan node sensor, gateway, server ChirpStack, dan dashboard monitoring ke dalam satu arsitektur yang terintegrasi sehingga mendukung proses pembelajaran IoT secara menyeluruh.
- Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor yang digunakan dapat beroperasi sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pada berbagai kondisi tanah, sensor DS18B20 menghasilkan kekeliruan pengukuran sebesar -0,22% - 5,64%, sedangkan Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2 membuat kekeliruan sebesar 0 - 14,83% yang masih dapat ditoleransi. Selain itu, sensor MQ-2 mampu mendeteksi asap secara optimal meski pada jarak kurang dari 5 cm, sementara sensor KY-026 mampu mendeteksi sumber api hingga jarak 26 cm.
- Dapat menguji dan menganalisis kinerja sistem komunikasi LoRa berdasarkan parameter jangkauan komunikasi, delay transmisi, dan tingkat keberhasilan pengiriman data (packet loss). Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai rata-rata RSSI, SNR, dan packet loss yang menunjukkan bahwa komunikasi data berlangsung secara andal selama proses pengujian.
- Berdasarkan hasil pengujian fungsionalitas sistem, pengujian sensor, dan pengujian komunikasi LoRa, modul praktikum yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran IoT dan komunikasi *wireless*. Modul memungkinkan mahasiswa mempelajari proses akuisisi data sensor, pengolahan - pengiriman data melalui komunikasi LoRa, hingga proses monitoring data pada dashboard secara *end-to-end*.



5.2. Saran

- Mengembangkan modul praktikum dengan menambahkan node sensor lagi, sehingga mahasiswa dapat mempelajari implementasi jaringan LoRa dalam skala yang lebih besar serta memahami mekanisme komunikasi multi-node.
- Pengujian komunikasi LoRa dapat dikembangkan dengan memvariasikan parameter *Spreading Factor* (SF), *Bandwidth* (BW), *Coding Rate* (CR), jarak komunikasi, dan kondisi lingkungan untuk memperoleh karakteristik performa komunikasi yang lebih lengkap.
- Dashboard monitoring dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur pengunduhan data hasil pembacaan sensor, termasuk nilai suhu dan kelembapan tanah, serta intensitas asap/gas, dan status api, juga parameter komunikasi RSSI dan SNR dari kedua modul praktikum. Data dapat disediakan dalam format seperti CSV atau Excel untuk memudahkan mahasiswa melakukan pengolahan dan analisis data hasil praktikum.
- Pengujian sensor dapat dikembangkan dengan menggunakan alat ukur referensi yang lebih akurat serta variasi kondisi dan jumlah pengujian yang lebih banyak untuk memperoleh hasil evaluasi akurasi yang lebih representatif.
- Modul praktikum dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan skenario praktikum dan materi pengujian yang lebih beragam, sehingga dapat mendukung pembelajaran mengenai sensor, komunikasi LoRa, dan sistem IoT secara lebih komprehensif.

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Vineet, Ravinder, & Yosegh (2025). A Comprehensive Review of the Internet of Things (IoT): Architecture, Application, Challenges and Future Directions.
<https://www.ijraset.com/research-paper/architecture-application-challenges-and-future-directions>
- Anita Choudhary (2024) Internet of Things: a comprehensive overview, architectures, applications, simulation tools, challenges and future directions
<https://link.springer.com/article/10.1007/s43926-024-00084-3>
- Ali & Ahmad (2024) An overview of the Internet of Things (IoT) Architecture
https://www.researchgate.net/publication/383947381_An_overview_of_the_Internet_of_Things_IoT_Architecture
- Elgazzar, Khalil, Alghamdi, Badr, Abdelkader, Elewah, and Buyya (2022) Revisiting the internet of things: New trends, opportunities and grand challenges
<https://www.frontiersin.org/journals/the-internet-of-things/articles/10.3389/friot.2022.1073780/full>
- Kim, Lee, & Jeon (2021) An Adaptive Spreading Factor Selection Scheme for a Single Channel LoRa Modem
https://www.mdpi.com/1424-8220/20/4/1008?type=check_update&version=2
- Ziyad & Abdulrahman (2024) Review on LoRa Communication Technology, Its Issues, Challenges and Applications in Healthcare System
<https://www.eajournals.org/wp-content/uploads/sites/21/2024/11/Review-on-LoRa-Communication-Technology.pdf>
- Luhur, Amir, & Heru (2025) Implementation of Internet of Things (IoT) in Education: A Systematic Literature Review
https://www.researchgate.net/publication/391374197_Implementation_of_Internet_of_Things_IoT_in_Education_A_Systematic_Literature_Review
- Wahyu & Fatchul (2024) Embedded System Training Kit for Artificial Intelligence
<https://www.ijiet.org/show-199-2644-1.html>
- Wahyudi & Yahya (2023) The Role of the Use of IoT (Internet of Things) Microcontrollers in the Electronics vocational education sector in Practicum Learning
<https://journal.unm.ac.id/index.php/JESSI/article/view/921>



Hak Cipta :

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

Ying Ji & Fang Wu (2025) A life cycle model of IoT for higher education based on student and market needs

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10791-025-09758-0>

Abdennabi, Zahra, Rachid, Qjidaa, Ouazzani, & Haris M (2024) Integrated Internet of Things (IoT) Solutions for Early Fire Detection in Smart Agriculture. Results in Engineering

https://www.researchgate.net/publication/385697844_Integrated_Internet_of_Things_IoT_Solutions_for_Early_Fire_Detection_in_Smart_Agriculture

Muthmainnah, Mulyadi, Tazi, Mulyono, Hananto, Chamidah, & Kusairi. (2024) Development of an automated monitoring system for soil moisture and temperature in smart agriculture to enhance lettuce farming productivity based on IoT <https://malque.pub/ojs/index.php/msj/article/view/2342>

Kumari, Ali, Dagati, & Dong Y. (2025) IoT-Enabled Soil Moisture and Conductivity Monitoring Under Controlled and Field Fertigation Systems <https://www.mdpi.com/2624-7402/7/7/207>

Abdennabi, Jebabra, Abdulla, Haris M., Rachid, Qjidaa, Ouazzani jamil (2024) IoT-Enabled Fire Detection for Sustainable Agriculture: A Real-Time System using Flask and Embedded Technologies https://www.researchgate.net/publication/383146735_IoT-Enabled_Fire_Detection_for_Sustainable_Agriculture_A_Real-Time_System_using_Flask_and_Embedded_Technologies

Abdennabi, Zahra, Rachid, Qjidaa, Ouazzani jamil, & Haris M. (2024) Integrated Internet of Things (IoT) Solutions for Early Fire Detection in Smart Agriculture https://www.researchgate.net/publication/385697844_Integrated_Internet_of_Things_IoT_Solutions_for_Early_Fire_Detection_in_Smart_Agriculture

Abadulkadir, Oivier, & Florent (2024) A Survey on IoT Application Architectures. Sensors <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11360728>

Ado Adamou, Hamayadji, Arouna, Moussa, Asside, Ousmane, Alidou. (2024) Data collection in IoT networks: Architecture, solutions, protocols and challenges https://www.researchgate.net/publication/381162179_Data_collection_in_IoT_networks_Architecture_solutions_protocols_and_challenges

Manuel, Esteban, Hoswel, Santiago, Leslye Estefania, & Carlos (2025) Architecture for Automated Real-Time Bidirectional Data Handling in LoRaWAN Gateways <https://doi.org/10.3390/automation6030038>



© 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

Huiyue Qiao, Hong Guan, Andrei Jabbour & Yong Zhu (2025) Synchronous LoRa sensor nodes for modal identification in footbridge vibration monitoring <https://link.springer.com/article/10.1007/s13349-024-00864-z>

Quoc Hop Ta, Van Khoe Ta, Trang Tien Nguyen, & Hoon Oh (2024) A WSN and LoRa Hybrid Multimedia Transmission Protocol for Scalar Data and Image Transmission <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11678947>





DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Ibraheem Arya Hayyi Hakani

Lulus dari SDI At-Taqwa, Rawamangun pada tahun 2016, SMPN 216, Jakarta Pusat pada tahun 2019, dan SMAIT Al-Marjan, Cilacap pada tahun 2022. Sekarang menjalani pendidikan pada Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Broadband Multimedia, Politeknik Negeri Jakarta di Universitas Indonesia untuk memperoleh Gelar Sarjana Terapan (D4).

Hak Cipta :

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





Hak Cipta :

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

LAMPIRAN

L-1 – Source code pemrograman mikrokontroler sistem Monitoring Tanah

```
#include "LoRaWan_APP.h"
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Arduino.h>
#include "HT_SSD1306Wire.h"

// WIFI + NTP
// #include <WiFi.h>
// #include <time.h>

/* --- OLED --- */
SSD1306Wire oled(
    0x3c,
    500000,
    SDA_OLED,
    SCL_OLED,
    GEOMETRY_128_64,
    RST_OLED
);

/* --- SENSOR & AKTUATOR --- */
#define SOIL_PIN 4
#define ONE_WIRE_BUS 2

// DEFINISI PIN LED
#define LED_KUNING 45
#define LED_HIJAU 48
#define LED_MERAH 26

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature tempSensor(&oneWire);

/* OTAA */
uint8_t devEui[] = {0x04, 0x94, 0x8f, 0xf6, 0xf6, 0xdc, 0xa8, 0x91};
uint8_t appEui[] = {0x0f, 0xb7, 0xd8, 0x58, 0x39, 0xb7, 0xb9, 0xaa};
uint8_t appKey[] = {0xc6, 0x48, 0xf4, 0xa7, 0x07, 0x38, 0xc1, 0xa5, 0xb0, 0x61, 0xb9, 0x16, 0x47, 0x7e, 0xe8, 0xe9};
```



Hak Cipta :

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

```

/* ABP PARA */
uint8_t nwkSKey[] = {0xF8, 0x11, 0xCA, 0xE3, 0x9E, 0xB9, 0x36,
0x6C, 0x1B, 0x50, 0x96, 0x33, 0xCB, 0x43, 0x75, 0xDE};
uint8_t appSKey[] = {0x0D, 0x94, 0xD0, 0x0D, 0xD2, 0xB2, 0xC2,
0x37, 0x68, 0x43, 0x6C, 0x39, 0x94, 0xE3, 0x0E, 0x7F};
uint32_t devAddr = (uint32_t)0x0005E038;

/* LORAWAN */
uint16_t userChannelsMask[6] = {
    0x0003, 0x0000, 0x0000,
    0x0000, 0x0000, 0x0000
};

LoRaMacRegion_t loraWanRegion = ACTIVE_REGION;
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;

uint32_t appTxDutyCycle = 60000;

bool overTheAirActivation = true;
bool loraWanAdr = true; // <--- SEKARANG TRUE: SF/DR akan
otomatis menyesuaikan jarak & sinyal
bool isTxConfirmed = false;
bool keepNet = true;

uint8_t appPort = 3;
uint8_t confirmedNbTrials = 4;

/* LICENSE */
RTC_DATA_ATTR uint32_t license[4] = {
    0x3B8B518D,
    0xC96D67E4,
    0xD4463BDA,
    0x28D26237
};

/* OLED */
void tampilOLED(float suhu, int soilValue)
{
    oled.clear();
    oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
    oled.drawString(0, 0, "NODE 3 MONITOR");
    oled.drawLine(0, 11, 128, 11);
    oled.drawString(0, 14, "Suhu Bio  : " + String(suhu, 1) +
" C");
    oled.drawString(0, 26, "Soil Bio  : " + String(soilValue)
+ " %");
    oled.display();
}

```



Hak Cipta :

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

```

/* FUNGSI KONTROL AKTUATOR LED */
void kontrolLED(float suhu, int soilPercent)
{

    // Matikan semua LED terlebih dahulu agar tidak aktif
    bersamaan
    digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
    digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
    digitalWrite(LED_MERAH, LOW);

    // 1. Kondisi LED Kuning: Suhu < 20C DAN Kelembapan < 40%
    if (suhu < 20.0 && soilPercent < 40) {
        digitalWrite(LED_KUNING, HIGH);
        Serial.println("STATUS LED: KUNING AKTIF");
    }

    // 2. Kondisi LED Hijau: Suhu 20C s/d 35C DAN Kelembapan
    40% s/d 70%
    else if ((suhu >= 20.0 && suhu <= 35.0) && (soilPercent >=
    40 && soilPercent <= 70)) {
        digitalWrite(LED_HIJAU, HIGH);
        Serial.println("STATUS LED: HIJAU AKTIF");
    }

    // 3. Kondisi LED Merah: Suhu > 35C DAN Kelembapan > 70%
    else if (suhu > 35.0 && soilPercent > 70) {
        digitalWrite(LED_MERAH, HIGH);
        Serial.println("STATUS LED: MERAH AKTIF");
    }
    else {
        Serial.println("STATUS LED: SEMUA MATI (Di luar
        rentang parameter)");
    }
}

/* PAYLOAD */
static void prepareTxFrame(uint8_t port)
{
    int total = 0;
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
        total += analogRead(SOIL_PIN);
        delay(10);
    }
    int soilRaw = total / 10;
    int soilKering = 3027;
    int soilBasah = 1580;

```



Hak Cipta :

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

```

soilRaw = constrain(
    soilRaw,
    soilBasah,
    soilKering
);

int soilPercent =
    ((soilKering - soilRaw) * 100) /
    (soilKering - soilBasah);
tempSensor.requestTemperatures();
vTaskDelay(100 / portTICK_PERIOD_MS);

float suhu =
    tempSensor.getTempCByIndex(0);
if (suhu == -127.00) {
    Serial.println("DS18B20 ERROR");
    suhu = 0;
}

Serial.println(
    "===== NODE 3 UPLINK ====="
);

Serial.printf(
    "ADC RAW : %d\n",
    soilRaw
);

Serial.printf(
    "Soil: %d %%\n",
    soilPercent
);

Serial.printf(
    "Temp: %.2f C\n",
    suhu
);

// Jalankan fungsi kontrol LED berdasarkan hasil pembacaan
sensor terbaru
kontrolLED(suhu, soilPercent);
tampilOLED(suhu, soilPercent);

int16_t tempInt =
    (int16_t)(suhu * 100);

uint16_t soilUint =
    (uint16_t)soilPercent;

```



Hak Cipta :

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

```
// BASIC SENSOR DATA
appData[0] =
    (uint8_t)(tempInt >> 8);
appData[1] =
    (uint8_t)tempInt;
appData[2] =
    (uint8_t)(soilUint >> 8);
appData[3] =
    (uint8_t)soilUint;
appDataSize = 4;
}

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

    // Inisialisasi Pin LED sebagai OUTPUT
    pinMode(LED_KUNING, OUTPUT);
    pinMode(LED_HIJAU, OUTPUT);
    pinMode(LED_MERAH, OUTPUT);

    // Pastikan semua LED mati saat startup awal
    digitalWrite(LED_KUNING, LOW);
    digitalWrite(LED_HIJAU, LOW);
    digitalWrite(LED_MERAH, LOW);

    Mcu.setlicense(license);
    Mcu.begin();

    // NTP
    // syncNTP();

    // OLED
    oled.init();
    oled.flipScreenVertically();
    oled.clear();
    oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
    oled.drawString(0, 0, "NODE 3 STARTING...");
    oled.drawString(0, 16, "Mempersiapkan Alat...");
    oled.display();

    delay(500);

    tempSensor.begin();
    tempSensor.setResolution(9);
    tempSensor.waitForConversion(false);
```



Hak Cipta :

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

```

analogSetAttenuation(ADC_11db);

deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
}

void loop()
{
    switch (deviceState)
    {
        case DEVICE_STATE_INIT:
        {
            LoRaWAN.init(
                loraWanClass,
                loraWanRegion
            );
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_JOIN:
        {
            oled.clear();
            oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
            oled.drawString(0, 0, "Joining LoRaWAN...");
            oled.display();
            LoRaWAN.join();
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_SEND:
        {
            prepareTxFrame(appPort);
            Serial.println("PAYLOAD SIAP");

            // Penguncian SF/DR manual dihapus agar algoritma
            ADR otomatis bekerja sepenuhnya

            LoRaWAN.send();
            Serial.println("SEND DIPANGGIL");
            deviceState = DEVICE_STATE_CYCLE;
            break;
        }

        case DEVICE_STATE_CYCLE:
        {
            txDutyCycleTime =
                appTxDutyCycle +
                randr(

```



Hak Cipta :

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

```

        -APP_TX_DUTYCYCLE_RND,
        APP_TX_DUTYCYCLE_RND
    );
    LoRaWAN.cycle(
        txDutyCycleTime
    );
    deviceState = DEVICE_STATE_SLEEP;
    break;
}

case DEVICE_STATE_SLEEP:
{
    LoRaWAN.sleep(
        loraWanClass
    );
    break;
}
default:
{
    deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
    break;
}
}
}

```

L-2 – Source code pemrograman mikrokontroler sistem Deteksi Asap dan Api

```

#include "LoRaWAN_APP.h"
#include "HT_SSD1306Wire.h" // Library OLED Grafis Bawaan
Heltec

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

// ===== PIN =====
const int flamePin = 4;
const int mq2Pin = 2;
const int buzzerPin = 48;

// ===== MQ2 =====

```



Hak Cipta :

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

```
// Baseline dikunci langsung ke nilai rata-rata standar (tanpa
kalibrasi berulang)
int baseline = 200;

// ===== SENSOR STATE =====
int      g_nilaiGas      = 0;
int      g_statusFlame  = 1; // HIGH = aman, LOW = api
uint8_t  g_gasLevel     = 0; // 0=aman, 1=asap, 2=gas
String   statusApi      = "AMAN";
String   statusGas      = "AMAN";

// ===== BUZZER NON-BLOCKING =====
unsigned long buzzerPrevMillis = 0;
bool buzzerState = false;

// ===== LORAWAN OTAA PARAM =====
uint8_t devEui[] = { 0xe1, 0xfe, 0xe5, 0x06, 0x9a, 0x98, 0xd2,
0xd0 };
uint8_t appEui[] = { 0xc0, 0x05, 0x4e, 0x2a, 0x9f, 0x6a, 0x0b,
0x77 };
uint8_t appKey[] = { 0xf9, 0x85, 0xa6, 0xfe, 0xd6, 0x07, 0xca,
0x46,
0xc0, 0xf0, 0xc0, 0x48, 0xc6, 0x81, 0xf6,
0xab };

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;

uint16_t userChannelsMask[6] = { 0x00FF, 0x0000, 0x0000,
0x0000, 0x0000, 0x0000 };
LoRaMacRegion_t loraWanRegion = LORAMAC_REGION_AS923;
DeviceClass_t loraWanClass = CLASS_A;
uint32_t appTxDutyCycle = 15000;
bool overTheAirActivation = true;
bool loraWanAdr = false;
bool isTxConfirmed = true;
uint8_t appPort = 2;
uint8_t confirmedNbTrials = 4;

// ===== HELPER BACA SENSOR =====
int bacaMQ2() {
    int total = 0;
    for (int i = 0; i < 10; i++) {
```



Hak Cipta :

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

```

    total += analogRead(mq2Pin);
    delayMicroseconds(5000); // Menggunakan mikrodetik agar
    tidak menahan kerja CPU
  }
  return total / 10;
}

void bacaSemuaSensor() {
  g_statusFlame = digitalRead(flamePin);
  g_nilaiGas    = bacaMQ2();

  int batasAsap = baseline + 150;
  int batasGas  = baseline + 350;

  if      (g_nilaiGas < batasAsap) g_gasLevel = 0;
  else if (g_nilaiGas < batasGas)  g_gasLevel = 1;
  else                               g_gasLevel = 2;

  statusApi = (g_statusFlame == LOW) ? "API!" : "AMAN";
  switch (g_gasLevel) {
    case 0: statusGas = "AMAN"; break;
    case 1: statusGas = "ASAP"; break;
    default: statusGas = "GAS!"; break;
  }
}

// ===== FUNGSI TAMPILAN OLED HELTEC =====
void tampilOLED(String statusLoRa) {
  oled.clear();
  oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
  oled.drawString(0, 0, "FIRE & GAS NODE");
  oled.drawLine(0, 11, 128, 11);

  oled.drawString(0, 15, "Status Api : " + statusApi);
  oled.drawString(0, 27, "Nilai MQ2  : " +
String(g_nilaiGas));
  oled.drawString(0, 39, "Status Gas : " + statusGas);

  String strStatus = "BZ:[" + String(buzzerState ? "ON" :
"OFF") + "]" + statusLoRa;
  oled.drawString(0, 51, strStatus);
  oled.display();
}

// ===== LORAWAN: PACK PAYLOAD =====
static void prepareTxFrame(uint8_t port) {
  bacaSemuaSensor();

```



Hak Cipta :

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

```

appDataSize = 4;
appData[0] = (g_statusFlame == LOW) ? 1 : 0;
appData[1] = g_gasLevel;
appData[2] = (g_nilaiGas >> 8) & 0xFF;
appData[3] = g_nilaiGas & 0xFF;

    tampilOLED("SEND DATA");
}

unsigned long scanPrevMillis = 0;
const long scanInterval = 15000; // Baca sensor & update
display tiap 1000ms (1 detik)
// ===== SETUP =====
void setup() {
    Serial.begin(115200);

    pinMode(flamePin, INPUT);
    pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
    digitalWrite(buzzerPin, LOW);

    // --- POWER MANAGEMENT LOKAL HELTEC V3 ---
    pinMode(36, OUTPUT);
    digitalWrite(36, LOW); // Aktifkan Vext agar layar OLED
    internal menyala
    delay(5000);           // Delay minimal hanya untuk
    inisialisasi daya display

    // --- INITIALIZE OLED ---
    oled.init();
    oled.flipScreenVertically();
    oled.clear();
    oled.setFont(ArialMT_Plain_10);
    oled.drawString(0, 0, "SYSTEM STARTED");
    oled.drawString(0, 15, "Sistem Siap Mengirim...");
    oled.display();

    analogReadResolution(12);
    analogSetPinAttenuation(mq2Pin, ADC_11db);

    // Membaca nilai sensor pertama kali secara instan untuk
    menentukan baseline awal cepat
    baseline = bacaMQ2();

    Serial.println("Sistem Booting Instan Berhasil.");
    Serial.print("Baseline Awal Terbaca: ");
    Serial.println(baseline);

    // Init LoRaWAN MCU
  
```



Hak Cipta :

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

```

    Mcu.begin(0, 0);
}

// ===== LOOP =====
void loop() {
    unsigned long now = millis();

    if (now - scanPrevMillis >= scanInterval) {
        scanPrevMillis = now;

        bacaSemuaSensor();

        // Cetak ke Serial Monitor dengan rapi setiap 1 detik
        Serial.println("\n===== DATA REALTIME (1 DETIK) =====");
        Serial.print("Flame : "); Serial.println(statusApi);
        Serial.print("MQ2   : "); Serial.print(g_nilaiGas);
        Serial.print(" | Status Gas: ");
        Serial.println(statusGas);
        Serial.print("State : "); Serial.println(deviceState);

        // Update Display OLED berdasarkan status LoRaWAN saat ini
        if (deviceState == DEVICE_STATE_SLEEP) {
            tampilOLED("READY / SLEEP");
        } else if (deviceState == DEVICE_STATE_JOIN) {
            tampilOLED("JOINING...");
        } else if (deviceState == DEVICE_STATE_SEND) {
            tampilOLED("SENDING DATA");
        }
    }

    if (statusApi == "API!" || g_gasLevel == 2) {
        digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
        buzzerState = true;
    } else if (g_gasLevel == 1) {
        if (buzzerState && (now - buzzerPrevMillis >= 100)) {
            digitalWrite(buzzerPin, LOW);
            buzzerState = false;
            buzzerPrevMillis = now;
        } else if (!buzzerState && (now - buzzerPrevMillis >=
300)) {
            digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
            buzzerState = true;
            buzzerPrevMillis = now;
        }
    } else {
        digitalWrite(buzzerPin, LOW);
        buzzerState = false;
    }
}

```



Hak Cipta :

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

```

switch (deviceState) {
    case DEVICE_STATE_INIT: {
#ifdef LORAWAN_DEVEUI_AUTO
        LoRaWAN.generateDeveuiByChipID();
#endif
        LoRaWAN.init(loraWanClass, loraWanRegion);
        break;
    }
    case DEVICE_STATE_JOIN: {
        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: {
        LoRaWAN.sleep(loraWanClass);
        break;
    }
    default: {
        deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
        break;
    }
}
}

```

I - 3 – Source code HTML