



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

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



**Rancang Bangun Jaringan WSN berbasis LoRa  
Pada Sistem Deteksi Gangguan Jaringan FO**

**SKRIPSI**

**Joshua Rafael Benardo Sihombing**

**2203421044**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

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



**Rancang Bangun Jaringan WSN berbasis LoRa  
Pada Sistem Deteksi Gangguan Jaringan FO**

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

**SKRIPSI**

**Joshua Rafael Benardo Sihombing  
2203421044**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**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 karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama :** Joshua Rafael Benardo Sihombing

**NIM :** 2203421044

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal :** 24 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

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Joshua Rafael Benardo Sihombing  
NIM : 2203421044  
Program Studi : Broadband Multimedia  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Jaringan WSN berbasis LoRa pada Sistem Deteksi Gangguan Jaringan FO

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Jumat, 3 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

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

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

(  )

Depok, 17 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 1978033120031222002

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, rahmat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Jaringan WSN berbasis LoRa Pada Sistem Deteksi Gangguan Jaringan FO” dengan baik dan tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses penyusunan skripsi ini. Ucapan terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada:

1. Mohamad Fathurahman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh dosen Program Studi Broadband Multimedia yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman, serta pembelajaran selama masa perkuliahan sehingga menjadi bekal bagi penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, semangat, serta bantuan moral maupun material kepada penulis selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Teman-teman seperjuangan Program Studi Broadband Multimedia angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan, bantuan, motivasi, serta kebersamaan selama menjalani proses perkuliahan dan penyusunan skripsi.
5. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi referensi yang berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Internet of Things dan sistem komunikasi nirkabel.

Bekasi, 24 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 Jaringan WSN berbasis LoRa  
Pada Sistem Deteksi Gangguan Jaringan FO*

**ABSTRAK**

Perkembangan *Internet of Things (IoT)* mendorong terciptanya sistem *monitoring* infrastruktur yang efisien. Penelitian ini merancang sistem pemantauan kemiringan tiang berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* menggunakan teknologi LoRaWAN untuk mendukung transmisi jarak jauh berdaya rendah. Sistem menggunakan sensor MPU6050 untuk mendeteksi sudut kemiringan (pitch dan roll). Data diproses oleh mikrokontroler Heltec LoRa V3 (end-device), dikirim melalui *gateway* SenseCAP M2, dan diteruskan ke server ChirpStack secara real-time. Pengujian dilakukan melalui dua skenario: akurasi klasifikasi kondisi tiang (Aman, Waspada, Bahaya) dan performa jaringan menggunakan variasi *Spreading Factor* (SF7, SF9, SF10) pada jarak 50 m, 100 m, dan 150 m. Hasil pengujian menunjukkan sistem berhasil mendeteksi perubahan posisi tiang secara akurat sesuai parameter program. Pada pengujian transmisi, tingkat keberhasilan pengiriman data (*Packet Delivery Ratio*) mencapai 100% di semua skenario. Meskipun kualitas sinyal (RSSI dan SNR) menurun seiring bertambahnya jarak, konfigurasi SF9 terbukti menghasilkan performa komunikasi yang paling optimal dan stabil pada kondisi lingkungan pengujian. Sistem ini berhasil memenuhi tujuan penelitian sebagai solusi *monitoring* tiang yang andal dan stabil.

**Kata Kunci:** *Wireless Sensor Network, LoRaWAN, Internet of Things, MPU6050, Monitoring Kemiringan Tiang, RSSI, SNR.*



**Hak Cipta :**

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

*Design and Implementation of a LoRa-Based Wireless Sensor Network (WSN) for Fiber Optic (FO) Network Fault Detection*

**ABSTRACT**

*The development of the Internet of Things (IoT) encourages the creation of efficient infrastructure monitoring systems. This study designs a pole tilt monitoring system based on a Wireless Sensor Network (WSN) using LoRaWAN communication technology to support low-power, long-range data transmission. The system utilizes an MPU6050 sensor to detect tilt angles (pitch and roll). The sensor data is processed by a Heltec LoRa V3 microcontroller (end-device), transmitted via a SenseCAP M2 gateway, and forwarded to a ChirpStack server in real-time. Testing was conducted through two scenarios: the accuracy of pole condition classification (Safe, Warning, Danger) and network performance using Spreading Factor variations (SF7, SF9, SF10) at testing distances of 50 m, 100 m, and 150 m. The results show that the system successfully detects changes in pole position accurately according to the program parameters. In the transmission testing, the Packet Delivery Ratio (PDR) reached 100% across all testing scenarios. Although the signal quality (RSSI and SNR) degraded as the distance increased, the SF9 configuration proved to deliver the most optimal and stable communication performance in the testing environment. This system successfully achieves the research objective as a reliable and stable pole monitoring solution.*

**Keywords:** *Wireless Sensor Network, LoRaWAN, Internet of Things, MPU6050, Pole Tilt Monitoring, RSSI, SNR.*





**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR ISI**

|                                                                          |          |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|
| HALAMAN SAMPUL.....                                                      | i        |
| HALAMAN JUDUL .....                                                      | ii       |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....                                    | iii      |
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....                                          | iv       |
| KATA PENGANTAR.....                                                      | v        |
| ABSTRAK .....                                                            | vi       |
| DAFTAR ISI.....                                                          | viii     |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                       | xi       |
| DAFTAR TABEL .....                                                       | xii      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                                    | xiii     |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>                                           | <b>1</b> |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                 | 1        |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                                | 2        |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                                               | 3        |
| 1.4 Luaran.....                                                          | 3        |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                      | <b>4</b> |
| 2.1 Jaringan Serat Optik ( <i>Fiber Optic</i> ) .....                    | 4        |
| 2.1.1 Komponen <i>Fiber Optic</i> .....                                  | 6        |
| 2.1.2 <i>Fiber optic Aerial</i> .....                                    | 7        |
| 2.1.3 <i>Backbone</i> .....                                              | 8        |
| 2.1.4 Konsep dan Arsitektur FTTH ( <i>Fiber To The Home</i> ) .....      | 9        |
| 2.1.5 Gangguan Fisik dan Batas Kemiringan Tiang <i>Fiber Optik</i> ..... | 11       |
| 2.2 <i>Wireless Sensor Network (WSN)</i> .....                           | 12       |
| 2.2.1 Arsitektur WSN.....                                                | 13       |
| 2.2.2 LoRa ( <i>Long range</i> ).....                                    | 14       |
| 2.3 <i>Mikrokontroler</i> .....                                          | 15       |
| 2.3.1 Sensor MPU6050 .....                                               | 17       |
| 2.3.2 ESP32.....                                                         | 18       |





**Hak Cipta :**

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

|                                               |                                                                               |           |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.3                                         | LoRa SX1262.....                                                              | 19        |
| 2.5                                           | Sistem <i>Monitoring</i> Berbasis <i>Website</i> .....                        | 22        |
| 2.5.1                                         | Protokol MQTT di dalam Sistem Pemantauan .....                                | 23        |
| 2.5.2                                         | Node-RED sebagai <i>Platform Dashboard</i> IoT .....                          | 24        |
| <b>BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....</b> |                                                                               | <b>26</b> |
| 3.1                                           | Rancangan Tugas Akhir .....                                                   | 26        |
| 3.1.1                                         | Deskripsi Alat .....                                                          | 26        |
| 3.1.2                                         | Cara Kerja Alat .....                                                         | 27        |
| 3.1.4                                         | Diagram Blok Alat .....                                                       | 31        |
| 3.1.5                                         | Perancangan Alat .....                                                        | 31        |
| 3.1.6                                         | Perancangan Aliran data ke Server .....                                       | 33        |
| 3.2                                           | Realisasi Alat.....                                                           | 37        |
| 3.2.1                                         | Realisasi Perangkat Keras (End-Node).....                                     | 37        |
| 3.2.2                                         | Realisasi <i>Website</i> ( <i>Dashboard</i> Node-RED).....                    | 42        |
| 3.3                                           | Skenario Pengujian Tugas Akhir.....                                           | 43        |
| 3.3.1                                         | Skenario Pengujian Fungsionalitas Alat (End-Node) .....                       | 44        |
| 3.3.2                                         | Skenario Pengujian Transmisi Jaringan LoRa .....                              | 45        |
| <b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>                 |                                                                               | <b>47</b> |
| 4.1                                           | Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Kemiringan Tiang Menggunakan LoRaWAN ..... | 47        |
| 4.1.1                                         | Pengukuran Validasi Sudut.....                                                | 47        |
| 4.1.2                                         | Pengujian 2 Variabel Tiang .....                                              | 48        |
| 4.2                                           | Pengujian Sistem pada Tiang 2 Menggunakan SF10 .....                          | 51        |
| 4.2.1                                         | Analisis Pengujian SF10.....                                                  | 51        |
| 4.3                                           | Pengujian Sistem pada Tiang 1 Menggunakan SF7 .....                           | 52        |
| 4.3.1                                         | Analisis Pengujian SF7.....                                                   | 52        |
| 4.4                                           | Perbandingan Performa SF10 dan SF7 .....                                      | 53        |
| 4.4.1                                         | Analisis Perbandingan.....                                                    | 54        |
| 4.5                                           | Pengujian Performa Transmisi Jaringan LoRaWAN NLOS.....                       | 54        |
| 4.5.1                                         | Metode Pengujian.....                                                         | 55        |



**Hak Cipta :**

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

|                             |                                                                                                 |           |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5.3                       | Hasil Pengujian Lokasi 2 (100 Meter) .....                                                      | 57        |
| 4.5.4                       | Hasil Pengujian Lokasi 3 (150 Meter) .....                                                      | 58        |
| 4.5.5                       | Perbandingan Performa Transmisi Berdasarkan Variasi Jarak Pada Kondisi NLOS .....               | 58        |
| 4.6                         | Pengujian Performa Transmisi Jaringan LoRaWAN LOS.....                                          | 59        |
| 4.6.1                       | Metode Pengujian .....                                                                          | 59        |
| 4.6.2                       | Hasil Pengujian Jaringan LoRa pada kondisi <i>Line of Sight</i> (LOS).....                      | 60        |
| 4.6.3                       | Perbandingan Performa Transmisi Berdasarkan Variasi Jarak Pada Kondisi LOS .....                | 62        |
| 4.7                         | Pengujian dan Analisis Komparatif <i>Delay (End-to-End Delay)</i> pada SF7, SF9, dan SF10 ..... | 63        |
| 4.7.1                       | Analisis Hasil Pengujian Komparatif .....                                                       | 64        |
| 4.8                         | Pengujian Eksperimental Dampak Kemiringan Tiang Terhadap Redaman Kabel Fiber Optic (FO) .....   | 65        |
| 4.8.1                       | Data Hasil Pengujian Eksperimental .....                                                        | 66        |
| 4.8.2                       | Analisis Perbandingan Karakteristik Redaman .....                                               | 67        |
| <b>BAB V</b>                | <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                                                               | <b>70</b> |
| 5.1                         | Kesimpulan.....                                                                                 | 70        |
| 5.2                         | Saran .....                                                                                     | 71        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> |                                                                                                 | <b>73</b> |
| <b>RIWAYAT HIDUP.....</b>   |                                                                                                 | <b>75</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>        |                                                                                                 | <b>76</b> |



**Hak Cipta :**

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

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Kabel Serat Optik .....                                                         | 4  |
| Gambar 2. 2 Komponen Kabel <i>Fiber Optic</i> .....                                         | 6  |
| Gambar 2.3 <i>Fiber optic Aerial</i> .....                                                  | 8  |
| Gambar 2.4 Arsitektur Jaringan FTTH. ....                                                   | 10 |
| Gambar 2.5 Arsitektur WSN .....                                                             | 13 |
| Gambar 2.6 Struktur <i>Mikrokontroler</i> .....                                             | 16 |
| Gambar 2.7 LoRa Sx1262 Heltec .....                                                         | 16 |
| Gambar 2.8 Sensor MPU6050 .....                                                             | 17 |
| Gambar 2.9 ESP 32 Dev kit V1.....                                                           | 18 |
| Gambar 2.10 Modul LoRa SX1262 .....                                                         | 20 |
| Gambar 3.1 Flowchart Alur Kerja Alat.....                                                   | 27 |
| Gambar 3.2 Diagram Blok Alat.....                                                           | 31 |
| Gambar 3.3 Flowchart Perancangan Alat .....                                                 | 32 |
| Gambar 3.4 Flowchart .....                                                                  | 34 |
| Gambar 3.5 Mockup halaman login.....                                                        | 35 |
| Gambar 3.6 Mockup halaman <i>Dashboard</i> .....                                            | 36 |
| Gambar 3.7 Realisasi Rangkaian Komponen Elektronika End-Node di Dalam Kotak Pelindung.....  | 38 |
| Gambar 3.8 Pemasangan Perangkat Perangkat Keras End-Node pada Tiang Pemantau Lapangan. .... | 39 |
| Gambar 3.9 Source Code Untuk mengendalikan perangkat keras di lapangan .....                | 40 |
| Gambar 3.10 Realisasi <i>Dashboard</i> Login.....                                           | 42 |
| Gambar 3.11 Realisasi <i>Dashboard Monitoring</i> .....                                     | 43 |
| Gambar 4.1 Posisi Tegak Lurus Tiang .....                                                   | 47 |
| Gambar 4.2 Posisi Kemiringan Tiang .....                                                    | 48 |
| Gambar 4.3 Alat Terletak Pada 2 Tiang.....                                                  | 49 |
| Gambar 4.4 Pergerakan Tiang 1 .....                                                         | 49 |
| Gambar 4.5 Pergerakan Tiang 2.....                                                          | 50 |
| Gambar 4.6 Pergerakan Kedua Tiang.....                                                      | 50 |
| Gambar 4.7 Lokasi Pengujian NLOS .....                                                      | 55 |
| Gambar 4.8 Lokasi Pengujian LOS .....                                                       | 60 |





**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR TABEL**

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Kabel Warna Fiber Optic .....                                                                      | 5  |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi LoRa SX 1262 .....                                                                     | 20 |
| Tabel 2. 3 Sensivitas Receiver Semtech SX1302 .....                                                           | 21 |
| Tabel 2. 4 Batas Minimum SNR LoRa .....                                                                       | 21 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat Kerja Sistem Monitoring Berbasis Website pada Jaringan WSN berbasis LoRawan ..... | 29 |
| Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tiang dengan SF 10 (Jarak 40 Meter) .....                                          | 51 |
| Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Tiang 1 dengan SF 7 (Jarak 40 Meter) .....                                         | 52 |
| Tabel 4. 3 Perbandingan Hasil Pengujian SF 10 dan SF 7 pada Jarak 40 Meter .....                              | 53 |
| Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Lokasi 1 .....                                                                     | 56 |
| Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Lokasi 2 .....                                                                     | 57 |
| Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Lokasi 3 .....                                                                     | 58 |
| Tabel 4. 7 Perbandingan Hasil Pengujian .....                                                                 | 59 |
| Tabel 4. 8 Hasil Pengujian LOS .....                                                                          | 61 |
| Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Delay Respon Sistem Komparatif (Jarak 40 Meter) .....                              | 63 |
| Tabel 4. 10 Data Hasil Pengujian Eksperimental Redaman FO Berdasarkan Arah Kemiringan Tiang .....             | 66 |

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| L1. Codingan Arduino untuk mendeteksi kemiringan.....                 | 76 |
| L2. Fungsi Static void .....                                          | 76 |
| L3. Fungsi Void Setup .....                                           | 77 |
| L4. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chripstack SF 10 ..... | 77 |
| L5. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chripstack SF 9 .....  | 78 |
| L6. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chripstack SF 7 .....  | 78 |



**Hak Cipta :**

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

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Jaringan serat optik merupakan tulang punggung sistem telekomunikasi modern karena mampu menyediakan kapasitas transmisi data yang besar, latensi rendah, serta kualitas layanan yang stabil untuk mendukung kebutuhan komunikasi digital berkecepatan tinggi. Infrastruktur jaringan serat optik banyak dibangun menggunakan metode kabel udara pada jalur distribusi dan *backbone* karena dinilai lebih efisien dari sisi biaya dan kemudahan instalasi dibandingkan penanaman kabel di bawah tanah. Namun, pemasangan kabel serat optik pada area terbuka menyebabkan jaringan rentan terhadap gangguan fisik seperti vandalisme, aktivitas konstruksi, cuaca ekstrem, serta kecelakaan yang dapat merusak tiang dan kabel jaringan.

Pada praktiknya, sistem pemantauan jaringan serat optik yang digunakan oleh penyedia layanan telekomunikasi masih bersifat reaktif, yaitu gangguan baru diketahui setelah terjadi penurunan kualitas layanan atau adanya laporan dari pelanggan (Rahman et al., 2021). Pendekatan reaktif ini menyebabkan keterlambatan dalam proses penanganan gangguan karena teknisi harus melakukan penelusuran lokasi kerusakan secara manual di lapangan (Wijaya & Pratama, 2022). Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya waktu pemulihan jaringan (*mean time to repair*) serta menurunnya tingkat keandalan layanan telekomunikasi (Al-Turjman, 2020).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem pemantauan yang mampu bekerja secara proaktif melalui deteksi dini terhadap gangguan fisik pada infrastruktur jaringan (Akyildiz et al., 2021). Salah satu pendekatan yang efektif adalah penerapan *Wireless Sensore Network* (WSN), yaitu jaringan yang terdiri dari sejumlah node *sensor* yang ditempatkan pada titik-titik strategis untuk memantau kondisi fisik lingkungan secara terus-menerus (Yick et al., 2020). WSN memungkinkan pengumpulan data secara otomatis dari berbagai lokasi tanpa memerlukan instalasi



**Hak Cipta :**

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

kabel tambahan sehingga cocok untuk pemantauan infrastruktur berskala luas seperti jaringan serat optik (Gungor & Hancke, 2021).

Dalam konteks pemantauan jaringan serat optik, WSN dapat digunakan untuk mendeteksi getaran dan perubahan kemiringan pada tiang penyangga kabel sebagai indikator awal adanya aktivitas mencurigakan atau potensi kerusakan fisik Data yang diperoleh dari node *sensor* selanjutnya dikirimkan ke pusat pemantauan sehingga kondisi jaringan dapat diketahui secara *near real-time* (Centenaro et al., 2021). Dengan adanya sistem berbasis WSN, proses pengawasan jaringan tidak lagi bergantung sepenuhnya pada laporan pelanggan, melainkan dapat dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan . Penerapan WSN dalam sistem pemantauan jaringan serat optik diharapkan mampu mengubah pola pemeliharaan jaringan dari yang bersifat reaktif menjadi preventif (Akyildiz et al., 2021). Dengan deteksi dini terhadap gangguan fisik, tim teknis dapat melakukan tindakan perbaikan lebih cepat sebelum terjadi pemutusan layanan secara menyeluruh (Zhou et al., 2021). Oleh karena itu, pengembangan sistem deteksi dini berbasis WSN menjadi solusi yang relevan dan penting dalam mendukung keandalan infrastruktur telekomunikasi modern (Gungor & Hancke, 2021).

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun poin-poin permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat unit node sensor agar mampu mendeteksi indikasi gangguan fisik berupa kemiringan tiang *fiber optic* secara akurat?
2. Bagaimana mengonfigurasi pengiriman data melalui protokol komunikasi LoRa agar informasi peringatan sampai ke *dashboard* tanpa hambatan?
3. Bagaimana membangun sistem monitoring yang mampu mengolah data dari sensor menjadi informasi peringatan dini yang mudah diakses oleh teknisi?

**Hak Cipta :**

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

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai melalui pengerjaan tugas akhir ini meliputi:

1. Menciptakan purwarupa (*prototype*) alat pendeteksi dini terhadap upaya pemutusan kabel serat optik menggunakan *Platform* WSN LoRa.
2. Mengevaluasi keandalan pengiriman data nirkabel LoRa dalam berbagai skenario jarak antara tiang dan pusat data.
3. Membangun mekanisme notifikasi otomatis yang dapat mempercepat durasi tanggap darurat dalam menangani kerusakan infrastruktur kabel.

### 1.4 Luaran

Hasil akhir yang ditargetkan dari pelaksanaan tugas akhir ini adalah:

1. Perangkat Keras (*Hardware*): Unit instrumen *sensor* lapangan yang terintegrasi dengan modul komunikasi LoRa dan perangkat pusat penerima data (*gateway*).
2. Perangkat Lunak (*Software*): *Dashboard* pemantauan berbasis *web* yang berfungsi memvisualisasikan kondisi keamanan jalur kabel secara langsung.
3. Dokumentasi Ilmiah: Laporan komprehensif mengenai metode perancangan, hasil eksperimen, serta analisis kinerja sistem deteksi yang telah dibangun.
4. Artikel ilmiah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) yang diselenggarakan setiap tahun oleh Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UP2M) Politeknik Negeri Jakarta.



## BAB V

## KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, serta pengujian sistem *monitoring* kemiringan tiang berbasis sensor MPU6050 dan komunikasi LoRaWAN yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembangunan dan Akurasi Unit Node Sensor Unit node sensor berhasil dibangun secara efektif menggunakan Mikrokontroler Heltec LoRa V3 dan sensor MPU6050, serta mampu mendeteksi indikasi gangguan fisik berupa kemiringan tiang fiber optic secara akurat. Sensor berhasil memanfaatkan pembacaan parameter *pitch* dan *roll* secara *real-time* untuk mendeteksi perubahan posisi tiang. Perangkat juga sukses melakukan klasifikasi kondisi tiang secara presisi ke dalam tiga kategori (Aman, Waspada, dan Bahaya) sesuai dengan parameter batas sudut yang telah ditentukan pada program.
2. Konfigurasi Transmisi Jaringan LoRaWAN Konfigurasi pengiriman data melalui protokol komunikasi LoRaWAN berhasil diimplementasikan dengan memanfaatkan *gateway* LoRaWAN dan platform ChirpStack sebagai *network server*, sehingga seluruh informasi peringatan dapat tersampaikan ke *dashboard* tanpa hambatan. Hasil pengujian performa jaringan menunjukkan tingkat keandalan yang sangat tinggi dengan persentase keberhasilan pengiriman data (*Packet Delivery Ratio*) mencapai 100% pada seluruh variasi konfigurasi *Spreading Factor* (SF7, SF9, dan SF10) dan variasi jarak hingga 150 meter. Berdasarkan parameter kualitas sinyal (RSSI dan SNR) di lapangan, konfigurasi SF9 terbukti menghasilkan performa transmisi yang paling optimal dan konsisten dalam mengatasi pengaruh gangguan lingkungan, *obstacle* fisik, maupun *noise* radio di area pengujian.
3. Pembangunan Sistem Monitoring dan Peringatan Dini Sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) secara keseluruhan berhasil dibangun

## Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 mengolah data mentah dari node sensor menjadi informasi peringatan dini yang mudah diakses oleh teknisi. Melalui integrasi jaringan yang stabil dari *end-device* hingga platform visualisasi, sistem mampu menyajikan informasi status anomali posisi tiang secara *real-time*. Hal ini memudahkan teknisi dalam memantau kondisi infrastruktur kabel fiber optic secara preventif dari jarak jauh untuk meminimalkan dampak degradasi jaringan transmisi akibat tiang miring atau roboh.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambah jumlah titik pengujian dan variasi jarak transmisi yang lebih jauh untuk mengetahui batas maksimum jangkauan komunikasi LoRaWAN pada kondisi lingkungan yang berbeda.
2. Pengujian dapat dilakukan pada area dengan kondisi lingkungan yang lebih kompleks, seperti daerah perkotaan padat bangunan, area dengan banyak obstacle fisik, atau lingkungan dengan tingkat interferensi tinggi agar diperoleh analisis performa komunikasi yang lebih beragam.
3. Penelitian berikutnya dapat melakukan pengujian dengan variasi parameter komunikasi LoRaWAN yang lebih luas, seperti bandwidth, coding rate, transmit power, dan konfigurasi Adaptive Data Rate (ADR) untuk memperoleh konfigurasi komunikasi yang lebih optimal.
4. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan lebih banyak end-device atau node sensor dalam satu jaringan, sehingga performa komunikasi dapat diuji pada skenario implementasi IoT dengan skala yang lebih besar.
5. Pengembangan berikutnya dapat menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi atau sensor tambahan lainnya untuk meningkatkan ketelitian dalam mendeteksi perubahan posisi maupun kondisi struktur tiang.

### Hak Cipta :

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



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

6. Sumber daya perangkat dapat dikembangkan menggunakan sistem catu daya mandiri, seperti baterai berkapasitas lebih besar atau panel surya, sehingga perangkat dapat bekerja lebih efisien untuk implementasi lapangan jangka panjang.
7. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian dalam periode waktu yang lebih panjang (*long-term monitoring*) untuk mengevaluasi kestabilan perangkat, konsumsi daya, dan konsistensi komunikasi data pada penggunaan secara kontinu.





## DAFTAR PUSTAKA

- Adhim, M. F. A. (2024). Sistem *monitoring* IoT smart farm berbasis web dengan integrasi template *Dashboard Bootstrap* dan *Laravel 10*. *Comserva: Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 4.
- Akyildiz, I. F., Kak, A., & Nie, S. (2021). 6G and beyond: The future of wireless communication systems. *IEEE Access*.
- Akbar, M. S. (2019). Simulasi perancangan jaringan *backbone fiber optik* di Kepulauan Seram Bagian Barat. *Jurnal Mahasiswa Institut Teknologi Telkom Surabaya*, 2–19.
- Asril, A. A., Yolanda, A., Lifwarda, Putri, D. K., & Kasmar, A. F. (2022). Design attention system of single mode *Aerial fiber optic* cable transmission on connection loss on passive splitter. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 4(1), 12–21. <https://doi.org/10.62527/ijasce.4.1.74>
- Centenaro, M., et al. (2021). Long-range communications in unlicensed bands: The rising stars in IoT and smart city scenarios. *IEEE Wireless Communications*.
- Eni Dwi Wardihani, et al. (2024). Pemantauan dan pengendalian parameter greenhouse berbasis IoT dengan protokol MQTT. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 13(1), 38–43. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v13i1.8564>
- Farooq, M. O., et al. (2020). A comprehensive survey on LoRaWAN. *IEEE Access*, 8, 168832–168853.
- Gungor, V. C., & Hancke, G. P. (2021). *Industrial Wireless Sensor Networks: Challenges, design principles, and technical approaches*. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*.
- Heltec Automation. (2023). *WiFi LoRa 32 (V3) product specification*. Diakses pada 29 Mei 2025 dari [Heltec Automation Official Website](https://www.heltec.com/en/Products/WiFi-LoRa-32-V3)
- Kasenda, D. R., Mimsyad, M., & Zaini. (2026). *Implementasi LoRaWAN untuk Sistem Monitoring Energi Listrik dengan Modul Komunikasi LoRa*. *Jurnal Politeknik Negeri Ujung Pandang*
- Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. (2023). *Lampiran Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia tentang Pedoman Teknis Infrastruktur Bersama Telekomunikasi*.

## Hak Cipta :

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





**Hak Cipta :**

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

Prama, H., & Wagya, A. (2025). Pengembangan sistem pemantauan kelembaban tanah dan penyiraman air otomatis berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan LoRa. Program Studi Broadband Multimedia, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Prayoga, W. M., et al. (2023). Perancangan jaringan *fiber to the home* (FTTH) menggunakan teknologi *Gigabit Passive Optical Network* (GPON). *E-Bid: Ekonomi Bisnis Digital*, 1(2), 179–188. <https://doi.org/10.37365/ebid.v1i2.220>

Prastyo, E. A. (2023, March 1). *Mikrokontroler: Pengertian, fungsi, dan cara kerja. Arduino Biz Indonesia*. Diakses dari [Arduino Biz Indonesia](https://www.arduino.biz.id/)

Rusdi Raihansyah. (2020). Analisis *link budget fiber optic* dengan metode *power link budget* dan *rise time budget* di PT. Cadas.

Semtech Corporation. (2020). *SX1276/77/78/79 – 137 MHz to 1020 MHz low power long range transceiver*. Data Sheet, 1–132.

Wagya, A., & Rahmat. (2019). Prototype modul praktik untuk pengembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*, 240–241.

Zain, S. G., Suhardi, I., & Haslina, H. (2023). Analysis of data exchange quality in LoRa SX1262 multipoint telemetric communication network. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 8(1), 534–543. <https://doi.org/10.33395/sinkron.v8i1.12088>



**Hak Cipta :**

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



**RIWAYAT HIDUP**

Joshua Rafael Benardo Sihombing lahir di Jakarta, 24 September 2003. Bertempat tinggal di Bekasi, dengan memulai pendidikan sekolah dasar di SD Mahanaim hingga tahun 2016. Dilanjut dengan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Mahanaim hingga tahun 2019. Setelah itu, dilanjutkan dengan pendidikan sekolah menengah kejuruan di SMK Mitra Industri MM2100 hingga tahun 2022. Dilanjutkan dengan mengambil pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta.

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## LAMPIRAN

### L1. Codingan Arduino untuk mendeteksi kemiringan

```

1 #include "LoRaWAN.h"
2 #include "Arduino.h"
3 #include "Wire.h"
4 #include "I2Cdev.h"
5 #include "MPU6050_GAxis_MotionApps20.h"
6
7 // =====
8 // KREDENSIAL OTAA ASLI KAMU (YANG SUKSES 201N)
9 // =====
10 uint8_t devEui[] = { 0x83, 0xA4, 0xDF, 0x37, 0x8D, 0xC5, 0xD2 };
11 uint8_t appEui[] = { 0x58, 0x5A, 0x2D, 0xA4, 0xB9, 0xB9, 0x63 };
12 uint8_t appKey[] = { 0xFA, 0xB4, 0xE2, 0xE8, 0x32, 0x6E, 0x05, 0xE8, 0xC3, 0x33, 0xF3, 0x43, 0xC5, 0xB1, 0x5C, 0xE0 };
13
14 uint8_t mskKey[] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
15 uint8_t appKey[] = { 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };
16 uint32_t devAddr = 0x00000000;
17
18 // =====
19 // MPU6050 GLOBAL VARIABLES
20 // =====
21 MPU6050 mpu;
22 bool dmpReady = false;
23 uint8_t devStatus;
24 uint16_t packetSize;
25 uint16_t fifoCount;
26 uint8_t fifoBuffer[64];

```

### L2. Fungsi Static void

```

static void prepareTxFrame(uint8_t port)
{
    // 1. BERI JEDA ISTIRAHAT: Menenangkan sirkuit sesaat sebelum radio ON
    delay(150);

    // 2. AMBIL DATA TERBARU LANGSUNG DARI DMP MPU6050
    // FIXED: Sekarang sudah menggunakan 2 argumen sesuai kebutuhan library kamu
    if (dmpReady && mpu.GetCurrentFIFOPacket(fifoBuffer, packetSize)) {
        mpu.dmpGetQuaternion(&q, fifoBuffer);
        mpu.dmpGetGravity(&gravity, &q);
        mpu.dmpGetYawPitchRoll(ypr, &q, &gravity);

        // Perbarui variabel global detik ini juga
        current_pitch = (int)(ypr[1] * 180 / M_PI);
        current_roll = (int)(ypr[2] * 180 / M_PI);
        int kemiringan = max(abs(current_pitch), abs(current_roll));

        if (kemiringan < 4) current_status = 0; // AMAN
        else if (kemiringan < 7) current_status = 1; // WASPADA
        else current_status = 2; // BAHAYA
    }

    // 3. BARU KEMAS DATA SEGAR KE PAYLOAD LORA
    appDataSize = 5;
    appData[0] = (current_pitch >> 8) & 0xFF;
    appData[1] = current_pitch & 0xFF;
    appData[2] = (current_roll >> 8) & 0xFF;
    appData[3] = current_roll & 0xFF;
    appData[4] = current_status;

    Serial.println("\n>>> [RF TRANSMIT] MENEMBAKKAN DATA TERBARU KE CHIRPSTACK (SF7) <<<");
    Serial.print("PITCH: "); Serial.print(current_pitch);
    Serial.print(" | ROLL: "); Serial.print(current_roll);
    Serial.print(" | STATUS: "); Serial.println(current_status);
    Serial.println("=====\\n");
}

```



### L3. Fungsi Void Setup

```
// =====
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  delay(2000);
  Serial.println("\n=== MEMULAI ULANG KODINGAN UTAMA LORAWAN (SF7 FIXED) ===");

  Wire.begin(4, 5);
  mpu.initialize();

  if (!mpu.testConnection()) {
    Serial.println("[-] MPU6050 TIDAK TERDETEKSI!");
    while (1);
  }

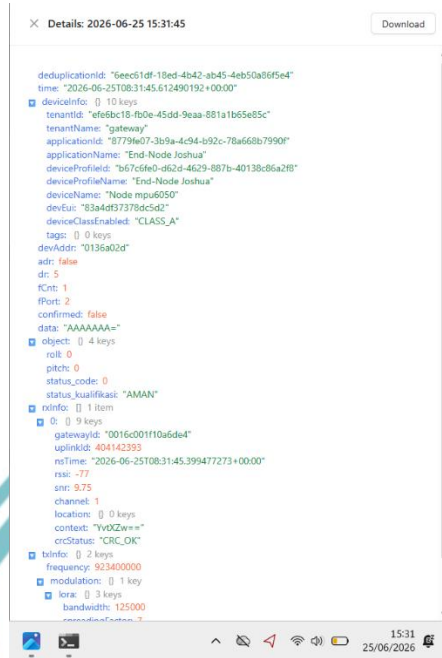
  devStatus = mpu.dmpInitialize();
  if (devStatus == 0) {
    mpu.setDMPEnabled(true);
    dmpReady = true;
    packetSize = mpu.dmpGetFIFOPageSize();
    mpu.CalibrateAccel(6);
    mpu.CalibrateGyro(6);
    Serial.println("[+] HARDWARE SENSOR READY.");
  } else {
    while (1);
  }

  // Inisialisasi Protocol Stack bawaan Heltec
  Mcu.begin(HELTEC_BOARD, SLOW_CLK_TPVE);
  deviceState = DEVICE_STATE_INIT;
}
```

### L4. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chirpstack SF 10

```
deduplicationId: "4d999139-07c2-49c0-b4a2-43aa9e1ec43a"
time: "2026-06-25T05:47:57.583914690+00:00"
deviceInfo: { 10 keys
  tenantId: "efef6c1b-fb0e-45dd-9eaa-881a1b65e85c"
  tenantName: "gateway"
  applicationId: "87799e07-3a9a-4c94-b92c-7ba660b7990f"
  applicationName: "End-Node Joshua"
  deviceProfileId: "b67c6fa0-d62d-4629-887b-40138c6a2f8"
  deviceProfileName: "End-Node Joshua"
  deviceName: "Node MPU6050 (2)"
  deviceId: "7d7bdc9c8a9d"
  deviceClassEnabled: "CLASS_A"
  tags: { 0 keys
  devAddr: "000d1091"
  adr: true
  dr: 5
  ICnt: 1
  IPort: 2
  confirmed: false
  data: "AAAAAAI+"
}
object: { 4 keys
  status_kualifikasi: "BAHAYA (Tiang Roboh / Miring Ekstrem)"
  status_code: 2
  roll: 0
  pitch: 9
}
chirpInfo: { 1 item
  chirp: { 9 keys
    gatewayId: "0016c0011f0a6de4"
    uplinkId: "3812777950"
    nrTime: "2026-06-25T05:47:57.370400191+00:00"
    rssi: -82
    snr: 9.25
    channel: 1
    location: { 0 keys
    context: "GS/PA-A+"
    crcStatus: "CRC_OK"
  }
  bdrInfo: { 2 keys
    frequency: 923400000
    modulation: { 1 key
    keys: { 3 keys
      bandwidth: 125000
    }
  }
}
```

## L5. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chripstack SF 9



## L6. Hasil pengujian pada jarak 40 m dari Event Chripstack SF 7



### Hak Cipta :

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