



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS PERFORMANSI
JARINGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK* BERBASIS LORA
UNTUK *MONITORING* LINGKUNGAN LAHAN BELIMBING**

SKRPISI

Salma Afifah

2203421025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JANUARI 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN DAN ANALISIS PERFORMANSI
JARINGAN *WIRELESS SENSOR NETWORK* BERBASIS LORA
UNTUK *MONITORING* LINGKUNGAN LAHAN BELIMBING**

SKRPISI

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Salma Afifah
2203421025

PROGRAM STUDI BROADBAND MULTIMEDIA

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JANUARI 2026

Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Salma Afifah
NIM : 2203421025
Tanda Tangan : 
Tanggal : 23 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Salma Afifah

NIM : 2203421025

Program Studi : Broadband Multimedia

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun dan Analisis Performansi Jaringan
Wireless Sensor Network Berbasis LoRa untuk Monitoring
Lingkungan Lahan Belimbing.

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

Pembimbing I

: Zulhelman S.T.,M.T
196403021989031002

Pembimbing II

: Budi Utami, M. Si.
198809272022032009

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 27 JULI 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 mengumpukan 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 yang berjudul **“Rancang Bangun dan Analisis Performansi Jaringan Wireless Sensor Network Berbasis LoRa untuk Monitoring Lingkungan Lahan Belimbing”**. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

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 Zulhelman dan Ibu Budi Utami, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Pihak Belimbing Dewa yang telah banyak membantu dan memberikan izin dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan;
3. Bunda Dwi dan Ayah Alan yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, serta bantuan baik secara moral maupun material selama proses penyusunan tugas akhir ini serta Umi Icha; dan
4. Teman-teman BM 22, teman PNJ, dan teman SMA yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini tertuma kepada Wizza, Acipa, Eka, Shania, Mozza, Nabila, Thalia, Rafa, Nayla, Khaila, Rakesh, Abdi, Adit, Nicko, dan Luhut.

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,

Salma Afifah

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 dan Analisis Performansi Jaringan Wireless Sensor Network Berbasis LoRa untuk Monitoring Lingkungan Lahan Belimbing.

ABSTRAK

Pemantauan kondisi lahan belimbing secara manual sulit dilakukan kontinu, sehingga diperlukan sistem monitoring otomatis berbasis WSN dengan komunikasi LoRa. Penelitian ini merancang dan menganalisis performansi WSN berbasis LoRa pada sistem monitoring lahan Belimbing Dewa dengan dua node sensor dan satu node gateway, diuji pada kondisi NLOS dengan variasi jarak 50-250 meter dan Spreading Factor SF7-SF12, meliputi RSSI, SNR, delay, dan packet loss. Hasil pengujian menunjukkan RSSI rata-rata -84,96 dBm di Node 1 dan -90 dBm di Node 2, dengan nilai terendah -111 dBm pada jarak 250 meter, sedangkan SNR stabil pada 4-14 dB rata-rata 11 dan 10 dB. Delay rata-rata meningkat seiring jarak, dari 900.558 ms menjadi 2.196.541 ms pada Node 1 dan dari 452.086 ms menjadi 2.405.024 ms pada Node 2, dengan packet loss rata-rata 1,88% dan 0,28%. SF lebih tinggi memberikan performansi lebih stabil pada jarak jauh dengan SNR terjaga dan packet loss lebih rendah, meski delay lebih besar, dengan SF11 sebagai SF optimal. Konsumsi daya node sensor berada pada rentang 223,56-240,35 mW dan tidak dipengaruhi signifikan oleh SF. Aplikasi yang dibuat sesuai kebutuhan dengan user experience 4,36/5 (87,22%) dari 6 responden. Hasil menunjukkan WSN berbasis LoRa mampu bekerja dengan performansi baik untuk monitoring real-time lahan belimbing.

Key words: *Wireless Sensor Network, LoRa, Spreading Factor, Monitoring Lingkungan, Performansi Jaringan*



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

Design and Performance Analysis of a LoRa-Based Wireless Sensor Network for Monitoring the Starfruit Orchard Environment.

ABSTRACT

Manually monitoring star fruit field conditions is difficult to do continuously, so an automated monitoring system based on a WSN with LoRa communication is needed. This study designed and analyzed the performance of a LoRa-based WSN in a Belimbing Dewa orchard monitoring system with two sensor nodes and one gateway node, tested under non-line-of-sight (NLOS) conditions with distances ranging from 50 to 250 meters and Spreading Factors (SF) from SF7 to SF12, covering RSSI, SNR, delay, and packet loss. Test results showed an average RSSI of -84.96 dBm at Node 1 and -90 dBm at Node 2, with the lowest value of -111 dBm at a distance of 250 meters, while the SNR remained stable at 4–14 dB, with averages of 11 and 10 dB, respectively. Average delay increased with distance, from 900.558 ms to 2,196.541 ms at Node 1 and from 452.086 ms to 2,405.024 ms at Node 2, with average packet loss of 1.88% and 0.28%, respectively. A higher SF provides more stable performance over long distances with maintained SNR and lower packet loss, despite greater delay, with SF11 being the optimal SF. The power consumption of the sensor nodes ranged from 223.56 to 240.35 mW and was not significantly affected by the SF. The application was tailored to user needs, with a user experience rating of 4.36/5 (87.22%) from 6 respondents. The results show that a LoRa-based WSN is capable of performing well for real-time starfruit orchard monitoring.

Key words: *Wireless Sensor Network, LoRa, Spreading Factor, Environmental Monitoring, Network Performance.*



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
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	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 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 State of The Art	4
2.2 <i>Wireless Sensor Network</i>	6
2.3 LoRa	9
2.4 Internet Of Things	11
2.4.1 Hardware	12
2.4.2 Software	16
2.5 Budidaya Belimbing Dewa	18
2.6 Solar Panel	20
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	22
3.1 Perancangan Alat	22
3.1.1 Deskripsi Sistem	23
3.1.2 Cara Kerja Alat	26
3.1.3 Spesifikasi Alat	28
3.1.4 Diagram Schematic	31
3.2 Perancangan Aplikasi	32



Hak Cipta :

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

3.2.1	Deskripsi Aplikasi	33
3.2.2	Cara Kerja Aplikasi	35
3.2.2	Spesifikasi Aplikasi	38
3.3	Realisasi Alat	39
3.3.1	Node Sensor	40
3.3.2	Gateway	41
3.4	Realisasi Aplikasi	44
3.4.1	Splash Screen	44
3.4.2	Halaman Login dan Signup	45
3.4.3	Halaman Loading	48
3.4.4	Halaman Monitoring	49
3.4.6	Firebase	52
BAB IV	PEMBAHASAN	56
4.1	Pengujian Performansi Jaringan WSN	56
4.1.1	Deskripsi Pengujian	56
4.1.2	Prosedur Pengujian	56
4.1.3	Data Hasil Pengujian	56
4.1.4	Analisis Data	59
4.2	Pengujian Konsumsi Daya	63
4.2.1	Deskripsi Pengujian	63
4.2.2	Prosedur Pengujian	64
4.2.3	Data Hasil Pengujian	64
4.3.4	Analisis Data	66
4.3	Pengujian Sinkronisasi Data Firebase dengan Aplikasi	67
4.3.1	Deskripsi Pengujian	67
4.3.2	Prosedur Pengujian	67
4.3.3	Data Hasil Pengujian	68
4.3.4	Analisis Data	68
4.4	Pengujian Kalibrasi DHT22 dan Soil Moisture	69
4.4.1	Deskripsi Pengujian	69
4.4.2	Prosedur Pengujian	69
4.4.3	Data Hasil Pengujian	70
4.4.4	Analisis Data	71
4.5	Pengujian Kompatibilitas	71



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

4.5.1	Deskripsi Pengujian	71
4.5.2	Prosedur Pengujian	72
4.5.3	Data Hasil Pengujian.....	72
4.5.4	Analisis Data	73
4.6	Black Box Testing	73
4.6.1	Deskripsi Pengujian	73
4.6.2	Prosedur Pengujian	74
4.6.3	Data Hasil Pengujian.....	74
4.6.4	Analisis Data	75
4.7	Pengujian User Experience	75
4.7.1	Deskripsi Pengujian	75
4.7.2	Prosedur Pengujian	75
4.7.3	Data Hasil Pengujian.....	76
4.7.4	Analisis Data	77
BAB V SIMPULAN		78
DAFTAR PUSTAKA.....		80
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		
LAMPIRAN.....		

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur WSN	6
Gambar 2.2 Topologi Jaringan	7
Gambar 2.3 LoRa	9
Gambar 2.4 Konsep IoT	11
Gambar 2.5 Sensor DHT22	12
Gambar 2.6 Sensor INA219	14
Gambar 2.7 Sensor Capacitive Soil Moisture	15
Gambar 2.8 Arduino IDE Board and Port	17
Gambar 2.9 Lahan Belimbing Dewa Depok	20
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Panel Surya	21
Gambar 3.1 Ilustrasi Alat	23
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem	25
Gambar 3.3 Flowchart Alat	27
Gambar 3.4 Schematic Node	31
Gambar 3.5 Schematic Gateway	32
Gambar 3.6 Halaman <i>Splash Screen</i>	33
Gambar 3.7 <i>Login dan Signup</i>	34
Gambar 3.8 Halaman <i>Loading</i>	34
Gambar 3.9 Halaman Monitoring	35
Gambar 3.10 Use Case Diagram	36
Gambar 3.11 Flowchart Aplikasi	37
Gambar 3.12 Node	40
Gambar 3.13 Gateway	41
Gambar 3.14 <i>Splash Screen</i>	44
Gambar 3.15 Login dan Signup	45
Gambar 3.16 Halaman Loading	48
Gambar 3.17 Monitoring lahan	49
Gambar 3.18 Monitoring Baterai	51
Gambar 3.19 <i>Cloud Firestore</i>	52
Gambar 3.20 <i>Firestore Authentication</i>	53
Gambar 3.21 Struktur Database	53
Gambar 3.22 Realtime Database Sensor	54
Gambar 3.23 History Database	55
Gambar 4.1 Grafik Delay Node 1	60
Gambar 4.2 Grafik Delay Node 2	60
Gambar 4.3 Grafik RSSI Node 1	61
Gambar 4.4 Grafik RSSI Node 2	61
Gambar 4.5 Grafik SNR Node 1	62
Gambar 4.6 Grafik SNR Node 2	62
Gambar 4.7 Grafik Packet Loss Node 1	62
Gambar 4.8 Grafik Packet Loss Node 2	63
Gambar 4.9 Grafik Rata-Rata Daya Node 1	65
Gambar 4.10 Grafik Rata-rata Daya Node 2	66

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 Tabel Literatur	4
Tabel 2.2 Spesifikasi DHT22	13
Tabel 2.3 Spesifikasi INA219	14
Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor Soil Moisture.....	16
Tabel 2.5 Rentang Ideal Parameter	19
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	28
Tabel 3.2 Spesifikasi Komponen.....	30
Tabel 3.3 Spesifikasi Pembuatan Aplikasi	38
Tabel 4.1 Delay Node 1	57
Tabel 4.2 Delay Node 2.....	57
Tabel 4.3 Nilai SNR Node 1	57
Tabel 4.4 Nilai SNR Node 2	58
Tabel 4.5 Nilai RSSI Node 1	58
Tabel 4.6 Nilai RSSI Node 2.....	58
Tabel 4.7 Nilai Packet Loss Node 1	59
Tabel 4.8 Nilai Packet Loss Node 2	59
Tabel 4.9 Konsumsi daya Node 1	64
Tabel 4.10 Konsumsi Daya Node 2.....	65
Tabel 4.11 Pengujian Akurasi Aplikasi dan Database.....	68
Tabel 4.12 Rata-rata Kalibrasi Suhu	70
Tabel 4.13 Kalibrasi Soil Moisture	70
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kompatibilitas.....	72
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Blackbox Testing	74
Tabel 4.16 Hasil Pengujian UX.....	76

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pesat teknologi *Wireless sensor network* (WSN) telah berhasil mengatasi masalah kehidupan manusia diantaranya di bidang pertanian. Pada bidang ini, WSN dapat digunakan untuk pemantauan lingkungan berbasis sistem Internet of Things (IoT). Pemantauan kondisi tanah menjadi aspek penting, khususnya pada area perkebunan seperti belimbing, yang jika dilakukan secara manual akan sulit mendapatkan data secara kontinu. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan yang mampu bekerja secara otomatis dan efisien. WSN memungkinkan pengumpulan data lingkungan yang tersebar di beberapa node sensor yang saling terhubung melalui jaringan nirkabel dengan konsumsi daya rendah (Muhammad M.K et al., 2022). Artinya, WSN dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem pemantauan yang efisien. Akan tetapi, konsumsi daya yang tinggi pada node sensor menjadi salah satu tantangan utama dalam pengumpulan data ini, sehingga diperlukan teknologi komunikasi yang efisien dan mampu menjangkau area luas.

Teknologi *Long Range* (LoRa) merupakan salah satu solusi komunikasi nirkabel yang banyak digunakan pada WSN karena memiliki jangkauan komunikasi yang jauh, konsumsi daya rendah, serta kemampuan adaptasi parameter fisik, seperti *Spreading Factor* (SF) (Muhammad M.K et al., 2022). Namun, perubahan parameter komunikasi LoRa dapat memengaruhi performansi jaringan, seperti delay, *packet delivery ratio*, kualitas sinyal, serta konsumsi daya node sensor (Fajar et al., 2021). Oleh karena itu, analisis performansi dan efisiensi energi menjadi aspek penting dalam perancangan WSN berbasis LoRa.

Penerapan WSN berbasis LoRa memungkinkan pengumpulan data kondisi tanah secara terdistribusi dengan jangkauan komunikasi yang luas dan konsumsi daya yang rendah (Subagiyo et al., 2023). Data parameter tanah yang diperoleh dari node sensor dapat dikirimkan ke *gateway* melalui jaringan LoRa, sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara berkelanjutan. Selain menghasilkan data



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

lingkungan yang nyata, sistem WSN berbasis LoRa untuk monitoring kondisi lahan belimbing ini juga menyediakan skenario implementasi yang relevan untuk pengujian karakteristik jaringan WSN pada kondisi lapangan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang tidak hanya berfokus pada implementasi sistem monitoring, tetapi juga mampu memberikan solusi teknis pada tingkat jaringan. Melalui analisis performansi dan konsumsi daya jaringan WSN berbasis LoRa, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan rekomendasi konfigurasi parameter jaringan yang efisien, khususnya dalam pemilihan parameter komunikasi LoRa dan pengaturan operasional node sensor. Solusi yang dihasilkan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi tanpa mengorbankan kualitas komunikasi jaringan, sehingga sistem WSN yang diimplementasikan dapat beroperasi secara optimal dan berkelanjutan pada skenario monitoring tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem WSN berbasis LoRa untuk mengetahui kondisi tanah pada lahan belimbing?
2. Bagaimana hasil pengujian pada sistem WSN berbasis LoRa yang telah dibuat dan diimplementasikan pada lahan belimbing dengan mengubah parameter dan variasi *spreading factor* LoRa terhadap *RSSI*, *SNR*, *Packet Loss* dan *delay* serta konsumsi daya node sensor selama proses pengiriman data?
3. Bagaimana hasil analisis performansi jaringan dan konsumsi daya WSN berbasis LoRa berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan jaringan WSN berbasis LoRa dan aplikasi monitoring pada skenario lapangan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

2. Mengetahui hasil pengujian paling optimal pada performansi jaringan WSN berbasis LoRa berdasarkan parameter komunikasi, seperti *RSSI*, *SNR*, *packet delivery ratio*, dan *delay*.
3. Mengetahui hasil pengujian paling optimal pada konsumsi daya node sensor pada jaringan WSN berbasis LoRa selama proses pengiriman data.

1.4 Luaran

Adapun luaran dari skripsi ini adalah:

1. Prototipe sistem WSN berbasis LoRa yang terdiri dari node sensor dan *gateway*.
2. Aplikasi untuk monitoring lahan.
3. Dokumen laporan penelitian/skripsi.
4. Artikel ilmiah yang dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknik Elektro.

**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

BAB V

SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem WSN berbasis LoRa berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk monitoring lingkungan lahan Belimbing Dewa. Sistem terdiri atas dua node sensor dan satu node gateway yang mampu melakukan pembacaan data suhu, kelembapan udara, kelembapan tanah, serta konsumsi daya. Data hasil pembacaan sensor berhasil dikirim menggunakan komunikasi LoRa menuju gateway, kemudian diteruskan ke Firebase Realtime Database melalui modul SIM7600G sehingga dapat ditampilkan pada aplikasi Android secara real-time dengan pengujian yang dilakukan meliputi kompatibilitas, *blackbox testing*, dan *user experience*. Hasil pengujian aplikasi menunjukkan aplikasi kompatibilitas di android 12,13, dan 14 yang sudah dilakukan pengujian, fitur aplikasi yang dilakukan pengujian *blackbox testing* sudah berfungsi dengan baik dan berhasil diujikan, serta *uxer experience* sudah dilakukan dengan mengisi kuesioner oleh beberapa user dengan hasil pengujian akhir memperoleh nilai rata-rata sebesar 4,36 dari skala 5 atau dengan nilai 87,22%, dari 6 responden
2. Berdasarkan hasil pengujian performansi jaringan LoRa pada kondisi *Non-Line of Sight* (NLOS) dengan variasi jarak 50-250 meter dan SF7-SF12, nilai RSSI cenderung semakin negatif seiring bertambahnya jarak, dari rata-rata -77,46 dBm pada jarak 50 meter menjadi -89,21 dBm pada Node 1 dan -107 dBm pada Node 2 pada jarak 200-250 meter, dengan nilai terendah mencapai -111 dBm. Nilai SNR relatif stabil pada kisaran 4-14 dB dengan rata-rata keseluruhan 11 dB pada Node 1 dan 10 dB pada Node 2. Nilai Packet Loss juga mengalami peningkatan pada jarak yang lebih jauh, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 1,88% pada Node 1 dan 0,28% pada Node 2, serta nilai tertinggi mencapai 30,15% pada Node 1 di jarak 200 meter dengan SF9. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem masih mampu melakukan komunikasi data dengan baik hingga jarak sekitar 150



© 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

meter, ditandai dengan packet loss yang minim pada kedua node, sedangkan pada jarak 200-250 meter performansi komunikasi mulai menurun akibat pelemahan kualitas sinyal dan meningkatnya kehilangan paket. Pengukuran delay pada penelitian ini dilakukan menggunakan fungsi `millis()` pada ESP32 sehingga nilai yang diperoleh merepresentasikan waktu proses pengiriman data pada sistem secara keseluruhan, yang meliputi proses pembacaan sensor, pemrosesan data, serta pengiriman paket menuju gateway. Hasil pengujian menunjukkan delay rata-rata meningkat dari 900.558 ms menjadi 2.196.541 ms pada Node 1 dan dari 452.086 ms menjadi 2.405.024 ms pada Node 2 seiring jarak bertambah dari 50 meter ke 250 meter, dengan delay tertinggi tercatat pada SF11 dan SF12. Oleh karena itu, nilai delay yang diperoleh digunakan untuk mengevaluasi waktu respons sistem monitoring, bukan sebagai waktu transmisi LoRa secara murni. Karena itu SF11 dijadikan sebagai Spreading factor paling optimal secara keseluruhan dalam implementasi di lingkungan lahan belimbing.

3. Hasil pengujian konsumsi daya menunjukkan bahwa node sensor mengonsumsi daya pada rentang 223,56–237,01 mW pada Node 1 dan 228,76–240,35 mW pada Node 2, dengan variasi Spreading Factor tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi daya karena beban daya lebih banyak dipengaruhi oleh ESP32 dan sensor lain yang tetap aktif selama proses pembacaan data.



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

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, N., Ulhaq, D. a., Dharmawan, A., & Purbakawaca, R. (2025). Design of An IoT Based Smart Irrigation System Using Soil Moisture Sensors For Water Efficiency. *JoP*.
- Apriza, U. D., Tjahjamoonsih, N., Imansyah, F., Pontia W, F. T., & Kusumawardhani, E. (2022). Analisis QOS Pada Layanan Internet Jaringan Biznet Home Kota Pontianak.
- Fajar, M. S., Imansyah, F., & Marpaung, J. (2021). Analisis Modul Transceiver SX1278 pada Sistem Monitoring dengan Model Jaringan Star.
- Feryando, D. A., Puspitasari, M. D., Winjaya, F., Wibowo, A. P., & Sulistiyanto, K. (2025). Uji Komparatif Lora 433 MHz dan 915 MHz Sebagai Media Pengirim Data Pemantauan Box ZP. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*.
- Gunawan, N. S., Cahyono, F. B., & Purwaningtyas, D. A. (2026). Perancangan Sistem Redundansi Data Metar untuk Mengatasi Kegagalan Update Data pada Peralatan ATIS Berbasis Visual Basic.
- Hadhiansah, H. H., Amron, K., & Siregar, R. A. (2023). Analisis Karakteristik Transmisi LORA dalam Ruang.
- Hawelayuda, P. (2024). Rancang Bangun Monitoring Kelembaban Tanah dan Penyiraman Otomatis Berbasis WSN dengan LoRa di BBPP Lembang.
- Khairuni, & Mirza, R. (2024). Evaluasi Kinerja Jaringan Sensor Nirkabel Berbasis Lorawan Untuk Pemantauan Kualitas Udara Indoor Berdasarkan Parameter Packet Loss Dan RSSI.
- Kurniawan, M. M., Ammron, K., & Siregar, R. A. (2022). Analisis Karakteristik Transmisi LoRa pada Wilayah Perkotaan.
- Maay, B. H., & Widiyari, I. R. (2024). Analisis Performa Wireless Sensor Network dengan Protokol Multi Hop dan Single Hop.
- Nadhira, H., Saffarila, Z., Fazira, R., Siska, & Farhan, M. (2024). Implementasi Jaringan Sensor Nirkabel Untuk Pengawasan Lingkungan dengan Pendekatan Interaksi Manusia dan Komputer.
- Ningsih, C. S., & Daningsih, E. (2022). Ketebalan Daun dan Laju Transpirasi Tanaman Hias Monokotil. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*.
- Nurmawati, E., & Mutolib, A. (2023). Strategi Pengembangan Agribisnis Belimbing Madu pada Kawasan Agropolitan Kota Banjar Provinsi Jawa Barat. *JSHP*.



© 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

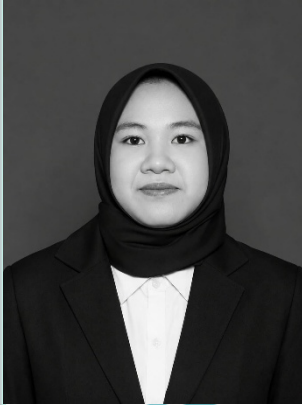
- Rachman, F. F. (2021). Rancang Bangun Alat Pemantauan Lahan Persawahan pada Pertumbuhan Tanaman Padi Berbasis Internet Of Things.
- Rahmansyah, F., Murdiyat, P., & Rusda. (2024). Unjuk Kerja LoRa Untuk Media Komunikasi Smart Farming di Area Persawahan Desa Manunggal Jaya Kabupaten Kutai Kartanegara. *PoliGrid*.
- Subagiyo, H., Rhamadani, R., & Wahyuni, R. T. (2023). Penghematan Daya Pada Sensor Node Sistem Monitoring Kualitas Udara.
- Syahfitri, A. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 113-120.
- University, R. (n.d.). *Cultivation of CARAMBOLA (Star fruit)*. FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES & ALLIED INDUSTRIES.
- Wedyanti, F. P. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kondisi Kandang Sapi Perah Berbasis Wireless Sensor Network.
- Winjaya, F., Darmawan, A., Wibowo, A. P., & Puspitasari, M. D. (2025). Sosialisasi Teknologi IoT dan LoRa pada Pegawai Industri PT.Wantech Indonesia. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*.
- Wirapraja, D. M., Nabilah, S. P., & Susilawati. (2025). Smart Agriculture untuk Tanaman Hias dengan IoT Implementasi Monitoring Blynk. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*.

**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 RIWAYAT HIDUP

Salma Afifah lahir di Jakarta pada 29 Mei 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDIT Al-Hikmah Cilandak, kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMIT Iqro Bekasi, dan pendidikan menengah atas di SMAN 46 Jakarta. Saat ini, penulis menempuh pendidikan tinggi sebagai mahasiswa aktif di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi D4 Broadband Multimedia. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan (S.Tr.).





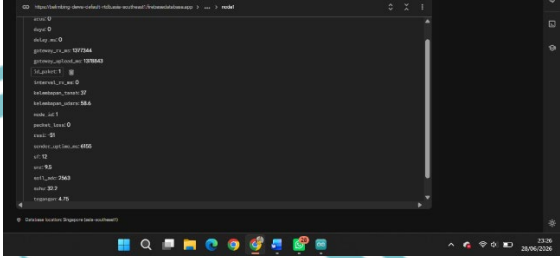
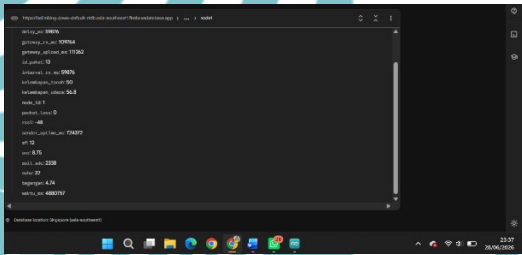
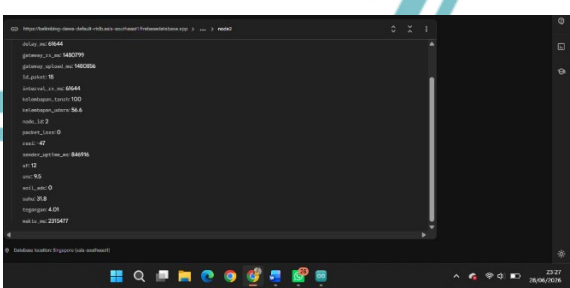
Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Sinkronisasi Data Firebase dengan Aplikasi

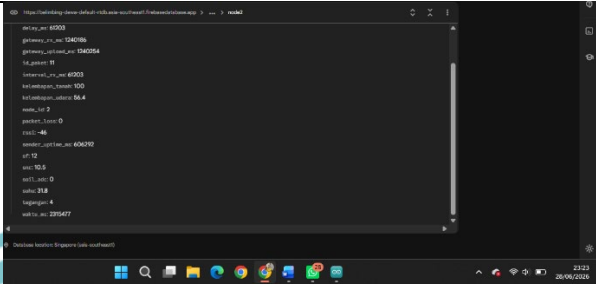
Node	Waktu	Aplikasi	Firebase
1	23:26		
	23:37		
2	23:23		



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

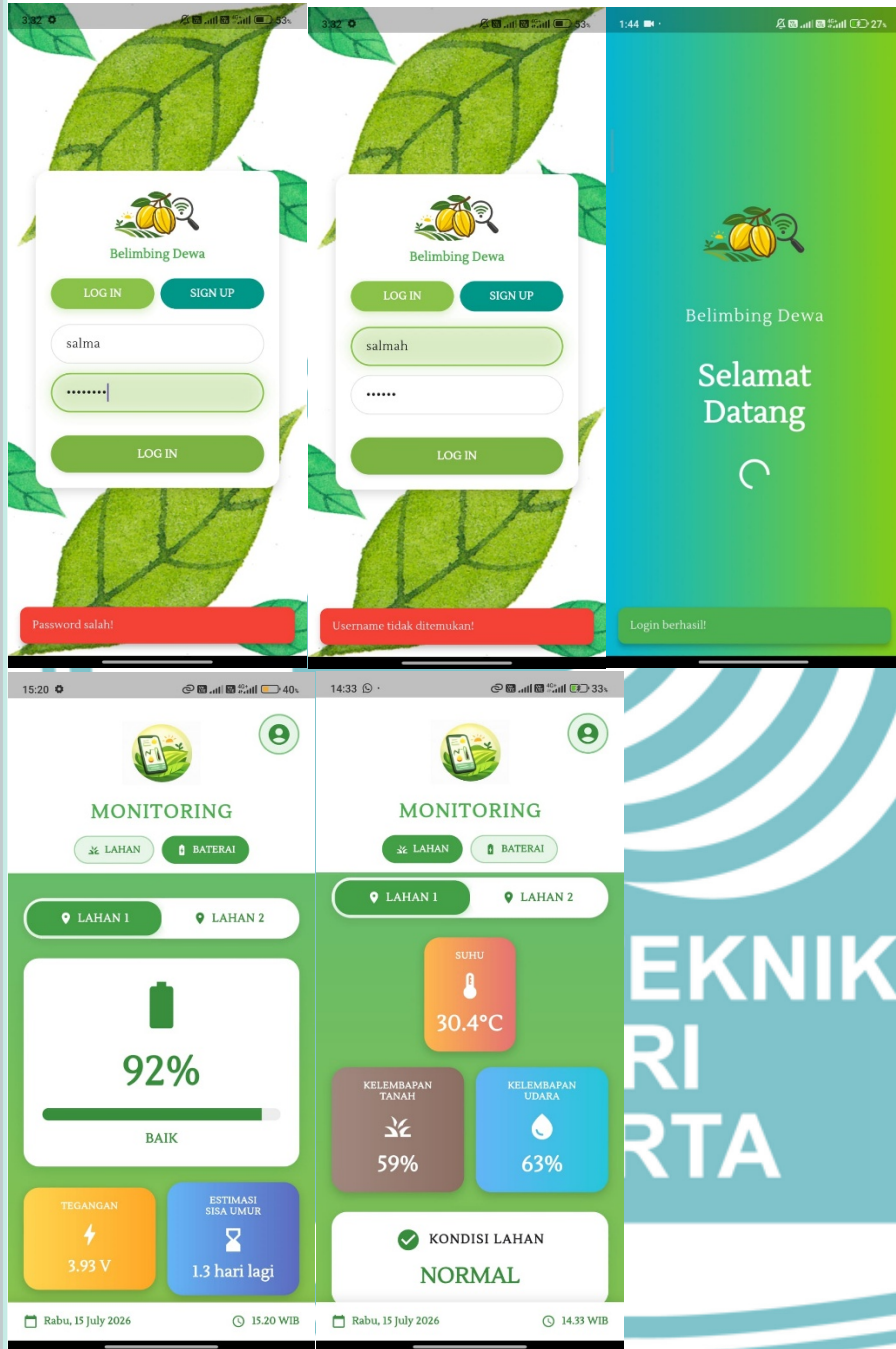
Hak Cipta :

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

Node	Waktu	Aplikasi	Firebase
	23:27		

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Lampiran 2. Gambar Blacbox Testing



Lampiran 3. Demo Alat pada Lahan Belimbing

Hak Cipta :

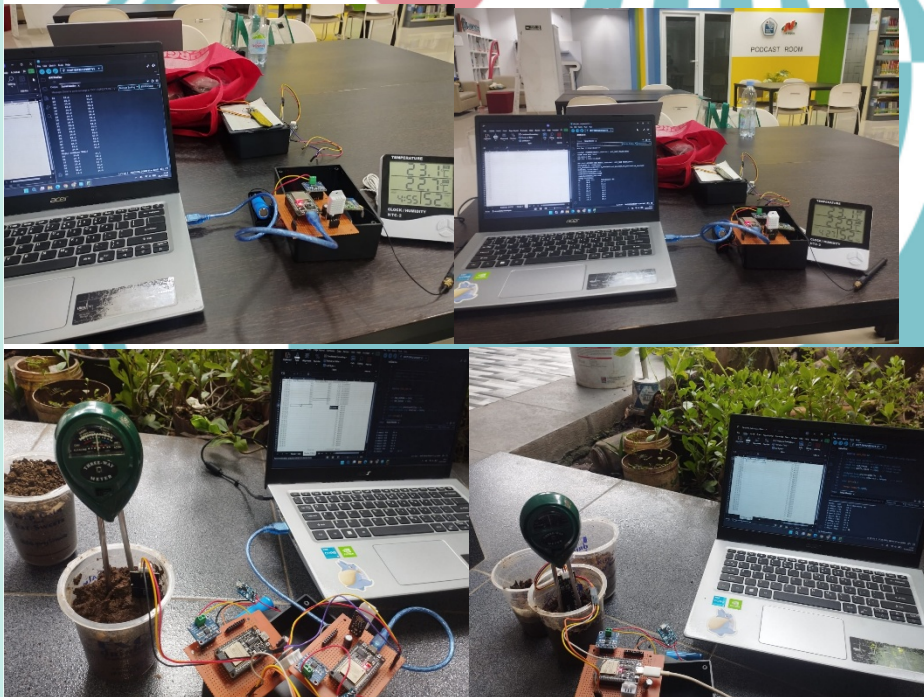
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 4. Kalibrasi DHT22 dan Soil Moisture



Lampiran 5. Tabel Kalibrasi DHT22

Waktu	Suhu DHT22 (°C)	Suhu Referensi (°C) HTC-2	Error Suhu	Humidity DHT22 (%RH)	Humidity Referensi (%RH) HTC-2	Error Humidity
12:30	23,8	23	0,8	53,9	52	1,9
12:31	23,8	23	0,8	53,8	52	1,8
12:32	23,8	23	0,8	53,6	52	1,6
12:33	23,8	23	0,8	53,7	52	1,7
12:34	23,8	23	0,8	53,6	52	1,6
12:35	23,8	23	0,8	54	52	2



© 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

Waktu	Suhu DHT22 (°C)	Suhu Referensi (°C) HTC-2	Error Suhu	Humidity DHT22 (%RH)	Humidity Referensi (%RH) HTC-2	Error Humidity
12:36	23,9	23	0,9	53,6	52	1,6
12:37	23,8	23	0,8	53,9	52	1,9
12:38	23,8	23	0,8	53,9	52	1,9
12:39	23,8	23	0,8	54,1	52	2,1
12:40	23,9	23	0,9	54,2	52	2,2
12:41	23,9	23	0,9	53,6	52	1,6
12:42	24	23	1	54	52	2
12:43	24	23	1	53,5	52	1,5
12:44	24	23	1	53	52	1
12:45	23,9	23	0,9	53,8	52	1,8
12:46	24	23	1	53,5	52	1,5
12:47	24	23	1	53,8	52	1,8
12:48	24	23	1	53,2	52	1,2
12:49	24	23	1	53,3	52	1,3
12:50	24	23	1	53,4	52	1,4
12:51	24	23	1	53,7	52	1,7
12:52	24	23	1	53,6	52	1,6
12:53	24	23	1	53,2	52	1,2
12:54	24	23	1	53,4	52	1,4
12:55	24	23	1	53,5	52	1,5
12:56	24	23	1	53,1	52	1,1
12:57	24	23	1	53,5	52	1,5
12:58	24,1	23,1	1	53,8	52	1,8
12:59	24,1	23	1,1	53,2	52	1,2
13:00	24,1	23	1,1	53,3	52	1,3

Waktu	Suhu DHT22 (°C)	Suhu Referensi (°C) HTC-2	Error Suhu	Humidity DHT22 (%RH)	Humidity Referensi (%RH) HTC-2	Error Humidity
13:40	23,9	23,1	0,8	54,2	52	2,2
13:41	23,9	23,1	0,8	54	52	2
13:42	23,9	23,1	0,8	55,2	52	3,2
13:43	24	23,1	0,9	54	52	2
13:44	23,9	23,1	0,8	54,4	52	2,4
13:45	24	23,1	0,9	54,3	52	2,3
13:46	23,9	23,1	0,8	53,9	52	1,9
13:47	23,9	23,1	0,8	54,7	52	2,7
13:48	24	23,1	0,9	54,7	52	2,7

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

Waktu	Suhu DHT22 (°C)	Suhu Referensi (°C) HTC-2	Error Suhu	Humidity DHT22 (%RH)	Humidity Referensi (%RH) HTC-2	Error Humidity
13:49	24	23,1	0,9	53,7	52	1,7
13:50	24	23,1	0,9	54,3	52	2,3
13:51	24	23,1	0,9	54,1	52	2,1
13:52	24	23,1	0,9	54,4	52	2,4
13:53	23,9	23,1	0,8	54	52	2
13:54	23,9	23,1	0,8	54,4	52	2,4
13:55	23,9	23,1	0,8	53,7	52	1,7
13:56	23,8	23,1	0,7	54,1	52	2,1
13:57	23,9	23,1	0,8	55,1	52	3,1
13:58	23,9	23,1	0,8	54,7	52	2,7
13:59	24,1	23,1	1	54,8	52	2,8
14:00	24,1	23,1	1	54,8	52	2,8
14:01	24,1	23,1	1	54,3	52	2,3
14:02	24,2	23,1	1,1	54	52	2
14:03	24,1	23,1	1	54,4	52	2,4
14:04	24,1	23,1	1	54,4	52	2,4
14:05	24,1	23,1	1	53,4	52	1,4
14:06	24,2	23,1	1,1	53,9	52	1,9
14:07	24,1	23,1	1	53,4	52	1,4
14:08	24,1	23,1	1	54	52	2
14:09	24	23,1	0,9	53,6	52	1,6
14:10	24	23,1	0,9	54,3	52	2,3

Lampiran 6. Kalibrasi Soil Moisture

Waktu	Soil Moisture ESP32 (%)	Three-Way Meter (%)	Selisih (%)	Error (%)
15.41	84%	40%	44%	110
15.42	83%	39%	44%	112,8205
15.43	83%	39%	44%	112,8205
15.44	83%	39%	44%	112,8205
15.45	83%	39%	44%	112,8205
15.46	84%	38%	46%	121,0526
15.47	84%	38%	46%	121,0526
15.48	84%	38%	46%	121,0526
15.49	84%	39%	45%	115,3846
15.50	84%	40%	44%	110
15.51	95%	60%	35%	58,33333
15.52	96%	60%	36%	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

15.53	96%	60%	36%	60
15.54	96%	59%	37%	62,71186
15.55	96%	59%	37%	62,71186
15.56	96%	59%	37%	62,71186
15.57	96%	59%	37%	62,71186
15.58	96%	59%	37%	62,71186
15.59	96%	59%	37%	62,71186
16.01	83%	50%	33%	66
16.02	83%	50%	33%	66
16.03	86%	59%	27%	45,76271
16.04	89%	59%	30%	50,84746
16.05	89%	59%	30%	50,84746
16.06	89%	60%	29%	48,33333
16.07	89%	60%	29%	48,33333
16.08	89%	60%	29%	48,33333
16.09	90%	60%	30%	50
16.10	89%	60%	29%	48,33333
16.11	89%	60%	29%	48,33333

Lampiran 7. Code Source Gateway

```
void uploadToFirebase(int nodeID, int id, float suhu, float hum,
                      int tanahADC, int tanah, float voltage, float
current,
                      float power, float rssi, float snr,
                      float delay_ms, float packetLoss) {
    if (!simConnected) {
        Serial.println("[Firebase OFFLINE - 4G tidak tersambung]");
        return;
    }

    dataCount++;

    String json = "{";
    json += "\"id_paket\":" + String(id) + ",";
    json += "\"suhu\":" + String(suhu, 1) + ",";
    json += "\"kelembapan_udara\":" + String(hum, 1) + ",";
    json += "\"kelembapan_tanah\":" + String(tanah) + ",";
    json += "\"soil_adc\":" + String(tanahADC) + ",";
    json += "\"tegangan\":" + String(voltage, 2) + ",";
    json += "\"arus\":" + String(current, 2) + ",";
    json += "\"daya\":" + String(power, 2) + ",";
    json += "\"rssi\":" + String(rssi, 2) + ",";
    json += "\"snr\":" + String(snr, 2) + ",";
    json += "\"delay_ms\":" + String(delay_ms, 0) + ",";
    json += "\"packet_loss\":" + String(packetLoss, 2) + ",";
```

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

```
json += "\"sf\":" + String(SF) + ",";
json += "\"waktu_ms\":" + String(millis());
json += "}";

String realtimePath = "/sensor/node" + String(nodeID);
String historyPath = "/history/node" + String(nodeID);

Serial.println("[Firebase] Upload node" + String(nodeID) + "
...");

if (firebasePatch(realtimePath, json))
    Serial.println("Realtime Firebase OK");
else
    Serial.println("Realtime ERROR");

delay(1000); // jeda cukup agar sesi HTTPS benar-benar tertutup

if (firebasePost(historyPath, json))
    Serial.println("History Firebase OK [" + String(dataCount) +
    "]");
else
    Serial.println("History ERROR");
}
```

Lampiran 8. Node 1 dan 2 dengan Panel Surya dan box panel



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**