

SKRIPSI SARJANA TERAPAN

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GELOMBANG
DENGAN KOMUNIKASI LORA (*LONG RANGE*) UNTUK
SIMULATOR**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

Fadhil Chairullah

1527422010

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2026

HALAMAN JUDUL

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GELOMBANG DENGAN KOMUNIKASI LORA (*LONG RANGE*) UNTUK SIMULATOR



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

Fadhil Chairullah

1527422010

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2026

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Fadhil Chairullah

NIM : 1527422010

Judul Penelitian : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
GELOMBANG DENGAN KOMUNIKASI LORA
(LONG RANGE) UNTUK SIMULATOR

Ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian tugas akhir.

Jakarta, 23 Juli 2026

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T.

NIDN : 0011068204



Dr. Aris Sunawar, MT.

NIDN : 0028068201

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Fadhil Chairullah
NIM : 1527422010
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi / Teknik
Judul Penelitian : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
GELOMBANG DENGAN KOMUNIKASI LORA
(LONG RANGE) UNTUK SIMULATOR

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus / Tidak Lulus**) * Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 23 Juli 2026
Tim Penguji,

Ketua Penguji	Syufrijal, S.T, M.T. NIDN : 0027037604	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Drs. Rimulyo Wicaksono, M.M. NIDN : 0001106306	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Massus Subekti, S.Pd., MT. NIDN : 0007097802	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T. NIDN : 0011068204	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Dr. Aris Sunawar, MT. NIDN : 0028068201	

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Neneng Siti Silfi Ambarwati, S.Si., Apt., M.Si.
NIDN. 0029027204

Koordinator Program Studi

Teknologi Rekayasa Otomasi



Syufrijal, S.T., M.T.
NIDN. 0027037604

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Fadhil Chairullah
NIM : 1527422010
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Fakultas : Teknik
Judul Penelitian : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
GELOMBANG DENGAN KOMUNIKASI
LORA (LONG RANGE) UNTUK SIMULATOR

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya tulis ilmiah ini.

Jakarta, 23 Juli 2026

Yang menyatakan,



Fadhil Chairullah

NIM. 1527422010



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
PERPUSTAKAAN DAN KEARSIPAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Fadhil Chairullah
NIM : 1527422010
Fakultas/Prodi : Teknik/Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat email : fadhilchairullahunj@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (... ..)

yang berjudul :

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GELOMBANG DENGAN
KOMUNIKASI LORA (LONG RANGE) UNTUK SIMULATOR**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan dan Kearsipan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 23 Juli 2026

Penulis

(Fadhil Chairullah)

KATAPENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING GELOMBANG DENGAN KOMUNIKASI LORA (*LONG RANGE*) UNTUK SIMULATOR” ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar D4 Teknologi Rekayasa Otomasi pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Syufrijal, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi.
2. Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T., selaku pembimbing utama yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Aris Sunawar, MT., selaku pembimbing pendamping yang telah membantu memberikan koreksi dan saran yang konstruktif.
4. Seluruh pihak yang membantu dalam pengumpulan dan pengolahan data sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman prodi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi dan teman-teman se-angkatan lainnya yang sudah memberikan dukungan.
6. Kedua orang tua tercinta serta keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti selama proses penyelesaian skripsi ini.
7. Terakhir untuk seseorang yang menjadi motivasi, semangat dan alasan saya dalam mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini Ghaita Zahira Shafa.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Besar harapan penulis agar skripsi ini bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

ABSTRAK

Gelombang laut memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan, namun dalam pemantauan karakteristiknya (tinggi, periode, dan frekuensi) secara langsung di laut lepas menghadapi kendala berupa biaya operasional tinggi, risiko kerusakan perangkat, keterbatasan akses lokasi, dan faktor keselamatan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring gelombang berbasis komunikasi LoRa (*LONG RANGE*) yang diuji menggunakan simulator gelombang di laboratorium sebagai tahapan awal sebelum sistem diterapkan pada kondisi laut sesungguhnya. Metode yang digunakan adalah metode rekayasa teknik dengan pendekatan model rancang bangun, meliputi tahap identifikasi kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, pengujian, serta evaluasi. Sistem terdiri atas *node Transmitter* (ESP32, dua sensor ultrasonik HC-SR04, sensor MPU6500, dan modul LoRa SX1278) yang dipasang pada simulator gelombang, serta *node receiver* (ESP32, modul LoRa SX1278, layar OLED, dan modul WiFi) yang meneruskan data ke *dashboard* web secara nirkabel dan *real-time*. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik yang dikalibrasi menggunakan regresi linier multi-titik memiliki akurasi tinggi (RMSE 0,56–0,90 cm; $R^2 > 0,996$), dan algoritma pengolahan data mampu menghitung periode, phase lag, panjang gelombang, serta kecepatan rambat gelombang secara konsisten (25,2 cm/s pada sistem, mendekati perhitungan manual 25,15 cm/s). Meskipun demikian, akurasi pada level sistem secara keseluruhan menurun (RMSE 2,49–2,53 cm) dan algoritma deteksi gelombang masih sensitif terhadap noise pada kondisi air tenang. Pengukuran kuantitatif RSSI dan SNR belum sepenuhnya dilakukan, sementara interval transmisi aktual (median 5 detik) jauh lebih besar dari target rancangan 100 ms akibat keterbatasan *airtime* LoRa. Konsumsi daya sistem tergolong rendah (rata-rata 0,127 W pada *Transmitter* dan 0,057 W pada *receiver*), sehingga sesuai untuk perangkat berbasis baterai dengan operasi jangka panjang.

Kata kunci: monitoring gelombang laut, LoRa, simulator gelombang, ESP32, sensor ultrasonik

ABSTRACT

Ocean waves hold significant potential as a renewable energy source, yet monitoring their characteristics (height, period, frequency) directly at sea faces challenges such as high operational costs, equipment damage risks, limited site access, and safety concerns. This study aims to design and build a wave monitoring system based on LoRa (LONG RANGE) communication, tested using a laboratory wave simulator as an initial stage before field deployment. The engineering research method with a design-and-build approach was applied, covering needs identification, design, prototyping, testing, and evaluation. The system consists of a Transmitter node (ESP32, two HC-SR04 ultrasonic sensors, an MPU6500 sensor, and a LoRa SX1278 module) mounted on the wave simulator, and a receiver node (ESP32, LoRa SX1278 module, OLED display, and WiFi module) that relays data wirelessly and in real time to a web dashboard. The calibrated ultrasonic sensors achieved high accuracy (RMSE 0.56–0.90 cm; $R^2 > 0.996$), and the processing algorithm consistently computed wave period, phase lag, wavelength, and propagation speed (25.2 cm/s, close to the manual calculation of 25.15 cm/s). However, system-level accuracy decreased (RMSE 2.49–2.53 cm), and the wave-detection algorithm remained sensitive to noise under calm-water conditions. Quantitative RSSI and SNR Measurements were not fully conducted, while the actual transmission interval (median 5 s) far exceeded the 100 ms design target due to LoRa airtime limitations. The system's low power consumption (average 0.127 W for the Transmitter and 0.057 W for the receiver) makes it suitable for battery-powered, long-duration operation.

Keywords: ocean wave monitoring, LoRa, wave simulator, ESP32, ultrasonic sensor

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	I
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	II
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	III
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	IV
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	V
KATAPENGANTAR	VI
ABSTRAK.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR GAMBAR	XIII
DAFTAR LAMPIRAN.....	XIV
BAB I	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH	1
1.2 IDENTIFIKASI MASALAH.....	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 RUMUSAN MASALAH	4
1.5 TUJUAN PENELITIAN	4
1.6 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II.....	6
2.1 KERANGKA TEORITIK	6
2.1.1 Rancang Bangun	6
2.1.2 Sistem monitoring.....	7
2.1.3 ESP32	8

2.1.4 Internet of Things (IoT).....	9
2.1.5 LoRa (LONG RANGE).....	11
2.1.6 Modul LoRa SX1278.....	13
2.1.7 Sensor Ultrasonik (HC-SR04).....	16
2.1.8 Sensor Gerak/Gyro (MPU 6050)	17
2.1.9 LCD I2C.....	19
2.2 PRODUK YANG DIBANGUN	20
2.3 PENELITIAN YANG REVELAN	21
BAB III	23
3.1 TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	23
3.2 METODE PENELITIAN	23
3.3 TAHAPAN PENELITIAN	25
3.4 BAHAN DAN PERALATAN YANG DIGUNAKAN	27
3.4.1 Perangkat Keras (Hardware) yang Digunakan.....	27
3.4.2 Perangkat Lunak (Software) yang Digunakan	28
3.5 ANALISIS SIMULATOR	28
3.6 FLOWCHART	29
3.7 DIAGRAM BLOK	31
3.8 SKEMATIK.....	32
BAB IV.....	35
4.1 HASIL PENELITIAN	35
4.2 HASIL PENGUJIAN <i>HARDWARE</i> (PERANGKAT KERAS).....	35
4.2.1 Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04	36
4.2.2 Pengujian Sensor MPU6500.....	37
4.2.3 Pengujian Modul LoRa SX1278.....	39
4.2.4 Pengujian Konsumsi Daya.....	40
4.3 HASIL PEMBUATAN PENELITIAN	43
4.3.1 HASIL PERANCANGAN PERANGKAT KERAS (<i>HARDWARE</i>)	44
4.4 PEMBAHASAN DAN ANALISI PENELITIAN	45
4.4.1 Kalibrasi Sensor HC-SR04.....	45
4.4.2 Kalibrasi Sensor MPU 6050	50

4.4.3 Analisis Akurasi.....	53
4.4.4 Analisis Algoritma Gelombang	55
4.4.5 Analisis Keterbatasan Interval Transmisi LoRa	56
4.4.6 Kendala dan Solusi selama Penelitian.....	58
BAB V	61
5.1 KESIMPULAN.....	61
5.2 SARAN.....	62
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	87



Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32 (30 PIN)	9
Tabel 2. 2 Spesifikasi Modul SX1278 LoRa-Ra 02.....	14
Tabel 2. 3 Penelitian Relevan.....	21
Tabel 3. 1 Skematik Pin <i>Transmitter</i>	32
Tabel 3. 2 Skematik Pin <i>Recevier</i>	33
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Konsumsi Daya <i>Transmitter</i>	41
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Konsumsi Daya <i>Receiver</i>	42
Tabel 4 3 komponen dan fungsi <i>Transmitter</i>	44
Tabel 4 4 komponen dan fungsi <i>Recevier</i>	45
Tabel 4 5 Ringkasan Iterasi Kalibrasi Sensor Ultrasonik HC-SR04	46
Tabel 4 6 Data Kalibrasi Akhir Sensor Ultrasonik 1 (Rentang 5–50 cm)	47
Tabel 4 7 Hasil Kalibrasi Sensor <i>Gyroscope</i> dan <i>Accelerometer</i> MPU6050.....	50
Tabel 4 8 Hasil Verifikasi Residual <i>Gyroscope</i> Setelah Kalibrasi (monitor 10 detik, sensor diam)	52
Tabel 4 9 Statistik Pembacaan Kondisi Baseline (Referensi 10 cm)	54
Tabel 4 10 Estimasi <i>Airtime</i> LoRa pada Konfigurasi SF9/BW125/CR4:7	57
Tabel 4 11 Statistik Interval Waktu Antar-Paket Data Aktual.....	57

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 ESP32	9
Gambar 2. 2 Modul LoRa SX1278	15
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i>	30
Gambar 3. 2 Blok Diagram <i>end node - end node</i>	31
Gambar 3. 3 Skematik <i>Transmitter</i> dan <i>Recevier</i>	32
Gambar 4. 1 Alat Monitoring Gelombang	35
Gambar 4. 2 Pengujian Alat	35
Gambar 4. 3 Grafik dan Nilai Parameter Monitoring <i>Website</i>	36
Gambar 4. 4 <i>Serial Monitor</i> sensor ultrasonik HC-SR04	37
Gambar 4. 5 <i>Serial Monitor</i> Sensor MPU6500.....	39
Gambar 4. 6 <i>Serial Monitor</i> LoRa SX1278	40
Gambar 4. 7 Grafik Arus dan Daya <i>Transmitter</i> pada Beberapa Waktu Pengukuran	41
Gambar 4. 8 Grafik Arus dan Daya <i>Receiver</i> pada Beberapa Waktu Pengukuran	43
Gambar 4. 9 Grafik Kalibrasi 1 (Jarak Terukur vs Jarak Referensi)	48
Gambar 4. 10 Grafik Kalibrasi 2 (Jarak Terukur vs Jarak Referensi)	49
Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan <i>Offset Gyroscope</i> 3 Percobaan Kalibrasi	51
Gambar 4. 12 Grafik Residual Rata-rata <i>Gyroscope</i> Sebelum dan Sesudah Kalibrasi Ulang	53
Gambar 4. 13 Grafik Pembacaan Sensor 1 dan Sensor 2 pada Kondisi Baseline (Referensi 10 cm).....	55
Gambar 4. 14 Interval Waktu Aktual Antar-Paket Data Diterima Dibandingkan Target Desain	58

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Dokumentasi Pengujian Sensor Ultrasonik	68
Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian Sensor MPU 6050	70
Lampiran 3. Dokumentasi Pengujian LoRa	71
Lampiran 4 Coding Arduino Ide <i>Recevier</i>	71
Lampiran 5 Coding Arduino Ide <i>Transmitter</i>	77
Lampiran 6 Dokumentasi Pembuatan Alat Tugas Akhir	86

