

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN
DEBIT AIR PLTM BERBASIS INTERNET OF THINGS
MENGGUNAKAN ESP32, LORA, DAN MACHINE LEARNING



Intelligentia - Dignitas

Disusun Oleh :
MHD Za'im Muzhaffar
1527422043

Skripsi Ini Disusun Untuk Memperoleh Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik

PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

HALAMAN JUDUL

**IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN PENGATURAN
DEBIT AIR PLTM BERBASIS INTERNET OF THINGS
MENGUNAKAN ESP32, LORA, DAN MACHINE LEARNING**



Disusun Oleh :

MHD Za'im Muzhaffar

1527422043

PROGRAM STUDI D4 TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

BENTUK: SKRIPSI

Nama : Mhd Za'im Muzhaffar
NIM : 1527422043
Judul : Implementasi Sistem Monitoring dan Pengaturan Debit
Air PLTM Berbasis Internet of Things Menggunakan
ESP32, LoRa, dan Machine Learning

Ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk di ajukan dalam ujian tugas akhir

Jakarta 23 Juli 2026

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



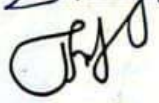
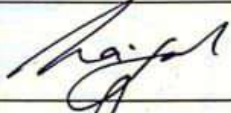
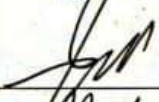
Churnia Sari, S.T., M.T.
NIDN.0708129004

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Mhd Za'im Muzhaffar
NIM : 1527422043
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi / Teknik
Judul Penelitian : Implementasi Sistem Monitoring dan Pengaturan Debit Air PLTM Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32, LoRa, dan Machine Learning.

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	Ir. Heri Firmansyah, M.T. NIDN. 0014028408	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Taryudi, Ph.D. NIDN. 0006088005	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T. NIDN. 0011068204	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Syufrijal, S.T., M.T. NIDN. 0027037604	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Churnia Sari, S.T., M.T. NIDN. 0708129004	

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik,


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

Koordinator Program Studi
Teknologi Rekayasa Otomasi,


Syufrijal, ST., MT
NIDN. 0027037604

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Penyusun : Mhd Za'im Muzhaffar
NIM : 1527422043
Program Studi : Teknologi Rekayasa otomasi
Fakultas : Teknik
Judul : Implementasi Sistem Monitoring dan Pengaturan
Debit Air PLTM Berbasis Internet of Things
Menggunakan ESP32, LoRa, dan Machine
Learning

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

Menyatakan bahwa tugas akhir inni 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, 03 Agustus 2026
Mhd Za'im Muzhaffar



NIM. 1527422043



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 : Mhd Za'im Muzhaffar
NIM : 1527422043
Fakultas/Prodi : Teknik / Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat email : m.zaimmuzhaffar@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 :

Implementasi Sistem Monitoring dan Pengaturan Debit Air PLTM Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32, LoRa, dan Machine Learning

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 ijin 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

(Mhd Za'im Muzhaffar)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Implementasi Sistem Monitoring dan Pengaturan Debit Air PLTM Berbasis *Internet of Things* Menggunakan ESP32, LoRa, dan *Machine Learning*” ini. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Syufrijal, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam penyelenggaraan program studi sehingga proses akademik dapat berjalan dengan lancar.
2. Bapak Syufrijal, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, atas kesediaan waktu, bimbingan intensif, saran konstruktif, dan masukan berharga yang mendorong penulis untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan dalam setiap tahap penelitian hingga penulisan hingga tercapainya kualitas skripsi yang lebih baik.
3. Ibu Churnia Sari S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan akademik, arahan, dan dukungan moral yang telah memperkaya perspektif penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan komprehensif dan sistematis.
4. Orang tua tercinta Ayah dan Ummi, atas kasih sayang, doa, dan motivasi tiada henti. Tanpa dukungan finansial, semangat, dan kepercayaan sepenuhnya yang diberikan, penulis tidak akan mampu menuntaskan studi ini.
5. Rekan-rekan seangkatan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, yang telah bersama-sama berjuang, berdiskusi, dan berbagi ilmu sehingga suasana belajar menjadi lebih menyenangkan dan produktif.

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga minihidro (PLTM) merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memanfaatkan potensi aliran air untuk menghasilkan energi listrik. Namun, kestabilan debit air yang masuk ke turbin menjadi faktor kritis dalam menjaga performa dan keamanan sistem PLTM. Perubahan debit air yang bersifat dinamis, terutama akibat pengaruh curah hujan dan kondisi hidrologi, sering menimbulkan permasalahan dalam pengaturan bukaan pintu air (gate) apabila masi dilakukan secara manual atau menggunakan sistem kontrol konvensional. Keterlambatan respons dan tidak adanya kemampuan prediksi berpotensi menyebabkan penurunan efisiensi pembangkitan maupun kerusakan peralatan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem pemantauan dan pengaturan debit air berbasis *Internet of Things* yang dilengkap dengan pendekatan *Machine Learning* sebagai sistem kontrol prediktif. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data, sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian air, sensor flowmeter untuk mengukur debit aliran, serta modul komunikasi LoRa untuk pengiriman data jarak jauh. Data sensor dikombinasikan dengan data cuaca dan curah hujan dari API eksternal sebagai variabel tambahan dalam proses prediksi.

Model *Machine Learning* digunakan untuk mempelajari pola hubungan antara data hidrologi, data cuaca dan perubahan debit air, sehingga mampu memprediksi bukaan gate yang optimal secara otomatis. Seluruh sistem diuji pada prototype PLTM skala laboratorium dengan berbagai skenario perubahan debit air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemantauan debit air secara real time serta mengatur bukaan gate secara otomatis dengan respons yang lebih cepat dan stabil dibandingkan metode konvensional.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional PLTM, mengurangi ketergantungan terhadap intervensi manual operator, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan secara lebih optimal dan berkelanjutan.

Kata Kunci: *Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro, Internet of Things, ESP32, LoRa, Achine Learning, Debit air.*

ABSTRACT

Mini Hydropower Plants (MHP) represent one of the renewable energy sources that harness the potential of water flow to generate electrical energy. However, the stability of the water flow rate entering the turbine is a critical factor in maintaining the performance and safety of MHP systems. The dynamic nature of water flow rate changes, particularly due to the influence of rainfall and hydrological conditions, frequently causes challenges in regulating the opening of water gates when managed manually or using conventional control systems. Delayed response and the absence of predictive capability risk reducing generation efficiency and causing equipment damage.

This research aims to design and develop a water flow rate monitoring and control system based on the Internet of Things (IoT), equipped with a Machine Learning approach as a predictive control system. The system was developed using an ESP32 microcontroller as the central data processing unit, an ultrasonic sensor to measure water level, a flowmeter sensor to measure flow rate, and a LoRa communication module for long-range data transmission. Sensor data were combined with weather and rainfall data from an external API as additional variables in the prediction process.

A Machine Learning model was employed to learn the relationship patterns among hydrological data, weather data, and water flow rate changes, enabling it to automatically predict the optimal gate opening. The entire system was tested on a laboratory-scale MHP prototype under various water flow rate change scenarios. The test results indicate that the system is capable of monitoring water flow rates in real-time and automatically regulating gate openings with a faster and more stable response compared to conventional methods.

Accordingly, the developed system is expected to improve MHP operational efficiency, reduce dependence on manual operator intervention, and support more optimal and sustainable utilization of renewable energy.

Keywords: *Mini Hydropower Plant, Internet of Things, ESP32, LoRa, Machine Learning, Water Flow Rate.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	v
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Kerangka Teoritik.....	6
2.1.1 Prototype	6
2.1.2 Sistem <i>Monitoring</i> dan Kontrol.....	7
2.1.3 Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro (PLTM).....	8
2.1.4 Debit Air	11
2.1.5 Mikrokontroler	12
2.1.6 Sistem Komunikasi.....	16
2.1.7 <i>Machine Learning</i>	22
2.1.8 Perangkat Keras.....	25
2.1.9 Perangkat Lunak	33

2.2	Penelitian Relevan	36
2.3	Kerangka Berpikir	38
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	40
3.2	Metode Pembuatan Produk	40
3.3	Bahan dan Peralatan Produk	41
3.3.1	Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	42
3.3.2	Pengalaman.....	42
3.4	Rancangan Metode Pengembangan Produk.....	43
3.5	Perancangan Sistem	43
3.5.1	Diagram Alir Penelitian	44
3.5.2	Diagram Blok Sistem.....	45
3.5.3	Flowchart Sistem	48
3.5.4	<i>Skematik</i>	51
3.5.5	Design alat.....	52
3.5.6	Perancangan sistem Pengukuran Debit Air Menggunakan Flowmeter 54	
3.6	Teknik Pengumpulan Data	57
3.6.1	Pengujian Sensor JSN-SR04T.....	57
3.6.2	Pengambilan Data Debit dari Flowmeter.....	57
3.7	Pelatihan Model Machine Learning Menggunakan MATLAB	58
BAB IV HASIL PENELITIAN		61
4.1	Deskripsi hasil penelitian	61
4.1.1	Hasil alat	61
4.1.2	Langkah kerja alat	62
4.2	Analisis data penelitian	63
4.2.1	Hasil Pengukuran Jarak Menggunakan LoRa	63
4.2.2	Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik JSN – SR04T	64
4.2.3	Hasil Pengujian Sensor Flowmeter YF- S201.....	65
4.2.4	Hasil Pengujian sensor FC-37	66
4.2.5	Hasil Pengujian Konsumsi Daya	66
4.2.6	Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan.....	69
4.2.7	Pengujian Dashboard Website dan Google Sheet	69
4.3	Pembahasan.....	72

4.3.1	Kelebihan Alat.....	73
4.3.2	Kekurangan Alat.....	73
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		75
5.1	Kesimpulan.....	75
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....		78
LAMPIRAN		81
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32 DevKit ESP32 Devkit V1	16
Gambar 2. 2 jsn-sr04t.....	27
Gambar 2. 3 Water Flow Sensor	27
Gambar 2. 4 Sensor Hujan	29
Gambar 2. 5 Modul L298N	30
Gambar 2. 6 Pump DC	31
Gambar 2. 7 Power Supply	33
Gambar 2. 8 Arduino IDE	34
Gambar 2. 9 Matlab	35
Gambar 2. 10 Sketchup	36
Gambar 3. 1 Gambar Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 3. 2 Diagram Blok Transmitter.....	46
Gambar 3. 3 Diagram Blok Receiver.....	46
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem Transmitter dan Reciver	49
Gambar 3. 5 Schematic Transmitter	52
Gambar 3. 6 Tampak Atas	53
Gambar 3. 7 Tampak Samping	53
Gambar 3. 8 Flowchart Perhitungan Flowmeter	56
Gambar 3. 9 Grafik Prediksi Ketinggian 1.....	60
Gambar 3. 10 Grafik Prediksi Ketinggian 2.....	60
Gambar 4. 1 Hasil Alat.....	62
Gambar 4. 2 Dashboard Website	71
Gambar 4. 3 Google Sheet	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32.....	14
Tabel 2. 2 GPIO ESP32.....	14
Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor Water Flow	28
Tabel 2. 4 Spesifikasi Modul L298N	30
Tabel 2. 5 Spesifikasi Pump DC	32
Tabel 2. 6 Spesifikasi <i>Power Supply</i>	33
Tabel 3. 1 penalamatan GPIO ESP32	42
Tabel 3. 2 Tabel Pengujian Sensor Ultrasonik.....	57
Tabel 3. 3 tabel pengujian flowmeter.....	58
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor YF-S201	65
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian FC-37.....	66



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Dosen Pembimbing.....	81
Lampiran 2. Lembar Konsultasi Dosen	82
Lampiran 3. Proses Pembuatan Alat	83
Lampiran 4. Hasil Web Dashboard Monitoring	84
Lampiran 5. Hasil Pengambilan Data	84
Lampiran 6. Hasil Program	85

