

SKRIPSI SARJANA TERAPAN
**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KETINGGIAN
AIR AKIBAT DEFORMASI SENSOR OPTIK
EKSTENSOMETER BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC***



Intelligentia - Dignitas

YUDISTIRA SAPUTRA

1507521051

**PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

HALAMAN JUDUL

PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KETINGGIAN
AIR AKIBAT DEFORMASI SENSOR OPTIK
EKSTENSOMETER BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*



Intelligentia - Dignitas

YUDISTIRA SAPUTRA
1507521051

PROGRAM STUDI
TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

Intelligentia - Dignitas
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING
KETINGGIAN AIR AKIBAT DEFORMASI SENSOR
OPTIK EKSTENSOMETER BERBASIS *INTERNET*
OF THINGS DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Penyusun : Yudistira Saputra

NIM : 1507521051

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Ir. Heri Firmansyah, S.T., M.T.
NIP. 198402142019031011

Pembimbing II,



Rafiuddin Syam, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 197203301995121001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi



Syufrijal, S.T., M.T.

NIP. 1978603272001121001

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN

Judul : PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING
KETINGGIAN AIR AKIBAT DEFORMASI SENSOR
OPTIK EKSTENSOMETER BERBASIS *INTERNET
OF THINGS* DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

Penyusun : Yudistira Saputa

NIM : 1507521051

Disetujui Oleh:

Pembimbing I,



Ir. Heri Firmansyah, S.T., M.T.

NIP. 198402142019031011

Pembimbing II,



Rafiuddin Syam, S.T., M.Eng., Ph.D.

NIP. 197203301995121001

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi Sarjana Terapan:

Ketua Penguji,



Taryudi, Ph.D.

NIP. 198008062010121002

Anggota Penguji I,



Drs. Rimulyo Wicaksono, MM.

NIP. 196310011988111001

Dosen Ahli,



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

NIP. 198206112008122001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi



Syufrijal, S.T., M.T.

NIP. 1978603272001121001



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

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 : Yudistira Saputra
NIM : 1507521051
Fakultas/Prodi : Teknik/Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat email : yudistirasaputra43@gmail.com

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

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

yang berjudul :

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KETINGGIAN AIR AKIBAT DEFORMASI
SENSOR OPTIK EKSTENSOMETER BERBASIS *INTERNET OF THINGS* DENGAN
METODE *FUZZY LOGIC***

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan 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, 07 Agustus 2025
Penulis

(
Yudistira Saputra
)

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ilmiah ini merupakan hasil pemikiran dan penelitian saya sendiri, dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik pada Universitas Negeri Jakarta maupun institusi pendidikan lainnya..
2. Setiap kutipan, pendapat, atau data yang bersumber dari karya orang lain telah saya cantumkan dengan mengacu pada kaidah penulisan ilmiah yang berlaku, serta dituliskan secara lengkap dalam daftar pustaka.
3. Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima segala konsekuensi akademik sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta, termasuk pencabutan gelar akademik yang telah diberikan.

Jakarta, 30 Juni 2025

Yang membuat pernyataan



10000
METERAN
TEMPEL
7CDANX006034582

Yudistira Saputra

No. Req. 1507521051

Intelligentia - Dignitas

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Pengembangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Akibat Deformasi Sensor Optik Ekstensometer Berbasis IoT Dengan Metode Fuzzy Logic”* 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 Ir, Heri Firmansyah, 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. Bapak Rafiuddin Syam, S.T., M.Eng., Ph.D., 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. Bapak Imam Mulyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing selama saya melaksanakan proyek di Badan Riset dan Inovasi Nasional, Tangerang Selatan, atas bimbingan akademik, motivasi, dan kesabaran yang telah mendorong penulis, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan walau dalam waktu yang tidak sebentar.
5. Kedua orang tua tercinta Mama Bapak, atas kasih sayang, doa, dan motivasi tiada henti. Tanpa dukungan finansial, semangat, dan kepercayaan

sepenuhnya yang diberikan, penulis tidak akan mampu menuntaskan studi ini.

6. Teman-teman seperjuangan: Faqih, Fikri, Fernanda, Rendi dan 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.
7. Kepada FC Barcelona, tim kebanggaan penulis, yang melalui segala *ups and downs* telah mengajarkan bahwa loyalitas, kebersamaan, keberanian, dan keyakinan untuk bangkit dari keterpurukan adalah hal yang tidak ternilai. Semangat *més que un club* selalu menjadi pengingat bahwa perjuangan bukan hanya tentang kemenangan, tetapi juga tentang bagaimana kita tetap berdiri, belajar, dan terus melangkah meski menghadapi kegagalan.
8. Tak lupa, penulis ingin berterimakasih kepada Rani, barista di Toko Kopi TUKU Cabang Harapan Indah, Bekasi yang selalu menyiapkan kopi susu tetangga ataupun kopi filter sore yang nikmat di saat penulis membutuhkan, yang tanpa sadar telah menjadi bagian dari proses skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang berkepentingan, khususnya dalam pengembangan sistem monitoring ketinggian air berbasis IoT.

Jakarta, 17 Juli 2025

Penyusun,



Yudistira Saputra

Intelligentia - Dignitas

ABSTRAK

Peristiwa banjir di Indonesia terus meningkat akibat perubahan iklim dan pertumbuhan urban yang pesat. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring ketinggian air menggunakan sensor optik ekstensometer berbasis IoT dengan metode *fuzzy logic* untuk peringatan dini banjir. Sistem memanfaatkan prinsip makrobending pada serat optik singlemode yang mengalami deformasi akibat pergerakan pelampung sesuai ketinggian air. Mekanisme konversi dengan rasio 100:1 memungkinkan deformasi serat optik 0-3 cm merepresentasikan ketinggian air 0-300 cm. Sistem terdiri dari tiga unit Laser Dioda Thorlabs L785P5 (transmitter dan receiver), mikrokontroler Arduino UNO untuk pemrosesan data, dan ESP32 Wemos untuk komunikasi WiFi ke Firebase. Pengujian menunjukkan akurasi sensor 90,83% dengan *error* 9,17% dalam pengukuran ketinggian air. Karakterisasi transmisi daya optik menghasilkan sensitivitas rata-rata sebesar 0,405 $\mu\text{W}/\text{mm}$, dengan sensitivitas meningkat menjadi 0,639 $\mu\text{W}/\text{mm}$ pada deformasi tinggi, menunjukkan respons yang lebih tajam, dibandingkan sensitivitas 0,096 $\mu\text{W}/\text{mm}$ pada deformasi rendah, yang mengkonfirmasi hubungan konsisten antara deformasi serat optik dan signal loss serta keunggulan adaptif pada level ketinggian air kritis. Pengujian mengungkapkan fenomena menarik berupa peningkatan sensitivitas pada deformasi tinggi, memberikan keuntungan adaptif pada level ketinggian air kritis. Algoritma *fuzzy logic* Mamdani mengklasifikasikan status peringatan (AMAN, WASPADA, BAHAYA) berdasarkan ketinggian air dan kecepatan perubahannya. Sistem berhasil mendeteksi perubahan ketinggian air secara real-time dan menampilkan informasi status melalui dashboard web, mendemonstrasikan keandalan sensor optik ekstensometer sebagai alternatif sensor konvensional dengan keunggulan ketahanan terhadap korosi dan interferensi elektromagnetik untuk aplikasi sistem peringatan dini banjir.

Kata Kunci: Sensor optik ekstensometer, Fuzzy logic, Makrobending, Internet of Things.

ABSTRACT

Flood events in Indonesia continue to increase due to climate change and rapid urban growth. This research develops a water level monitoring system using an IoT-based optical extensometer sensor with fuzzy logic for early flood warning. The system utilizes the macro bending principle on singlemode optical fiber that deforms due to the movement of a float according to the water level. A conversion mechanism with a 100:1 ratio allows 0-3 cm deformation of the optical fiber to represent 0-300 cm water level. The system consists of three units of Thorlabs L785P5 Laser Diode (transmitter and receiver), an Arduino UNO microcontroller for data processing, and an ESP32 Wemos for WiFi communication to Firebase. Testing showed the sensor's accuracy is 90.83% with an error of 9.17% in water level measurement. The characterization of optical power transmission resulted in an average sensitivity of 0.405 $\mu\text{W}/\text{mm}$. Sensitivity increases to 0.639 $\mu\text{W}/\text{mm}$ at high deformation, indicating a sharper response, compared to 0.096 $\mu\text{W}/\text{mm}$ at low deformation, which confirms a consistent relationship between optical fiber deformation and signal loss as well as an adaptive advantage at critical water levels. The Mamdani fuzzy logic algorithm classifies warning statuses (AMAN, WASPADA, BAHAYA) based on water level and its rate of change. The system successfully detects real-time water level changes and displays status information through a web dashboard. This demonstrates the reliability of the optical extensometer sensor as an alternative to conventional sensors, offering advantages in corrosion resistance and immunity to electromagnetic interference for early flood warning system applications.

Keywords: Optical extensometer sensor, Fuzzy logic, Macrobending. Internet of Things.

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN UJIAN SKRIPSI SARJANA TERAPAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah.....	4
1.4. Perumusan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Kajian Teoritik.....	8
2.1.1. Sistem Monitoring.....	8
2.1.1.1. <i>Internet of Things (IoT)</i>	8
2.1.1.2. Sensor Optik Ekstensometer	9
2.1.1.3. Sistem Monitoring Ketinggian Air	10

2.1.5.	Firestore	11
2.1.6.	<i>Fuzzy Logic</i>	12
2.2.	Produk Yang Dikembangkan	17
2.3.	Penelitian Yang Relevan	17
BAB III.....		20
METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1.	Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2.	Metode Pengembangan Penelitian	20
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian	22
3.3.1.	Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	23
3.3.2.	Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	26
3.4.	Rancangan Metode Pengembangan	27
3.4.1.	Rancangan Penelitian	28
3.4.2.	Gambar Pelaksanaan <i>Project</i>	28
3.4.3.	Prosedur Penggunaan <i>Project</i> Sistem.....	30
3.4.4.	Diagram Alir Sistem.....	31
3.4.5.	Blok Diagram Penelitian.....	31
3.4.6.	<i>Flowchart Fuzzy Logic</i>	32
3.4.7.	<i>Flowchart</i> Sistem	32
3.4.8.	Blok Diagram <i>Fuzzy</i>	33
3.4.9.	Desain Tata Letak Sirkuit Terpadu.....	34
3.4.10.	Rancangan Desain Alat.....	35
3.5.	Instrumen Penelitian.....	37
3.5.1.	Kriteria Pengujian Perangkat Keras	37
3.5.2.	Kriteria Pengujian Perangkat Lunak	39
3.5.3.	Kriteria Pengujian Alat	40
3.6.	Teknik Pengumpulan Data.....	41

3.7. Teknik Analisis Data	42
BAB IV	43
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	43
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian.....	43
4.1.1. Deskripsi Penelitian.....	43
4.1.2. Proses Pembuatan.....	44
4.2. Analisis Hasil Pengujian.....	46
4.2.1. Hasil Pengujian Perangkat Keras	46
4.2.2. Hasil Pengujian Perangkat Lunak	54
4.2.3. Hasil Pengujian Alat	57
4.3. Kelebihan dan Kekurangan.....	71
4.3.1. Kelebihan Alat.....	71
4.3.2. Kekurangan Alat	72
BAB V.....	75
KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN-LAMPIRAN	82
1. Lampiran Komponen dan Sensor.....	82
1.1. Mikrokontroler ESP32 Wemos.....	82
1.2. Arduino UNO R3	82
1.3. Sensor Optik Eshtensometer	84
2. Lampiran Software/Perangkat Lunak.....	95
2.1. Arduino IDE	95
2.2. SketchUp	95
2.3. Fritzing	96

2.4.	Firestore	96
2.5.	Visual Studio Code.....	97
2.6.	Matlab	98
3.	Dokumentasi Pengujian Sensor Optik Ekstensometer (Ketinggian).....	98
4.	Dokumentasi Pengujian Sensor Optik Ekstensometer (Kecepatan).....	101



Intelligentia - Dignitas

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor Optik Ekstensometer	10
Gambar 2. 2 Kurva Segitiga Fuzzy Logic	14
Gambar 3. 1 Metode Model ADDIE	21
Gambar 3. 2 Skematik Komponen <i>Project</i>	28
Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem	31
Gambar 3. 4 Blok Diagram Penelitian.....	31
Gambar 3. 5 Flowchart Fuzzy Logic.....	32
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> Sistem	33
Gambar 3. 7 Blok Diagram <i>Fuzzy Logic</i>	34
Gambar 3. 8 Desain Tata Letak Sirkuit Terpadu.....	35
Gambar 3. 9 Desain 3D Alat Tampak Atas	36
Gambar 3. 10 Desain 3D Alat Keseluruhan.....	36
Gambar 3. 11 Desain 3D Alat Tampak Depan	36
Gambar 3. 12 Desain 3D Alat Tampak Bawah.....	37
Gambar 4. 1 Hasil Alat Penelitian Secara Keseluruhan.....	43
Gambar 4. 2 Hasil Alat Penelitian dari Depan	44
Gambar 4. 3 Hasil Alat Penelitian dari Belakang.....	44
Gambar 4. 4 <i>Analyze</i>	45
Gambar 4. 5 <i>Design</i>	45
Gambar 4. 6 <i>Development</i>	45
Gambar 4. 7 <i>Implementation</i>	45
Gambar 4. 8 <i>Evaluation</i>	45
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian Sensor Optik Ekstensometer (Ketinggian).....	47
Gambar 4. 10 Grafik Regresi Linear Ketinggian Air.....	48
Gambar 4. 11 Grafik Pengujian Sensor Ekstensometer (Kecepatan)	51
Gambar 4. 12 Grafik Karakterisasi Transmisi Daya Optik.....	54
Gambar 4. 13 Grafik Pengujian Alat dengan <i>Fuzzy Logic</i>	59
Gambar 4. 14 <i>Membership Function Fuzzy Logic</i>	62
Gambar 4. 15 Variabel <i>Input</i> Ketinggian Air <i>Fuzzy Logic</i>	62
Gambar 4. 16 Variabel <i>Input</i> Kecepatan Ketinggian Air <i>Fuzzy Logic</i>	63
Gambar 4. 17 Variabel <i>Output</i> Status <i>Fuzzy Logic</i>	64

Gambar 4. 18 Pembentukan Aturan (<i>Rules</i>) <i>Fuzzy Logic</i>	66
Gambar 4. 19 <i>Control Surface Fuzzy Logic</i>	67
Gambar 1. Mikrokontroler ESP32 WEMOS	82
Gambar 2. Arduino UNO R3.....	83
Gambar 3. Sensor Optik Ekstensometer	84
Gambar 4. Laser Dioda Driver.....	85
Gambar 5. Laser Dioda L785P5.....	86
Gambar 6. Fiber Optic Splitter.....	87
Gambar 7. IC LM311N	88
Gambar 8. IC SN7400N	89
Gambar 9. Potensiometer 10k.....	90
Gambar 10. Kapasitor Elektrolit	91
Gambar 11. Resistor 10k Ω	91
Gambar 12. Resistor 1k Ω	92
Gambar 13. Resistor 4.7k Ω	93
Gambar 14. Kipas 5VDC.....	93
Gambar 15. <i>Power Supply</i> 12VDC	94
Gambar 16. Arduino IDE.....	95
Gambar 17. SketchUp	96
Gambar 18. Fritzing	96
Gambar 19. Firebase.....	97
Gambar 20. Visual Studio Code.....	97
Gambar 21. Matlab.....	98

Intelligentia - Dignitas

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Yang Relevan	18
Tabel 3. 1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	23
Tabel 3. 2. Pin <i>Input</i> dan Pin <i>Output</i>	29
Tabel 3. 3. Keterangan Komponen	37
Tabel 3. 4. Fungsi Keanggotaan <i>Input Fuzzy</i>	40
Tabel 3. 5. Fungsi Keanggotaan <i>Output Fuzzy</i>	41
Tabel 3. 6. <i>Rules</i> Aturan <i>Fuzzy</i>	41
Tabel 4. 1. Hasil Pengujian Sensor Optik Ekstensometer (Ketinggian)	46
Tabel 4. 2. Hasil Pengujian Sensor Ekstensometer (Kecepatan)	50
Tabel 4. 3. Hasil Pengujian Karakterisasi Transmisi Daya Optik	52
Tabel 4. 4. Hasil Pengujian Data Sensor ke Firebase	55
Tabel 4. 5. Hasil Pengujian Tampilan <i>Dashboard</i> di <i>Website</i>	56
Tabel 4. 6. Hasil Pengujian Alat dengan <i>Fuzzy</i>	58
Tabel 4. 7. Variabel <i>Input Output Fuzzy Logic</i>	61
Tabel 4. 8. Pembentukan Aturan (<i>Rules</i>)	66
Tabel 4. 9. Pembentukan Aturan (<i>Rules</i>)	70

Intelligentia - Dignitas