



**PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI TERHADAP
BENCANA BANJIR BERBASIS *FUZZY LOGIC*
MENGUNAKAN TOPOLOGI BINTANG
PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL**



TESIS

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

MUHAMMAD HANIF BUDIUTOMO

55421120008

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI TERHADAP
BENCANA BANJIR BERBASIS *FUZZY LOGIC*
MENGUNAKAN TOPOLOGI BINTANG
PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Magister Teknik Elektro**

MUHAMMAD HANIE BUDIUTOMO

55421120008

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA**

2025

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

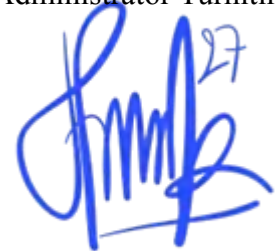
Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Muhammad Hanif Budiutomo**
NIM : **55421120008**
Program Studi : **Magister Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI
TERHADAP BENCANA BANJIR BERBASIS FUZZY
LOGIC MENGGUNAKAN TOPOLOGI BINTANG
PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Kamis, 28 Agustus 2025** dengan hasil presentase sebesar **13 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 28 Agustus 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Muhammad Hanif Budiutomo

NIM : 55421120008

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir: Perancangan Sistem Peringatan Dini Terhadap Bencana Banjir Berbasis *Fuzzy Logic* Menggunakan Topologi Bintang Pada Jaringan Sensor Nirkabel

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Tesis yang telah saya buat ini merupakan hasil studi pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan dosen pembimbing yang di tetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana.

Penulisan Tesis ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengelolanya yang digunakan telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat di periksa kebenarannya

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, 27 Agustus 2025



Muhammad Hanif Budiutomo

55421120008

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Hanif Budiutomo
NIM : 55421120008
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Skripsi / Tesis : Perancangan Sistem Peringatan Dini Terhadap Bencana Banjir Berbasis *Fuzzy Logic* Menggunakan Topologi Bintang Pada Jaringan Sensor Nirkabel

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 2 pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng.
NIDN :
Ketua Penguji : Dr. Eng. Heru Suwoyo, ST., M.Sc.
NIDN :
Anggota Penguji : Prof. Dr. Ing. Mudrik Alaydrus
NIDN :



Jakarta, 27 Agustus 2025

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknik

Ketua Program Studi



(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)



(Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyo, S.T.,
M.T., I.P.M., Asean-Eng., APEC-
Eng.)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah Yang Maha Kuasa atas segala nikmat dan anugerah yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis hingga selesai dengan judul **“Perancangan Sistem Peringatan Dini Terhadap Bencana Banjir Berbasis *Fuzzy Logic* Menggunakan Topologi Bintang Pada Jaringan Sensor Nirkabel**”. Tesis ini merupakan syarat memperoleh gelar Magister bagi mahasiswa di program studi Magister Teknik Elektro, Pascasarjana, Universitas Mercu Buana.

Terselesaikannya penulisan Tesis ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar - besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan terutama kepada yang saya hormati:

1. Orang Tua, Istri dan Adik penulis yang selalu mendoakan, memberi motivasi dan pengorbanannya baik segi moril maupun materil kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Andi Andriansyah, M.Eng., SMEEE. selaku rektor sekaligus pembimbing Tesis yang telah memberikan kritik dan saran bimbingan maupun arahan yang sangat berguna dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T., I.P.M., Asean-Eng., APEC-Eng selaku kepala program studi Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
4. Jajaran Staff Pengajar Magister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana lainnya yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
5. Seluruh teman – teman Magister Teknik Elektro.
6. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua serta Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan dalam menghasilkan laporan pada masa yang akan datang.

Jakarta, 25 Agustus 2025

Penulis,

(Muhammad Hanif Budiutomo)



ABSTRAK

Banjir masih menjadi masalah utama di Indonesia, khususnya di wilayah perkotaan seperti Jakarta. Salah satu pendekatan yang telah dikembangkan sebelumnya adalah sistem deteksi banjir berbasis logika *fuzzy*, namun sistem tersebut masih terbatas pada satu titik pemantauan sehingga rentan terhadap ketidakakuratan data lokal.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini merancang sistem peringatan dini banjir berbasis logika *fuzzy* yang terintegrasi dengan jaringan sensor nirkabel menggunakan topologi bintang. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memantau dari banyak titik sekaligus dan memperluas jangkauan deteksi secara efisien.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa topologi bintang lebih andal dibanding *peer-to-peer* dalam mempertahankan *availability input fuzzy* saat terjadi *error* (89% vs 67%) dan lebih adaptif dalam memanfaatkan data dari node lain. *Peer-to-peer* unggul dalam delay rata-rata lebih rendah, sedangkan bintang lebih efektif dalam throughput untuk pengiriman data multi-node. Perbandingan sistem *fuzzy* dan *non-fuzzy* menunjukkan bahwa logika *fuzzy* memberikan evaluasi risiko yang lebih halus dan responsif terhadap variasi data sensor, sedangkan *non-fuzzy* kurang sensitif terhadap perubahan kecil pada kondisi lingkungan.

Kata Kunci: Deteksi banjir, logika *fuzzy*, LoRa, sensor nirkabel, NodeMCU

ABSTRACT

Floods remain a major issue in Indonesia, particularly in urban areas such as Jakarta. Previous flood detection systems based on fuzzy logic have been developed, but they are often limited to a single monitoring point, making them vulnerable to local data inaccuracies.

To address this limitation, this study designs a fuzzy logic-based early warning system integrated with a wireless sensor network using a star topology. This approach allows monitoring from multiple points simultaneously, expanding detection coverage efficiently and improving data reliability compared to single-node systems.

Test results show that the star topology is more reliable than peer-to-peer in maintaining fuzzy input availability during errors (89% vs. 67%) and more adaptive in utilizing data from other nodes. Peer-to-peer achieves lower average delay, while the star topology provides higher throughput for real-time multi-node data transmission. Comparisons between fuzzy and non-fuzzy systems indicate that fuzzy logic produces smoother and more responsive risk evaluations, whereas non-fuzzy systems are less sensitive to small changes in environmental conditions.

Keywords: Flood detection, *fuzzy logic*, LoRa, wireless sensor, NodeMCU

DAFTAR ISI

SURAT KETERANGAN HASIL SIMILARITY	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Permasalahan	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Banjir	5
2.2 <i>Fuzzy Logic</i>	6
2.2.1 Definisi <i>Fuzzy</i>	6
2.2.2 Struktur Sistem <i>Fuzzy</i>	6
2.2.4 Metode <i>Fuzzy Logic</i>	7
2.2.5 Fungsi Keanggotaan	9
2.3 Jaringan Sensor Nirkabel	10
2.4 LoRa	11
2.5 Node MCU	12
2.6 Arduino Nano	13
2.7 Sensor Ultrasonik	13
2.8 Sensor Aliran Air	14
2.9 Sensor Hujan	14
2.9 Tabel Perbandingan Penelitian Sebelumnya	15

BAB III <u>M</u> ETODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Diagram Alir Perancangan	14
3.2 Arsitektur Sistem.....	16
3.2.1 Blok Diagram Perancangan.....	16
3.3 Perancangan Perangkat Keras	18
3.3.1 Desain Mekanis dan Penempatan Sensor.....	18
3.3.2 Perancangan Koneksi Node Sensor	20
3.3.3 Perancangan Koneksi Koordinator	28
3.3.4 Koneksi Topologi Bintang Node Koordinator dan Node Sensor.....	30
3.4 Perancangan Perangkat Lunak	31
3.4.1 Diagram Alir Sistem Keseluruhan	31
3.4.2 Pembacaan Data Sensor	33
3.4.3 Komunikasi Antar Node (Pengiriman Data).....	35
3.4.4 Pengolahan Data Menggunakan Logika <i>Fuzzy</i>	36
3.4.5 Pengiriman Data ke Server.....	37
3.4.6 Tampilan Data pada <i>Dashboard</i>	38
3.4.7 Logika <i>Fuzzy</i> dalam Penentuan Risiko Banjir	38
3.4.8 Pemrograman Node Sensor (Arduino Nano)	44
3.4.9 Pemrograman Node Koordinator (NodeMCU).....	47
3.4.10 Pemrograman <i>Dashboard</i>	53
3.5 Pengujian Sistem.....	55
3.5.1 Pengujian Sensor	56
3.5.3 Pengujian Sistem <i>Fuzzy Logic</i>	57
3.5.4 Pengujian Konektivitas LoRa	58
3.5.5 Pengujian Konektivitas NodeMCU ke <i>Dashboard Monitoring</i>	59
BAB IV <u>H</u> ASIL DAN PEMBAHASAN	61
4.1 Hasil Implementasi Sistem.....	61
4.1.1 Hasil Perancangan Node Sensor	61
4.1.2 Hasil Perancangan Node Koordinator.....	64
4.1.3 Hasil Perancangan Web server.....	65
4.2 Pengujian sensor	69
4.2.1 Sensor Hujan	69
4.2.2 Sensor Ketinggian Air.....	71
4.2.3 Sensor Aliran Air	72

4.3 Pengujian Koneksi LoRa.....	74
4.3.1 Pengujian Received Signal Strength Indicator RSSI	74
4.3.2 Pengujian Signal to Noise Ratio (SNR)	77
4.3.3 Pengujian Keberhasilan Pengiriman Data.....	79
4.3.4 Pengujian Topologi Bintang	80
4.3.5 Pengujian Daya Node Sensor.....	81
4.4 Pengujian Perbandingan Fuzzy Topologi Peer-to-Peer dan Topologi Bintang	84
4.4.1 Pengujian Ketersediaan Data Sensor pada Topologi P2P dan Star.....	84
4.4.2 Pengujian Konsistensi dan Kesesuaian Hasil Fuzzy antar Topologi ..	85
4.5 Pengujian Konektivitas NodeMCU ke <i>Dashboard Monitoring</i>	88
4.5.1 Tampilan <i>Monitoring</i> Lokal.....	88
4.5.2 Tampilan <i>Monitoring</i> Ngrok.....	91
4.6 Perbandingan Sistem Peringatan Dini Menggunakan <i>Fuzzy Logic</i> dan <i>Non-Fuzzy</i>	95
BAB V PENUTUP.....	98
5.1 Kesimpulan	98
5.2 Saran	99
DAFTAR PUSTAKA	100
LAMPIRAN.....	103

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Jumlah Kejadian Bencana di Indonesia Periode Tahun 2024.....	1
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan	14
Gambar 3.2 Blok diagram perancangan pendeteksi banjir	16
Gambar 3.3 Rancangan Fisik Pemasangan Alat di Pinggir Sungai	19
Gambar 3.4 Koneksi Node1, Node2, dan Node3	21
Gambar 3.5 Koneksi Arduino nano dengan Modul LoRa	22
Gambar 3.6 Koneksi Arduino Nano Dengan Sensor Ultrasonik	24
Gambar 3.7 Koneksi Arduino Nano Dengan Sensor Aliran Air.....	25
Gambar 3.8 Koneksi Arduino Nano Dengan Sensor Hujan	27
Gambar 3.9 Rangkaian Koneksi NodeMCU dengan Modul LoRa RA-02 (Koordinator)	28
Gambar 3.10 Koneksi Topologi Bintang Antara Node Sensor dan Koordinator .	31
Gambar 3.11 Diagram alir proses keseluruhan	32
Gambar 3.12 Diagram alir Pembacaan Data Sensor Arduino Nano	34
Gambar 3.13 Diagram alir Penerimaan Data ke Node MCU (Node Koordinator)	35
Gambar 3.14 Diagram alir Logika <i>Fuzzy</i>	36
Gambar 3.15 Diagram alir Pengiriman Data ke Server	37
Gambar 3.16 Diagram Alir Tampilan Data Pada <i>Dashboard</i>	38
Gambar 3.17 Inisialisasi Pin dan Pustaka Sensor	42
Gambar 3.18 Void Setup Node Sensor	42
Gambar 3.19 Void Loop Node Sensor	43
Gambar 3.20 Inisialisasi Pin dan Pustaka Node Koordinator	44
Gambar 3.21 Void Setup Node Koordinator.....	45
Gambar 3.22 Void Loop Node Koordinator (Bagian 1)	46
Gambar 3.22 Void Loop Node Koordinator (Bagian 2)	47
Gambar 3.23 Fungsi Hitung <i>Fuzzy</i> Node Koordinator (Bagian 1)	48
Gambar 3.24 Fungsi Hitung <i>Fuzzy</i> Node Koordinator (Bagian 2)	49
Gambar 3.25 Fungsi Parser Data Node Koordinator	50
Gambar 3.26 Struktur File PHP <i>Dashboard</i>	51

Gambar 4.1 Hasil Perancangan Node Sensor	57
Gambar 4.2 Sensor Ultrasonik Node Sensor	58
Gambar 4.3 Sensor Hujan Node Sensor	58
Gambar 4.4 Sensor Aliran Air Node Sensor	59
Gambar 4.5 Kotak Pelindung Node Sensor	59
Gambar 4.6 Isi Kotak Pelindung Node Sensor	59
Gambar 4.7 Kotak Pelindung Node Koordinator	60
Gambar 4.8 Bagian Dalam Kotak Pelindung Node Koordinator	61
Gambar 4.9 Web Server Halaman <i>Dashboard</i> Pemantauan Banjir	62
Gambar 4.10 Web Server Halaman Node 1	63
Gambar 4.11 Web Server Halaman Node 2	64
Gambar 4.12 Web Server Halaman Node 3	64
Gambar 4.13 Pengujian Sensor Hujan	65
Gambar 4.14 Pengujian Sensor Ketinggian Air	66
Gambar 4.15 Pengujian Sensor Aliran Air	68
Gambar 4.16 Lokasi Pengujian Koneksi LoRa	70
Gambar 4.17 Hasil RSSI Pada Node Koordinator	71
Gambar 4.18 Hubungan Antara Jarak dan RSSI	71
Gambar 4.19 Hasil SNR Pada Node Koordinator	73
Gambar 4.20 Hubungan Antara Jarak dan SNR	73
Gambar 4.21 Packet Number	75
Gambar 4.22 Pengukuran kondisi idle	78
Gambar 4.23 Pengukuran Kondisi Pengiriman Data	78
Gambar 4.24 Rata-rata Arus Dari Node Sensor	79
Gambar 4.25 Data Pengiriman Paket Topologi Bintang & Topologi Peer to Peer ke Database Lokal.....	86
Gambar 4.26 Hasil Pengujian Topologi Bintang & Topologi Peer to Peer ke Lokal Database Menggunakan Wireshark.....	87
Gambar 4.27 Data Pengiriman Paket Topologi Bintang & Topologi Peer to Peer ke Database Ngrok	88

Gambar 4.28 Hasil Pengujian Topologi Bintang & Topologi Peer to Peer ke Ngrok Menggunakan Wireshark	89
---	----



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Perbandingan Penelitian Sebelumnya.....	12
Tabel 3.1 Tabel Komponen Node 1, Node 2 dan Node 3	21
Tabel 3.2 Koneksi Pin Arduino Nano ke LoRa Ra-02.....	23
Tabel 3.3 Koneksi Pin Arduino Nano ke Ultrasonik	24
Tabel 3.4 Koneksi Pin Arduino Nano ke Ultrasonik	26
Tabel 3.5 Koneksi Sensor YL-83 ke Arduino Nano	27
Tabel 3.6 Tabel Koneksi Pin Koordinator NodeMCU – Modul LoRa RA-02 ...	29
Tabel 3.7 Tabel Aturan <i>Fuzzy</i>	39
Tabel 4.1 Bahan-Bahan yang Digunakan Node Sensor 1, Node Sensor 2 dan Node Sensor 3.....	60
Tabel 4.2 Bahan- Bahan yang Digunakan Node Koordinator	61
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Sensor Hujan	66
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Sensor Ultrasonik	67
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sensor Aliran Air.....	68
Tabel 4.6 Hasil Pengujian RSSI	72
Tabel 4.7 Hasil Pengujian SNR	74
Tabel 4.8 Tingkat Keberhasilan Pengiriman Data	76
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Topologi Bintang.....	77
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Node Sensor.....	79
Tabel 4.11 Ketersediaan input fuzzy dalam kondisi skenario 1 / normal	81
Tabel 4.12 Ketersediaan input fuzzy dalam kondisi skenario 2	81
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Konsistensi Nilai Risiko Fuzzy pada Topologi P2P dan Star (Skenario 1/ Normal)	83
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Konsistensi Nilai Risiko Fuzzy pada Topologi P2P dan Star (Skenario 2)	84
Tabel 4.15 Perbandingan Delay Monitoring Lokal Topologi Peer-to-Peer dan Bintang.....	86
Tabel 4.16 Perbandingan Throughput Monitoring Lokal Topologi Peer-to-Peer dan Bintang	87

Tabel 4.17 Perbandingan Delay Monitoring Ngrok Topologi Peer-to-Peer dan Bintang	90
Tabel 4.18 Perbandingan Throughput Monitoring Ngrok Topologi Peer-to-Peer dan Bintang	91
Tabel 4.19 Perbandingan Sistem Tanpa Fuzzy dan Dengan Fuzzy	95



DAFTAR SINGKATAN

BNPB	Badan Nasional Penanggulangan Bencana
WSN	Wireless Sensor Network
CSS	Chirp Spread Spectrum
WIFI	Wireless Fidelity
IOT	Internet of Things
IO	Input Output
API	Application Programming Interface
ISM	Industrial, Scientific, and Medical
SPI	Serial Peripheral Interface
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
PHP	Hypertext Preprocessor
URL	Uniform Resource Locator
SNR	Signal-to-Noise Ratio
RSSI	Received Signal Strength Indicator

