

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN MONITORING
KUALITAS UDARA RUANGAN DENGAN METODE FUZZY LOGIC
MENGUNAKAN PROTOKOL BACNET UNTUK IMPLEMENTASI
BUILDING MANAGEMENT SYSTEM**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

IBNU MULYASANA SURYADI

1527422032

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI**

2026

HALAMAN SAMPUL

**RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL DAN MONITORING
KUALITAS UDARA RUANGAN DENGAN METODE FUZZY LOGIC
MENGUNAKAN PROTOKOL BACNET UNTUK IMPLEMENTASI
BUILDING MANAGEMENT SYSTEM**



Intelligentia - Dignitas

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi

Oleh:

IBNU MULYASANA SURYADI

1527422032

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI

2026

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
BENTUK: SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Kualitas Udara
Ruangan Dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Protokol
Bacnet Untuk Implementasi Building Management System

Penyusun : Ibnu Mulyasana Suryadi

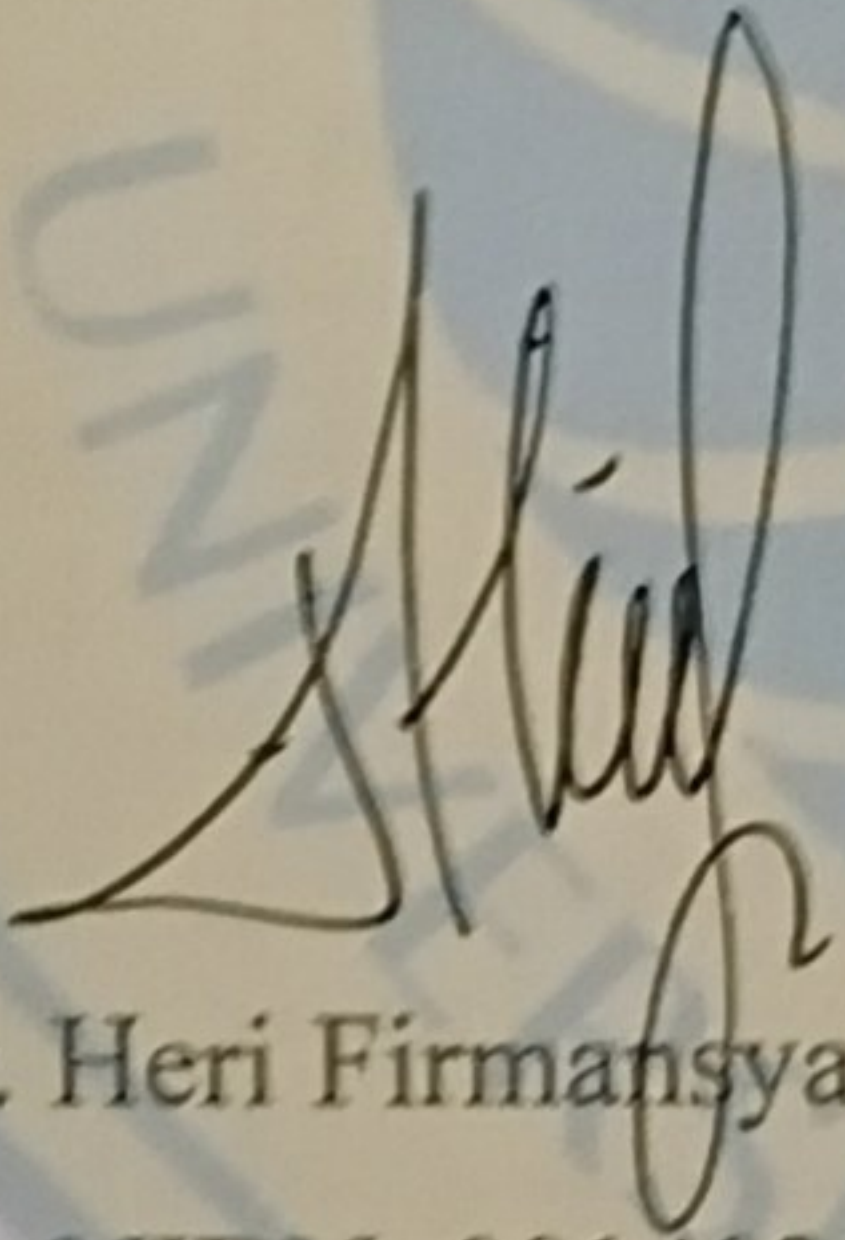
NIM : 1527422032

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

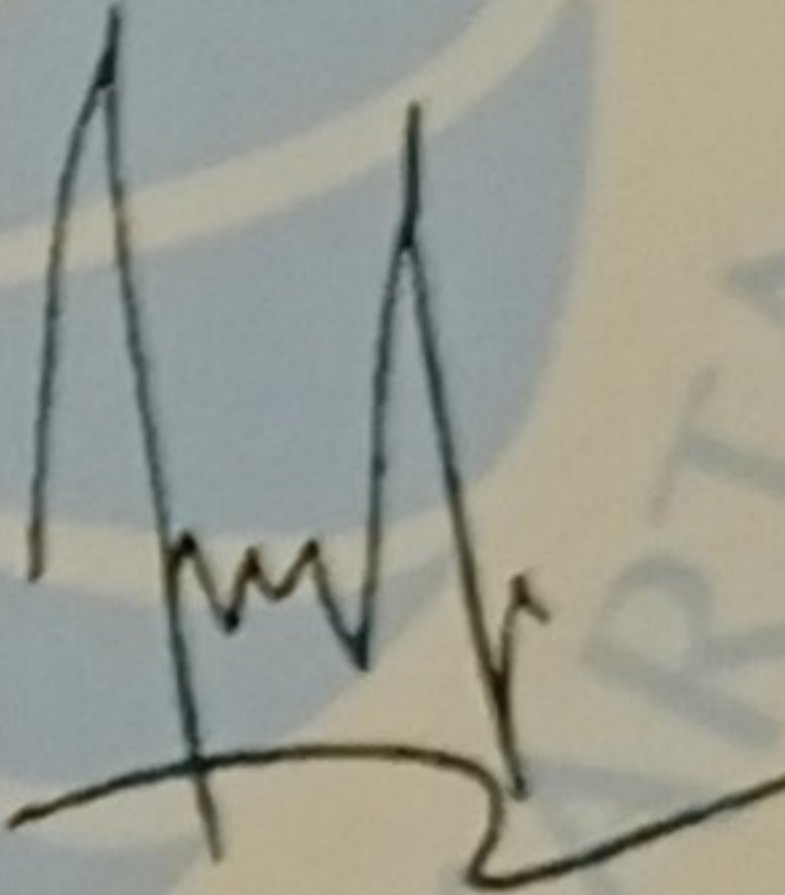
Disetujui Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. Heri Firmansyah, M.T.

NIDN. 0014028408


Rizky Pratama Putra, ST., MT

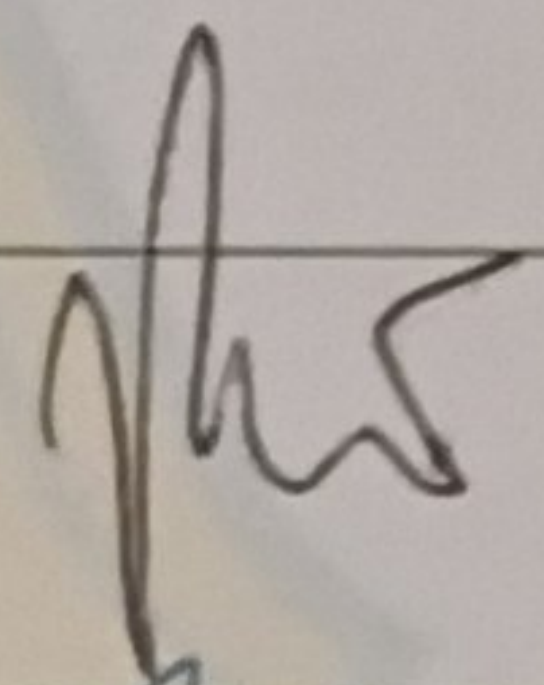
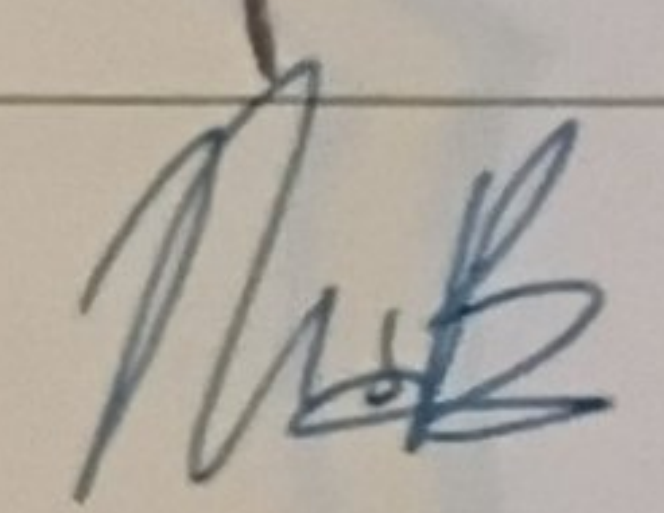
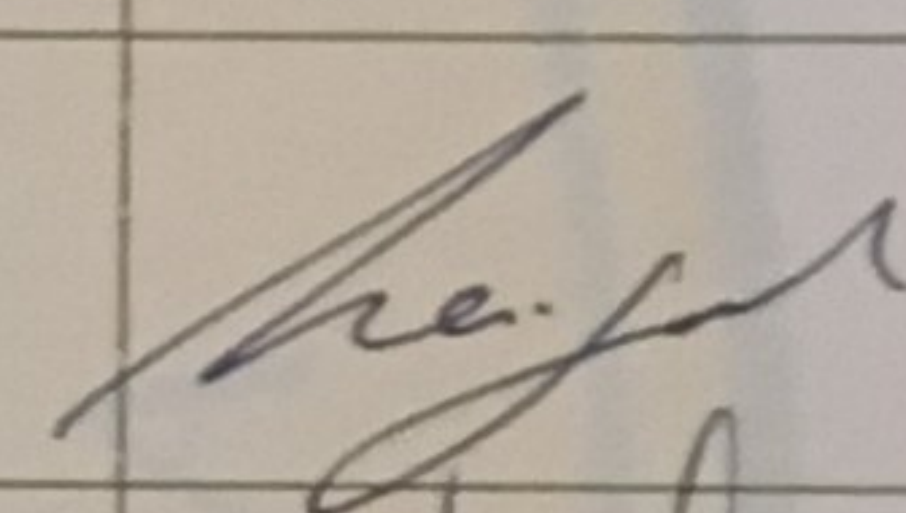
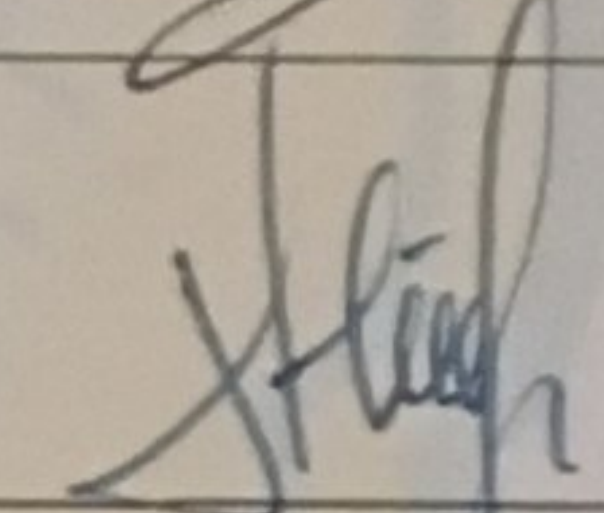
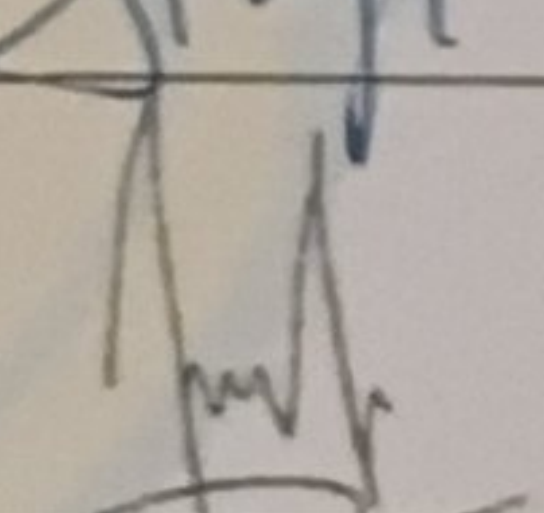
NIDN. 0315089103

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
BENTUK : SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ibnu Mulyasana Suryadi
NIM : 1527422032
Program Studi/Fakultas : Teknologi Rekayasa Otomasi / Teknik
Judul Penelitian : Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Kualitas Udara Ruangan Dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Protokol Bacnet Untuk Implementasi Building Management System

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji dan dinyatakan **Lulus** (~~Tidak Lulus~~)*
Ujian Tugas Akhir oleh Tim Penguji pada Tanggal 20 Juli 2026

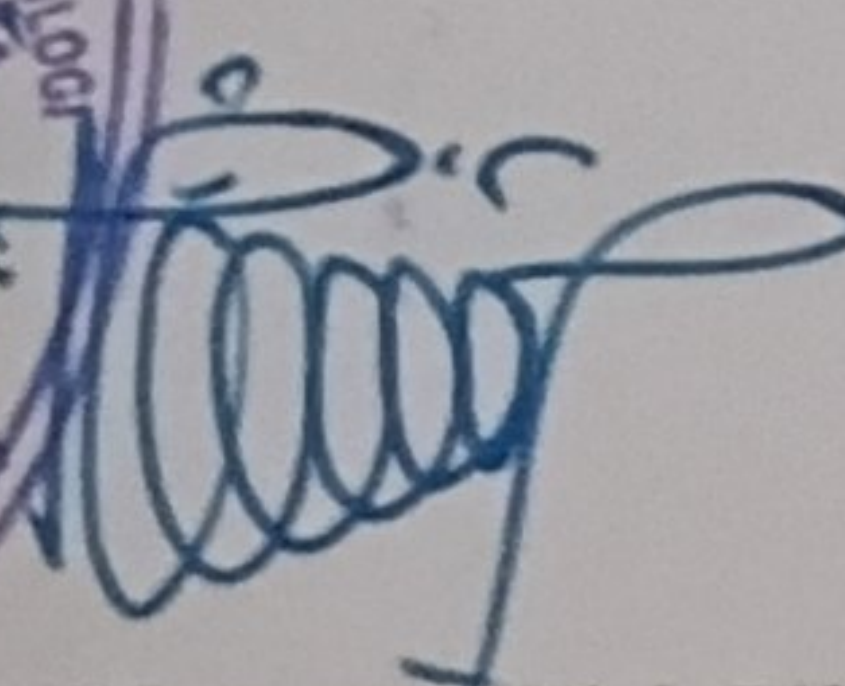
Tim Penguji,

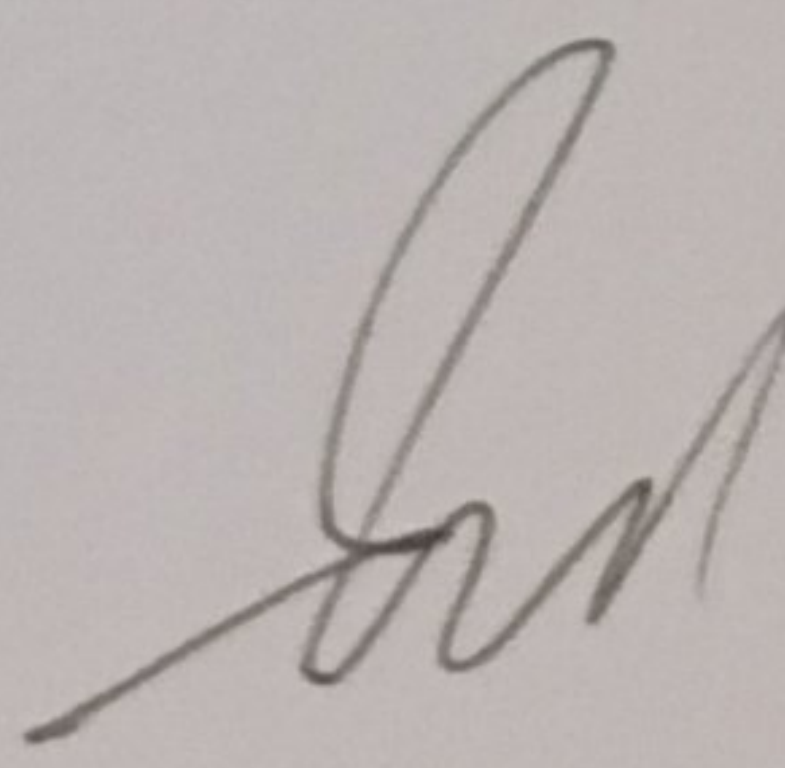
Ketua Penguji	Rafiuddin Syam, S.T., M. Eng., Ph.D NIDN. 0030037203	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 1)	Churnia Sari, S.T., M.T. NIDN. 0708129004	
Anggota Penguji (Penguji Ahli 2)	Nur Hanifah Yuninda, S.T., M.T. NIDN. 0011068204	
Anggota Penguji (Pembimbing 1)	Ir. Heri Firmansyah, M.T. NIDN. 0014028408	
Anggota Penguji (Pembimbing 2)	Rizki Pratama Putra, ST., MT NIDN. 0315089103	

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Koordinator Program Studi


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


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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Nama Mahasiswa : Ibnu Mulyasana Suryadi
NIM : 1527422032
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Fakultas : Teknik
Judul TA : Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Kualitas Udara Ruangan Dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Protokol Bacnet Untuk Implementasi Building Management System

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, 27 Juli 2026



Ibnu Mulyasana Suryadi

1527422032



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 : Ibnu Mulyasana Suryadi
Nim : 1527422032
Fakultas/Prodi : Teknik/Teknologi Rekayasa Otomasi
Alamat email : ibnumulyasana220@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 KONTROL DAN MONITORING
KUALITAS UDARA RUANGAN DENGAN METODE FUZZY LOGIC
MENGUNAKAN PROTOKOL BACNET UNTUK IMPLEMENTASI
BUILDING MANAGEMENT SYSTEM**

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, 27 Juli 2026

Ibnu Mulyasana Suryadi
1527422032

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan anugerah-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Monitoring Kualitas Udara Ruangan Dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan Protokol Bacnet Untuk Implementasi Building Management System”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan di Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis telah menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa 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, M.T., selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa memberikan arahan, motivasi, serta evaluasi yang membangun selama proses penyusunan skripsi ini. Berbagai masukan dan perhatian yang diberikan menjadi bekal berharga bagi penulis dalam menyempurnakan penelitian hingga memperoleh hasil yang optimal.
3. Rizki Pratama Putra, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, saran, dan wawasan ilmiah kepada penulis. Arahan yang diberikan membantu penulis dalam mengembangkan penelitian serta menyusun skripsi ini secara runtut dan sesuai dengan kaidah ilmiah.
4. Kedua orang tua tercinta, Ibu dan Bapak, yang senantiasa memberikan dukungan, doa, serta pengorbanan yang tulus. Semangat, kepercayaan, dan bantuan yang diberikan, baik secara moral maupun material, menjadi kekuatan utama bagi penulis dalam menyelesaikan seluruh proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.

5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi angkatan se-2022, yang telah menjadi teman bertukar pikiran selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi. Kebersamaan, kerja sama, dan pengalaman yang telah dilalui bersama menjadi bagian yang berharga dalam perjalanan akademik penulis.



ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring dan pengendalian kualitas udara dalam ruangan menggunakan metode *Fuzzy Logic Mamdani* dengan protokol BACnet/IP untuk implementasi *Building Management System* (BMS). Sistem memanfaatkan sensor MQ-135 untuk mengestimasi konsentrasi CO₂ dan sensor GP2Y1010AU0F untuk mengukur konsentrasi partikulat PM_{2.5} secara *real-time*. Data dari kedua sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan metode *Fuzzy Logic Mamdani* untuk menentukan kecepatan exhaust fan secara otomatis melalui pengaturan AC dimmer. Seluruh data monitoring, keluaran fuzzy, dan status exhaust fan dikirim menggunakan protokol BACnet/IP melalui jaringan Wi-Fi dan ditampilkan pada antarmuka FUXA sehingga dapat dipantau secara *real-time* sebagai bagian dari Building Management System. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MQ-135 memiliki nilai *error* sebesar 2,11%, sedangkan sensor GP2Y1010AU0F memiliki nilai *error* sebesar 3,52%. Hasil validasi implementasi *Fuzzy Logic Mamdani* menunjukkan rata-rata galat sebesar 0,45% dibandingkan hasil simulasi MATLAB, sehingga algoritma yang diimplementasikan pada ESP32 telah sesuai dengan rancangan. Pengujian komunikasi BACnet/IP menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 100%. Selain itu, hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan exhaust fan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan estimasi konsentrasi CO₂ dan konsentrasi PM_{2.5} dibandingkan kondisi tanpa exhaust fan, serta sistem mampu merespons perubahan kualitas udara dengan mengatur kecepatan exhaust fan secara otomatis. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan monitoring kualitas udara, pengendalian berbasis *Fuzzy Logic Mamdani*, dan komunikasi BACnet/IP sehingga dapat mendukung implementasi *Building Management System*.

Kata kunci: Building Management System, BACnet/IP, ESP32, *Fuzzy Logic Mamdani*, kualitas udara dalam ruangan, PM_{2.5}.

ABSTRACT

This study aims to design, develop, and evaluate an indoor air quality monitoring and control system based on the Mamdani Fuzzy Logic method and the BACnet/IP protocol for Building Management System (BMS) implementation. The system utilizes an MQ-135 sensor to estimate CO₂ concentration and a GP2Y1010AU0F sensor to measure PM2.5 particulate concentration in real time. Data acquired from both sensors are processed by an ESP32 microcontroller using the Mamdani Fuzzy Logic method to automatically determine the exhaust fan speed through AC dimmer control. All monitoring data, fuzzy inference outputs, and exhaust fan status are transmitted via the BACnet/IP protocol over a Wi-Fi network and displayed on the FUXA interface, enabling real-time monitoring as part of a Building Management System. The experimental results show that the MQ-135 sensor achieved an error rate of 2.11%, while the GP2Y1010AU0F sensor achieved an error rate of 3.52%. Validation of the Mamdani Fuzzy Logic implementation yielded an average error of 0.45% compared with MATLAB simulation results, indicating that the algorithm implemented on the ESP32 is consistent with the designed fuzzy model. BACnet/IP communication testing demonstrated a 100% data transmission success rate. Furthermore, the results indicate that the use of the exhaust fan significantly reduced the estimated CO₂ concentration and PM2.5 concentration compared with conditions without the exhaust fan. The system was also capable of responding to changes in indoor air quality by automatically adjusting the exhaust fan speed. Therefore, the developed system successfully integrates indoor air quality monitoring, Mamdani Fuzzy Logic-based control, and BACnet/IP communication, thereby supporting the implementation of a Building Management System.

Keywords: Building Management System, BACnet/IP, ESP32, Mamdani Fuzzy Logic, indoor air quality, PM2.5.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Teori	7
2.1.1 Konsep Rancang Bangun Sistem	7
2.1.2 Konsep Building Management System (BMS)	8
2.1.3 Protokol Komunikasi BACnet	8
2.1.4 Konsep Kualitas Udara Dalam Ruangan	9
2.1.5 Metode Fuzzy Logic	10
2.1.6 Mikrokontroler ESP32	11

2.1.7 Sensor MQ-135	14
2.1.8 Sensor GP2Y1010AU0F	16
2.1.9 Power Supply	18
2.1.10 Print Circuit Board	19
2.1.11 Box Panel	20
2.1.12 Arduino IDE	21
2.1.13 FUXA	23
2.1.14 Autodesk Eagle	24
2.1.15 MATLAB	25
2.1.16 Sketchup	26
2.1.17 Fuzzy Logic	27
2.1.18 Exhaust Fan	28
2.1.19 Modul Dimmer AC Digital	29
2.1.20 Miniature Circuit Breaker (MCB)	30
2.2 Penelitian Terdahulu (State of the Art)	31
2.3 Kerangka Pemikiran	32
2.4 Hipotesis	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2 Metode Penelitian	35
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	37
3.3.1 Sistem Laptop yang digunakan	37
3.3.2 Perangkat Keras (Hardware)	37
3.3.3 Perangkat Lunak (Software)	39
3.4 Perancangan Sistem	39
3.4.1 Flowchart Sistem	40

3.4.2 Flowchart Fuzzy Logic	40
3.4.3 Diagram Alir Penelitian	42
3.4.4 Diagram Blok Sistem	44
3.4.5 Diagram Blok Fuzzy	44
3.4.6 Pengujian Fuzzy pada Matlab	45
3.4.7 Desain Alat.....	48
3.4.8 Pengalamatan	50
3.4.9 <i>Schematic</i>	51
3.5 Teknik Pengumpulan Data.....	52
3.6 Teknik Analisis Data.....	52
3.7 Uji Coba Sistem	54
3.7.1 Pengujian Sensor MQ135	54
3.7.2 Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F	55
3.7.3 Pengujian Komunikasi BACnet.....	56
3.7.4 Pengujian Algoritma Fuzzy	57
3.7.5 Pengujian Sistem Pada Ruang Terkontrol	58
3.7.6 Pengujian Perbandingan Kondisi Fan ON dan OFF	58
3.7.7 Pengujian Parameter Kinerja Sistem.....	59
BAB IV HASIL PENELITIAN	60
4.1 Deskripsi Hasil Penelitian.....	60
4.1.1 Hasil Alat	60
4.1.2 Prinsip Kerja Alat.....	62
4.1.3 Langkah Kerja Alat.....	62
4.2 Analisis Data Penelitian	63
4.2.1 Hasil Pengujian Sensor MQ-135.....	64
4.2.2 Hasil Pengujian Sensor GP2Y1010AU0F	65

4.2.3 Hasil Pengujian Komunikasi BACnet.....	66
4.2.4 Hasil Pengujian Fuzzy Logic di Matlab.....	68
4.2.5 Hasil Pengujian Sistem	71
4.2.6 Perbandingan Kondisi Fan On dan Fan Off.....	73
4.2.7 Analisis Parameter Kinerja Sistem.....	76
4.2.8 Pembahasan.....	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN.....	86



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pin ESP32	12
Tabel 2. 2 Spesifikasi MQ-135	15
Tabel 2. 3 Spesifikasi GP2Y1010AU0F	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Power Supply	19
Tabel 3. 1 Fungsi keanggotaan input fuzzy	46
Tabel 3. 2 Fungsi keanggotaan output fuzzy	46
Tabel 3. 3 Rules Base Fuzzy	47
Tabel 3. 4 Pengalamatan	50
Tabel 4. 1 Pembandingan Pengukuran CO ₂	65
Tabel 4. 2 Pembandingan Pengukuran PM _{2.5}	66
Tabel 4. 3 Nilai Objek	67
Tabel 4. 4 Pengujian Fuzzy Logic	69
Tabel 4. 5 Penurunan Konsentrasi Polutan	72
Tabel 4. 6 Penurunan Konsentrasi CO ₂	73
Tabel 4. 7 Penurunan Konsentrasi PM _{2.5}	75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP32 S3	14
Gambar 2. 2 MQ-135	16
Gambar 2. 3 GP2Y1010AU0F	17
Gambar 2. 4 Power Supply	19
Gambar 2. 5 PCB.....	20
Gambar 2. 6 Box Panel	21
Gambar 2. 7 Arduino IDE.....	23
Gambar 2. 8 SmartICS	24
Gambar 2. 9 Autodesk Eagle.....	25
Gambar 2. 10 Matlab.....	26
Gambar 2. 11SketchUp	27
Gambar 2. 12 Exhaust Fan	29
Gambar 2. 13 Modul Dimmer AC Digital	30
Gambar 2. 14 MCB.....	31
Gambar 3. 1 Flowchart Sistem.....	40
Gambar 3. 2 Flowchart Fuzzy.....	41
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 3. 4 Diagram Blok Sistem	44
Gambar 3. 5 Diagram Blok Fuzzy	45
Gambar 3. 6 Desain tampak depan	49
Gambar 3. 7 Desain tampak belakang.....	49
Gambar 3. 8 Desain tampak atas bagian depan.....	50
Gambar 3. 9 <i>Schematic</i>	51
Gambar 4. 1 Hasil Alat.....	61
Gambar 4. 2 Bagian Dalam Alat.....	61
Gambar 4. 3 <i>Devicr Connection</i>	67
Gambar 4. 4 Tampilan FUXA.....	67
Gambar 4. 5 <i>Surface Viewer</i>	70
Gambar 4. 6 Instalasi Pada Ruang Terkontrol	71
Gambar 4. 7 Trend Line Trial dengn Fan Diaktifkan	72

Gambar 4. 8 Chart Nilai CO2 Kondisi Fan On dan Off.....	74
Gambar 4. 9 Hasil Uji T-Test CO2	74
Gambar 4. 10 Trend PM2.5.....	76
Gambar 4. 11 Hasil Uji T-Test PM2.5	76
Gambar 4. 12 Awal Kenaikan Nilai CO2	77
Gambar 4. 13 Sitem Mulai Mengubah PWM	77
Gambar 4.14 Settling Time	78

