

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS
UDARA BERBASIS IOT DENGAN FUZZY MAMDANI UNTUK
PENDERITA ASMA**

SKRIPSI

SEPTIYA HANUM PRATIWI

20210120061



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER, DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA**

SUKABUMI

2025

**PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS
UDARA BERBASIS IOT DENGAN FUZZY MAMDANI UNTUK
PENDERITA ASMA**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh
Gelar Sarjana Teknik Elektro*

SEPTIYA HANUM PRATIWI

20210120061



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK, KOMPUTER, DAN DESAIN
UNIVERSITAS NUSA PUTRA
SUKABUMI
2025**

PERNYATAAN PENULIS

JUDUL : PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS
UDARA BERBASIS IOT DENGAN FUZZY MAMDANI
UNTUK PENDERITA ASMA
NAMA : SEPTIYA HANUM PRATIWI
NIM 20210120061

Saya menyatakan dan bertanggungjawab dengan sebenarnya bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali cuplikan dan ringkasan yang masing-masing telah saya jelaskan sumbernya. Jika pada waktu selanjutnya ada pihak lain yang mengklaim bahwa Skripsi ini sebagai karyanya, yang disertai dengan bukti-bukti yang cukup, maka saya bersedia untuk dibatalkan gelar Sarjana Teknik Elektro saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut.



SEPTIYA HANUM PRATIWI

Penulis

PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA
BERBASIS IOT DENGAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENDERITA
ASMA
NAMA : SEPTIYA HANUM PRATIWI
NIM 20210120061

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan di depan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 18 Juli 2025. Menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai dari segi kualitas untuk tujuan penganugerahan gelar Sarjana Teknik Elektro.

Sukabumi, 18 Juli 2025

Pembimbing I

Trisiani Dewi Hendrawati, S.Pd., M.T.
NIDN. 0420038701

Ketua Penguji

Fikri Arif Wicaksana, S.Pd., M.T
NUPTK : 8735775676130202

Pembimbing II

Ir. Marina Artiyasa, S.T., M.T., IPM
NIDN. 0403127308

Ketua Program Studi

Panji Narputro, S.T., MT
NIDN. 0120240004

PLH. Dekan Fakultas Teknik, Komputer dan Desain

Ir. Paikun, S.T., M.T.IPM., ASEAN. Eng
NIDN: 0402037401

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini kutujukan kepada :
Ayahanda dan Ibunda tercinta, Adik-adikku tersayang dan keluarga serta
sahabat, rekan dan orang-orang terdekatku



ABSTRAK

Asma merupakan penyakit pernapasan kronis yang dipicu oleh paparan kualitas udara yang buruk, seperti polusi, suhu ekstrem, dan gas berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk membantu penderita asma dalam memantau kondisi udara secara langsung. Sistem ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT11 (suhu), MQ-135 (gas CO), dan GP2Y1010AUF (PM2.5), serta mendukung pengiriman notifikasi melalui Telegram dan tampilan informasi di OLED. Logika Fuzzy Mamdani diterapkan untuk menentukan tingkat risiko asma berdasarkan *input* dari ketiga sensor, dengan *rule base* yang dirancang di MATLAB. Proses pengujian dilakukan sebanyak 45 kali, meliputi kalibrasi sensor dan validasi sistem Fuzzy. Rata-rata error dari hasil kalibrasi sensor menunjukkan nilai sekitar 2,77%, yang masih berada dalam batas toleransi untuk pemantauan skala rumah tangga. Sementara itu, hasil perbandingan Fuzzy antara Arduino dan MATLAB menunjukkan kesesuaian 100% dari 15 skenario pengujian. Notifikasi juga dapat dikirimkan dalam waktu rata-rata $\pm 2,4$ detik, meskipun performa jaringan dapat memengaruhi waktu pengiriman dalam kondisi tertentu. Dengan hasil tersebut, sistem ini dinilai cukup menjanjikan untuk pemantauan mandiri kualitas udara oleh penderita asma, meskipun masih terdapat ruang untuk pengembangan lebih lanjut.

Kata Kunci: asma, IoT, logika Fuzzy, pemantauan kualitas udara, portabel



ABSTRACT

Asthma is a chronic respiratory disease triggered by exposure to poor Air Quality, such as pollution, extreme temperatures, and harmful gases. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based Air Quality monitoring system to assist asthma patients in monitoring environmental conditions in real time. The system utilizes a NodeMCU ESP32 microcontroller integrated with DHT11 (temperature), MQ-135 (CO gas), and GP2Y1010AUF (PM2.5) sensors, and supports notifications via Telegram as well as information display through an OLED screen. The Mamdani Fuzzy logic method is implemented to determine asthma risk levels based on input from the three sensors, with rule bases designed and validated using MATLAB. A total of 45 tests were conducted, including sensor calibration and fuzzy system validation. The average sensor calibration error was approximately 2.77%, which is considered acceptable for household-scale monitoring. Meanwhile, the fuzzy inference results from Arduino were found to be 100% consistent with MATLAB across 15 testing scenarios. The notification feature demonstrated an average delivery time of ± 2.4 seconds, although network performance may influence transmission speed under certain conditions. Based on these findings, the system shows potential as a self-monitoring tool for asthma patients, though further improvements are still needed for broader application.

Keywords: *asthma, IoT, fuzzy logic, Air Quality monitoring, portable*



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “ Pengembangan Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT dengan Fuzzy Mamdani untuk Penderita Asma”. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai syarat lulus menyelesaikan masa studi dan mendapat penganugerahan gelar Sarjana Teknik (S.T).

Sehubungan dengan itu penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Nusa Putra Sukabumi dan seterusnya.
2. Wakil Rektor I Bidang Akademik Universitas Nusa Putra Sukabumi
3. Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi, Panji Narputro, S.T.,M.T. dan seterusnya.
4. Dosen Pembimbing I Universitas Nusa Putra Sukabumi, Trisiani Dewi Hendrawati,S.Pd., M.T.
5. Dosen Pembimbing II Universitas Nusa Putra Sukabumi, Marina Artiyasa, S.T., M.T
6. Ketua Dosen Penguji Fikri Arif Wicaksana, S.Pd., M.T
7. Para Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Nusa Putra Sukabumi
8. Orang tua dan keluarga yang penulis cintai dan banggakan.
9. Rekan – rekan mahasiswa yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.
10. Pihak terkait yang telah membantu pelaksanaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan YME berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Sukabumi, 18 Juli 2025

Septiya Hanum Pratiwi

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik UNIVERSITAS NUSA PUTRA , saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Septiya Hanum Pratiwi
NIM : 20210120061
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nusa Putra **Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ PENGEMBANGAN SISTEM PEMANTAUAN KUALITAS UDARA BERBASIS IOT DENGAN FUZZY MAMDANI UNTUK PENDERITA ASMA”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Nusa Putra berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Sukabumi
Pada Tanggal : Juli 2025

Yang Menyatakan

(Septiya Hanum Pratiwi)

DAFTAR ISI

	HALAMAN
SKRIPSI	i
PERNYATAAN PENULIS	ii
PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
DAFTAR ISI	ix
HALAMAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
10.1 Latar Belakang	1
10.2 Rumusan masalah	2
10.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
10.4 Batasan Penelitian	3
10.5 Metode Penelitian.....	4
10.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait	7
2.2 Peluang Kebaruan	9
2.3 Udara dan Kualitas Udara	10
2.3.1 Pengertian Udara Dan Komponen Udara.....	10
2.3.2 Definisi Kualitas Udara.....	10
2.3.3 Standar WHO tentang Kualitas Udara	11
2.3.4 Parameter Penting dalam Kualitas Udara.....	12
2.4 Suhu dan Lingkungan Fisik.....	13
2.4.1 Peran Suhu dalam Kesehatan Pernapasan	13
2.5 Asma dan Faktor Pemicu	13

2.5.1	Pengertian asma.....	13
2.5.2	Hubungan Asma dengan Kualitas Udara	14
2.5.3	Faktor Pemicu Serangan Asma.....	14
2.6	<i>Internet of Things</i> (IoT) dan Aplikasi Telegram	15
2.6.1	Konsep IoT dalam Monitoring.....	15
2.6.2	Peran Telegram Bot sebagai Notifikasi.....	16
2.7	Sensor yang Digunakan.....	16
2.7.1	Sensor GP2Y1010AU0F (PM2.5)	16
2.7.2	Sensor MQ-135 (Gas CO).....	17
2.7.3	Sensor DHT11 (Suhu).....	17
2.7.4	OLED Display.....	18
2.7.5	Node MCU ESP32	18
2.8	Baterai dan Sistem Daya	19
2.8.1	Baterai lithium-ion.....	19
2.8.2	Modul TP4056	19
2.9	Logika Fuzzy	20
2.9.1	Metode Fuzzy Mamdani.....	20
2.9.2	Penerapan Logika FUZZY dalam Pemantauan Kualitas Udara	21
2.10	MATLAB (<i>Matrix Laboratory</i>).....	21
2.11	Integrasi Arduino IDE sebagai Akuisisi Data.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		22
3.1	Jenis Penelitian.....	22
3.2	Metode Penelitian.....	22
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.4	Spesifikasi Sistem	24
3.5	Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	29
3.5.1	Perancangan dan Implementasi Mikrokontroler.....	30
3.5.2	Rangkaian Sensor MQ-135 dengan Mikrokontroler	31
3.5.3	Rangkaian Sensor DHT11 dengan Mikrokontroler	31
3.5.4	Rangkaian Sensor GP2Y1010AU0F dengan Mikrokontroler.....	32
3.5.5	Rangkaian OLED dengan Mikrokontroler.....	32
3.5.6	Rangkaian Baterai Lithium, <i>Converter</i> dengan Mikrokontroler.....	33
3.5.8	Rangkaian Keseluruhan dan Implementasi Jaringan.....	33
3.6	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	35

3.6.1	Perancangan Pemrograman Arduino IDE	36
3.6.2	Perancangan Bot Telegram	37
3.7	Implementasi Logika Fuzzy Menggunakan MATLAB	37
3.7.1	Fuzzifikasi	37
3.7.2	Inferensi dan Defuzzifikasi	41
3.8	Integrasi Sistem Notifikasi Telegram	44
3.8.1	Implementasi Kode Program pada NodeMCU	44
3.9	Kalibrasi dan Validasi Sistem	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Kalibrasi Sensor	47
4.1.1	Kalibrasi Sensor DHT11 (Suhu)	47
4.1.2	Kalibrasi Sensor MQ-135 (Gas CO)	49
4.1.3	Kalibrasi Sensor GP2Y1010AUF (PM2.5)	51
4.2	Perancangan dan Perakitan Sistem	54
4.3	Pengujian Sistem dan Analisis Data	56
4.4	Perbandingan Hasil Pengujian Arduino dan MATLAB	60
4.5	Pengujian Pengiriman Notifikasi Telegram	61
4.6	Kesimpulan Pengujian Sistem	63
4.7	Validasi Sistem Berdasarkan Wawancara Tenaga Medis	63
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan	65
5.3	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		77

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 GP2Y1010AU0F	16
Gambar 2.2 MQ-135	17
Gambar 2.3 DHT11	17
Gambar 2.4 OLED.....	18
Gambar 2.5 Node MCU ESP32	18
Gambar 2.6 Baterai Lithium – ion.....	19
Gambar 2.7 Modul TP4056.....	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	24
Gambar 3.2 Diagram Blok sistem Secara Umum.....	29
Gambar 3.3 Alur Kerja <i>Hardware</i> Sistem Monitoring.....	30
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor MQ-135 dengan Mikrokontroler	31
Gambar 3.5 Rangkaian Sensor DHT11 dengan Mikrokontroler	31
Gambar 3.6 Rangkaian Sensor GP2Y1010AU0F dengan Mikrokontroler	32
Gambar 3.7 Rangkaian OLED dengan Mikrokontroler	32
Gambar 3.8 Rangkaian Baterai Lithium, <i>Converter</i> dengan Mikrokontroler.....	33
Gambar 3.9 Rangkaian Keseluruhan Komponen	34
Gambar 3. 10 <i>Flowchart</i> Perancangan pada program Arduino IDE.....	36
Gambar 3. 12 Fuzzy <i>Logic</i> Toolbox.....	37
Gambar 3. 13 Parameter PM2.5	39
Gambar 3. 14 Parameter CO	40
Gambar 3. 15 Parameter Suhu.....	41
Gambar 3. 16 Parameter <i>Output</i> Risiko Asma.....	41
Gambar 4.1 Tampilan Pembacaan Data pada OLED Display	54
Gambar 4.2 Rangkaian Sistem Awal Menggunakan <i>Breadboard</i>	55
Gambar 4.3 Tampilan Rangkaian Setelah Dipasang pada PCB Tanpa <i>Breadboard</i> ...	55
Gambar 4.4 Tampilan prototipe alat yang telah dirakit ke dalam <i>casing</i> akrilik.	56
Gambar 4.5 Pembacaan Sensor dan Tampilan OLED	57
Gambar 4.6 Tampilan Notifikasi Telegram dari Sistem Monitoring	58

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Daftar Penelitian Terkait	7
Tabel 2.2 Regulasi WHO Tentang Indikator Kualitas Udara Ambien.....	11
Tabel 2.3 Standar Kualitas Udara.....	13
Tabel 2.4 Faktor Penyebab Asma.....	15
Tabel 3.1 Spesifikasi Sistem Monitoring Kualitas udara	24
Tabel 3.2 Spesifikasi NodeMcu ESP32	25
Tabel 3.3 Spesifikasi Sensor GP2Y1010AU0F.....	25
Tabel 3.4 Spesifikasi Sensor MQ135	26
Tabel 3.5 Spesifikasi Sensor DHT11	26
Tabel 3.6 Spesifikasi OLED.....	27
Tabel 3.7 Spesifikasi jumper kabel	27
Tabel 3.8 Spesifikasi Baterai Lithium-Ion	28
Tabel 3.9 Spesifikasi Telegram	29
Tabel 3.10 Sensor MQ-135 dengan Mikrokontroler	31
Tabel 3.11 Pin Sensor DHT11 dengan Mikrokontroler.....	31
Tabel 3.12 Pin Sensor GP2Y1010AU0F dengan Mikrokontroler.....	32
Tabel 3.13 Pin OLED Display Dengan Mikrokontroler.....	33
Tabel 3.14 Pin Baterai dengan <i>Converter</i>	33
Tabel 3.15 Pin <i>Converter</i> dengan NodeMcu.....	33
Tabel 3.16 Pin dan Wiring Sistem Pemantauan Kualitas Udara	34
Tabel 3.17 Rentang Nilai Himpunan Fuzzy Parameter PM2.5	39
Tabel 3.18 Rentang Nilai Himpunan Fuzzy Gas CO	40
Tabel 3.19 Rentang Nilai Himpunan Fuzzy Suhu.....	40
Tabel 3.20 Himpunan Fuzzy untuk <i>Output</i> Risiko Asma	41
Tabel 3.21 Aturan Fuzzy yang Diterapkan.....	42
Tabel 3.22 Prosedur Kalibrasi sensor.....	46
Tabel 4.1 Kalibrasi Sensor DHT11 Pengujian Pada Suhu Ruangan	47
Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor DHT11 Pengujian Dekat Kipas	48
Tabel 4.3 Kalibrasi Sensor DHT11 Pengujian Dekat Korek Api.....	48

HALAMAN

Tabel 4.4 Rekapitulasi Kalibrasi Sensor DHT11	48
Tabel 4.5 Kalibrasi Sensor MQ135 Pengujian di Udara Bersih.....	49
Tabel 4.7 Kalibrasi Sensor MQ135 Pengujian Dekat Knalpot Motor.....	50
Tabel 4.8 Rekapitulasi Kalibrasi Sensor MQ-135.....	51
Tabel 4.9 Kalibrasi Sensor GP2Y1010AUF Pengujian di Ruangan Bersih.....	52
Tabel 4.10 Kalibrasi Sensor GP2Y1010AUF Pengujian di Dapur	52
Tabel 4.11 Kalibrasi Sensor GP2Y1010AUF Pengujian di Pinggir Jalan Raya	53
Tabel 4.12 Rekapitulasi 15 Pengujian sensor GP2Y1010AUF	53
Tabel 4.13 Perbandingan Hasil Fuzzy Arduino dan MATLAB.....	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan adalah salah satu aspek yang paling penting bagi manusia. Upaya untuk menjaga dan memantau kesehatan secara berkala sangat penting guna mendeteksi dini adanya gangguan kesehatan. Kualitas udara dalam ruangan memiliki dampak signifikan terhadap kesehatan dan kenyamanan manusia. Manusia menghabiskan sebagian besar waktunya di dalam ruangan, dan berbagai polutan udara dalam ruangan dapat membahayakan kesehatan, seperti partikel debu, asap rokok, gas dan lainnya [1].

Asma adalah penyakit peradangan saluran pernapasan kronik dengan tingkat morbiditas dan mortalitas yang cukup tinggi sehingga asma merupakan masalah kesehatan masyarakat yang serius di seluruh dunia [2]. Hal ini ditandai oleh gejala pernapasan seperti mengi, sesak napas, sesak dada, dan batuk yang bervariasi dari waktu ke waktu dan juga dengan keterbatasan aliran udara ekspirasi bervariasi [3].

Morbiditas adalah jumlah individu yang menderita penyakit dalam periode waktu tertentu. Sementara itu, mortalitas mengacu pada jumlah kematian yang terjadi dalam suatu populasi [4]. Pada penderita asma, angka morbiditas dan mortalitas cenderung lebih tinggi pada perokok karena asap rokok dapat merusak paru-paru dan mengganggu efektivitas obat asma [5]. Menurut data dari World

Health Organization (WHO) 2022, terdapat sekitar 262 juta jiwa dan angka kematian akibat asma menyebabkan sekitar 455 ribu kematian. Sedangkan, menurut data dari laporan Global Initiative for Asthma (GINA) tahun 2022 mencatat prevalensi asma di berbagai negara berkisar antara 1–18%, dan diperkirakan sekitar 300 juta orang menderita asma secara global [6].

Penelitian mengenai pemantauan kualitas udara dalam ruangan semakin mendapat perhatian dalam beberapa tahun terakhir. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya belum menerapkan sistem otomatis untuk merespons perubahan kualitas udara, sehingga mengurangi efektivitasnya. Terdapat pula variasi signifikan dalam desain sistem, metode, dan hasil yang dilaporkan, serta ketidaksesuaian indikator yang digunakan dengan pedoman WHO.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara yang lebih efektif dan responsif melalui integrasi teknologi otomatis. Berbeda dari pendekatan sebelumnya yang masih manual atau semi-otomatis, sistem ini memanfaatkan sensor canggih dan algoritma cerdas untuk mendeteksi serta merespons polutan seperti partikel debu, asap rokok, dan gas berbahaya secara *real-time*. Keunggulan utamanya adalah keselarasan indikator kualitas udara dengan standar WHO, sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dan relevan secara global.

Sebagai bentuk pengembangan, sistem ini menggunakan logika fuzzy mamdani untuk mendukung pengambilan keputusan adaptif berdasarkan data sensor. logika fuzzy memungkinkan klasifikasi linguistik seperti “aman”, “waspada”, atau “bahaya”, dan diimplementasikan menggunakan matlab untuk merancang aturan fuzzy secara sistematis dan visual [7]. dengan adanya integrasi metode fuzzy mamdani dan MATLAB, sistem yang dibangun diharapkan dapat memberikan klasifikasi tingkat risiko udara secara lebih cerdas dan dapat diandalkan.

Selain itu, sistem juga dirancang agar dapat terhubung dengan perangkat lain seperti aplikasi *mobile*, sehingga pengguna dapat memantau kualitas udara secara langsung serta memperoleh rekomendasi tindakan. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan berkontribusi pada upaya pencegahan gangguan kesehatan, khususnya bagi penderita asma, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat secara luas.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, perumusan masalah yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut:

1. Indikator apa saja yang dimasukkan dalam penentuan kualitas udara dalam bagi penderita asma? Apakah indikator tersebut sesuai dengan panduan WHO?
2. Bagaimana *output* mengenai sistem disampaikan bagi penderita asma?
3. Apa saja jenis sensor yang umum digunakan dalam penelitian untuk memantau parameter kualitas udara seperti PM2.5, CO, dan suhu yang sesuai dengan indikator polutan menurut WHO?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis indikator kualitas udara yang relevan bagi penderita asma serta mengevaluasi kesesuaiannya dengan panduan WHO
2. Merancang dan mengembangkan mekanisme penyampaian *output* sistem yang efektif dan mudah dipahami bagi penderita asma
3. Mengimplementasikan jenis sensor yang umum digunakan dalam penelitian untuk memantau indikator kualitas udara seperti PM2.5, CO, dan suhu, yang sesuai dengan parameter polutan menurut WHO.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu di bidang sistem pemantauan kualitas udara berbasis standar WHO serta memperkaya literatur tentang indikator yang relevan bagi penderita asma. Secara praktis, penelitian ini menghadirkan solusi nyata berupa sistem pemantauan udara yang akurat dan mudah digunakan, sehingga mendukung pencegahan dini terhadap paparan polutan. Bagi masyarakat umum, penelitian ini dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas udara dalam ruangan. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat menjadi referensi pengembangan sistem yang lebih canggih. Sedangkan bagi pemerintah dan lembaga kesehatan, hasil penelitian ini dapat dijadikan rekomendasi dalam penyusunan kebijakan terkait kualitas udara. Dari sisi teknologi, sistem yang dikembangkan bersifat inovatif dan aplikatif, serta dapat diintegrasikan dengan perangkat lain seperti aplikasi *mobile*.

1.4 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, penetapan batasan ruang lingkup sangat penting untuk menjaga agar fokus penelitian tetap terarah dan tidak terlalu luas. Ruang lingkup penelitian ini mencakup:

1. Sistem dirancang untuk dapat digunakan baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan, dengan mempertimbangkan portabilitas dan ketahanan perangkat terhadap kondisi lingkungan.

2. Parameter yang dipantau dibatasi pada faktor yang relevan bagi penderita asma, yaitu partikel debu, gas berbahaya, dan suhu udara.
3. Perangkat sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 serta sensor MQ-135 (gas), DHT11 (suhu), dan GP2Y1010AU0F (partikel debu).
4. Sistem ini difokuskan untuk mendukung kesehatan penderita asma, sehingga tidak mencakup analisis dampak terhadap kelompok pengguna lain.
5. Penelitian ini bersifat pengembangan prototipe dan tidak dilakukan pada lokasi nyata seperti area industri atau fasilitas kesehatan; pengujian dilakukan dalam kondisi lingkungan terbatas atau simulasi laboratorium.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini mengumpulkan literatur berupa jurnal ilmiah yang diterbitkan antara tahun 2020 hingga 2025, kemudian dianalisis secara mendalam. Metode eksperimen akan diterapkan untuk menguji akurasi sensor yang digunakan, yaitu sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu, sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas berbahaya (CO), serta sensor GP2Y1010AU0F untuk memantau partikel debu (PM2.5). Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data yang akurat guna merancang sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang lebih efektif dan responsif bagi penderita asma.

Berikut adalah tahapan alur penelitian atau metode yang diterapkan dalam merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara, serta proses pengujian yang dilakukan dalam lingkungan dalam ruangan.

1. Studi Literatur

Tahap awal penelitian ini adalah mengumpulkan dan menganalisis jurnal, artikel, dan referensi terdahulu yang relevan dengan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT untuk penderita asma. Studi literatur ini digunakan sebagai dasar untuk pengembangan sistem.

2. Perancangan Sistem

Tahap ini melibatkan perancangan sistem secara keseluruhan, termasuk pembuatan diagram alur kerja dan skema rangkaian untuk menggambarkan hubungan antar komponen seperti sensor, mikrokontroler, dan platform IoT.

3. Implementasi Perangkat Keras dan Lunak

Hasil perancangan diimplementasikan dengan merakit komponen elektronik seperti NodeMCU ESP32, sensor GP2Y1010AU0F, MQ-135, dan DHT11. Selain itu, dilakukan pemrograman untuk mengintegrasikan sistem dengan platform IoT menggunakan Telegram sebagai media notifikasi dan pemantauan.

4. Pengujian Sistem

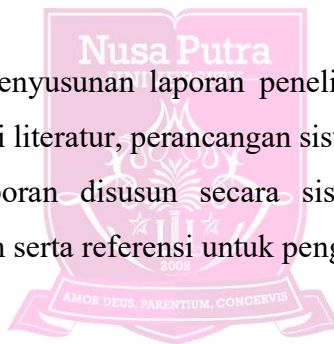
Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan desain dan mampu memantau kualitas udara secara akurat. Pengujian mencakup kalibrasi sensor dan verifikasi data yang dihasilkan.

5. Evaluasi Sistem

Tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan dan efektivitas sistem dalam memantau kualitas udara serta memberikan rekomendasi perbaikan jika ditemukan kekurangan.

6. Penyusunan Laporan

Tahap akhir adalah penyusunan laporan penelitian yang mencakup seluruh proses, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, implementasi, pengujian, hingga evaluasi. Laporan disusun secara sistematis dan ilmiah sebagai dokumentasi penelitian serta referensi untuk pengembangan selanjutnya.



1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terbagi ke dalam lima bab, isi dari setiap bab tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori dasar yang mendukung penelitian, seperti konsep kualitas udara, dampak pencemaran udara terhadap penderita asma, teknologi *Internet of Things* (IoT), jenis sensor pemantau udara, serta kajian pustaka dari penelitian terdahulu terkait sistem pemantauan kualitas udara bagi penderita asma.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan penelitian yang mencakup analisis kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, model proses sistem, serta metode pengolahan dan analisis data yang digunakan dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem yang telah dikembangkan, termasuk pengujian sensor, analisis data kualitas udara, serta pengolahan data menggunakan logika fuzzy. Selain itu, dilakukan pembahasan terhadap performa sistem, akurasi pembacaan sensor, serta keterkaitan hasil dengan tujuan dan teori yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

BAB V: PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem di masa mendatang. Kesimpulan merangkum pencapaian tujuan penelitian, sedangkan saran ditujukan untuk peneliti selanjutnya, pengguna sistem, maupun pihak terkait dalam penerapan teknologi pemantauan kualitas udara.



BAB V

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan logika fuzzy, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem dirancang untuk memantau tiga indikator kualitas udara yang relevan bagi penderita asma, yaitu suhu, gas karbon monoksida (CO), dan partikel debu PM2.5. Pemilihan parameter ini mengacu pada panduan WHO terkait faktor polutan yang memengaruhi kesehatan pernapasan. Untuk itu digunakan sensor DHT11 (suhu), MQ-135 (gas CO), dan GP2Y1010AUF (PM2.5), yang secara umum banyak digunakan dalam penelitian sejenis karena efektivitas dan ketersediaannya. Hasil kalibrasi menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik, dengan rata-rata error masing-masing sebesar 1,22% (DHT11), 3,52% (MQ-135), dan 3,58% (GP2Y1010AUF).
2. Sistem menyampaikan informasi kepada pengguna secara *real-time* melalui tampilan OLED dan notifikasi otomatis ke Telegram. Notifikasi berisi data suhu, kadar CO, kadar PM2.5, serta status risiko asma (Aman, Waspada, dan Bahaya). Hal ini mempermudah penderita asma untuk melakukan pemantauan jarak jauh secara cepat dan praktis.
3. Logika fuzzy Mamdani mengolah input dari ketiga sensor menjadi status risiko asma melalui proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Sistem ini memberikan interpretasi kondisi udara yang lebih mudah dipahami oleh pengguna, serta telah diuji dalam berbagai kondisi lingkungan untuk menilai stabilitas, kecepatan respons, dan keandalannya.

1.2 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

a. Kelebihan:

- 1) Sistem telah berhasil mengimplementasikan logika fuzzy ke dalam mikrokontroler dengan tingkat kesesuaian yang baik terhadap simulasi MATLAB.

- 2) Notifikasi dapat dikirimkan melalui Telegram dengan waktu pengiriman yang cukup cepat dan *real-time*.
- 3) Perangkat bersifat portabel, hemat daya, dan relatif mudah dirakit menggunakan komponen yang tersedia di pasaran.

b. Kekurangan:

- 1) Sensor GP2Y1010AUF yang digunakan hanya mampu membaca partikel PM2.5, belum dapat mencakup parameter PM10 secara langsung.
- 2) Daya baterai masih terbatas dan belum dilengkapi indikator kapasitas atau sistem manajemen daya.
- 3) Sistem belum dilengkapi dengan fitur penyimpanan data jangka panjang seperti logging ke database atau cloud.
- 4) Pengujian masih dilakukan dalam skala terbatas dan belum mencakup berbagai variasi kondisi lingkungan secara menyeluruh.

1.3 Saran

Dalam pengembangan lebih lanjut, beberapa saran berikut dapat dipertimbangkan untuk meningkatkan kualitas dan cakupan sistem:

1. Sistem dapat dikembangkan dengan penambahan sensor lain seperti sensor CO₂, VOC, O₃ atau sensor kelembaban yang lebih akurat untuk memberikan informasi kualitas udara yang lebih komprehensif.
2. Penambahan fitur penyimpanan data secara lokal menggunakan SD Card atau secara online melalui integrasi database (Firebase, MySQL, atau Google Sheets) akan sangat berguna untuk keperluan monitoring jangka panjang dan analisis historis.
3. Sistem sebaiknya diuji dalam durasi waktu lebih lama dan di berbagai lokasi, terutama pada daerah dengan tingkat polusi tinggi untuk menilai daya tahan dan kestabilan sistem secara *real-time* dan berkelanjutan.
4. Penggunaan *casing* yang lebih ergonomis serta modul baterai tahan lama akan meningkatkan portabilitas dan kenyamanan alat dalam penggunaan sehari-hari, khususnya untuk penderita asma yang membutuhkan alat praktis dan siap pakai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. E. Romadhon and H. Y. Novita, "Implementasi FUZZY Logic Tsukamoto pada Deteksi Kondisi Badan Berdasarkan Suhu Tubuh," *Sci. Student J. Information, Technol. Sci.*, vol. IV, no. 1, p. 57, 2023.
- [2] R. Fitri, H. Priyanto, and T. Rinanda, "Asthma Medication Adherence and Quality of Life in Persistent Asthma Patients," *J Respir Indo*, vol. 36, no. 3, pp. 130–137, 2016.
- [3] M. Sutrisna, E. Rahmadani, P. Studi, I. Keperawatan, T. Mandiri, and S. Bengkulu, "Hubungan Jenis Terapi Dan Kontrol Asma Terhadap Kualitas Hidup Pasien Asma Bronkial," *J. Ners*, vol. 6, no. 2, pp. 70–76, 2022, [Online]. Available: <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/ners>
- [4] F. Azis, "Hubungan Tingkat Pengetahuan Keluarga terhadap Penanganan Pertama pada Balita yang Mengalami ISPA," 2016.
- [5] Nurlatifah, I. Nurrasyidah, and F. Heriyani, "Hubungan paparan asap rokok dengan tingkat kontrol asma pada penderita asma," *J. Mhs. Pendidik. Dr.*, vol. 4, no. 3, pp. 721–730, 2021, [Online]. Available: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/hms/article/view/4583>
- [6] Muslina, D. Kurniasih, and A. Latifah, "Hubungan Kadar Kalsium, Zink Dan Besi Serum Penderita Asma Dan Non Asma," *Indones. J. Pharma Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 156–166, 2022.
- [7] A. A. Khryсна Dwipangga, M. Abdillah, M. F. Apriansyah, and R. A. Saputra, "Implementasi Logika FUZZY Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 3, pp. 3967–3974, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9851.
- [8] N. Suwedi, "Pengembangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Perkotaan," *Pros. Semin. Nas. dan Konsult. Teknol. Lingkung.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–57, 2018.
- [9] J. W. Simatupang, S. Hamidah, B. Raditya, and F. Hadinegara, "Sistem Monitoring Online Jaringan Sensor Nirkabel: Survei Kualitas Air dan Udara di Daerah Karawang," *J. Serambi Eng.*, vol. VII, no. 2, pp. 3191–32041, 2022.
- [10] N. Harpawi, Y. Triyani, W. Khabzli, and Y. Syaputra, "Monitoring Kualitas

- Udara dan Kontrol Air Purifier Honeywell HHT-080 Berbasis IoT,” vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [11] “123 1 , 2 , 3,” vol. 08, no. 02, 2020.
- [12] R. Muttaqin, W. S. W. Prayitno, N. E. Setyaningsih, and U. Nurbaiti, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135,” *J. Pengelolaan Lab. Pendidik.*, vol. 6, no. 2, pp. 102–115, 2024, doi: 10.14710/jplp.6.2.102-115.
- [13] F. Zulfiryansyah, S. Syahrurini, and ..., “*Air Quality* Monitoring System using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Type Sistem Monitoring Kualitas Udara menggunakan Unmanned Aerial ...,” *Procedia Eng.* ..., vol. 2, no. 2, pp. 2–8, 2022, [Online]. Available: <https://dosen.umsida.ac.id/modul/publikasi/filesktp/970137/sktp-04-01-2023 03:55:54-970137.pdf>
- [14] J. Jo, B. Jo, J. Kim, S. Kim, and W. Han, “Development of an IoT-Based indoor *Air Quality* monitoring platform,” *J. Sensors*, vol. 2020, pp. 13–15, 2020, doi: 10.1155/2020/8749764.
- [15] F. Pradityo and N. Surantha, “Indoor *Air Quality* monitoring and controlling system based on IoT and FUZZY logic,” *2019 7th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICoICT.2019.8835246.
- [16] W. Li and S. Wang, “A multi-agent based distributed approach for optimal control of multi-zone ventilation systems considering indoor *Air Quality* and energy use,” *Appl. Energy*, vol. 275, no. June, p. 115371, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115371.
- [17] A. Albertraj and J. Vijila, “Design of Indoor *Air Quality* Monitoring System to Ensure a Healthy Universe,” *Proc. - Int. Conf. Smart Electron. Commun. ICOSEC 2020*, no. Icosec, pp. 1123–1127, 2020, doi: 10.1109/ICOSEC49089.2020.9215297.
- [18] S. D. Mendoza *et al.*, *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析* *Title*, vol. 3, no. 1. 2020. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1038/s41421-020-0164-0%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.027%0Ahttps://www.goldenr.com/insights/block-caving-a-viable->

alternative/%0A???%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-15507-2%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41587-020-05

- [19] M. S. S. Virdaus and E. Ihsanto, “Rancang Bangun Monitoring Dan Kontrol Kualitas Udara Dengan Metode FUZZY Logic Berbasis Wemos,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 22, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.005.
- [20] S. Suryanto and R. Nur Ariefin, “Sistem Monitoring Kualitas Udara , Suhu dan Kebersihan Kandang Ayam Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT),” *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 117–123, 2023, doi: 10.31294/imtechno.v4i2.2150.
- [21] M. F. A. B. Zagita, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Dan Pengendali Kualitas Udara Diruang MI (Manual Insert) PT. Smart Meter,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.22441/jte.2021.v12i1.004.
- [22] S. E. López, M. A. Espinàs, R. H. Salvador, L. L. Obradors, and Z. Haddi, “Continuous eHealth monitoring ecosystem for bronchial asthma and *Air Quality*: eHME, Continuous eHealth Monitoring Ecosystem,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 461–464, 2023, doi: 10.1145/3594806.3596556.
- [23] S. R. Anan, M. A. Hossain, M. Z. Milky, M. M. Khan, M. Masud, and S. Aljahdali, “Research and Development of an IoT-Based Remote Asthma Patient Monitoring System,” *J. Healthc. Eng.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/2192913.
- [24] K. Islam, F. Alam, A. I. Zahid, M. M. Khan, and M. Inamabbasi, “Internet of Things- (IoT-) Based *Real-time* Vital Physiological Parameter Monitoring System for Remote Asthma Patients,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/1191434.
- [25] A. E. Putra, T. Rismawan, J. Rekayasa, and S. Komputer, “Klasifikasi Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Menggunakan Metode FUZZY Tsukamoto,” *J. Komput. dan Apl.*, vol. 11, no. 02, pp. 190–196, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jcskommipa/article/view/58704/75676598673>
- [26] M. Hasanuddin and H. Herdianto, “Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis *Internet of Things* (IOT),” *J. Comput. Syst.*

- Informatics*, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.
- [27] H. Subagiyo, R. Tri Wahyuni, M. Akbar, and F. Ulfa, “Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Kualitas Udara,” *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 18, no. 1, p. 72, 2021, doi: 10.24014/sitekin.v18i1.11461.
- [28] Y. Rohmawati, “Pakar kesehatan lingkungan unair soroti penurunan kualitas udara di berbagai kota,” *Universitas Airlangga*. 2023. [Online]. Available: <https://unair.ac.id/pakar-kesehatan-lingkungan-unair-soroti-penurunan-kualitas-udara-di-berbagai-kota/>
- [29] OMS, “WHO global *Air Quality* guidelines,” *Part. matter (PM2.5 PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide carbon monoxide*, pp. 1–360, 2021.
- [30] WHO, “Ambient (outdoor) air pollution,” *World Health Organisation Geneva*, no. 1. pp. 6–8, 2018. [Online]. Available: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- [31] Sholahudin, Y. Damey, W. Fauji, and M. A. S. Yudono, “Indoor *Air Quality* Monitoring System with Automation: A Review,” *2023 IEEE 9th Int. Conf. Comput. Eng. Des. ICCED* 2023, 2023, doi: 10.1109/ICCED60214.2023.10425129.
- [32] A. I. Tiotiu *et al.*, “Impact of air pollution on asthma outcomes,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, no. 17, pp. 1–29, 2020, doi: 10.3390/ijerph17176212.
- [33] X. Y. Zheng *et al.*, “Long-term associations of PM1 versus PM2.5 and PM10 with asthma and asthma-related respiratory symptoms in the middle-aged and elderly population,” *ERJ Open Res.*, vol. 10, no. 4, pp. 1–12, 2024, doi: 10.1183/23120541.00972-2023.
- [34] X. Zhou *et al.*, “Associations between air pollutant and pneumonia and asthma requiring hospitalization among children aged under 5 years in Ningbo, 2015–2017,” *Front. Public Heal.*, vol. 10, no. 3, 2023, doi: 10.3389/fpubh.2022.1017105.

- [35] S. Maharani and W. R. Aryanta, “Dampak Buruk Polusi Udara Bagi Kesehatan Dan Cara Meminimalkan Risikonya,” *J. Ecocentrism*, vol. 3, no. 2, pp. 47–58, 2023, doi: 10.36733/jeco.v3i2.7035.
- [36] Y. Luthfi and A. Rhasyid, “Sistem Pemantauan Cuaca Berdasarkan Kecepatan Angin , Suhu dan Kelembaban Udara Berbasis Internet of Things,” vol. 10, no. 4, pp. 3664–3672, 2023.
- [37] R. Aditya, “Analisis Suhu Panas dan Potensi Cuaca Signifikan di Sebagian Wilayah Indonesia Sepekan ke Depan,” *Bmkg*. pp. 5–6, 2024. [Online]. Available: <https://www.bmkg.go.id/press-release/?p=analisis-suhu-panas-dan-potensi-cuaca-signifikan-di-sebagian-wilayah-indonesia-sepekan-ke-depan&tag=press-release&lang=ID>
- [38] D. E. Rahma, J. Paka, A. Rinando, M. Z. Malik, and N. Afifah, “Pengaruh Kondisi Lingkungan Fisik Terhadap Perubahan Suhu Udara Di Universitas Negeri Malang,” vol. 3, no. 4, pp. 151–162, 2023, doi: 10.17977/um067v3i4p151-162.
- [39] K. Nurdin, F. Heriyani, and I. Nurrasyidah, “Literature Review: Hubungan Indeks Massa Tubuh (Imt) Dengan Tingkat Kontrol Asma Pada Penderita Asma,” *Homeostasis*, vol. 4, no. 1, pp. 181–188, 2021.
- [40] S. Hewitt and B. Winter, “Asthma management guidelines.,” *BMJ (Clinical research ed.)*, vol. 306, no. 6885, p. 1132, 1993. doi: 10.1136/bmj.306.6885.1132.
- [41] J. Cheng, Z. Liu, D. Li, Y. Zhu, J. Luo, and Y. Zhang, “Associations among air pollution, asthma and lung function: a cross-sectional study,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–9, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-88807-6.
- [42] “Air Pollution and Asthma | AAFA.org.” Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: <https://aafa.org/asthma/asthma-triggers-causes/air-pollution-smog-asthma/>
- [43] L. Madaniyazi and S. Xerxes, “Outdoor air pollution and the onset and exacerbation of asthma,” *Chronic Dis. Transl. Med.*, vol. 7, no. 2, pp. 100–106, 2021, doi: 10.1016/j.cdtm.2021.04.003.
- [44] A. Singh *et al.*, “Impacts of ambient *Air Quality* on acute asthma hospital admissions during the COVID-19 pandemic in Oxford City, UK: a time-

- series study,” *BMJ Open*, vol. 14, no. 1, pp. 1–8, 2024, doi: 10.1136/bmjopen-2022-070704.
- [45] P. Surit, W. Wongtanasarasin, C. Boonnag, and B. Wittayachamnankul, “Association between *Air Quality* index and effects on emergency department visits for acute respiratory and cardiovascular diseases,” *PLoS One*, vol. 18, no. 11 November, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0294107.
- [46] “Patient Exposure and the *Air Quality* Index | US EPA.” Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/patient-exposure-and-air-quality-index>
- [47] R. Rahagia, E. Widjajanto, and tina handayani Nasution, “Analisis Hubungan Pengetahuan Dan Perilaku Pengendalian Faktor-Faktor Pemicu Asma Dengan Tingkat Keparahan Penyakit Asma Pada Pasien Asma Di Instalasi Gawat Darurat,” *J. STIKES*, vol. 10 No. 1, pp. 24–36, 2017.
- [48] R. Letcher, A. Wang, J. Dórea, and R. Hale, “Editorial Board,” *Environ. Res.*, vol. 202, p. 112258, 2021, doi: 10.1016/s0013-9351(21)01559-0.
- [49] O. Bronte-Moreno, F. J. González-Barcala, X. Muñoz-Gall, A. Pueyo-Bastida, J. Ramos-González, and I. Urrutia-Landa, “Impact of Air Pollution on Asthma: A Scoping Review,” *Open Respir. Arch.*, vol. 5, no. 2, pp. 0–8, 2023, doi: 10.1016/j.opresp.2022.100229.
- [50] W. Huang, J. Wu, and X. Lin, “Ozone Exposure and Asthma Attack in Children,” *Front. Pediatr.*, vol. 10, no. April, pp. 1–12, 2022, doi: 10.3389/fped.2022.830897.
- [51] P. Sidebang and N. Dianita, “Resiko Kesehatan Paparan PM 2.5 pada Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) di Kota Ternate,” vol. 24, no. 2, pp. 402–411, 2024.
- [52] J. Yang *et al.*, “Effect of C1-inhibitor in adults with mild asthma: A randomized controlled trial,” *Allergy Eur. J. Allergy Clin. Immunol.*, vol. 75, no. 4, pp. 953–955, 2020, doi: 10.1111/all.14053.
- [53] E. A. Silveira, R. R. da S. Filho, M. C. B. Spexoto, F. Haghighatdoost, N. Sarrafzadegan, and C. de Oliveira, “The role of sarcopenic obesity in cancer and cardiovascular disease: A synthesis of the evidence on

- pathophysiological aspects and clinical implications,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 22, no. 9, 2021, doi: 10.3390/ijms22094339.
- [54] M. M. Kelleher *et al.*, “An algorithm for diagnosing IgE-mediated food allergy in study participants who do not undergo food challenge,” *Clin. Exp. Allergy*, vol. 50, no. 3, pp. 334–342, 2020, doi: 10.1111/cea.13577.
- [55] A. P. Abiyasa, I. W. Sukadana, I. W. Utama, and I. W. Sugarayasa, “Datalogger Portabel Online Untuk Remote Monitoring Menggunakan Arduino Mikrokontroler,” *Fortei*, pp. 5–10, 2017, [Online]. Available: www.wampserver.com.
- [56] “Penerapan *Internet of Things* Dalam Security System - SECOM.” Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: https://secom.co.id/id/penerapan-internet-of-things-dalam-security-system/?utm_source=chatgpt.com
- [57] Asyraf Syafiq Adhika, “Memahami Konsep Sistem Monitoring Berbasis IoT dalam Dunia Bisnis -Blog.” Accessed: May 27, 2025. [Online]. Available: https://synapsis.id/blog/konsep-sistem-monitoring-berbasis-iot?utm_source=chatgpt.com
- [58] B. Tanah and B. Masjid, “Jurnal JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi) Penerapan IoT dalam Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan,” vol. 9, no. March, pp. 334–343, 2025.
- [59] M. Yusri, Y. Maulita, and H. Sembiring, “Penerapan IoT dalam Monitoring dan Pengendalian Kualitas Air,” vol. 2, no. 4, 2024.
- [60] L. Hanum and E. Elfizon, “Rancang Bangun Pemantau Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet Of Things,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 619–624, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.473.
- [61] A. Ramadhan *et al.*, “Air Quality Prediction System Using Telegram Bot Based on Real- Time Data,” vol. 3, no. 1, pp. 8–15, 2023.
- [62] M. Learning *et al.*, “The Indonesian Journal of Computer Science,” vol. 14, no. 2, pp. 2357–2386, 2025.
- [63] R. D. Yulendra, E. M. Indrawati, M. Maulidina, and A. Suwardono, “Rancang Bangun Alat Monitoring Notifikasi Pintu Rumah Menggunakan Bot Telegram Berbasis IoT,” *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 7, no. 4, pp.

- 1471–1478, 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i4.3078.
- [64] A. Vidwans and P. Biswas, “A Systematic, Cross-Model Evaluation of Ensemble Light Scattering Sensors,” *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 24, no. 2, pp. 1–18, 2024, doi: 10.4209/aaqr.230129.
- [65] “Jual Dust Sensor (Modul Sensor Debu) | Shopee Indonesia.” Accessed: Jul. 04, 2025. [Online]. Available: https://shopee.co.id/product/27499686/2201896817?d_id=03295&uls_track_id=5345mri200s5&utm_content=3GVs5h8b1W5XAa33gpzybumW3hts&is_from_login=true
- [66] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, “Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135,” *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 23–28, 2020, doi: 10.31937/sk.v12i1.1611.
- [67] Scendynawa24, “Literatur review: penggunaan *Internet of Things* (IoT) dalam pemantauan suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT11,” *JSSIT J. Sains dan Sains Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 12–17, 2024, doi: 10.30631/jssit.v2i2.53.
- [68] J. JUTIS, “Jurnal Teknik Informatika Unis,” *J. Tek. Inform. Unis*, vol. 7, no. 1, 2020, doi: 10.33592/jutis.vol7.iss1.161.
- [69] M. Vasilopoulou *et al.*, “High efficiency blue *Organic Light-Emitting Diodes* with below-bandgap electroluminescence,” *Nat. Commun.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–10, 2021, doi: 10.1038/s41467-021-25135-z.
- [70] F. Faizah, K. Kustori, I. W. Y. M. Wiguna, S. Suhanto, and A. Abdullah, “Implementasi Teknologi Lora Dan Nodemcu Esp8266 Pada Alat Early Warning System Untuk Pemantauan Kualitas Udara,” *J. Penelit.*, vol. 8, no. 1, pp. 42–55, 2023, doi: 10.46491/jp.v8i1.1357.
- [71] U. Pujaria, P. Patil, N. Bahadure, and M. Asnodkar, “*Internet of Things* based Integrated Smart Home Automation System,” *SSRN Electron. J.*, no. January 2020, 2020, doi: 10.2139/ssrn.3645458.
- [72] S. A. Arrahma and R. Mukhaiyar, “Pengujian Esp32-Cam Berbasis Mikrokontroler ESP32,” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 60–66, 2023.

- [73] S. Shironita, H. Tsuruga, K. Honda, K. Koshika, and M. Umeda, "Thermal runaway characteristics of a LiFePO₄-based lithium-ion secondary battery using the laser-irradiation method," *J. Energy Storage*, vol. 40, no. May, p. 102715, 2021, doi: 10.1016/j.est.2021.102715.
- [74] F. Ardianto, Eliza, and R. Saputra, "JURNAL SURYA ENERGY| ISSN (p): 2528-7400 | ISSN (e): 2615-871X DOI :," *Progr. Stud. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 338–344, 2019.
- [75] R. N. Ahmad, H. Suryoatmojo, and D. C. Riawan, "Rancang Bangun Pengisi Daya Untuk Baterai Lithium-Polymer Dengan Mempertimbangkan Kompensasi Resistansi," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 2, pp. 48–57, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.2.48-57.
- [76] M. Iqbal, L. Hartawan, and N. Nugraha, "Perancangan dan Pembuatan Alat Sistem Monitoring Temperatur dan Kelembapan *Greenhouse* dengan Protokol ESP-NOW," vol. 04, no. 01, pp. 79–89, 2024.
- [77] "22 : Wiring diagram of TP4056 Charger Module . | Download Scientific Diagram." Accessed: — Jul. 14, — 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Wiring-diagram-of-TP4056-Charger-Module_fig25_345877902
- [78] H. Nasution, "Implementasi Logika FUZZY pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2020, [Online]. Available: [https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi Logika FUZZY pada Sistem Kecerdasan Buatan](https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512%0Ahttp://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=1559615&val=2337&title=Implementasi%20Logika%20FUZZY%20pada%20Sistem%20Kecerdasan%20Buatan)
- [79] M. A. Triwinanto, B. I. Nugroho, and G. Gunawan, "Penerapan FUZZY Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler," *E-Link J. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 18, no. 2, p. 67, 2023, doi: 10.30587/e-link.v18i2.5893.
- [80] Z. Majidah, M. Ari Bianto, and B. Dwi Saputra, "Implementasi FUZZY Logic Mamdani Untuk Monitoring Kualitas Udara Berbasis Iot," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2024, doi: 10.52060/juptik.v2i1.2091.

- [81] A. F. Choiri, E. Setyati, and F. H. Chandra, "Sistem IoT Berbasis FUZZY Inference Engine Untuk Penilaian Kualitas Udara," *J. Teknol. Inf. dan Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 101–110, 2022, doi: 10.25047/jtit.v9i2.293.
- [82] N. Alifah, A. Susilo, and Y. Irawan, "Implementasi Sistem Pendeteksi Asap Kebakaran dengan Mikrokontroler Arduino Dengan Metode FUZZY Mamdani," *J. Sains Komput. Inform. (J-SAKTI)*, vol. 7, no. 1, pp. 299–307, 2023.
- [83] A. Tenriawaru, R. A. Saputra, and M. Yusril, "Sistem Kendali Lampu Otomatis Multisensor Menggunakan Metode FUZZY Logic Control Inferensi Sugeno Berbasis Mikrokontroler," *J. Eksplora Inform.*, vol. 13, no. 1, pp. 12–23, 2023, doi: 10.30864/eksplora.v13i1.812.
- [84] F. Paquin, J. Rivnay, A. Salleo, N. Stingelin, and C. Silva, "Multi-phase semicrystalline microstructures drive exciton dissociation in neat plastic semiconductors," *J. Mater. Chem. C*, vol. 3, pp. 10715–10722, 2015, doi: 10.1039/b000000x.
- [85] S. Puji Astuti, "Pemanfaatan Software *Matrix Laboratory* (Matlab) Untuk Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa Dalam Pembelajaran Fisika Kinematika," *J. Pendidik. Berkarakter*, vol. 3, no. 2, pp. 54–57, 2020, [Online]. Available: <http://journal.ummat.ac.id/index.php/pendekar>
- [86] E. Ramdani, "FUZZY Logic Modeling untuk pengambilan keputusan menggunakan MATLAB," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 4, no. 2, p. 74, 2016, doi: 10.36055/setrum.v4i2.455.
- [87] S. Manurung, I. Parlina, F. Anggraini, D. Hartama, and J. Jalaluddin, "Penggunaan Sistem Arduino Menggunakan RFID untuk Keamanan Kendaraan Bermotor," *J. Penelit. Inov.*, vol. 1, no. 2, pp. 139–148, 2021, doi: 10.54082/jupin.17.
- [88] U. P. Covid-, A. Sander, M. Kom, D. Pujiyanto, and M. Kom, "Membangun Perangkat Bilik Masker Otomatis untuk Pencegahan Covid-19," *J. Tek. Inform. Mahakarya*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2022.