

SKRIPSI
RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS
WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF THINGS)
DENGAN SENSOR MQ6 DAN SENSOR MQ135

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Komputer



Disusun Oleh:

ZULFIAH AZZAHRO

NIM : 0402219009

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA CIREBON
TAHUN 2025 M / 1447 H

LEMBAR PENGESAHAN STATUS SKRIPSI



UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA CIREBON

LEMBAR PENGESAHAN STATUS SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA
BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF
THINGS) DENGAN SENSOR MQ6 DAN SENSOR MQ135

SAYA : ZULFIAH AZZAHRO

NIM : 0402219009

Mengijinkan Skripsi Sarjana Komputer ini disimpan di Perpustakaan Universitas Nahdlatul Ulama dengan syarat-syarat kegunaan sebagai berikut:

1. Skripsi adalah hak milik Universitas Nahdlatul Ulama.
2. Perpustakaan Universitas Nahdlatul Ulama dibenarkan membuat Salinan untuk referensi saja.
3. Perpustakaan juga dibenarkan membuat salinan Skripsi ini sebagai bahan pertukaran antar institusi Pendidikan tinggi.
4. Berikan tanda √ sesuai dengan kategori Skripsi.

- ☐ Sangat Rahasia (Mengandung isi tentang keselamatan atau kepentingan negara Indonesia)
- ☐ Rahasia (Mengandung isi tentang kerahasiaan dari suatu organisasi/badan di mana penelitian Skripsi ini dikerjakan)

☐ Biasa

Disahkan oleh :


Dicky Andika Sulaeman, S.T., M.Kom

Tanggal : 13 September 2025


Abdul Kohar, M.Kom

Tanggal : 13 September 2025

LEMBAR PERNYATAAN PENULIS



UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA CIREBON

LEMBAR PERNYATAAN PENULIS

**JUDUL : RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA
BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF
THINGS) DENGAN SENSOR MQ6 DAN SENSOR MQ135**

SAYA : ZULFIAH AZZAHRO

NIM : 0402219009

"Saya menyatakan dan bertanggung jawab 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 membatalkan gelar Sarjana Komputer saya beserta segala hak dan kewajiban yang melekat pada gelar tersebut".

Cirebon, 13 September 2025

Yang menyatakan,


ZULFIAH AZZAHRO

NIM: 0402219009

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI



UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA CIREBON

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA
BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF
THINGS) DENGAN SENSOR MQ6 DAN MQ135

SAYA : ZULFIAH AZZAHRO

NIM : 0402219009

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui,

Cirebon, 13 September 2025

Pembimbing I

Pembimbing II

DICKY ANDIKA SULAEMAN, S.T., M.KOM
NIDN. 0409069402

ABDUL KOHAR, M.KOM
NIDN. 0412068704

Mengetahui,
Ketua Program Studi

H. SUKARSA, S.T., M. KOM
NIDN. 0418117605

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI



UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA CIREBON

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

JUDUL : RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA
BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF
THINGS) DENGAN SENSOR MQ6 DAN SENSOR MQ135

SAYA : ZULFIAH AZZAHRO

NIM : 0402219009

Skripsi ini telah diujikan dan dipertahankan dihadapan Dewan Penguji pada Sidang Skripsi tanggal 26 September 2025 menurut pandangan kami, Skripsi ini memadai untuk penganugrahan gelar Sarjana Komputer (S.Kom).

	Tanggal	Tanda Tangan
Pembimbing I <u>Dicky Andika Sulaiman, S.T., M.Kom.</u> NIDN. 040906940	20 Oktober 2025	
Pembimbing II <u>Abdul Kohar, M.Kom.</u> NIDN. 0412068704	20 Oktober 2025	
Penguji I <u>H. Sukarsa, S.T., M.Kom.</u> NIDN. 0415028303	20 Oktober 2025	
Penguji II <u>Rosidin, S.Kom., M.Kom.</u> NIDN. 0418117605	20 Oktober 2025	

Mengetahui
Dekan Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

Teguh Arlovin, S.Kom., M.Kom.
NUPTK. 7839776677130182

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“Hidup Bukan Saling Mendahului, Bermimpilah Sendiri-Sendiri”

-Hindia-

“Terlambat Bukan Berarti Gagal, Cepat Bukan Berarti Hebat. Terlambat Bukan Menjadi Alasan Untuk Menyerah, Setiap Orang Memiliki Proses Yang Berbeda. PERCAYA PROSES itu yang paling penting, Karena Allah telah Mempersiapkan Hal Baik Dibalik Kata Proses Yang Kamu Anggap Rumit”

-Edwar Satria-

PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling inti dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahan, laporan skripsi saya ini saya persembahkan sebagai tanda bukti kepada orangtua, sahabat, pacar, serta teman teman yang selalu memberi support untuk menyelesaikan skripsi ini. Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kecerdasan seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukanlah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai bukan? Karena mungkin ada suatu hal yang dibalik itu semua, dan percayalah alasan saya disini merupakan alasan yang sepenuhnya baik

ABSTRAK

Penelitian ini membahas perancangan dan implementasi sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan antarmuka website. Permasalahan utama yang diangkat adalah belum tersedianya sistem pemantauan kualitas udara secara real-time yang dapat diakses oleh masyarakat maupun instansi terkait. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor MQ135 untuk mendeteksi kualitas udara serta sensor MQ6 untuk mendeteksi adanya gas berbahaya. Data hasil pengukuran ditampilkan secara langsung melalui LCD pada perangkat, buzzer sebagai peringatan dini, serta dikirim ke server melalui jaringan Wi-Fi untuk divisualisasikan pada website berbasis PHP/MySQL yang terhubung dengan Firebase. Pengembangan sistem ini menggunakan metode prototype dengan tahapan analisis kebutuhan, perancangan, pembuatan prototipe, evaluasi, hingga implementasi akhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data kualitas udara secara real-time, memberikan peringatan saat kondisi udara tidak sehat, serta menyajikan informasi dalam bentuk kategori kualitas udara berdasarkan standar ISPU. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu masyarakat dan instansi dalam memantau kualitas udara secara cepat, akurat, dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Internet of Things, Monitoring Kualitas Udara, ESP32, MQ135, MQ6, Website

ABSTRACT

This research discusses the design and implementation of an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system with a website interface. The main issue addressed is the absence of a real-time air quality monitoring system accessible to both the public and relevant institutions. The system was developed using an ESP32 microcontroller connected to an MQ135 sensor to detect air quality and an MQ6 sensor to detect hazardous gases. Measurement data is displayed directly on the device via an LCD, with a buzzer as an early warning, and transmitted via Wi-Fi to a server for visualization on a PHP/MySQL-based website integrated with Firebase. The system development applied the prototype method, which includes requirement analysis, design, prototyping, evaluation, and final implementation. The test results show that the system can display real-time air quality data, provide alerts when the air condition is unhealthy, and present information in the form of air quality categories based on the Air Pollution Standard Index (ISPU). Therefore, this system can assist the public and institutions in monitoring air quality quickly, accurately, and sustainably.

Keywords: Internet of Things, Air Quality Monitoring, ESP32, MQ135, MQ6, Website

KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Segala puji kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan nikmat sehat wal'afiat, nikmat islam iman dan rahmat serta maghfirah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Shalawat serta dalam semoga tetap tercurahkan dan limpahkan kepada junjungan kepada nabi kita Rasulullah Muhammad SAW. Aminn

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan dorongan dari semua pihak terutama dosen pembimbing I maupun II yang selalu memberikan bimbingan serta arahan selama pembuatan skripsi ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Izinkan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Bapak Dr. H. Farihin Nur, M.Pd, selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon.
2. Bapak Teguh Arlovin, S.Kom., M.Kom, selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Bapak H. Sukarsa, S.T., M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika.
4. Bapak Dicky Andika Sulaeman, S.T., M. Kom, selaku Dosen Pembimbing I Fakultas Ilmu Komputer.
5. Bapak Abdul Kohar, M. Kom, selaku Dosen Pembimbing II Fakultas Ilmu Komputer.
6. Bapak H.Sukarsa, S.T., M.Kom, selaku Dosen Penguji I Fakultas Ilmu Komputer.
7. Bapak Rosidin, S.Kom., M.Kom, selaku Dosen Penguji II Fakultas Ilmu Komputer.
8. Seluruh Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon Khususnya Para Dosen, Terima Kasih Atas Segala Ilmu dan Bimbingannya.

9. Terimakasih terhadap kedua orang tua saya Bapak Baddruddin dan Ibu Ulpah S.Ag yang selalu mendoakan dan mensupport serta memberi semangat sehingga saya berhasil dititik ini.
10. Terimakasih kepada kaka saya Zuhri Aunurrafiq S.os dan Zulva Fauziah yang selalu mendoakan serta memberi semangat sehingga saya berhasil dititik ini.
11. Teman-teman angkatan 2021, yang telah berjuang bersama untuk meraih mimpinya.
12. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat terbaik saya, Fauziah Yasmin, Mayaza Auliani, dan Zulva Fauziah, yang telah menemani sejak awal perkuliahan semester I hingga saat ini. Terima kasih atas kebersamaan, doa, dukungan, serta canda tawa yang selalu menjadi penyemangat dalam perjalanan studi saya. Kehadiran kalian adalah bagian penting yang membuat setiap langkah terasa lebih ringan dan berharga. Semoga persahabatan ini selalu terjalin erat, membawa keberkahan, serta menjadi bagian dari kisah indah dalam perjalanan hidup kita masing-masing.
13. Seseorang yang tidak bisa disebutkan namanya, terimakasih sudah menjadi tempat cerita, keluh kesah serta memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis selama penyusunan Tugas Akhir.

Tidak lupa juga penulis sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu-persatu yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis sehingga terwujudnya penulis Skripsi ini, semoga Allah SWT membalas-Nya dengan imbalan yang berlipat ganda. Amiinnn.

Penulis menyadari bahwa penulis Skripsi ini masih memiliki kekurangan, untuk itu diharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Skripsi ini. Semoga Skripsi ini dapat berguna bagi penulis khususnya, dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya. Terima kasih.

Cirebon, 13 September 2025



ZULFIAH AZZAHRO
NIM : 0402219009

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN STATUS SKRIPSI.....	II
LEMBAR PERNYATAAN PENULIS.....	III
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	IV
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	V
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRACT	VIII
KATA PENGANTAR.....	IX
DAFTAR ISI.....	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XIV
DAFTAR TABEL	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Identifikasi Masalah / Problem.....	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.6.1 Manfaat Bagi Mahasiswa	5
1.6.2 Manfaat Bagi Fakultas	5
1.6.3 Manfaat Bagi Masyarakat	5
1.7 Metode & Teknik Penelitian	6
1.7.2 Metode Penelitian.....	6
1.7.2 Metode Pengembangan Sistem.....	6
1.7.3 Teknik Penelitian	6
1.8 Kerangka Berfikir.....	7
1.9 Sistematika Penulisan	8
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Tinjauan Pustaka	10
2.2 Landasan Al-Qur'an	16
2.3 Kualitas Udara.....	17
2.4 Jenis Polutan Pencemaran Udara.....	18
2.5 Dampak Buruk Polusi Udara bagi Kesehatan	19
2.6 Cara Tindakan Dampak Buruk Polusi Udara Terhadap Kesehatan	20
2.7 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU).....	22
2.8 Sistem Monitoring.....	26
2.9 Metode Prototype.....	26
2.10 Internert Of Things	27

2.11	Aurdino IDE	27
2.12	Bahasa C/C++	27
2.13	ESP32	28
2.14	Sensor MQ-135	28
2.15	Sensor MQ-6	28
2.16	LED (Light Emitting Dioda)	29
2.17	Buzzer	29
2.18	Kabel Jumper	29
2.18.1	Jenis jenis kabel Jumper	30
2.19	Breadboard	31
2.20	Kabel USB	31
2.21	LCD (Liquid Crystal Display)	31
2.22	Website	32
2.22.1	Webserver	32
2.22.2	Web Browser	33
2.23	Database MYSQL	33
2.24	Bahasa Pemograman	34
2.24.1	Php (HyperText Preprocessor)	34
2.24.2	CSS (Cascading Style Sheets)	34
2.24.3	HTML (HyperText Markup Language)	34
2.24.4	Bootstrap	35
2.24.5	JavaScript.....	35
2.25	Tools Aplikasi Pengembangan	35
2.25.1	Xampp.....	35
2.25.2	Visual Studio Code	36
2.25.3	Firebase API	37
2.26	Tools Perancangan	38
2.26.1	UML (Unified Modeling Language).....	38
2.26.2	Flowchart	42
2.26.3	Figma	45
2.27	Black box testing	47
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM		48
3.1	Tempat Penelitian dan Waktu	48
3.1.1	Waktu Penelitian	48
3.1.2	Tempat Penelitian	48
3.2	Analisis Masalah	48
3.3	Analisis Kebutuhan Perangkat	49
3.4	Flowchart	51
3.5	Perancangan Alur Kerja Activity Diagram Diusulkan	52
3.5.1	Activity Diagram yang diusulkan	52
3.5.2	Activity Diagram Membaca Nilai Sensor Ke Mikrokontroler	53
3.2.1	Activity Diagram Mengirim Data Ke MYSQL.....	54
3.5.4	Activity Diagram Menampilkan Data	55
3.6	Use Case Diagram	55
3.6.1	Definisi Use Case Diagram	56

3.6.2	Skenario Use Case Diagram.....	57
3.7	Perancangan Sistem Kerja Alat	60
3.7.1	Gambaran Umum.....	60
3.7.2	Perancangan Alat	60
3.7.3	Perancangan Sistem	63
3.8	Perancangan Sistem Database Tabel Kualitas_udara	63
3.9	Perancangan Sistem Database Tabel Laporan_Harian	64
3.10	Perancangan Sistem Firebase Kualitas_Udara	65
3.11	Rancangan Tampilan Web	65
3.11.1	Rancangan Tampilan Dashboard	66
3.11.2	Rancangan Tampilan Riwayat.....	67
3.11.3	Rancangan Tampilan Laporan	68
3.11.4	Rancangan Tampilan Realtime	69
3.11.5	Rancangan Tampilan About / Profil Instansi	70
3.12	Perancangan Pengujian Black Box.....	70
BAB IV IMPLEMENTASI SISTEM DAN PENGUJIAN		72
4.1	Implementasi Sistem	72
4.1.1	Implementasi Alur Alat Sistemnya	72
4.1.2	Implementasi Alat	77
4.2	Implementasi Halaman Website	79
4.2.1	Halaman Dashboard	79
4.2.2	Halaman Riwayat.....	80
4.2.3	Halaman Laporan	81
4.2.4	Halaman Realtime	82
4.2.5	Halaman Tentang	83
4.3	Pengujian Sistem	83
4.3.1	Pengujian Alat.....	83
4.4	Pengujian Blackbox	86
BAB V PENUTUP		88
5.1	Kesimpulan	88
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN.....		93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Kerangka Berfikir.....	7
Gambar 3. 1 Flowchart.....	51
Gambar 3. 2 Activity Diagram Yang Diusulkan.....	52
Gambar 3. 3 Activity Diagram Membaca Nilai Sensor Ke Microcontroler	53
Gambar 3. 4 Activity Diagram Mengirim Data ke MySQL	54
Gambar 3. 5 Activity Diagram Menampilkan Data ke MySQL	55
Gambar 3. 6 Use Case Diagram.....	56
Gambar 3. 7 Gambaran Umum	60
Gambar 3. 8 Gambaran Desain Alat	61
Gambar 3. 9 Rancangan Sistem	63
Gambar 3. 10 Rancangan Tampilan Web Dashboard.....	66
Gambar 3. 11 Rancangan Tampilan Web Riwayat.....	67
Gambar 3. 12 Rancangan Tampilan Web Laporan.....	68
Gambar 3. 13 Rancangan Tampilan Web Raltime.....	69
Gambar 3. 14 Rancangan Tampilan About/Profil Instansi	70
Gambar 4. 1 Implementasi Alat	77
Gambar 4. 2 Halaman Dashboard	79
Gambar 4. 3 Halaman Riwayat	80
Gambar 4. 4 Halaman Laporan	81
Gambar 4. 5 Halaman Realtime	82
Gambar 4. 6 Halaman Tentang	83
Gambar 4. 7 pengujian Layer Sensor	84
Gambar 4. 8 Pengujian Alat Ke Website	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	10
Tabel 2. 2 Kategori Rentang Angka Ispu.....	22
Tabel 2. 3 Tabel jenis Udara, Polutan, dan Dampaknya.....	22
Tabel 2. 4 Kabel Jumper	29
Tabel 2. 5 XAMPP.....	36
Tabel 2. 6 Use Case Diagram.....	38
Tabel 2. 7 Activity Diagram.....	40
Tabel 2. 8 Sequence Diagram	41
Tabel 2. 9 Class Diagram	41
Tabel 2. 10 Flowchart	44
Tabel 3. 1 Waktu penelitian	48
Tabel 3. 2 Definisi Use Case Diagram.....	56
Tabel 3. 3 Proses Membaca Nilai Sensor MQ6 & MQ135.....	57
Tabel 3. 4 Proses Mengirim data ke MySQL.....	57
Tabel 3. 5 Proses menyimpan data Ke MYSQL	58
Tabel 3. 6 Proses mengolah data dengan ISPU.....	58
Tabel 3. 7 Proses menampilkan kategori kualitas udara	58
Tabel 3. 8 Melihat output hasil penerapan ISPU	59
Tabel 3. 9 Tabel Kualitas Udara	63
Tabel 3. 10 Perancangan Sistem Database Tabel Laporan Harian	64
Tabel 3. 11 Perancangan tabel firebase Kualitas udara.....	65
Tabel 3. 12 Perancangan Pengujian BlackBox	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) saat ini menunjukkan kemajuan yang sangat pesat serta memberikan dampak signifikan pada berbagai sektor, seperti rumah pintar, kesehatan, industri, dan transportasi. IoT memungkinkan perangkat saling terhubung dan berkomunikasi secara efisien, sehingga mendukung peningkatan otomatisasi serta pengumpulan dan analisis data dalam skala besar. Salah satu penerapan teknologi IoT yang semakin banyak dikembangkan adalah dalam bidang pemantauan kualitas udara. Melalui teknologi ini, data dapat dikumpulkan secara *real-time* dan dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi sumber pencemaran serta memantau perubahan kondisi udara secara lebih akurat. Dengan demikian, IoT berperan penting dalam meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai kualitas udara dan mendukung pengambilan kebijakan dalam merumuskan strategi yang tepat guna menjaga kesehatan lingkungan (Kurniawaty et al., 2024).

Perkembangan teknologi digital juga semakin mempermudah aktivitas manusia di berbagai bidang, termasuk pemantauan kualitas udara. Salah satu penelitian terkini mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan memanfaatkan platform yang dapat diakses melalui *smartphone* maupun PC. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang terkoneksi langsung dengan jaringan Wi-Fi untuk menerima data pengukuran tingkat pencemaran udara (Mudda Rif'anul Azhari, 2022).

Di tingkat daerah, Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kabupaten Cirebon merupakan instansi pemerintah yang memiliki tugas dalam pengawasan serta pengelolaan lingkungan hidup, termasuk pemantauan kualitas udara secara berkala. DLH bertanggung jawab menyediakan data lingkungan dan melaporkan hasil pemantauan sebagai dasar evaluasi kebijakan publik. Namun, hasil observasi penulis menunjukkan bahwa pemantauan kualitas udara yang dilakukan DLH

Cirebon masih bersifat internal dan belum didukung oleh sistem informasi terbuka yang dapat diakses masyarakat (Dinda Arba Fauzia, 2024).

Di sisi lain, wilayah perkotaan dengan titik strategis seperti persimpangan jalan (lampu merah), kawasan industri, dan pemukiman padat penduduk merupakan area yang rawan polusi. Saat ini belum tersedia sistem pemantauan kualitas udara yang mampu memberikan data secara *real-time* kepada masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring berbasis IoT yang dapat ditempatkan pada titik-titik strategis dan terhubung dengan website publik, sehingga masyarakat dapat memantau kondisi udara secara mandiri, cepat, dan akurat.

Berdasarkan hasil kunjungan lapangan, permasalahan utama yang ditemukan adalah belum tersedianya sistem monitoring kualitas udara yang dapat diakses secara *real-time* serta terjangkau bagi masyarakat maupun instansi terkait. Selama ini, pemantauan hanya dilakukan secara manual dengan alat ukur terbatas yang tidak terintegrasi dengan sistem informasi berbasis internet. Kondisi tersebut mengakibatkan informasi kualitas udara sulit diakses secara cepat oleh masyarakat, sehingga potensi dampak kesehatan akibat pencemaran udara tidak dapat ditangani secara dini.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang serta menciptakan sebuah sistem pemantauan kualitas udara yang berbasis IoT dan bisa diakses secara langsung melalui situs web. Sistem tersebut memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor MQ135 untuk memantau kualitas udara dan sensor MQ6 untuk mendeteksi adanya gas berbahaya. Sehingga informasi yang disajikan lebih relevan dan mudah dipahami oleh pengguna. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan layar LCD yang menampilkan hasil pengukuran secara langsung di lokasi alat, serta pengiriman data melalui jaringan Wi-Fi ke server untuk ditampilkan pada antarmuka website berbasis PHP/MySQL. Dengan demikian, masyarakat maupun instansi terkait dapat memantau kualitas udara secara cepat, akurat, dan berkelanjutan.

Berdasarkan penjelasan di atas, penulis berminat untuk melakukan penelitian tentang perencanaan dan pengembangan sistem pemantauan kualitas udara menggunakan IoT yang dapat diakses secara langsung melalui situs web

publik, serta dipasang di lokasi-lokasi strategis seperti persimpangan lampu merah, area industri, dan ruang publik lainnya. Penelitian ini mengusung judul:

“RANCANG BANGUN MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN IOT (INTERNET OF THINGS) DENGAN SENSOR MQ6 DAN SENSOR MQ135”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, dapat dirumuskan sejumlah permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor MQ135 dan MQ6 untuk mengumpulkan data kualitas udara secara real-time?
2. Bagaimana cara mengolah dan menyajikan data hasil pengukuran sensor agar dapat dikategorikan sesuai kondisi kualitas udara?
3. Bagaimana merancang serta mengintegrasikan antarmuka website yang mampu menampilkan data kualitas udara secara jelas, cepat, dan mudah diakses oleh masyarakat?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah ini, sebagai berikut:

1. Sistem dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan data ke server.
2. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui layar LCD pada perangkat serta antarmuka website.
3. Website yang dikembangkan hanya difungsikan sebagai media monitoring data kualitas udara secara *real-time* bagi masyarakat umum, tanpa dilengkapi dengan fitur autentikasi pengguna, pengelolaan data lanjutan, maupun sistem kontrol otomatis.
4. Penelitian ini difokuskan pada pemantauan kualitas udara di lingkungan *indoor* atau ruang tertutup, serta tidak mencakup fitur penentuan lokasi berbasis GPS.

1.4 Identifikasi Masalah / Problem

Berdasarkan Latar Belakang diatas, penulis dapat mengidentifikasi masalah, sebagai berikut:

- 1) Kurangnya Akses Informasi Kualitas Udara secara *Real-time*:
 - a) Masyarakat dan instansi terkait tidak memiliki akses langsung dan cepat terhadap data kualitas udara.
 - b) Informasi yang ada masih terbatas dan tidak terintegrasi secara *online*.
- 2) Proses Monitoring yang Tidak Efisien:
 - a) Pemantauan kualitas udara masih dilakukan secara manual dengan alat ukur yang jumlahnya terbatas.
 - b) Metode ini tidak efisien dan menghambat penanganan dini terhadap dampak pencemaran udara.
- 3) Ketiadaan Platform Informasi Publik:
 - a) Belum ada platform atau *website* publik yang menampilkan data kualitas udara secara *real-time* dari titik-titik strategis (lampu merah, kawasan industri).
 - b) Hal ini menyebabkan informasi sulit diakses, baik melalui *smartphone* maupun komputer, sehingga masyarakat tidak dapat memantau kondisi lingkungan secara mandiri dan akurat.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dengan sensor MQ135 dan MQ6 yang dapat mengumpulkan data kualitas udara secara real-time.
2. Mengembangkan metode pengolahan data sensor sehingga hasil pengukuran dapat ditampilkan dalam bentuk kategori kualitas udara yang mudah dipahami.
3. Merancang antarmuka website berbasis PHP/MySQL yang terintegrasi dengan sistem IoT untuk menampilkan informasi kualitas udara secara real-time dan dapat diakses oleh masyarakat.

1.6 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan diatas maka manfaat yang bisa diambil pada tiap bagian diantaranya:

1.6.1 Manfaat Bagi Mahasiswa

1. Menjadi media pembelajaran praktis mengenai implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem monitoring lingkungan.
2. Memberikan pengalaman langsung dalam merancang, membangun, serta menguji sistem berbasis mikrokontroler dengan sensor MQ-6 dan MQ-135.
3. Menambah wawasan serta meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam penerapan teknologi berbasis IoT yang memiliki manfaat bagi masyarakat.

1.6.2 Manfaat Bagi Fakultas

1. Menjadi bahan referensi tambahan serta dokumentasi penelitian di bidang *Internet of Things* (IoT), khususnya dalam penerapan sistem monitoring lingkungan.
2. Dapat dijadikan contoh proyek akhir atau tugas akhir mahasiswa yang aplikatif dan relevan dengan isu lingkungan serta perkembangan teknologi.
3. Memberikan kontribusi nyata dalam upaya penyelesaian permasalahan sosial, khususnya yang berkaitan dengan kesehatan lingkungan.

1.6.3 Manfaat Bagi Masyarakat

1. Masyarakat dapat dengan mudah mengakses informasi mengenai kualitas udara di lingkungan sekitar secara *real-time* melalui website.
2. Sistem ini dapat mendorong kepedulian masyarakat terhadap kondisi udara di sekitarnya serta meningkatkan kesadaran akan dampak polusi terhadap kesehatan.
3. Sistem ini berfungsi sebagai sarana edukasi yang mengintegrasikan teknologi dengan isu lingkungan, sehingga dapat mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam upaya pelestarian lingkungan.

1.7 Metode & Teknik Penelitian

1.7.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan pendekatan Penelitian dan Pengembangan (RandD). Pendekatan RandD dipilih karena memiliki tujuan untuk menciptakan suatu produk sekaligus mengukur sejauh mana produk tersebut efektif. Dalam penelitian ini, produk yang dirancang adalah sistem pemantauan kualitas udara yang berbasis Internet of Things (IoT), yang dapat diakses secara langsung melalui situs web dan ditampilkan secara langsung di layar LCD.

1.7.2 Metode Pengembangan Sistem

Dalam pengembangan sistem ini digunakan metode *Prototype*. Pemilihan metode *Prototype* didasarkan pada kemampuannya untuk mendukung proses pengembangan sistem secara bertahap dengan melibatkan pengguna secara langsung pada setiap tahap perancangan dan evaluasi. Proses pengembangan dimulai dengan pembuatan prototipe awal yang kemudian diuji serta dievaluasi oleh pengguna. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam penyempurnaan sistem hingga diperoleh produk akhir yang sesuai dengan kebutuhan.

1. Analisis Kebutuhan: Mengidentifikasi kebutuhan pengguna dan sistem melalui observasi serta wawancara.
2. Perancangan Prototipe Awal: Mendesain sistem monitoring berbasis IoT beserta antarmuka website dalam bentuk prototipe sederhana.
3. Evaluasi Pengguna: Melakukan pengujian prototipe oleh pihak Dinas Lingkungan Hidup.
4. Penyempurnaan Prototipe: Melakukan perbaikan dan penyesuaian berdasarkan hasil uji coba serta masukan dari pengguna.
5. Implementasi Sistem Final: Mengembangkan sistem akhir berdasarkan prototipe yang telah disempurnakan.
6. Pengujian Sistem Final: Melaksanakan pengujian menyeluruh terhadap sistem untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna.

1.7.3 Teknik Penelitian

Berikut adalah point yang digunakan dalam teknik penelitian:

1. Observasi

Dilakukan melalui pengamatan langsung terhadap kondisi di lapangan serta proses monitoring kualitas udara di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon.

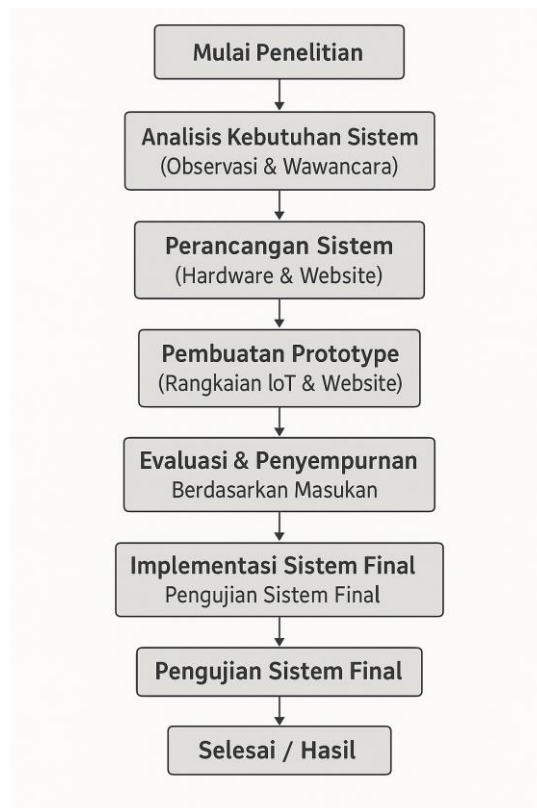
2. Wawancara

Dilaksanakan dengan pihak terkait guna memperoleh informasi mengenai kebutuhan sistem monitoring kualitas udara secara *real-time*.

3. Studi literatur

Menghimpun data dan informasi dari berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, artikel, buku, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan *Internet of Things* (IoT), sensor kualitas udara, dan sistem monitoring lingkungan.

1.8 Kerangka Berfikir



Gambar 1. 1 Diagram Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir dalam penelitian ini menggambarkan alur logis mulai dari permasalahan yang ditemukan di lapangan hingga solusi yang ditawarkan melalui sistem yang dikembangkan. Alur tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Penelitian diawali dengan identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan hasil observasi dan wawancara di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon. Hasil temuan menunjukkan adanya permasalahan, yaitu belum tersedianya sistem monitoring kualitas udara yang dapat diakses secara *real-time* baik oleh masyarakat maupun instansi terkait.
2. Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, dirancang sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan memanfaatkan sensor MQ135 dan MQ6, mikrokontroler ESP32, LCD sebagai penampil nilai lokal, serta antarmuka *website* berbasis PHP/MySQL dengan dukungan basis data Firebase.
3. Untuk membangun sistem tersebut digunakan metode pengembangan *Prototype*, yang dipilih karena memungkinkan pengembangan dilakukan secara bertahap dengan melibatkan pengguna secara langsung dalam memberikan masukan terhadap prototipe yang dikembangkan.
4. Melalui tahapan tersebut dihasilkan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang mampu menampilkan data kualitas udara secara langsung melalui LCD pada perangkat, serta melalui *website* yang dapat diakses secara *real-time* melalui jaringan internet.
5. Sistem ini diharapkan dapat beroperasi secara *real-time*, sehingga masyarakat maupun instansi terkait dapat dengan cepat mengetahui kondisi kualitas udara dan lebih responsif dalam menghadapi potensi pencemaran.

1.9 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini disusun agar memudahkan dalam memahami isi laporan, yang terdiri dari beberapa bab dengan uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, identifikasi masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode pengembangan, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori dasar yang berkaitan dengan penelitian, kajian literatur, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan, yang menjadi dasar dalam pembuatan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT.

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang perancangan sistem yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan hardware dan software, diagram alur sistem, serta rancangan antarmuka website.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi implementasi sistem berdasarkan hasil perancangan, pengujian sistem yang dilakukan untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan yang direncanakan, serta analisis hasil pengujian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan beberapa saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini mengandalkan beberapa tinjauan pustaka yang saling terkait secara langsung tentang pengawasan kualitas udara yang akan diuraikan di bawah ini.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

No	Judul, Penulis, Tahun	Permasalahan	Solusi	Hasil	Tujuan
1	“Perancangan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis internet of things” Hendi Budianto & Budi Sumanto. (2024). Perancangan Sistem Pemantauan Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things. Vol. 5, No. 1, April 2024” (Budianto &	Permasalahan penelitian ini berawal dari kurangnya perhatian terhadap kualitas udara dalam ruangan, padahal sebagian besar aktivitas manusia terjadi di dalamnya. Udara tercemar dapat memicu penyakit seperti ISPA dan asma. Zat berbahaya seperti CO dan CO ₂ sulit terdeteksi, sementara pemantauan saat ini masih	Sebagai solusi, penelitian ini merancang sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang bekerja otomatis dan real-time serta dapat diakses melalui website. Sistem menggunakan sensor MQ-135, MQ-7, GP2Y1010AU0F, dan DHT-22 dengan Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266. Data ditampilkan pada LCD dan disimpan ke	Hasil penelitian menunjukkan sistem monitoring dengan website berhasil mendeteksi beberapa parameter kadar gas (CO ₂ dan CO), partikel debu, suhu, dan kelembaban udara	Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan untuk menginformasikan secara langsung dan dapat digunakan dari jarak jauh. Sistem dapat menyediakan database management system sebagai pengumpul data, peringatan dini buruknya kualitas udara, dan tampilan

	Sumanto, 2024)	manual, tidak efisien, tidak real-time, dan belum memiliki fitur peringatan dini maupun antarmuka pengguna.	database MySQL untuk divisualisasikan di web.		antarmuka penyedia informasi menggunakan web.
2	“Sistem Rancang Bangun Monitoring udara Berbasis Android” Ronaldo Baja Pradana dan Sasa Ani Arnomo (2023). Sistem Rancang Bangun Monitoring udara Berbasis Android. Vol. 09, No. 02 (2023)” (Pradana & Arnomo, 2023)	Permasalahan utama penelitian ini adalah meningkatnya polusi udara akibat aktivitas manusia, seperti asap kendaraan, pembakaran sampah, dan limbah industri, yang berdampak langsung pada kesehatan. Kurangnya akses informasi real-time tentang kualitas udara, terutama di kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Bandung dengan kadar PM2.5	Untuk mengatasi kurangnya informasi real-time tentang kualitas udara, peneliti mengembangkan aplikasi berbasis RAD yang memantau kondisi udara secara langsung. Sistem menggunakan ESP8266 dengan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas berbahaya (CO, NH ₃ , NO _x) dan DHT11 untuk suhu serta kelembaban. Data dikirim	Hasil ini memungkinkan pengguna untuk menangani pencemaran udara dan melakukan pemantauan secara terus-menerus tanpa dibatasi oleh ruang dan waktu.	Membangun aplikasi berbasis Android yang dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui dan memberikan informasi tentang kualitas udara di wilayah tertentu sesuai dengan area yang ditentukan oleh pengguna.

		melebihi batas aman WHO, menjadi hambatan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap polusi udara.	via Wi-Fi dan ditampilkan di aplikasi, memberikan informasi real-time yang mudah diakses dengan antarmuka sederhana.		
3	“Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135” Rodhotul Muttaqin, Wasi Sakti Wiwit Prayitno, Natalia Erna Setyaningsih, dan Upik Nurbaiti (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas	Permasalahan penelitian ini berawal dari tingginya risiko di Laboratorium Fisika Material yang menggunakan bahan kimia berbahaya dan berpotensi menghasilkan gas beracun seperti CO, amonia, alkohol, dan aseton. Polusi udara yang tidak terpantau dapat memicu kebakaran, keracunan, atau kerusakan peralatan, sementara suhu dan kelembaban juga	Penelitian ini merancang sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32 dengan sensor MQ-135 (CO ₂ , alkohol, aseton) dan DHT11 (suhu & kelembaban). Data dikirim real-time ke cloud dan dapat dipantau lewat aplikasi Blynk. Sistem juga dilengkapi buzzer untuk peringatan saat gas berbahaya melebihi batas aman,	Hasil penelitian berupa prototipe sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT. Grafik pengukuran menunjukkan regresi linier baik untuk suhu dan kelembaban dengan koefisien determinasi 0,98 dan 0,94, menandakan sensor DHT11 mampu merespon perubahan kondisi di	Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32 untuk mengukur suhu, kelembaban, dan gas berbahaya di Laboratorium Fisika Material. Sistem menggunakan sensor MQ-135 (sensitif terhadap CO ₂ , alkohol, aseton, dll.) dan DHT11.

	Udara Berbasis Iot (Internet of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. Vol., 6, No. 2, Juli (2024)” (Muttaqin et al., 2024)	berpengaruh pada stabilitas bahan kimia serta keselamatan kerja. Namun, pemantauan masih manual dan belum terintegrasi dengan teknologi jarak jauh sehingga kurang praktis dan rawan keterlambatan peringatan.	mendukung keselamatan dan kesehatan di laboratorium.	ruang pengujian.	
4	“Sistem Monitoring Kualitas Udara Ruangan Dengan Protokol MQTT Berbasis Internet of Things”. Hairunisa. Br. Surbakti, Jafaruddin Gusti Amri Ginting, Shinta Romadhona, Melinda Br Ginting, Khoirun Ni’amah	Penelitian ini mengangkat masalah minimnya sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan yang akurat dan real-time. Polusi udara (CO, CO ₂ , asap rokok, bahan kimia) serta fluktuasi suhu dan kelembapan dapat memengaruhi kesehatan, kenyamanan, dan kondisi	Penelitian ini merancang sistem monitoring kualitas udara ruangan berbasis IoT dengan protokol MQTT. Sistem menggunakan sensor DHT22 (suhu & kelembapan), MQ-135 dan MQ-7 (CO ₂ & CO), serta mikrokontroler ESP32 untuk mengirim data real-time ke cloud Egrotek.	Hasil pemantauan menunjukkan bahwa implementasi protokol MQTT memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan teknologi pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Sistem ini membuktikan kemampuan	Monitoring bertujuan untuk menciptakan alat yang dapat menjaga stabilitas suhu dan kelembapan secara otomatis, mendukung kenyamanan dan kesehatan penghuni ruangan. Protokol MQTT berbasis Internet of Things (IoT) diimplementasi

	(2024). SINTA Jurnal Sistem informasi dan Teknologi Komputasi. Volume 1 Nomor 3 Juli 2024. DOI: 10.61124/sinta.v1i3.25”(Surbakti et al., 2024)	bangunan. Banyak ruangan tidak memiliki ventilasi memadai, dan belum ada sistem yang otomatis memantau dan memberi peringatan saat kondisi berbahaya.	Buzzer dan LED memberikan peringatan saat kualitas udara melebihi batas aman, memungkinkan pengguna memantau dan merespons kondisi udara melalui website atau aplikasi smartphone.	nya untuk menjaga dan menjaga kondisi udara secara efektif dan efisien.	kan dalam sistem ini untuk mengintegrasikan komponen-komponen tersebut. Metode yang digunakan mencakup perancangan dan pengujian sistem, pemantauan menggunakan DHT22 dan ESP32 yang terhubung melalui MQTT.
5	“Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Untuk Monitoring Kualitas Udara” Robby Yuli Endra & Galih Agus Saputra (2022). Implementasi Fuzzy Inference System (FIS)	Permasalahan penelitian ini adalah minimnya alat pemantau kualitas udara di Indonesia. Polusi dari industri dan kendaraan (asap, CO, debu) menurunkan kualitas udara dan berdampak pada kesehatan, sementara keterbatasan	Penelitian ini merancang alat monitoring kualitas udara menggunakan Fuzzy Inference System (FIS) metode Tsukamoto. Sensor MQ2, MQ7, dan Sharp GP2YAUFme ndeteksi asap, CO, dan debu, kemudian diproses dengan logika	Hasil nilai dan kategori kualitas udara yang terbaca oleh sensor yang kemudian hasilnya akan ditampilkan pada website monitoring.	Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat monitoring kualitas udara menggunakan fuzzy inference system metode tsukamoto untuk memberikan informasi berupa nilai kualitas udara. Dengan menggunakan 3 jenis sensor

	Metode Tsukamoto. Jil.10 No.1 (2022) Untuk Monitoring Kualitas Udara”(Endra & Saputra, 2022).	indera manusia membuat masyarakat tidak dapat memantau polusi secara langsung tanpa sistem informasi yang cepat dan akurat.	fuzzy untuk menentukan kualitas udara berdasarkan ISPU. Hasil ditampilkan real-time melalui website, memungkinkan masyarakat atau pihak terkait segera mengambil tindakan terhadap polusi udara.		polutan yang berbeda yaitu MQ2 untuk mendeteksi asap,
--	---	---	--	--	---

Penelitian yang diusulkan penulis					
No	Judul, Penulis, Tahun	Permasalahan	Solusi	Hasil	Tujuan
6	“Rancang Bangun Monitoring Kualitas Udara Berbasis Website Menggunakan IoT (Internet Of Things) Dengan Sensor MQ6 dan Sensor MQ135”(zulfi ah azzahro 2025).	Belum tersedianya sistem monitoring kualitas udara real- time yang dapat diakses masyarakat/instansi, serta belum ada peringatan dini berbasis IoT.	Merancang sistem dengan sensor MQ135 & MQ6, mikrokontroler ESP32, LCD, buzzer, serta website berbasis PHP/MySQL dengan database Firebase.	Sistem dapat menampilkan data kualitas udara secara real-time melalui LCD dan website, dengan peringatan jika udara baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak	Penelitian ini bertujuan untuk Merancang sistem pendeteksi dan monitoring kualitas udara berbasis IoT dengan antarmuka website untuk membantu masyarakat mengetahui kondisi udara

				sehat, dan berbahaya.	secara cepat dan akurat.
--	--	--	--	--------------------------	-----------------------------

2.2 Landasan Al-Qur'an

Ayat-ayat dari Al-Qur'an dalam surat Al- Ma-idah Ayat 6 adalah beberapa masalah yang mendasari skripsi ini:

Surat Ar-Rum ayat 48

اللَّهُ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ فَتُثِيرُ سَحَابًا فَيَبْسُطُهُ فِي السَّمَاءِ كَيْفَ يَشَاءُ وَيَجْعَلُهُ
كِسْفًا فَنَرَى الْوَدْقَ يَخْرُجُ
مِنْ خِلَالِهِ فَإِذَا أَصَابَ بِهِ مَنْ يَشَاءُ مِنْ عِبَادِهِ إِذَا هُمْ يَسْتَبْشِرُونَ

Artinya:

Allahlah yang mengirim angin, lalu ia (angin) menggerakkan awan, kemudian Dia (Allah) membentangkannya di langit menurut yang dikehendaki-Nya dan Dia menjadikannya bergumpal-gumpal, lalu engkau melihat hujan keluar dari celah-celahnya. Maka, apabila Dia menurunkannya kepada hamba-hamba-Nya yang dikehendaki-Nya, seketika itu pula mereka bergembira.

Surat Al-A'raf ayat 57

وَهُوَ الَّذِي يُرْسِلُ الرِّيحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۖ حَتَّىٰ إِذَا أَقْلَتْ سَحَابًا ثِقَالًا
سُفُّهُ لِبَلَدٍ مَّيِّتٍ فَأَنْزَلْنَا بِهِ
الْمَاءَ فَأَخْرَجْنَا بِهِ مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۚ كَذَٰلِكَ نُخْرِجُ الْمَوْتَىٰ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ

Artinya:

“Dialah yang mendatangkan angin sebagai kabar gembira yang mendahului kedatangan rahmat-Nya (hujan) sehingga apabila (angin itu) telah memikul awan yang berat, Kami halau ia ke suatu negeri yang mati (tandus), lalu Kami turunkan hujan di daerah itu. Kemudian Kami tumbuhkan dengan hujan itu berbagai macam buah-buahan. Seperti itulah Kami membangkitkan orang-orang mati agar kamu selalu ingat”.

Ayat diatas secara tegas melarang manusia membuat kerusakan di bumi, termasuk kerusakan lingkungan seperti pencemaran udara. Jadi, pencemaran udara

akibat aktivitas manusia seperti pembakaran liar, limbah asap pabrik, hingga polusi kendaraan itu merupakan bagian dari pelanggaran terhadap perintah Allah. Sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT ini salah satu wujud ikhtiar untuk mencegah pelanggaran tersebut (Fajrin rizqi sabillah, 2025).

Keamanan dan kebersihan lingkungan, khususnya kualitas udara, merupakan salah satu aset penting dalam kehidupan manusia. Ada beberapa alasan utama mengapa sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT perlu diterapkan:

1. Ketidakpastian terhadap ancaman pencemaran udara yang dapat terjadi kapan saja.
2. Ketidakpastian dalam mendapatkan informasi kualitas udara secara akurat dan real-time.
3. Ketidakpastian dalam kecepatan penanganan pencemaran udara.

Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sistem yang bersifat proaktif dan berbasis teknologi modern seperti *Internet of Things (IoT)* yang mampu memantau kondisi udara secara berkelanjutan, memberikan peringatan dini, dan membantu masyarakat dalam menjaga lingkungan dari kerusakan.

2.3 Kualitas Udara

Udara sebagai salah satu elemen lingkungan merupakan hal yang paling penting untuk menjaga kehidupan. Proses metabolisme dalam tubuh organisme tidak dapat berlangsung tanpa adanya oksigen yang berasal dari udara. Udara dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu udara luar (*outdoor air*) dan udara dalam (*indoor air*). Selain oksigen, terdapat sejumlah zat lain yang ada dalam udara, seperti karbon monoksida, karbon dioksida, formaldehid, jamur, virus, dan lain-lain. Zat-zat ini jika masih berada dalam batas yang wajar dapat dinetralisasi, namun jika sudah melebihi batas maka proses netralisasi akan terganggu.

Udara merupakan gabungan gas yang berada di permukaan Bumi. Gas ini tidak tampak, tidak beraroma, dan tidak mempunyai rasa. Tentu saja, gas-gas tersebut mengandung elemen tertentu, yang dapat masuk ke dalam sistem pernapasan manusia. Namun, jika kandungan gas-gas ini masuk melebihi tingkat yang dianggap aman, maka dapat menimbulkan masalah kesehatan seperti sesak napas dan gangguan pernapasan lainnya, bahkan bisa berujung pada kematian.

Keberadaan udara bisa dikenali melalui angin yang bisa menggerakkan benda. (Nurul Iffah Aswar, 2024).

Kualitas udara yang baik merupakan sesuatu yang diharapkan oleh seluruh umat manusia. Semakin baik kualitas udara, tidak akan membahayakan kesehatan tubuh. Udara yang buruk akan mengancam kesehatan manusia dan berkontribusi pada pencemaran iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, serta polusi dan limbah. Kualitas udara yang baik juga memiliki kondisi udara yang hanya mengandung sedikit partikel padat dan polutan kimia.

Udara yang memiliki kualitas buruk bisa mengakibatkan dampak buruk yang signifikan bagi kesehatan pernafasan, bahkan bisa memengaruhi populasi orang yang sehat secara keseluruhan. Ada dua penyebab utama pencemaran udara. Unsur-unsur alamiah meliputi debu yang terbawa angin, abu vulkanik, gas vulkanik, dan penguraian limbah organik. Sementara itu, faktor manusia meliputi penggunaan bahan kimia di udara, debu dari industri, dan emisi dari pembakaran bahan bakar fosil. Seringkali, pencemaran ini merupakan gabungan dari beberapa jenis polutan yang dilepaskan ke atmosfer dan berdampak pada ekosistem. Polutan ini mungkin berbentuk padat, cair, atau gas. Faktor meteorologi dan geografis setempat memengaruhi seberapa cepat kontaminan ini menyebar. “Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 45 Tahun 1997” menyatakan bahwa ada banyak tingkatan penyaringan kualitas udara (Anisa fadhilla widyani, 2021).

2.4 Jenis Polutan Pencemaran Udara

Polutan merupakan pencemaran yang disebabkan oleh zat-zat berbahaya yang dapat mengganggu lingkungan hidup mulai dari udara, air dan tanah. Polutan udara ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh asap pabrik, kendaraan, pembakaran sampah dan lain sebagainya, berikut beberapa jenis polutan udara (Kurniawan, 2021):

1. Karbon Monoksida (CO): Gas ini merupakan polutan yang paling banyak menyebabkan pencemaran di perkotaan, gas yang tidak berasa, tidak berwarna dan tidak berbau. Karbon Monoksida berasal dari proses pembakaran yang tidak sempurna dari mesin kendaraan, baik itu mobil motor dan kendaraan lainnya yang sangat berbahaya untuk tubuh.

2. Nitrogen Dioksida (NO₂): Gas NO₂ memiliki bau yang tajam dengan warna coklat kemerahan, NO₂ merupakan polutan yang berasal dari pembakaran bensin kendaraan bermotor, kandungan gas NO₂ ini lebih berbahaya dari gas NO dan dapat menyebabkan gangguan saluran pernapasan bahkan dapat menyebabkan timbulnya kanker.
3. Karbon Dioksida (CO₂): CO₂ merupakan senyawa kimia atau zat asam arang yang terdiri dari satu bagian karbon dan oksigen. CO₂ ini relatif tidak beracun dan tidak mudah terbakar.
4. Ozone (O₃): Ozone ini merupakan polutan berbahaya yang ada dipermukaan tanah sebagai penyusun utama kabut asap yang terbentuk dari reaksi terhadap sinar matahari bersama-sama dengan nitrogen oksida (NO_x) dan volatile organic compounds (VOC) dari asap kendaraan, bahan kimia dan limbah industri.
5. Sulfur dioksida (SO₂): Sulfur dioksida adalah gas tidak berwarna dengan bau khas yang tajam. Partikel penyebab pencemaran udara ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan peleburan bijih mineral yang mengandung belerang yang bersumber dari pemanas rumah tangga, pembangkit listrik, atau kendaraan bermotor.

2.5 Dampak Buruk Polusi Udara bagi Kesehatan

Polusi udara terdiri dari berbagai komponen seperti partikel halus (PM_{2.5}), partikel kasar (PM₁₀), oksida nitrogen (NO_x), sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan ozon troposferik (O₃). Paparan jangka panjang terhadap polusi udara ini telah terbukti berkaitan dengan sejumlah masalah kesehatan yang serius. Beberapa dampak buruknya meliputi (Wayan Redi Aryanta, 2023):

1. Memicu serangan asma. Hal ini terutama terjadi pada kelompok individu yang sebelumnya mempunyai riwayat asma.
2. Memicu kanker paru-paru. Menurut WHO, zat-zat berbahaya yang terdapat di udara kotor memicu kanker paru yang merupakan penyebab utama kematian terkait kanker di Amerika Serikat.
3. Meningkatkan risiko infeksi dan peradangan di jaringan paru. Hal ini terjadi karena polutan dapat menyebabkan pembengkakan dan iritasi di jaringan

paru erta infeksi paru. Kejadian infeksi paru-paru ini lebih berisiko terjadi pada anak-anak.

4. Menghambat perkembangan anak. Paparan terhadap udara yang berkualitas buruk bisa memperlambat dan menghambat perkembangan paru-paru pada anak. Akibatnya paru-paru tidak bisa berfungsi dengan optimal saat dewasa. Polusi udara juga berdampak negatif terhadap perkembangan otak dan perilaku anak.
5. Meningkatkan risiko BBLR (Berat Badan Lahir Rendah), kelahiran prematur, dan keguguran. Paparan polusi udara pada ibu hamil bisa meningkatkan risiko BBLR hingga kematian pada bayi. Selain itu, partikel udara yang buruk memungkinkan terjadinya peradangan dan melemahkan plasenta janin. Kondisi ini bisa menyebabkan bayi lahir pematurnan dan meningkatkan keguguran.
6. Menimbulkan gangguan pernapasan. Dampak polusi udara yang paling umum terjadi adalah batuk, sesak napas, dan napas pendek.
7. Menimbulkan penyakit paru lainnya. Penyakit paru lain yang mungkin terjadi sebagai dampak dari pencemaran udara adalah penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), pneumonia, dan bronchitis.
8. Meningkatkan risiko sakit jantung dan stroke. Hal ini terjadi karena zat berbahaya seperti karbon hitam dan nitrogen oksida yang terdapat pada asap kendaraan.
9. Meningkatkan risiko kematian. Jika tubuh terpapar udara yang kotor secara terus menerus bisa mengakibatkan angka harapan hidup semakin pendek dan menyebabkan kematian dini.
10. Mengganggu kesehatan mental. Kelompok individu yang tinggal di daerah dengan kualitas udara buruk memiliki peningkatan risiko terkena gangguan mental, seperti depresi berat.

2.6 Cara Tindakan Dampak Buruk Polusi Udara Terhadap Kesehatan

Menurut Fazri (2022), cara mengurangi dampak buruk polusi udara terhadap kesehatan bisa dilakukan mulai dari diri sendiri dan lingkungan sekitar, sebagai berikut:

1. Mengurangi penggunaan kendaraan bermotor, terutama mobil yang menggunakan bahan bakar diesel karena mobil ini mengeluarkan lebih banyak nitrogen oksida.
2. Hemat energi. Beberapa penelitian mengungkapkan bahwa banyak masalah kesehatan yang timbul akibat pembakaran bahan bakar fosil untuk produksi energi karena menghasilkan polutan yang berbahaya seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida dan karbon dioksida. Karena itu, langkah yang bisa dilakukan adalah mengurangi pemakaian listrik di rumah dan tempat kerja.
3. Membeli produk daur ulang. Dengan menggunakan produk daur ulang, penggunaan energi dan polusi udara bisa berkurang.
4. Menggunakan produk yang sustainable. Karena itu, belilah produk dari perusahaan yang berkomitmen dalam mengurangi polusi udara.
5. Menanam pohon. Pohon dapat menghilangkan partikel dan bisa menurunkan kadar nitrogen dioksida, sulfur dioksida, karbon dioksida dan monoksida, ozon, bensen, dan dioksin.
6. Berjalan, bersepeda atau memanfaatkan transportasi umum. Dengan melakukan langkah yang baik ini, polusi udara bisa dikurangi sehingga kesehatan dapat ditingkatkan.
7. Makan produk lokal dan organik. Dengan mengonsumsi produk lokal dan organik, bisa berkontribusi untuk mengurangi emisi dari transportasi dan energi yang diperlukan untuk memperoleh makanan tersebut.
8. Mengurangi makan daging. Ilmuwan mengungkapkan bahwa daging sapi menghasilkan lima kali lebih banyak emisi gas rumah kaca. Dengan mengurangi konsumsi daging atau makan maksimum 90 gram daging sehari, dapat membantu menurunkan polusi udara.
9. Berkebun. Cara yang paling mudah untuk berkontribusi mengurangi polusi udara adalah dengan berkebun tanaman bahan pangan sendiri.
10. Meningkatkan kesadaran terhadap lingkungan. Kesadaran yang meningkat terkait masalah polusi udara, dapat menjadi langkah awal (contoh) untuk mempengaruhi masyarakat di sekitar agar mereka ikut berkontribusi.

11. Hindari penggunaan kantong plastik. Kantong plastik bisa berbahaya bagi lingkungan karena membutuhkan waktu lama untuk diurai. Karena itu, gunakanlah kantong kertas yang lebih mudah diurai oleh tanah.

2.7 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU)

ISPU merupakan akronim dari Indeks Standar Pencemaran Udara. Indeks ini berfungsi untuk menilai tingkat pencemaran udara di suatu daerah dan memberikan data kepada masyarakat tentang potensi risiko kesehatan yang disebabkan oleh pencemaran udara tersebut. Indeks ini memiliki rentang nilai dari 0 hingga 500, di mana semakin besar nilai ISPU, maka kualitas udara di kawasan itu semakin rendah dan semakin membahayakan kesehatan manusia. Berdasarkan keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 45 Tahun 1997 tanggal 13 Oktober 1997 tentang Indeks Standar pencemaran Udara (ISPU). (Andika Eka Putra, 2023).

Tabel 2. 2 Kategori Rentang Angka Ispu

Kategori	Angka Rentang
Baik	0-50
Sedang	51-100
Tidak Sehat	101-199
Sangat Tidak Sehat	200-299
Berbahaya	300-lebih

- a. Menurut penelitian (Andika Eka Putra, 2023)

Tabel 2. 3 Tabel jenis Udara, Polutan, dan Dampaknya

Kategori Udara	Polutan Utama	Keterangan	Dampak Kesehatan
Baik 0-50	Polutan rendah	Rentang kualitas udara yang tidak menimbulkan efek negatif pada kesehatan manusia atau hewan. Serta tidak mengancam bangunan, tumbuhan,	Sehat, aman untuk semua orang.

Kategori Udara	Polutan Utama	Keterangan	Dampak Kesehatan
		atau nilai estetika lingkungan.	
Sedang 51-100	CO ₂ sedikit tinggi, debu ringan	Rentang kualitas udara yang tidak berpengaruh terhadap kesehatan manusia atau hewan, tetapi dapat mempengaruhi tanaman yang rentan serta aspek estetika.	Lelah lebih cepat, pusing ringan pada lansia/asma.
Tidak Sehat 101-199	CO, CO ₂ , PM10, PM2.5, SO ₂	Rentang kualitas udara yang dapat membahayakan kesehatan manusia atau hewan yang sensitif, serta berpotensi merusak tanaman atau mengganggu aspek estetika.	Sesak napas, batuk, iritasi mata, berbahaya bagi anak-anak/lansia.
Sangat Tidak Sehat 200-299	CO tinggi, NO _x , O ₃ , NH ₃ , partikel halus	Rentang kualitas udara yang berpotensi menimbulkan bahaya kesehatan bagi berbagai kelompok populasi yang terpapar.	Gangguan pernapasan serius, memperparah asma, risiko penyakit jantung-paru.
Berbahaya 300-lebih	Gas beracun: CO sangat tinggi, LPG/CH ₄ bocor, NH ₃ pekat	Rentang kualitas udara yang beresiko tinggi dan dapat mengakibatkan masalah kesehatan serius secara umum.	Keracunan, pingsan, kerusakan organ, bisa fatal bila terpapar lama.

b. Menurut BMKG skala dan indeks standar pencemar udara (ISPU)

Kategori Udara	Polutan Utama	Keterangan	Dampak Kesehatan
Baik 0-50	Polutan rendah (umumnya CO ₂)	Aman untuk manusia, hewan, dan tumbuhan.	Tidak menimbulkan

Kategori Udara	Polutan Utama	Keterangan	Dampak Kesehatan
	normal, partikel sangat sedikit)		efek negatif, udara sehat untuk beraktivitas.
Sedang 51-100	CO ₂ sedikit tinggi, debu ringan	Aman untuk manusia/hewan, tetapi tumbuhan sensitif mungkin terpengaruh.	Efek ringan pada kelompok sensitif, seperti cepat lelah atau pusing.
Tidak Sehat 101-199	CO, CO ₂ , PM10, PM2.5, SO ₂	Berisiko bagi manusia, hewan sensitif, dan tumbuhan.	Menimbulkan gangguan pernapasan pada anak-anak, lansia, atau penderita penyakit paru.
Sangat Tidak Sehat 200-299	CO tinggi, NO _x , O ₃ , NH ₃ , partikel halus	Merugikan kesehatan sebagian populasi.	Memicu gejala serius: asma kambuh, sesak napas, dan penyakit kardiovaskular.
Berbahaya 300-lebih	Gas beracun (CO sangat tinggi, LPG/CH ₄ bocor, NH ₃ pekat)	Sangat berisiko dan dapat menyebabkan dampak serius pada kesehatan.	Dapat menyebabkan keracunan, pingsan, kerusakan organ, bahkan kematian.

c. Menurut (Mentri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Pemerintah Nomor 41 Tahun, 1999)

Kategori Udara	Keterangan	Apa Yang harus Dilakukan
Baik 0-50	Tingkat kualitas udara yang sangat baik, tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan, tumbuhan.	Sangat baik melakukan kegiatan di luar.

Sedang 51-100	Tingkat kualitas udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Kurangi aktivitas fisik yang terlalu lama atau berat. Setiap Orang: Masih dapat beraktivitas di luar.
Tidak Sehat 101-199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan.	Kelompok sensitif: Boleh melakukan aktivitas di luar, tetapi mengambil rehat lebih sering dan melakukan aktivitas ringan. Amati gejala berupa batuk atau nafas sesak. Penderita asma harus mengikuti petunjuk kesehatan untuk asma dan menyimpan obat asma. Penderita penyakit jantung: gejala seperti palpitasi/jantung berdetak lebih cepat, sesak nafas, atau kelelahan yang tidak biasa mungkin mengindikasikan masalah serius. Setiap orang: mengurangi aktivitas fisik yang terlalu lama di luar ruangan.
Sangat Tidak Sehat 200-299	Tingkat kualitas udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.	Kelompok sensitif: Hindari semua aktivitas di luar. Perbanyak aktivitas di dalam ruangan atau lakukan penjadwalan ulang pada waktu dengan kualitas udara yang baik. Setiap orang: hindari fisik yang terlalu lama di luar ruangan, pertimbangkan untuk melakukan aktivitas di dalam ruangan.

Berbahaya 300-lebih	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat.	Kelompok sensitif: Tetap di dalam ruangan dan hanya melakukan sedikit aktivitas. Setiap orang: Hindari semua aktivitas di luar.
------------------------	--	--

2.8 Sistem Monitoring

Sistem Monitoring adalah proses yang dilakukan secara rutin dan berkelanjutan untuk mengetahui perkembangan proses yang telah difokuskan sebagai tujuan, mulai dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan. Monitoring sendiri merupakan proses yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang informasi yang dibutuhkan. Melalui monitoring, dilakukan pengukuran secara terus-menerus untuk melacak dan mengevaluasi kemajuan menuju pencapaian tujuan yang telah ditetapkan. Dengan cara ini, sistem monitoring tidak hanya membantu dalam memahami perkembangan yang terjadi tetapi juga menyediakan dasar untuk mengambil keputusan yang berbasis data dan melakukan perbaikan yang diperlukan (Suryantoro & Budiyo, 2019).

2.9 Metode Prototype

Prototype merupakan contoh awal atau gambaran fundamental dari sebuah sistem yang memberikan ilustrasi jelas kepada pengembang dan pengguna mengenai cara kerja sistem secara keseluruhan. Proses pembuatan *prototype* ini disebut *prototyping*, yaitu proses iteratif yang memungkinkan evaluasi dan modifikasi agar sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna secara lebih baik. Selanjutnya, *prototype* akan terus dikembangkan dan disesuaikan dengan perubahan kebutuhan pengguna seiring waktu sehingga menghasilkan produk yang optimal dan responsif. Berdasarkan yang dikemukakan oleh Handayani dan Kurniawan, *prototype* adalah bentuk awal atau fisik yang pertama dari suatu objek yang dihasilkan dalam proses pembuatan, yang menggambarkan ukuran dan bentuk objek tersebut. *Prototype* ini juga digunakan sebagai dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam suatu penelitian (Khusnun Najib et al., 2025).

2.10 Internert Of Things

Internet of Things, yang sering disebut sebagai IoT, merupakan perkembangan teknologi yang ditujukan untuk meningkatkan kehidupan dengan memungkinkan data dipindahkan melalui jaringan dan mengurangi keterlibatan langsung manusia dengan komputer menjadi komunikasi satu arah. menggunakan perangkat pintar yang terhubung ke internet dan sensor pintar untuk berkomunikasi satu sama lain. Dengan meningkatkan perangkat listrik dan elektronik yang terhubung ke Internet, *Internet of Things (IoT)* memberi kesempatan kepada pengguna untuk mengatur data. Ketika informasi dipertukarkan, hal ini akan meningkatkan komunikasi antara komputer dan perangkat elektronik lainnya (Satryawan & Susanti, 2023).

2.11 Aurdino IDE

Arduino IDE adalah *software* yang digunakan untuk membuat *sketch* pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada *board* yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-*upload* ke *board* yang ditentukan, dan meng-*coding* program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan *library C/C++(wiring)*, yang membuat operasi *input/output* lebih mudah (Suppa & Paembonan, 2025).

2.12 Bahasa C/C++

C++ merupakan bahasa pemrograman yang umum digunakan dalam mengembangkan perangkat lunak, dan sangat populer dalam mengembangkan aplikasi desktop, game dan sistem embedded. Beberapa fitur utama C++ adalah kemampuan untuk mengorganisir kode dalam objek, kemampuan untuk menggunakan pointer, penggunaan kelas untuk membuat objek, dan kemampuan untuk melakukan overloading operator. Selain itu C++ juga mendukung konsep pemrograman generik, yaitu kemampuan untuk menulis kode yang dapat digunakan untuk membuat berbagai jenis data. C++ adalah bahasa pemrograman yang cukup sulit tetapi menawarkan fleksibilitas yang lebih besar dalam mengembangkan aplikasi yang kompleks. Bahasa pemrograman ini bisa dipakai di berbagai platform, termasuk Windows, Mac OS, dan Linux (Adawiyah Ritonga, 2023).

2.13 ESP32

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu perangkat yang sangat populer dalam bidang Internet of Things (IoT). Diciptakan oleh Espressif Systems, ESP32 menyediakan kombinasi fitur canggih, harga yang bersahabat, dan fleksibilitas yang membuatnya cocok untuk berbagai penggunaan dalam IoT. Dalam artikel ini, kita akan membahas dengan rinci mengenai ESP32, fitur-fitur yang dimilikinya, aplikasinya, serta mengapa ESP32 menjadi pilihan utama bagi para pengembang di bidang IoT. ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit yang didasarkan pada arsitektur dual-core Xtensa LX6, meskipun beberapa model hanya memiliki satu inti. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth tertanam, yang memungkinkan komunikasi nirkabel dengan efisien dan hemat energi (Imran & Rasul, 2020).

2.14 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa *NH₃*, *Nox*, *alkohol*, *benzol*, *asap (CO)*, *CO₂*, dan lain-lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penada bahaya polusi karena praktis dan tidak membutuhkan banyak energi. Penyesuaian sensitivitas dari sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang bervariasi untuk berbagai konsentrasi gas. Oleh karena itu, penyesuaian sensitivitas sangat penting saat menggunakan komponen ini. Selain itu, kalibrasi untuk mendeteksi konsentrasi *NH₃* pada level 100 ppm atau alkohol pada 50 ppm di atmosfer (Rosa et al., 2020).

2.15 Sensor MQ-6

Sensor gas MQ6 merupakan perangkat yang sangat kecil dan murah, digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas tertentu seperti metana, propana & khususnya gas LPG. Jenis sensor gas ini bekerja dengan mengukur perubahan resistansi yang disebabkan oleh keberadaan gas. Sensor ini dapat dihubungkan dengan mudah dengan Arduino UNO untuk membuat rangkaian deteksi kebocoran gas LPG. Sensor ini mengirimkan sinyal langsung ke papan Arduino UNO, setelah itu memproses & memicu LED & buzzer. Sehingga kebocoran gas LPG dapat dihindari dari potensi bahaya (Juliantoro et al., 2022).

2.16 LED (Light Emitting Dioda)

LED (light emitting dioda) adalah elemen elektronika yang mampu menghasilkan cahaya monokromatik ketika dialiri arus maju. LED termasuk dalam kelompok dioda yang terbuat dari material semikonduktor. Warna cahaya yang dihasilkan oleh LED ditentukan oleh jenis material semikonduktor yang digunakan (M Kurniawan, 2025).

2.17 Buzzer

Buzzer adalah perangkat alarm elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara. Buzzer yang digunakan dalam interfacing ini adalah buzzer dua pin berbentuk bulat kecil. Buzzer ini dihubungkan secara sederhana ke papan Arduino UNO untuk mendapatkan sinyal dari sensor gas. Begitu sensor untuk mendeteksi adanya kebocoran gas LPG, sensor itu langsung mengirimkan sinyal menuju Arduino. dan mengaktifkan buzzer untuk menghasilkan suara alarm yang keras (Sadali et al., 2022).

2.18 Kabel Jumper

Kabel jumper merupakan kabel pendek yang berfungsi untuk menghubungkan komponen elektronik atau titik-titik pada sirkuit ke breadboard atau versi percobaannya. Ini memungkinkan penghubungan listrik sementara tanpa penyolderan. Kabel jumper, yang terdiri dari jenis *male to male*, *male to female*, dan *female to female* masing-masing memiliki ujung konektor atau soket logam yang dirancang untuk berfungsi dengan cara yang berbeda. Konektor biasanya terbuat dari logam seperti tembaga, baja berlapis emas, atau plastik untuk memastikan konduktivitas yang baik dan dilindungi oleh plastik atau bahan isolasi lainnya untuk mencegah korsleting. Kabel jumper juga tersedia dalam berbagai panjang untuk memenuhi kebutuhan rangkaian Anda dan dilapisi oleh bahan isolasi seperti PVC (Yazid Raisal et al., 2025).

Tabel 2. 4 Kabel Jumper

Kabel Jumper	Pengertian
Kabel Jumper	Kabel yang dipakai untuk menghubungkan dua lokasi dalam

	sirkuit listrik atau elektronik dengan bantuan konektor.
Pengahntar	Bagian dalam kabel yang mengalirkan sinyal atau energi dari satu lokasi ke lokasi lain.
Bahan isolasi	Lapisan pelindung di sekitar kabel bertujuan untuk menghindari gangguan atau kerusakan pada penghantar.
Konektor	Bagian di penghujung kabel yang bisa dihubungkan dengan perangkat lain untuk mengalirkan sinyal atau energi.

2.18.1 Jenis jenis kabel Jumper

Ada 3 jenis kabel jumper yang sering digunakan yaitu:

1. Male to Male

Kabel jumper laki-laki ke laki-laki (M-M) adalah kabel pendek dengan dua konektor jantan di kedua ujungnya yang sering digunakan dalam elektronika, terutama untuk menghubungkan komponen ke breadboard atau protoboard. Mereka sangat fleksibel dan mudah digunakan untuk membuat rangkaian sementara atau prototipe.

2. Female to Male

Dalam elektronika, kabel jumper *female to male* adalah jenis kabel pendek yang digunakan untuk menghubungkan komponen ke rangkaian. Salah satu fungsi utama dari kabel jumper *male to male* adalah untuk menghubungkan komponen yang memiliki konektor yang berbeda. Namun, kabel jumper *female to male* memiliki dua ujung, masing-masing dengan konektor jantan. seperti menghubungkan input modul betina ke output modul jantan.

3. Female to Female

Kabel jumper *Female to Female* adalah kabel pendek yang memiliki konektor betina di kedua ujungnya. Penggunaan kabel ini umum di dalam bidang elektronika, terutama untuk mengaitkan peranti-peranti yang mempunyai kepala atau pin. Tujuan utama kabel jumper *Female to Female* adalah untuk menyambungkan bagian-bagian yang memiliki header pria di kedua ujungnya. Contohnya, apabila ingin menyambungkan dua sensor yang memiliki header jantan, gunakanlah kabel jumper *Female to Female*.

2.19 Breadboard

Breadboard adalah sebuah papan yang digunakan untuk merancang rangkaian elektronik yang sederhana. Papan ini kemudian bisa digunakan untuk prototyping atau uji coba tanpa perlu melakukan proses penyolderan.

Salah satu manfaat dari penggunaan breadboard adalah komponen-komponen yang dipasang tidak akan rusak. Komponen tersebut juga dapat disusun ulang untuk membuat rangkaian yang berbeda (Irfani et al., 2025).

2.20 Kabel USB

Kabel data USB Type A-B merupakan jenis kabel USB yang digunakan untuk menghubungkan perangkat yang memiliki port USB Type-A (seperti komputer atau laptop) ke perangkat yang memiliki port USB Type-B (seperti printer, pemindai, atau perangkat audio). Kabel ini dapat mentransfer data dan, dalam beberapa situasi, juga menyediakan aliran listrik. Atau komponen krusial dalam penggunaan Aurdino, berfungsi tidak hanya sebagai alat untuk mengunggah program atau sketsa ke papan Aurdino, tetapi juga sebagai sumber daya untuk memberikan daya ke papan tersebut, sehingga memungkinkan pengoperasian tanpa memerlukan daya tambahan. Selain itu, kabel USB juga memungkinkan komunikasi serial antara Aurdino dan komputer, memfasilitasi pertukaran data yang penting dalam berbagai proyek elektronik (Hasbi et al., 2025).

2.21 LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan jenis media tampilan yang memanfaatkan kristal cair sebagai komponen utamanya. Teknologi LCD telah

diterapkan di berbagai sektor, contohnya pada perangkat elektronik seperti televisi, kalkulator, dan layar komputer. Dalam tulisan ini, akan dibahas aplikasi LCD dot matriks dengan kapasitas karakter 2x16. LCD memainkan peran penting sebagai tampilan yang nantinya akan digunakan untuk menunjukkan status operasional perangkat. (Theodorus S Kalengkongan, 2020). Adapun fitur yang disajikan dalam LCD adalah:

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris
2. Mempunyai 192 karakter tersimpan
3. Terdapat karakter genetor terprogram
4. Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
5. Di lengkapi dengan backlight

2.22 Website

Menurut Elgamar, situs web adalah platform yang terdiri dari berbagai halaman yang saling terinterkoneksi (hyperlink), di mana situs web berfungsi untuk menyampaikan informasi dalam bentuk teks, gambar, video, suara, dan animasi atau kombinasi dari semuanya. Saat ini, situs web umumnya bersifat dinamis, meskipun di masa lalu terdapat situs web yang statis, namun situs statis kini sangat jarang atau bahkan tidak ada lagi. Ciri khas utama dari situs web adalah adanya halaman-halaman yang saling terkait, dan dilengkapi dengan domain sebagai alamat (URL) atau World Wide Web (WWW) serta hosting yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan berbagai data (Nadyya & Sobri, 2021).

2.22.1 Webserver

Server *web* adalah sebuah perangkat lunak yang menyediakan layanan berupa informasi. Ia bertugas untuk menerima permintaan HTTP atau HTTPS dari pengguna atau yang kita kenal sebagai *browser web* (seperti *Chrome*, *Firefox*). Setelah itu, server ini akan mengirimkan balasan atas permintaan tersebut kepada pengguna dalam bentuk halaman *web*.

Fungsi dari server web adalah untuk mengatur situs yang sudah aktif. Supaya semuanya berfungsi dengan baik, server web bertindak sebagai jembatan antara perangkat server dan pengguna. Server web mengambil

informasi dari server setiap kali ada permintaan dari pengguna dan mengirimkannya ke halaman web.

Tantangan utama yang dihadapi oleh server web adalah menangani banyak pengguna yang beragam secara bersamaan – setiap pengguna menginginkan halaman yang berbeda. Server web menangani file yang ditulis menggunakan berbagai bahasa pemrograman, seperti PHP, Python, Java, dan lainnya.

2.22.2 Web Browser

Browser atau penjelajah web adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mencari, mengambil, dan menampilkan informasi yang ada di jaringan internet *World Wide Web (WWW)*. Sederhananya, penjelajah web adalah perangkat lunak untuk berselancar. Informasi yang dapat ditampilkan oleh penjelajah web meliputi gambar, halaman web, video, dan konten lainnya yang semuanya saling terhubung melalui sistem hypertext dan diorganisir menggunakan *URL (Uniform Resource Identifiers)*. Menurut Javat Point, penjelajah web adalah program klien karena berjalan di perangkat milik pengguna. Penjelajah web berfungsi sebagai antarmuka atau penghubung antara pengguna dan semua konten di internet. Ketika pengguna meminta konten, baik itu gambar, teks, atau video, dari suatu situs web, penjelajah web akan menghubungi server situs tersebut (server web).

2.23 Database MYSQL

Menurut Raharjo, “MySQL merupakan RDBMS (*RELATION DATABASE MANAGEMENT SYSTEM*) atau *server database* yang mengelola *database* dengan cepat menampung dalam jumlah sangat besar dan dapat di akses oleh banyak user”.

Menurut Kadir, "MySQL merupakan perangkat lunak sumber terbuka yang digunakan untuk membuat sebuah basis data. " Dari pendapat yang telah disampaikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa MySQL adalah sebuah perangkat lunak atau program yang dipakai untuk membangun sebuah basis data yang bersifat terbuka (Gerlan Apriandy M ST, 2020).

2.24 Bahasa Pemrograman

2.24.1 Php (HyperText Preprocessor)

PHP adalah sebuah bahasa pemrograman yang banyak digunakan dalam pembuatan dan pengembangan situs web, serta dapat digunakan bersama HTML. PHP adalah singkatan dari *HyperText Preprocessor*, dan berfungsi sebagai bahasa yang terintegrasi dalam dokumen HTML, serta beroperasi di sisi server (pemrograman yang terbenam dalam HTML sisi server). Ini berarti bahwa sintaks dan perintah yang dikirimkan akan sepenuhnya dieksekusi di server, meskipun hasilnya disertakan dalam halaman HTML biasa, sehingga kodenya tidak terlihat di sisi pengguna. PHP dirancang agar bisa terhubung dengan database server dan dikembangkan untuk mempermudah proses pembuatan dokumen HTML yang dapat mengakses database. Tujuan dari bahasa scripting ini adalah untuk menciptakan aplikasi, di mana aplikasi yang dibuat menggunakan PHP umumnya akan menampilkan output di browser web, sementara keseluruhan proses dijalankan di server (Amelia et al., 2025).

2.24.2 CSS (Cascading Style Sheets)

Mario E. Lay, Menyatakan bahwa CSS merupakan singkatan dari Cascading Style Sheets. Ini merupakan kumpulan petunjuk yang menentukan cara teks ditampilkan di situs web. Desain teks dapat diatur dengan menentukan jenis huruf, warna, ukuran margin, latar belakang, dan ukuran huruf. Cascading Style Sheets (CSS) juga merupakan bahasa pemrograman yang digunakan untuk meningkatkan penampilan dan struktur situs web. CSS diciptakan oleh W3C, organisasi yang bertugas mengembangkan teknologi internet. Tujuannya adalah untuk mempermudah pengaturan halaman web (Aswan Risaldy & Septian Hardinata, 2023).

2.24.3 HTML (HyperText Markup Language)

HTML (HyperText Markup Language) adalah bahasa baku yang dipakai untuk merancang dan mengorganisir struktur halaman-halaman website di dunia maya. HTML berfungsi untuk mengatur elemen seperti teks, gambar, link, tabel, dan media lainnya, supaya bisa terlihat dengan baik di peramban. HTML memanfaatkan tag-tag tertentu untuk mengidentifikasi berbagai

komponen dalam sebuah halaman, contohnya untuk judul, untuk paragraf, dan untuk tautan. Dengan menggunakan HTML, pengembang situs dapat menyusun konten dengan teratur dan mempermudah perpindahan antar halaman di internet (Suryawinata et al., 2025).

2.24.4 Bootstrap

Bootstrap adalah kerangka kerja CSS yang diterapkan untuk menciptakan antarmuka situs web yang responsif dan ramah terhadap perangkat seluler. Bootstrap mempermudah pengembangan tampilan web dengan menyediakan komponen antarmuka siap pakai seperti form, tombol, dan navigasi. Bootstrap juga merupakan salah satu framework yang banyak digunakan karena kemudahan implementasi dan konsistensi desain antarmuka. Juga menunjukkan bahwa pengguna Bootstrap dalam sistem informasi akademik memberikan kenyamanan akses bagi pengguna di berbagai perangkat (Ridwan & Rahman Yusuf, 2025).

2.24.5 JavaScript

JavaScript merupakan bahasa pemrograman yang dirancang khusus untuk pembuatan situs web. JavaScript beroperasi pada sisi klien. Bahasa ini memiliki fitur interaktif yang bermanfaat untuk pengembangan aplikasi web yang responsif. JavaScript bisa digunakan baik di area front-end maupun back-end pengembangan web. Berbagai framework terkenal seperti React, Angular, dan Vue.js memanfaatkan kemampuan JavaScript dalam membangun aplikasi web yang rumit. JavaScript juga mendukung pembuatan aplikasi mobile menggunakan framework seperti React Native dan NativeScript. Keunggulan JavaScript terletak pada kemampuannya untuk mengubah elemen HTML, melakukan validasi data di sisi klien, serta berkomunikasi dengan server melalui permintaan jaringan (Riziq et al., 2023).

2.25 Tools Aplikasi Pengembangan

2.25.1 Xampp

Xampp adalah sebuah program yang digunakan untuk beroperasi sebagai server web lokal, artinya berfungsi sebagai localhost di komputer yang menjalankan server web dan juga database. Untuk mengeksekusi file PHP di

komputer lokal yang berbasis Windows, kita bisa menggunakan XAMPP atau WAMServer (Eko Siswanto, 2021).

XAMPP merupakan singkatan yang menggambarkan semua perangkat lunak yang terintegrasi di dalamnya, yaitu:

Tabel 2. 5 XAMPP

X -> <i>Cross Platfrom</i>	Dengan kata lain, aplikasi ini dapat digunakan di berbagai sistem operasi seperti Windows, Linux, dan Mac OS.
A -> <i>Apache</i>	Apache adalah program server web bawaan yang disediakan oleh XAMPP. Program ini bersifat sumber terbuka sehingga dapat diakses tanpa biaya dan dapat dikembangkan dengan leluasa.
M -> <i>MYSQL / MariaDB</i>	<i>Mysql & MariaDB</i> adalah aplikasi <i>database</i> server default yang ada di <i>XAMPP</i> . Program ini digunakan untuk mengelola <i>database</i> .
P -> <i>PHP</i>	PHP adalah bahasa pemrograman sisi server yang digunakan untuk membuat aplikasi web.
P -> <i>Perl</i>	Perl adalah sebuah bahasa pemrograman yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti: pengembangan website, pembuatan antarmuka pengguna, pemrograman jaringan, manajemen sistem, dan lainnya.

2.25.2 Visual Studio Code

Visual Studio Code merupakan salah satu alat pengembangan yang cocok untuk pemula karena dilengkapi dengan berbagai fitur yang memudahkan programmer dalam menciptakan aplikasi. VSCode adalah editor teks yang tersedia secara gratis dan dapat dijalankan pada sistem operasi desktop seperti Windows, Linux, dan Macintosh. Kode editor ini dibuat oleh Microsoft yang merupakan penyedia layanan teknologi terdepan di dunia. Kode visual adalah editor perangkat lunak yang tangguh, namun terkadang mengalami kegagalan fungsi saat digunakan. Visual Studio Code ini memiliki dukungan untuk JavaScript, TypeScript, Node.js, HTML dan CSS (Abidah et al., 2025).

2.25.3 Firebase API

Firebase adalah platform pengembangan mobile dan web yang dikelola oleh Google. Firebase menyediakan beragam alat dan layanan yang mempermudah pengembangan. Penelitian yang digunakan dalam skripsi ini melibatkan perangkat IoT, platform firebase, dan aplikasi vscode. Firebase API juga digunakan sebagai antarmuka untuk berkomunikasi dengan platform Firebase. Data yang kualitas udara dikumpulkan oleh Sensor dikirim ke Firebase untuk penyimpanan. Pengguna dapat mengakses dan memonitor data melalui aplikasi *Website* yang terhubung ke Firebase secara jarak jauh (Ahmad Muzakir, 2023). Beberapa fitur utama Firebase yang berguna dalam pengembangan aplikasi Android meliputi:

- 1) **Firebase Realtime Database:** Firebase menyediakan database cloud yang dapat digunakan untuk menyimpan dan menyinkronkan data secara *realtime* antara berbagai perangkat. Ini sangat berguna dalam mengembangkan aplikasi berbasis kolaborasi atau yang memerlukan data yang selalu *up-to-date*.
- 2) **Firebase Authentication:** Firebase menyediakan layanan otentikasi yang mudah digunakan, termasuk otentikasi email, Google, Facebook, dan banyak lagi. Dengan *Firebase Authentication*, pengembang dapat mengamankan akses ke aplikasi mereka dan mengidentifikasi pengguna dengan mudah.
- 3) **Firebase Cloud Messaging (FCM):** *Firebase Cloud Messaging* memungkinkan pengembang mengirimkan notifikasi push kepada pengguna aplikasi mereka. Ini membantu dalam berkomunikasi dengan pengguna dan meningkatkan keterlibatan mereka.
- 4) **Firebase Storage:** *Firebase Storage* memungkinkan pengembang menyimpan dan mengelola berkas seperti gambar, video, dan dokumen di cloud. Ini berguna dalam mengelola media yang terkait dengan aplikasi.
- 5) **Firebase Hosting:** Firebase juga menyediakan layanan hosting yang memudahkan pengembang untuk menerbitkan aplikasi web statis atau menangani lalu lintas aplikasi mobile.

- 6) *Firestore Analytics*: *Firestore Analytics* memberikan wawasan berharga tentang cara pengguna berinteraksi dengan aplikasi Anda, membantu Anda membuat keputusan yang lebih baik dalam pengembangan dan pemasaran.
- 7) *Firestore ML Kit*: *Firestore ML Kit* memungkinkan pengembang untuk mengintegrasikan machine learning ke dalam aplikasi mereka dengan mudah, termasuk pengenalan wajah, pengenalan teks, dan lainnya.

Kombinasi antara Android Studio dan Firebase memberikan infrastruktur yang kuat dan alat yang diperlukan untuk mengembangkan aplikasi Android yang canggih, aman, dan berkinerja tinggi.

2.26 Tools Perancangan

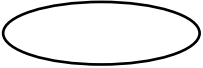
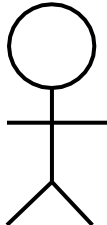
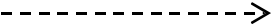
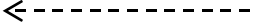
2.26.1 UML (Unified Modeling Language)

UML (*Unified Modeling Language*) adalah sebuah bahasa yang berdasarkan grafik/gambar untuk memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, dan pendokumentasian dari sebuah sistem pengembangan software berbasis *Object-Oriented*. Yang menganalogikan sebuah sistem seperti kehidupan nyata yang didominasi oleh obyek dan digambarkan atau dinotasikan dalam simbol-simbol yang cukup spesifik. Saat ini sebagian besar para perancangan sistem dalam menggambarkan informasi dengan memanfaatkan UML dengan tujuan utama untuk membantu tim proyek berkomunikasi, mengeksplorasi potensi desain, dan memvalidasi desain arsitektur perangkat lunak atau pembuat (Harlina et al., 2025). Adapun jenis-jenis UML yaitu:

1. Use Case Diagram

Use case diagram merupakan salah satu dari banyak jenis diagram UML (*Unified Modelling Language*) yang menunjukkan hubungan interaksi antara sistem dengan aktor. *Use case* dapat menjelaskan jenis interaksi antara pengguna sistem dan sistemnya. Jelas, diagram *use case* adalah hal yang mudah untuk dipahami. Langkah pertama dalam melakukan pemodelan adalah adanya diagram yang dapat menjelaskan tindakan aktor serta tindakan sistem itu sendiri, seperti yang terdapat dalam diagram *use case* (Puspita & Astriani, 2025).

Tabel 2. 6 Use Case Diagram

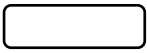
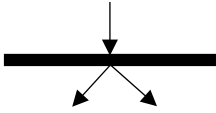
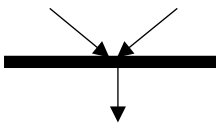
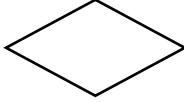
Gambar	Keterangan
	<i>USE CASE</i> Use Case menggambarkan fungsionalitas yang disediakan oleh sistem dalam bentuk unit-unit yang berinteraksi satu sama lain atau dengan aktor, biasanya dinyatakan dengan menggunakan kata kerja pada awal nama use case.
	<i>ACTOR</i> Aktor/orang adalah representasi abstrak dari individu atau sistem lain yang mengaktifkan fungsi dalam sistem target. Untuk mengidentifikasi aktor, penting untuk menentukan pembagian pekerjaan dan tugastugas yang berkaitan dengan peran dalam konteks sistem target. Satu orang atau sistem dapat memiliki beberapa peran. Penting untuk diingat bahwa aktor berinteraksi dengan use case, tetapi tidak memiliki kontrol atas use case tersebut.
	<i>ASSOSIASI/ASSOCITION</i> Interaksi antara aktor dan use case yang terlibat dalam use case atau use case berhubungan dengan aktor.
	<i>INCLUDE / MENGGUNAKAN</i> Include, merupakan di dalam use case lain (required) atau pemanggilan use case oleh use case lain.
	<i>GENERALISASI/ GENERALIZATION</i> Kaitannya antara generalisasi dan spesialisasi di antara dua use case di mana salah satu fungsi merupakan versi yang lebih umum dibandingkan yang lainnya.
	<i>EKSTENSI / EXTEND</i> Relasi use case tambahan menuju sebuah user case di mana user case yang ditambahkan mampu berdiri sendiri tanpa bergantung pada user case lainnya.

(Sumber tabel <https://www.dicoding.com/>)

2. Activity Diagram

Activity diagram, yang dalam bahasa Inggris disebut activity diagram, adalah jenis diagram yang dapat merepresentasikan berbagai proses yang berlangsung dalam suatu sistem. Urutan penggunaan proses dalam sistem tersebut ditampilkan dalam format vertikal. Diagram aktivitas adalah perpanjangan dari Use Case yang menunjukkan rangkaian kegiatan (Puspita & Astriani, 2025).

Tabel 2. 7 Activity Diagram

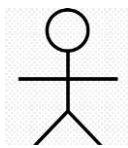
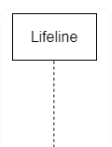
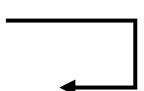
Gambar	Keterangan
	<i>Activities</i> , menjelaskan suatu proses atau aktivitas dalam dunia usaha.
	<i>Fork</i> /percabangan, digunakan untuk menunjukkan aktivitas yang dilaksanakan secara bersamaan atau untuk mengkombinasikan dua aktivitas yang berjalan beriringan menjadi satu.
	<i>Join</i> (penggabungan) atau <i>rake</i> , digunakan untuk menunjukkan terjadinya penguraian.
	<i>Decision points</i> , mengilustrasikan opsi untuk hasil pengembalian yang benar atau salah.
	<i>Swimlane</i> , pembagian diagram aktivitas untuk menunjukkan siapa yang melakukan tindakan apa.
	<i>Start point</i> , diletakkan pada pojok kiri atas dan merupakan awal aktifitas.
	<i>End point</i> , akhir aktivitas.

(Sumber tabel <https://www.dicoding.com/>)

3. Sequence Diagram

Sequence Diagram menjelaskan interaksi antara satu objek dengan objek lainnya melalui komunikasi yang dilakukan melalui pesan yang dikirim dan diterima di antara objek-objek tersebut.

Tabel 2. 8 Sequence Diagram

No.	Simbol	Keterangan
1.		<i>Actor</i> Pengguna yang berinteraksi dengan sistem.
2.		<i>LifeLine</i> Antarmuka untuk awal dan akhir pesan.
3.		<i>Message</i> Sebuah pesan dari satu objek ke objek lain.
4.		<i>Message to self</i> Aktivitas atau pesan yang berisi aktivitas diri.

(Sumber tabel <https://www.dicoding.com/>)

4. Class Diagram

Class Diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara kelas-kelas dalam model perancangan sebuah sistem, terdapat perbedaan yang signifikan antara kelas satu dengan kelas lain, serta menjelaskan posisi subsistem dalam kelas tersebut. Diagram kelas menggambarkan tanggung jawab dari entitas yang akan mempengaruhi perilaku sistem.

Tabel 2. 9 Class Diagram

No.	Simbol	Keterangan
1.		<i>Generalization</i> Ini adalah relasi atau hubungan antar kelas memiliki arti umum.

No.	Simbol	Keterangan
2.		<i>Collaboration</i> Deskripsi urutan tindakan ditampilkan oleh sistem yang menghasilkan suatu hasil yang terukur bagi seorang aktor.
3.		<i>Class</i> <i>Class</i> dalam struktur sistem.
4.		<i>Realization</i> Suatu kelas harus diwajibkan untuk mengikuti aturan yang telah ditetapkan kelas lain karena sudah memiliki hubungan.
5.		<i>Dependency</i> Kelas relasi yang memiliki ketergantungan dengan kelas lain karena tidak memiliki elemen mandiri.
6.		<i>Association</i> Hubungan antara satu kelas dengan kelas lainnya.

(Sumber tabel <https://www.dicoding.com/>)

2.26.2 Flowchart

Flowchart atau bagan alur adalah diagram yang menampilkan langkah-langkah dan keputusan untuk melakukan sebuah proses dari suatu program. Tiap tahapan diilustrasikan melalui diagram dan dihubungkan dengan garis atau tanda panah.

Bagan alur memiliki peranan krusial dalam menentukan langkah atau fungsi dari proyek pengembangan perangkat lunak yang melibatkan banyak individu. Di samping itu, pemanfaatan bagan alur dalam suatu program akan

memberikan kejelasan, kesederhanaan, dan meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam interpretasi (Puspita & Astriani, 2025). Jenis-jenis Flowchart:

1. Flowchart dokumen

Pertama adalah diagram alur dokumen atau yang juga dikenal sebagai diagram alur paperwork. Diagram alur dokumen ini bertujuan untuk mengikuti perjalanan sebuah formulir dari satu bagian ke bagian lainnya, termasuk proses bagaimana laporan itu diolah, dicatat, dan disimpan.

2. Flowchart program

Selanjutnya, kita akan membahas diagram alur untuk program. Diagram alur ini menjelaskan secara rinci langkah-langkah dari proses program. Ada dua jenis diagram alur dalam program, yaitu: diagram alur logika program dan diagram alur program komputer yang lebih terperinci.

3. Flowchart proses

Diagram alur proses merupakan metode untuk menggambarkan rekayasa industri dengan merinci serta menganalisis setiap tahap berikutnya dalam suatu prosedur atau sistem.

4. Flowchart sistem

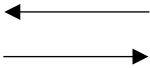
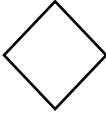
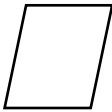
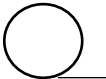
Yang keempat adalah diagram alir sistem. Diagram alir sistem merupakan diagram yang menunjukkan langkah-langkah atau proses yang berlangsung dalam sistem secara keseluruhan. Selain itu, diagram alir sistem juga menjelaskan urutan dari setiap langkah yang terdapat dalam sistem.

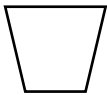
5. Flowchart skematik

Terakhir, terdapat flowchart skematik. Diagram ini menggambarkan alur proses dari sebuah sistem, hampir serupa dengan flowchart sistem. Meskipun demikian, terdapat perbedaan dalam pemakaian simbol-simbol yang digunakan untuk menunjukkan alur. Selain simbol-simbol, flowchart skematik juga memanfaatkan gambar-

gambar komputer dan peralatan lain agar lebih mudah dipahami oleh orang yang tidak berpengalaman.

Tabel 2. 10 Flowchart

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	<i>Flow Direction Symbol</i>	Untuk menghubungkan simbol satu dengan simbol yang lain.
	<i>Processing Symbol</i>	Untuk menunjukkan pengolahan yang dilakukan oleh komputer
	<i>Connector Symbol</i>	Untuk keluar masuk atau penyambungan proses pada halaman berbeda.
	<i>Connector Symbol</i>	Untuk keluar masuk atau penyambungan proses pada halaman berbeda.
	<i>Simbol Decision</i>	Simbol pemilihan proses berdasarkan kondisi yang ada
	<i>Simbol Input-Output</i>	Untuk menyatakan input dan output tanpa bergantung pada jenis peralatan.
	<i>Simbol Predifine Proses</i>	Untuk pelaksanaan suatu bagian atau sub-program
	<i>Simbol Magnetik Tape Unit</i>	Untuk menyatakan input berasal dari pita magnetik atau output disimpan ke pita magnetik.
	<i>Simbol Preparation</i>	Untuk mempersiapkan penyimpanan yang akan digunakan sebagai tempat pengolahan didalam storage.

Simbol	Nama Simbol	Keterangan
	<i>Simbol punch Card</i>	Untuk menyatakan input berasal dari kartu atau output ditulis ke kartu.
	<i>Simbol Manual Operation</i>	Untuk menunjukkan pengolahan yang tidak dilakukan oleh komputer.
	<i>Terminator Symbol</i>	Simbol yang menunjukkan permulaan (start) atau akhir (stop).

(Sumber tabel <https://www.dicoding.com/>)

2.26.3 Figma

Figma merupakan platform online yang digunakan untuk menciptakan antarmuka pengguna serta pengalaman pengguna (UI dan UX). Alat ini dapat dimanfaatkan untuk merancang antarmuka bagi situs web, aplikasi mobile, dan proyek-proyek lainnya. Figma menyediakan fasilitas bagi para desainer untuk saling bekerja sama dan menghasilkan karya desain. Berkat sistem berbasis cloud, Figma dirancang agar lebih efisien dan terstandarisasi.

Figma memiliki sejumlah manfaat, yaitu: Dapat digunakan bersama dan berkolaborasi secara langsung. Proses berbagi file yang praktis dan cepat. Aplikasi desain yang menyeluruh dan multifungsi. Berbasis awan tanpa memerlukan instalasi. Tersedia beragam plugin tambahan. Sementara itu, kekurangannya adalah: Tidak dapat digunakan tanpa akses internet. Memerlukan kapasitas RAM yang cukup dan kartu grafis yang baik (Sudjiran et al., 2023). Kemudian figma juga memiliki berbagai fungsi yang mereka tawarkan. Berikut beberapa fungsi figma adalah sebagai berikut:

1. Wireframe Aplikasi

Sebelum merancang aplikasi, seorang UI/UX Designer akan menyusun sketsa awal dari desain yang dikenal dengan sebutan wireframe. Di

dalam wireframe terdapat struktur desain yang nantinya akan dijadikan lebih menarik secara visual.

2. UI aplikasi dan website

Fungsi utama Figma adalah untuk merancang desain aplikasi, baik untuk situs web maupun perangkat mobile. Untuk mendukung aktivitas ini, Figma juga menawarkan beragam opsi frame, mulai dari frame untuk ponsel yang mencakup iPhone dan Android, hingga frame untuk komputer desktop dan tablet. Dengan adanya pilihan-pilihan ini, proses mendesain dan penerapannya ke dalam kode akan menjadi lebih mudah bagi kamu.

3. Prototype

Ketika rancangan telah selesai, sering kali perancang akan merancang alur penggunaan aplikasi dari satu halaman ke halaman lainnya. Dalam tahap pembuatan antarmuka pengguna, bagian ini disebut prototipe atau prototyping. Meskipun demikian, prototipe terbagi menjadi beberapa kategori, yaitu berbentuk kertas atau sebagai gambaran awal dan klik interaktif. Dalam konteks ini, yang dibuat oleh para perancang di Figma adalah prototipe klik interaktif, yaitu interaksi atau klik antar halaman untuk memperlihatkan alur desainnya.

4. Mockup desain

Mockup adalah sebuah rancangan yang akan digunakan pada suatu produk, mockup lebih menyerupai model yang menunjukkan dengan jelas tentang produk yang akan dibuat. Contoh-contoh dari mockup antara lain adalah mockup logo, desain kemasan, dan masih banyak lainnya.

5. Desain Sosial Media

Selain menawarkan berbagai bingkai untuk menyusun antarmuka aplikasi, Figma juga menawarkan bingkai untuk mendesain konten media sosial seperti posting Twitter, posting Instagram, dan banyak lagi yang dapat kamu temukan. Dengan adanya bingkai tersebut, kamu

sebagai desainer grafis tidak perlu membuat ukuran khusus karena semua sudah disediakan oleh Figma.

2.27 Black box testing

Black box testing adalah proses mengevaluasi perangkat lunak berdasarkan spesifikasi fungsional tanpa memeriksa desain dan kode programnya. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan apakah fungsi-fungsi, input, dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan kriteria yang diperlukan. Pengujian black box dilakukan dengan menyusun skenario uji yang berupaya mengakses seluruh fitur menggunakan perangkat lunak untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria yang ditetapkan. Skenario uji yang dirancang untuk pengujian black box testing harus mencakup kasus yang benar serta kasus yang salah (Febriani et al., 2020).

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Tempat Penelitian dan Waktu

3.1.1 Waktu Penelitian

Tabel 3. 1 Waktu penelitian

No	Kegiatan	Bulan				
		April	Mei	Juni	Juli	Agustus
1	Penyusunan dan pengajuan proposal					
2	Izin penelitian					
3	Pengumpulan data					
4	Pembuatan aplikasi					
5	Penyusunan laporan					

3.1.2 Tempat Penelitian

Tempat: Dinas Lingkungan Hidup

Alamat: Jl. Sunan Drajat No.15, Sumber, Kec.Sumber,
Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 45611.

3.2 Analisis Masalah

Pada tahap ini dilakukan proses identifikasi dan analisis terhadap permasalahan yang terjadi di lapangan berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pihak Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon. Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan bahwa belum tersedia sistem monitoring kualitas udara yang dapat diakses secara real-time oleh masyarakat umum maupun instansi terkait. Kondisi ini menyebabkan informasi mengenai kualitas udara di lingkungan tertentu sulit diperoleh secara cepat dan akurat, sehingga potensi dampak terhadap kesehatan masyarakat dan lingkungan tidak dapat ditangani dengan optimal.

Selain itu, belum tersedia media informasi kualitas udara yang mudah diakses melalui perangkat smartphone maupun komputer, yang dapat

menampilkan data secara langsung dalam bentuk real-time. Keterbatasan ini menjadi kendala dalam memberikan informasi yang cepat, sehingga masyarakat maupun instansi terkait kesulitan dalam mengambil tindakan preventif terhadap pencemaran udara.

Dari hasil analisis tersebut, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat memberikan informasi kualitas udara secara cepat, akurat, dan dapat diakses kapan saja melalui jaringan internet. Solusi yang diusulkan berupa sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor MQ135 untuk mendeteksi kualitas udara dan sensor MQ6 untuk mendeteksi gas berbahaya. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terkoneksi Wi-Fi untuk mengirimkan data ke server, serta menampilkan hasil pengukuran melalui LCD secara lokal di alat dan website berbasis PHP/MySQL. Dengan sistem ini, diharapkan masyarakat maupun instansi terkait dapat memantau kondisi kualitas udara secara langsung dan responsif terhadap situasi yang terjadi.

3.3 Analisis Kebutuhan Perangkat

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa perangkat keras dan perangkat lunak yang akan digunakan sebagai pembuatan “Rancang Bangun Monitoring Kualitas Udara IoT (Internet of Things) Dengan Sensor MQ6 dan Sensor MQ135 Pada penelitian ini digunakan perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut:

1. Perangkat Keras (Hardware)
 - A. Laptop dengan spesifikasi:
 1. Lenovo-AMD Athlon Silver 3050U with Radeon Graphics 2.30 GHz. 64-bit operating system, x64-based processor
 2. RAM 12,0 GB (9,88 GB usable)
 - B. Komponen yang dibutuhkan:
 1. NodeMCU ESP32 : Mikrokontroler dengan WiFi untuk membaca & mengirim data sensor.
 2. Kabel Jumper : Penghubung antar komponen.
 3. LCD 16x2 12c : Menampilkan data sensor secara langsung.

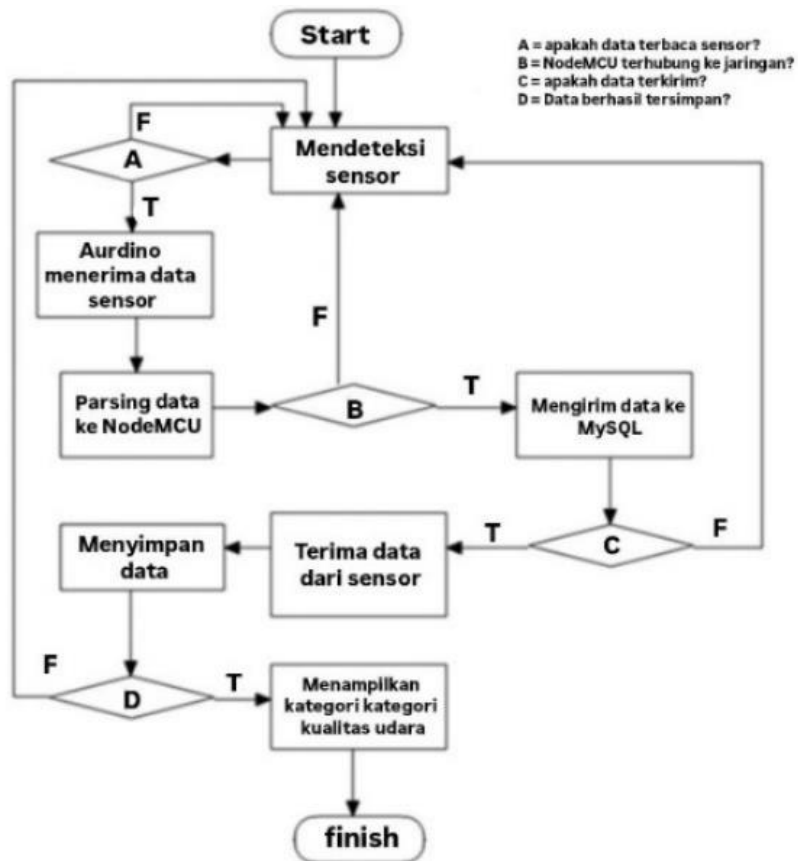
4. Sensor MQ-6 : Mendeteksi gas LPG, butana, propana.
5. Sensor MQ-135 : Mendeteksi kualitas udara (CO, CO₂, amonia, asap).
6. Buzzer : Alarm suara saat udara berbahaya.
7. Led Merah : Indikator visual peringatan.
8. Breadboard : Media perakitan rangkaian tanpa solder.
9. Box Kit Elektronik : Wadah pelindung rangkaian.

C. Perangkat Lunak (softwarer)

1. OS Windows 11 Home Single Language
2. Aurdino IDE
3. Visual Studio Code
4. Jaringan Internet
5. XAMPP
6. Php MyAdmin
7. Firebase

3.4 Flowchart

Gambar dibawah ini merupakan flowchart yang menggambarkan sistem pemantauan kualitas udara dan flowchart pada sistem pemantauan kualitas udara.



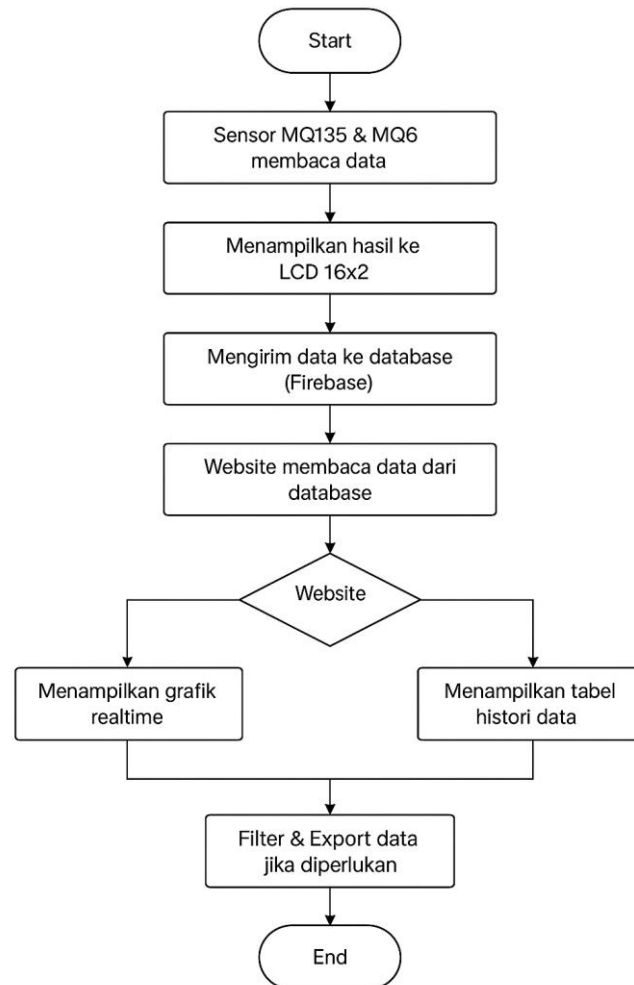
Gambar 3. 1 Flowchart

Proses berlangsung saat sistem mulai membaca data yang dideteksi oleh sensor, apabila data terdeteksi oleh sensor, data akan diterima oleh Arduino. Jika tidak terbaca, sistem akan kembali mendeteksi sensor. Setelah data diterima oleh Arduino, data langsung di parsing ke NodeMCU. Jika NodeMCU terhubung ke jaringan, data tersebut kemudian akan dikirim ke website. Jika NodeMCU tidak terhubung maka sistem kembali mendeteksi sensor. Jika data berhasil terkirim, data kemudian akan diolah untuk menentukan kategori kualitas udara, kemudian data akan disimpan pada database MySQL. Jika tidak terkirim ke website, maka sistem akan kembali pada tahap mendeteksi sensor. Data kemudian disimpan ke

MySQL, jika tidak tersimpan maka sistem akan kembali mendeteksi sensor. Jika data sudah tersimpan ke MySQL, data kemudian akan ditampilkan dengan kategori kualitas udara pada website.

3.5 Perancangan Alur Kerja Activity Diagram Diusulkan

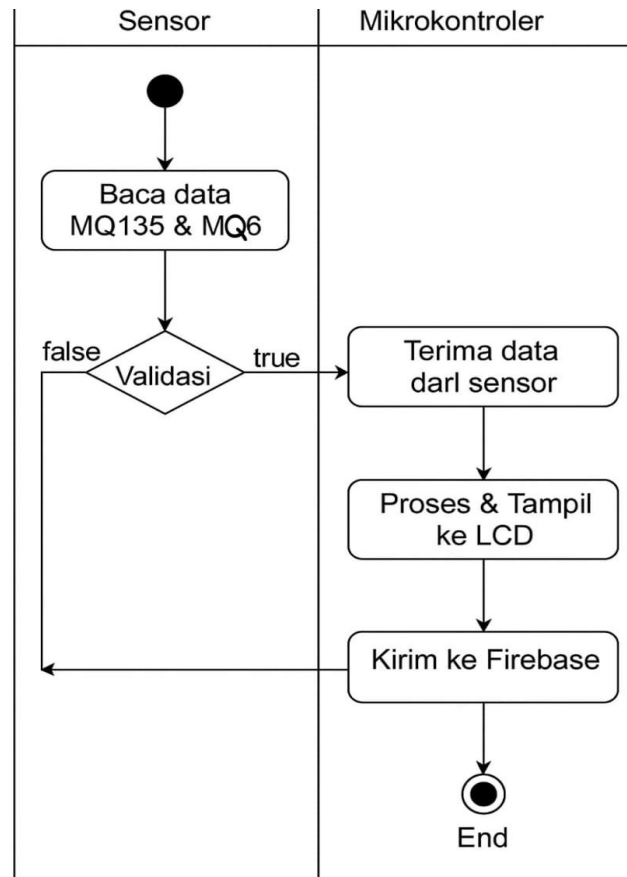
3.5.1 Activity Diagram yang diusulkan



Gambar 3. 2 Activity Diagram Yang Diusulkan

Diagram ini menggambarkan alur aktivitas dari proses monitoring kualitas udara mulai dari pembacaan sensor, pengiriman data ke database, hingga menampilkan data pada dashboard website.

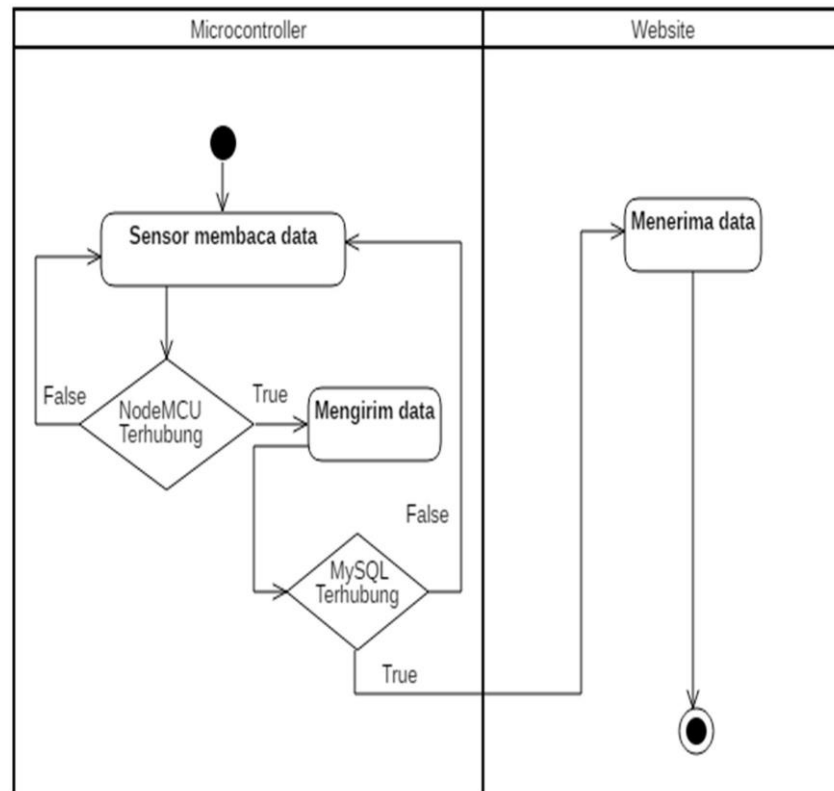
3.5.2 Activity Diagram Membaca Nilai Sensor Ke Mikrokontroler



Gambar 3. 3 Activity Diagram Membaca Nilai Sensor Ke Microcontroler

Berdasarkan tampilan Gambar 3.6 pada Proses ini dimulai dari pembacaan nilai kualitas udara oleh sensor MQ135 dan MQ6. Data hasil pembacaan kemudian divalidasi. Jika data tidak valid, sensor akan membaca ulang. Jika valid, data dikirim ke mikrokontroler. Mikrokontroler menerima dan memproses data, lalu menampilkan hasil ke LCD serta mengirimkan data ke database untuk ditampilkan pada website secara realtime.

3.2.1 Activity Diagram Mengirim Data Ke MYSQL

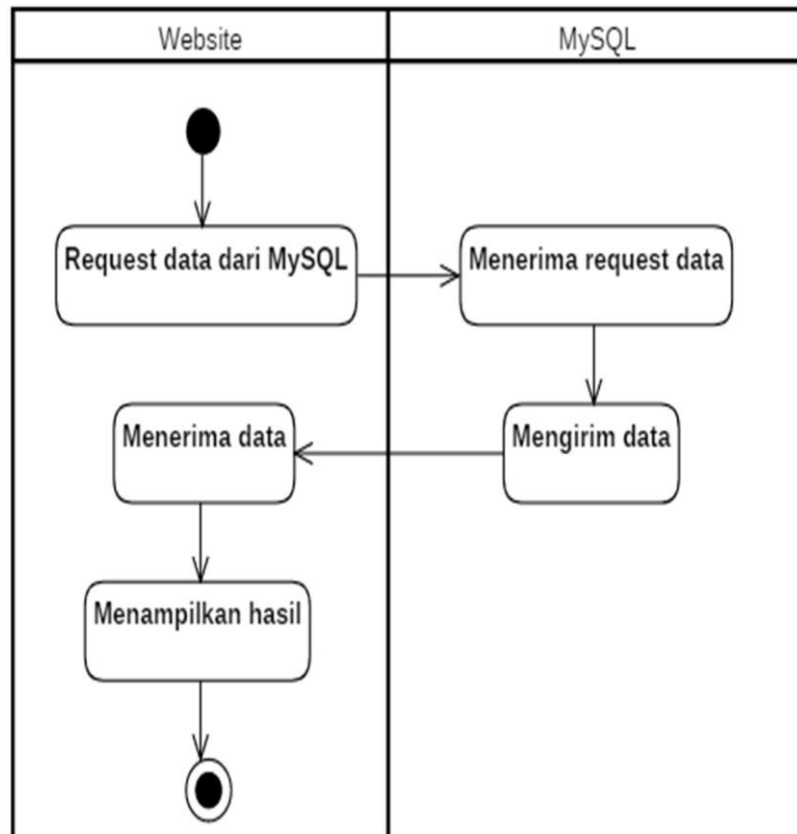


Gambar 3. 4 Activity Diagram Mengirim Data ke MySQL

Proses ini dimulai dari pembacaan nilai kualitas udara oleh sensor. Setelah data dibaca, sistem memeriksa koneksi NodeMCU ke jaringan. Jika NodeMCU tidak terhubung, maka proses pembacaan data diulang. Jika terhubung, data akan dikirim ke server. Selanjutnya, sistem akan memverifikasi koneksi ke database MySQL. Jika koneksi database belum tersedia, pengiriman data akan tertunda. Namun, jika MySQL terhubung, maka mikrokontroler akan menampilkan hasil pembacaan ke LCD dan secara otomatis mengirimkan data ke database untuk ditampilkan pada website secara realtime.

3.5.4 Activity Diagram Menampilkan Data

Pada proses ini activity dilakukan untuk menampilkan data yang sudah tersimpan pada MySQL.

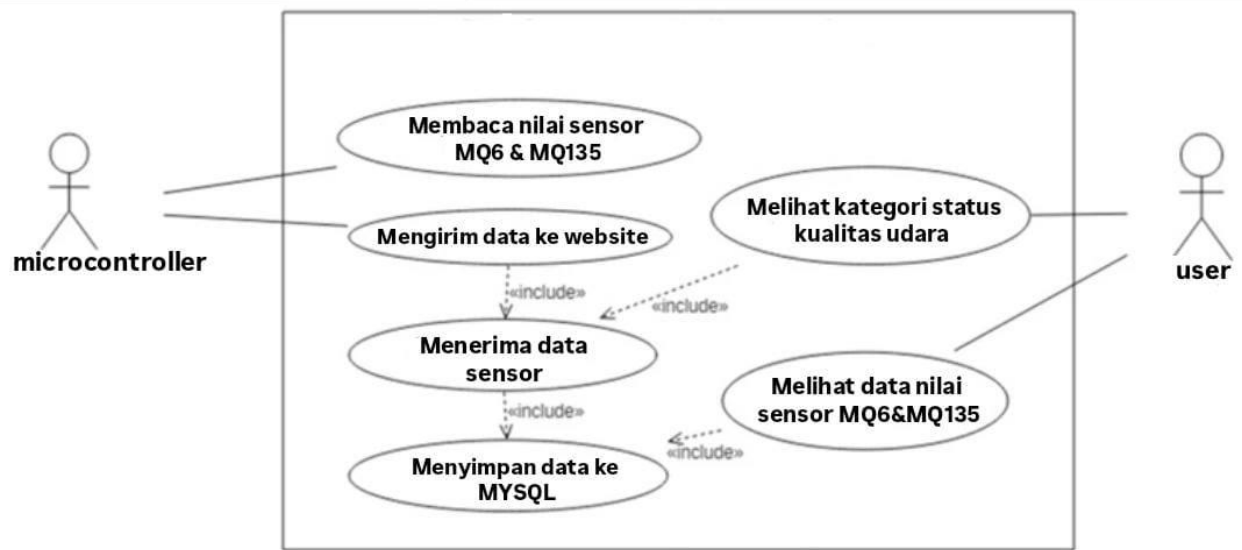


Gambar 3. 5 Activity Diagram Menampilkan Data ke MySQL

Proses ini dimulai dari website yang melakukan request atau permintaan data kepada database MySQL. Permintaan ini diterima oleh server MySQL, kemudian MySQL mengirimkan data hasil penyimpanan sensor ke website. Setelah data diterima oleh website, sistem akan menampilkan hasil pengukuran kualitas udara secara realtime melalui antarmuka website.

3.6 Use Case Diagram

Use Case diagram merupakan model diagram UML untuk menggambarkan interaksi antar satu atau lebih aktornya dengan sistem. Gambar 3.6 berikut merupakan use case diagram sistem pemantauan kualitas udara.



Gambar 3. 6 Use Case Diagram

3.6.1 Definisi Use Case Diagram

Use case diagram menggambarkan interaksi yang ada pada sistem. Untuk memperjelas maksud dari use case diagram tersebut, berikut merupakan tabel deskripsi dari use case diagram sistem pendeteksi kualitas udara.

Table 3. 2 Definisi Use Case Diagram

No.	Use Case	Deskripsi
1.	Membaca nilai sensor MQ6&MQ135	Sistem menerima nilai sensor yang terhubung ke Arduino
2.	Mengirim data ke website	Sistem mengirim data ke website
3.	Menerima data sensor	Sistem menerima data yang di-get oleh website
4.	Menyimpan data ke MySQL	Sistem menyimpan data yang dikirimkan NodeMCU dan data yang sudah diolah
5.	Menampilkan kategori status kualitas udara	User melihat hasil data yang telah diolah sistem berupa kategori status kualitas udara.

6.	Melihat data nilai sensor MQ6&MQ135	User melihat data nilai sensor MQ6&MQ135 yang di get oleh website dari MySQL.
----	-------------------------------------	---

3.6.2 Skenario Use Case Diagram

Skenario use case bertujuan untuk menjelaskan bagaimana proses dari sistem bekerja dan menjelaskan aksi dan reaksi yang dilakukan aktor yang terdapat pada sistem. Berikut ini merupakan tabel penjelasan skenario use case diagram.

Table 3. 3 Proses Membaca Nilai Sensor MQ6 & MQ135

IDENTIFIKASI	
No	01
Nama	Membaca Nilai Sensor MQ6, MQ135
Tujuan	Sistem Membaca Nilai Sensor
Deskripsi	1. Sensor terhubung ke arduino 2. Sensor mendeteksi nilai MQ6 & MQ135
Aktor	Microcontroller

Table 3. 4 Proses Mengirim data ke MySQL

IDENTIFIKASI	
No	02
Nama	Mengirim data ke website
Tujuan	Sistem mengirim data ke website
Deskripsi	1. Terhubung ke jaringan 2. Terhubung dengan server 3. Data parsing terbaca di Arduino 4. Website get data dari NodeMCU
Aktor	Microcontroller

Table 3. 5 Proses menyimpan data Ke MYSQL

IDENTIFIKASI	
No	03
Nama	Sistem mengolah data
Tujuan	Sistem mengolah data yang di get oleh website dengan menggunakan metode ISPU
Deskripsi	1. Sistem menerima data dari microcontroller 2. Sistem mengolah data dengan metode ISPU
Aktor	-

Table 3. 6 Proses mengolah data dengan ISPU

IDENTIFIKASI	
No	04
Nama	Menyimpan data ke MYSQL
Tujuan	Sistem menyimpan data yang dikirimkan NodeMCU dan data yang sudah diolah menggunakan penerapan ISPU
Deskripsi	1. Menerima data dari microcontroller 2. Menyimpan data yang sudah diolah menggunakan penerapan ISPU
Aktor	MYSQL

Table 3. 7 Proses menampilkan kategori kualitas udara

IDENTIFIKASI	
No	05

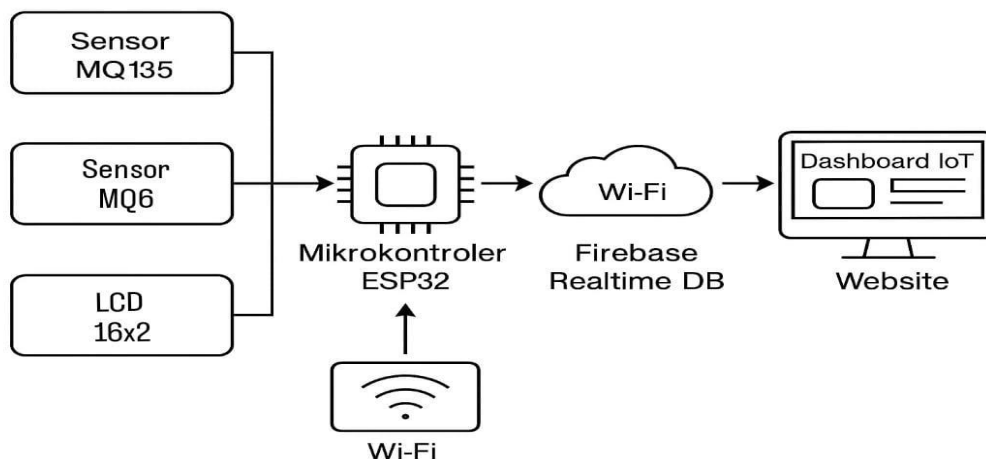
Nama	Menampilkan kategori kualitas udara hasil pengolahan penerapan ISPU
Tujuan	User melihat hasil data yang telah diolah sistem menggunakan penerapan ISPU berupa kategori kualitas udara
Deskripsi	1. Membuka sistem 2. Sistem menampilkan kategori kualitas udara
Aktor	User

Table 3. 8 Melihat output hasil penerapan ISPU

IDENTIFIKASI	
No	06
Nama	Melihat data nilai sensor
Tujuan	User melihat data nilai sensor yang di get oleh website dan MySQL
Deskripsi	1. Membuka sistem 2. Sistem menampilkan nilai sensor MQ6 & MQ135
Aktor	User

3.7 Perancangan Sistem Kerja Alat

3.7.1 Gambaran Umum



Gambar 3. 7 Gambaran Umum

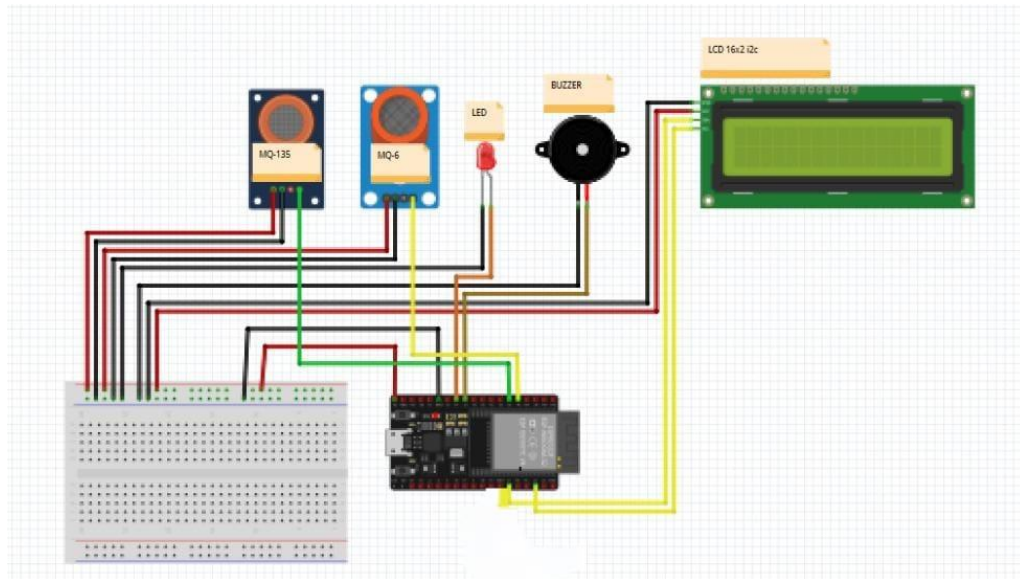
Pada gambar tersebut menunjukkan perancangan umum sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari sensor MQ135 untuk mendeteksi kualitas udara dan sensor MQ6 untuk mendeteksi gas LPG dan metana. Kedua sensor ini terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang bertugas membaca data sensor, lalu menampilkannya di LCD 16x2 dan mengirimkan data ke Firebase Realtime Database melalui koneksi Wi-Fi.

Data yang tersimpan di Firebase selanjutnya ditampilkan dalam website monitoring kualitas udara yang dapat diakses secara real-time oleh pengguna melalui perangkat komputer atau smartphone. Dengan perancangan ini, kondisi kualitas udara dapat dipantau baik di lokasi maupun dari jarak jauh secara online.

3.7.2 Perancangan Alat

Alat Monitoring kualitas udara ini menggunakan ESP32 sebagai pusat pengendali dengan sumber daya listrik dari adaptor atau USB. Sistem ini bekerja dengan membaca data dari sensor MQ-135 yang mendeteksi gas CO₂, NH₃, dan asap, serta sensor MQ-6 untuk mendeteksi gas LPG dan metana.

Informasi kualitas udara ditampilkan secara langsung melalui LCD 16x2 I2C. Jika kadar gas melebihi ambang batas yang ditentukan, LED akan menyala dan buzzer akan berbunyi sebagai tanda peringatan. Selain itu, data juga dikirim ke database MySQL melalui website monitoring menggunakan koneksi internet yang disediakan oleh ESP32.



Gambar 3. 8 Gambaran *Desain Alat*

Perancangan alat ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Hardware meliputi penyusunan rangkaian sensor, ESP32, LCD, LED, buzzer, dan koneksi Wi-Fi. Sedangkan software mencakup pemrograman ESP32 untuk membaca data sensor, mengatur output LED dan buzzer, menampilkan data ke LCD, dan mengirimkan data ke server website.

Selain itu, dibuat juga flowchart perancangan sistem untuk menggambarkan alur kerja alat mulai dari pembacaan data sensor, proses pengolahan, pengiriman data ke server, hingga menampilkan data ke website. Perancangan ini sangat penting agar menghasilkan sistem yang stabil, terstruktur, dan sinkron antara perangkat keras dan perangkat lunak. Alat ini memerlukan beberapa komponen pendukung, antara lain:

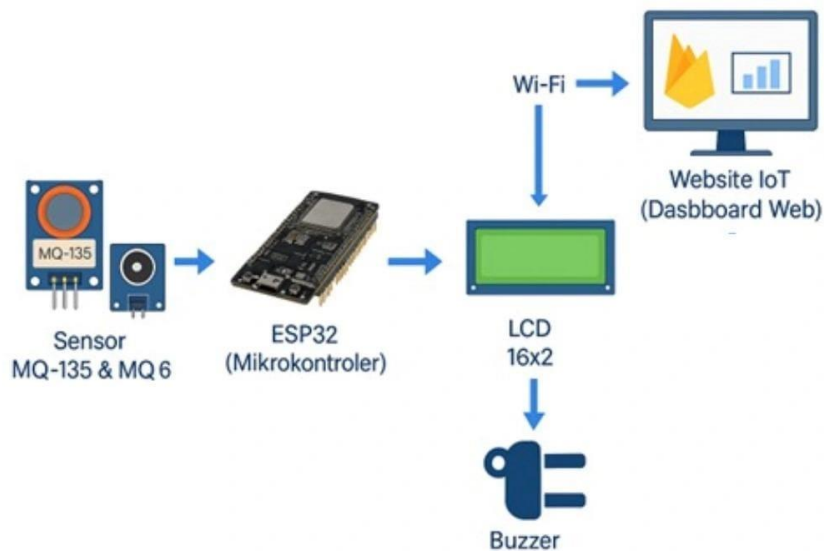
1. Mikrokontroler ESP32
2. Sensor MQ-135

3. Sensor MQ-6
4. LCD 16x2 I2C
5. LED indikator
6. Buzzer
7. Breadboard & jumper
8. Website server dengan database MySQL

Keterangan:

1. Dari sisi masukan (input) terdiri dari sensor MQ6
 - A. Kabel Pin A0 disambungkan pada Pin 35 di ESP32
 - B. Kabel Pin - disambungkan pada Pin GND di ESP 32
 - C. Kabel Pin + disambungkan pada Pin 5v di ESP32
2. Dari sisi masukan (input) terdiri dari Sensor MQ135
 - A. Kabel Pin A0 disambungkan pada Pin 34 di ESP32
 - B. Kabel Pin - disambungkan pada Pin GND di ESP 32
 - C. Kabel Pin + disambungkan pada Pin 5v di ESP32
3. LED
 - A. Probe + disambungkan pada Pin 14 di ESP 32
 - B. Probe - disambungkan pada Pin GND di ESP32
4. Buzzer
 - A. Probe + disambungkan pada Pin 27 di ESP 32
 - B. Probe - disambungkan pada Pin GND di ESP32
5. Dari sisi proses terdiri dari Esp32 yang akan mengelola data yang diterima dari sensor untuk dikirim ke Firebase realtime dan system
6. Dari sisi keluaran (output) terdiri dari LCD 16X2 dan Website
 - A. Kabel pin GND disambungkan pada Pin GND di ESP32
 - B. Kabel pin VCC disambungkan pada Pin VIN di ESP32
 - C. Kabel pin SDA disambungkan pada Pin 21/SDA di ESP32
 - D. Kabel pin SCL disambungkan pada Pin 22/SCL di ESP32

3.7.3 Perancangan Sistem



Gambar 3. 9 Rancangan Sistem

Gambar di atas merupakan gambaran sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT. Sistem ini menggunakan sensor MQ-135 dan MQ-6 yang terhubung ke ESP32 sebagai pusat pemrosesan. Data hasil sensor ditampilkan ke LCD 16x2 dan jika melebihi batas, buzzer akan aktif. Selanjutnya, data dikirim melalui Wi-Fi ke Firebase Realtime Database dan dapat dipantau melalui website IoT serta secara real-time.

3.8 Perancangan Sistem Database Tabel Kualitas_udara

Table 3. 9 Tabel Kualitas Udara

Nama Field	Tipe	Size	Keterangan
timestampz	Datetime	-	-
Nilaimq6	Float	-	-
Nilaimq135	float	-	-
Status	varchar	50	-

Tabel yang Anda berikan mendeskripsikan struktur sebuah tabel database yang kemungkinan besar digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor.

Tabel ini terdiri dari empat kolom (field). Field pertama, *timestampz*, menggunakan tipe data *Datetime* untuk menyimpan informasi tanggal dan waktu kapan data direkam. Field kedua dan ketiga, yaitu *Nilaimq6* dan *Nilaimq135*, keduanya bertipe *float* yang berfungsi untuk menyimpan nilai numerik desimal; nama field ini mengindikasikan bahwa data tersebut berasal dari sensor gas (kemungkinan MQ-6 untuk LPG dan MQ-135 untuk kualitas udara). Terakhir, field *Status* memiliki tipe *varchar* dengan panjang maksimal 50 karakter, yang digunakan untuk menyimpan keterangan berupa teks mengenai kondisi saat itu, misalnya "Normal" atau "Terdeteksi Gas".

3.9 Perancangan Sistem Database Tabel Laporan_Harian

Table 3. 10 Perancangan Sistem Database Tabel Laporan Harian

Nama Field	Tipe	Size	Keterangan
Id	Int	11	Primarykey dan auto increment
Tanggal	date	-	-
Total_data	int	11	-
Rata_mq6	float	-	-
Rata_mq135	float	-	-
Status_rata	Varchar	50	-
Dibuat_pada	timestamp	-	-

Tabel di atas merupakan rancangan struktur basis data untuk menyimpan hasil rekapitulasi laporan harian kualitas udara. Field *Id* bertipe *integer* dengan ukuran 11 berfungsi sebagai *primary key* dan diset *auto increment* sehingga setiap data memiliki identitas unik. Field *Tanggal* bertipe *date* digunakan untuk menyimpan tanggal rekap data harian. Field *Total_data* bertipe *integer* ukuran 11 menyimpan jumlah total data sensor yang dikumpulkan pada hari tersebut. Selanjutnya, field *Rata_mq6* dan *Rata_mq135* bertipe *float* berfungsi untuk menyimpan nilai rata-rata hasil pembacaan sensor MQ6 dan MQ135 per hari. Field *Status_rata* bertipe *varchar* dengan panjang 50 karakter digunakan untuk menyimpan kategori status

kualitas udara berdasarkan nilai rata-rata tertinggi, misalnya “Baik”, “Tidak Sehat”, atau “Berbahaya”. Terakhir, field *Dibuat_pada* bertipe *timestamp* yang mencatat waktu kapan data tersebut dimasukkan ke dalam tabel. Struktur tabel ini dirancang agar data laporan harian tersimpan dengan rapi, teridentifikasi dengan baik, serta memudahkan proses analisis maupun pemantauan kualitas udara.

3.10 Perancangan Sistem Firebase Kualitas_Udara

Tabel 3. 11 Perancangan tabel firebase Kualitas udara

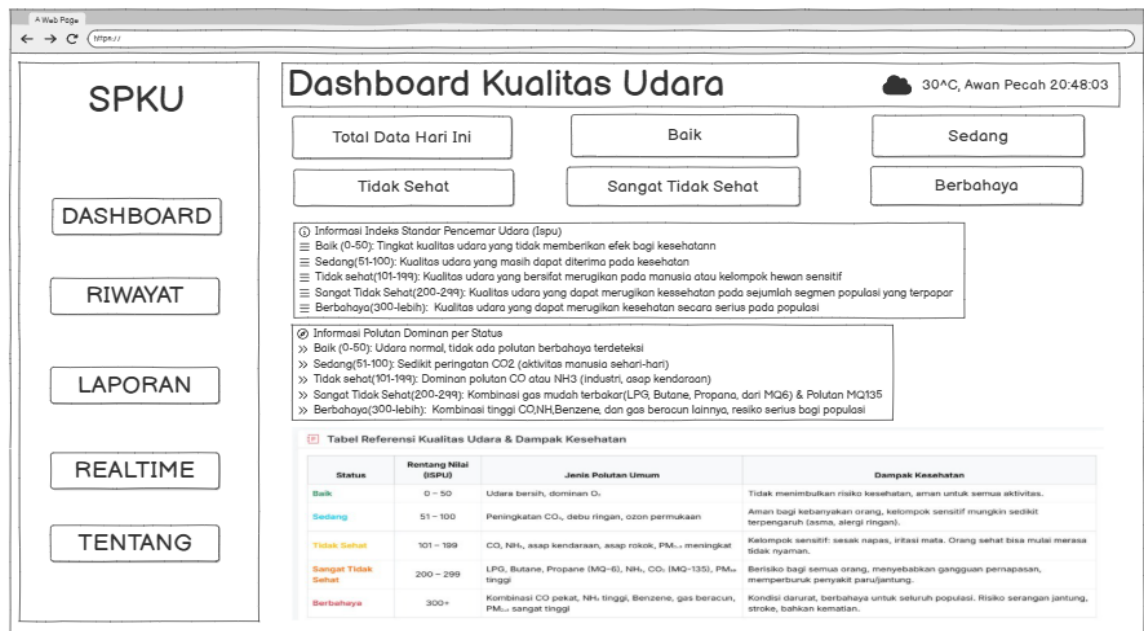
Nama Field	Tipe	Size	Keterangan
Nilaimq6	Float	-	-
Nilaimq135	float	-	-
Status	varchar	50	-

Tabel yang Anda berikan mendeskripsikan struktur sebuah tabel database yang kemungkinan besar digunakan untuk menyimpan data hasil pembacaan sensor. Tabel ini terdiri dari empat kolom (field). Field pertama dan kedua, yaitu Nilaimq6 dan Nilaimq135, keduanya bertipe float yang berfungsi untuk menyimpan nilai numerik desimal; nama field ini mengindikasikan bahwa data tersebut berasal dari sensor gas (kemungkinan MQ-6 untuk LPG dan MQ-135 untuk kualitas udara). Terakhir, field Status memiliki tipe varchar dengan panjang maksimal 50 karakter, yang digunakan untuk menyimpan keterangan berupa teks mengenai kondisi saat itu, misalnya "Normal" atau "Terdeteksi Gas".

3.11 Rancangan Tampilan Web

Rancangan interface merupakan untuk memahami kebutuhan aplikasi atau web, perancang sistem harus merancang interface rancangan antarmuka. Berikut rancangan tampilan web dijelaskan secara detail.

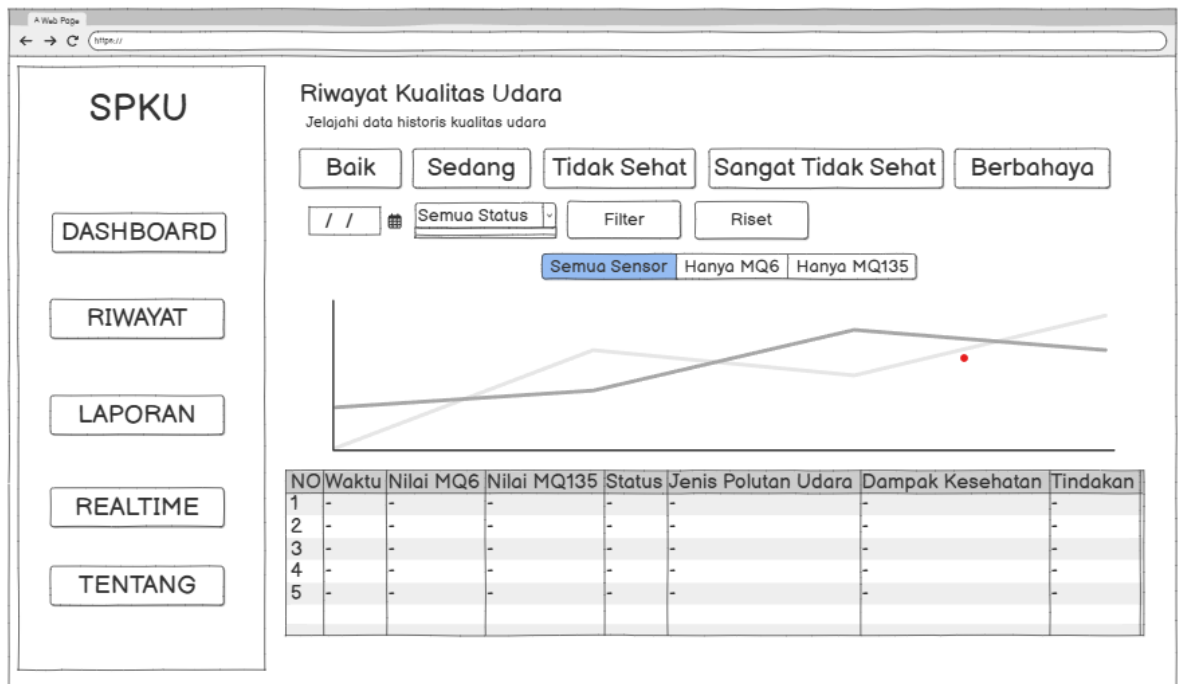
3.11.1 Rancangan Tampilan Dashboard



Gambar 3. 10 Rancangan Tampilan Web Dashboard

Tampilan halaman Dashboard Kualitas Udara dengan menu navigasi di sisi kiri (Dashboard, Riwayat, Laporan, Realtime, Tentang). Di bagian atas terdapat judul, informasi cuaca dan waktu. Tersedia beberapa kartu status seperti Total Data Hari Ini, Baik, Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, dan Berbahaya. Di bawahnya ditampilkan penjelasan singkat tentang kategori indeks pencemar udara dan polutan dominan, serta tabel referensi kualitas udara beserta dampak kesehatannya.

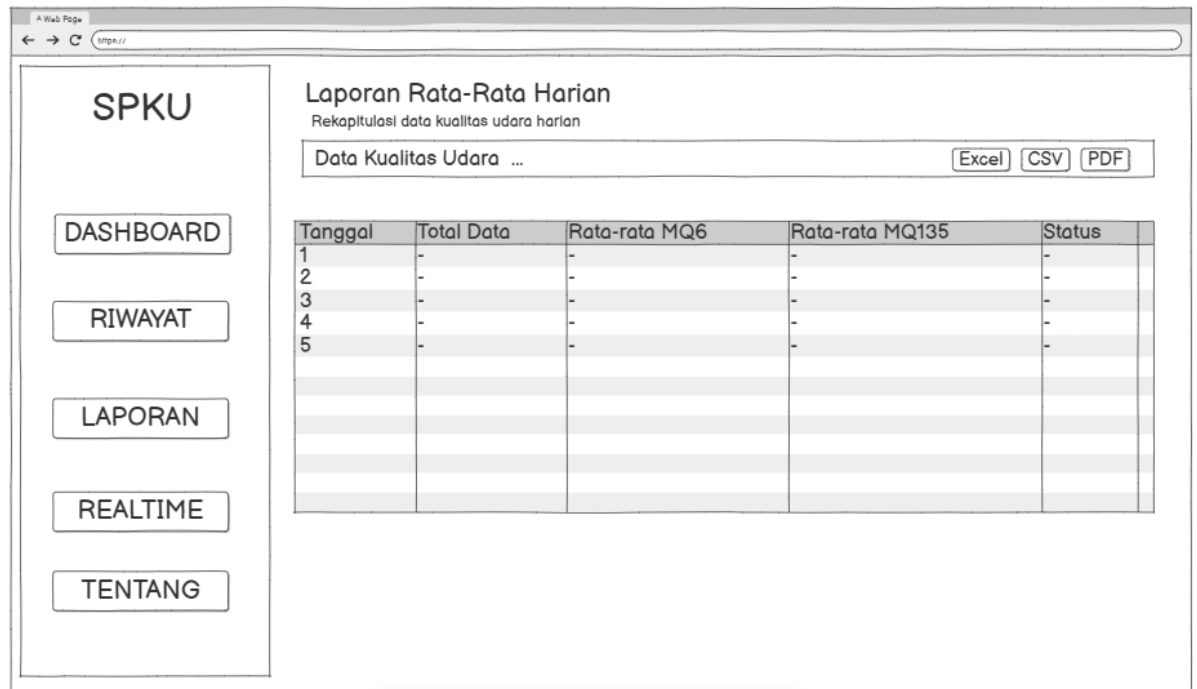
3.11.2 Rancangan Tampilan Riwayat



Gambar 3. 11 Rancangan Tampilan Web Riwayat

Tampilan halaman Riwayat Kualitas Udara menampilkan riwayat data pengukuran udara. Di bagian atas tersedia tombol filter status (Baik, Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, Berbahaya), pilihan rentang tanggal, dropdown status, serta tombol Filter dan Riset. Pengguna juga bisa memilih tampilan data berdasarkan sensor (Semua Sensor, hanya MQ6, atau hanya MQ135). Grafik garis menampilkan tren data, dan tabel di bawahnya berisi waktu, nilai sensor, status, jenis polutan, dampak kesehatan, serta tindakan.

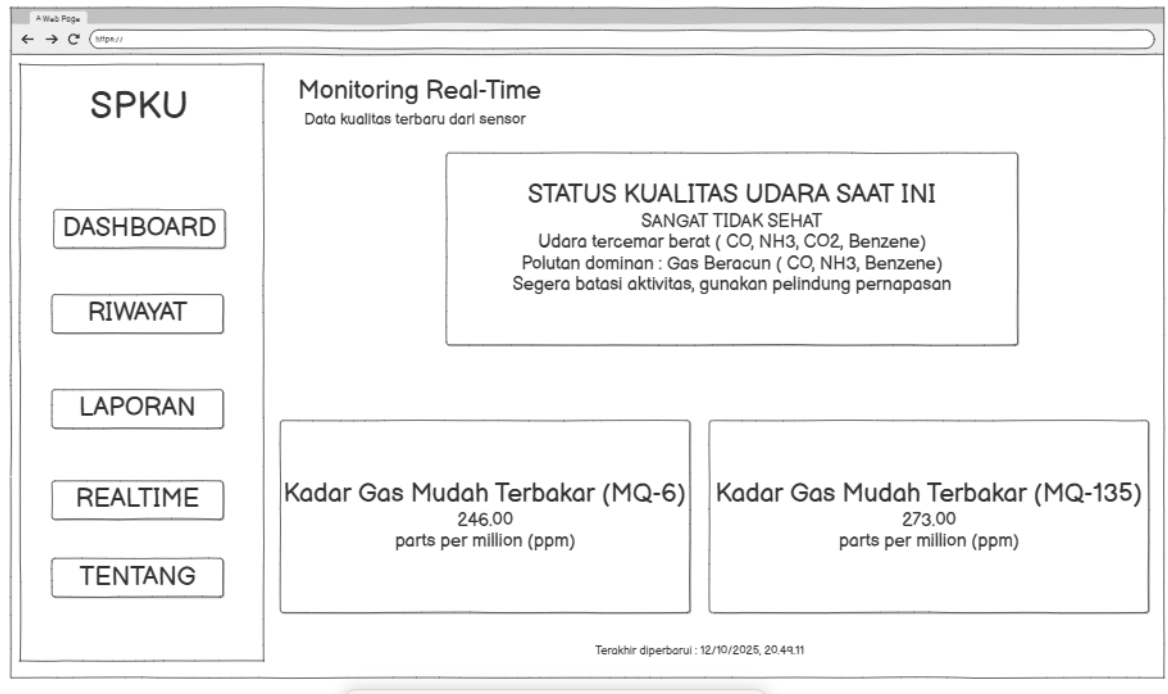
3.11.3 Rancangan Tampilan Laporan



Gambar 3. 12 Rancangan Tampilan Web Laporan

Tampilan halaman Laporan Rata-Rata Harian digunakan untuk merekap data kualitas udara per hari. Tersedia pilihan jenis laporan serta tombol ekspor ke Excel, CSV, atau PDF. Tabel menampilkan kolom tanggal, total data, rata-rata MQ6, rata-rata MQ135, dan status kualitas udara. Navigasi utama tetap berada di sisi kiri.

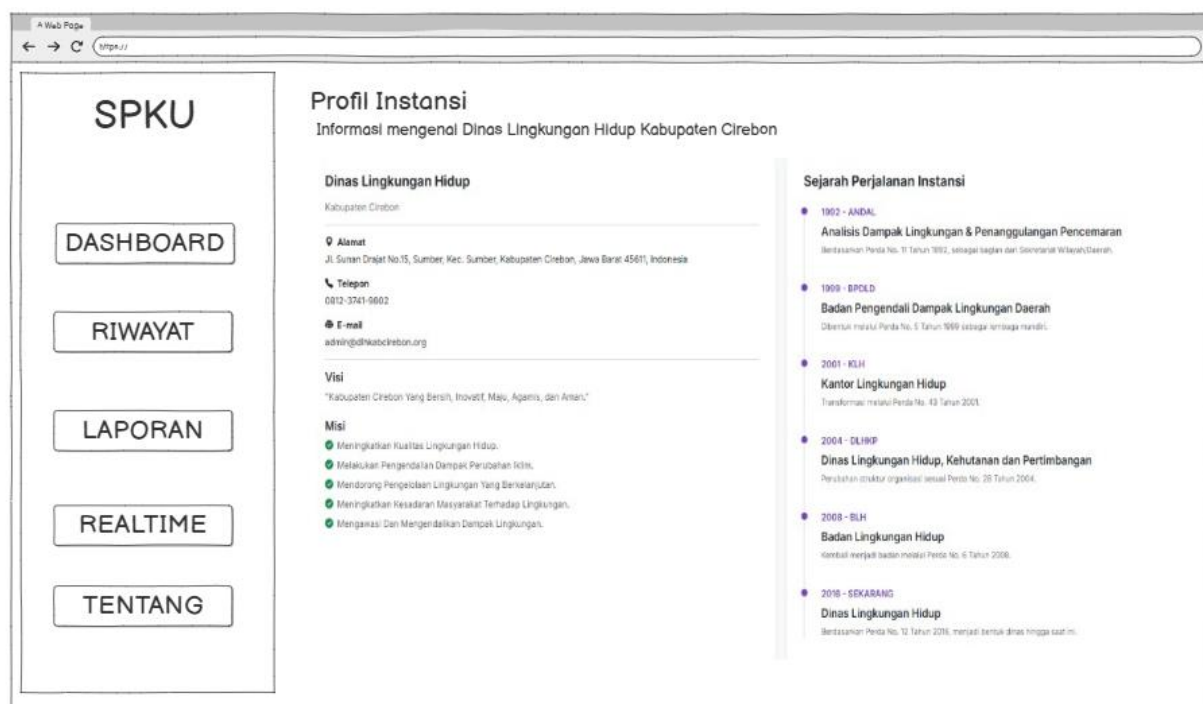
3.11.4 Rancangan Tampilan Realtime



Gambar 3. 13 Rancangan Tampilan Web Raltime

Tampilan halaman Monitoring Real-Time menampilkan kondisi kualitas udara terbaru dari sensor. Bagian utama menunjukkan status kualitas udara saat ini beserta tingkat pencemaran, jenis polutan dominan, dan himbauan kesehatan. Di bawahnya terdapat dua panel yang menampilkan kadar gas yang terdeteksi oleh sensor MQ-6 dan MQ-135 dalam satuan ppm. Informasi terakhir diperbarui tercantum di bagian bawah halaman.

3.11.5 Rancangan Tampilan About / Profil Instansi



Gambar 3. 14 Rancangan Tampilan About/Profil Instansi

Tampilan halaman Profil Instansi menampilkan informasi mengenai Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon. Bagian kiri memuat detail instansi seperti alamat, telepon, email, visi, dan misi. Di sisi kanan terdapat riwayat perjalanan instansi dalam bentuk timeline yang menampilkan perubahan nama dan struktur dari tahun ke tahun. Navigasi utama tetap berada di panel kiri.

3.12 Perancangan Pengujian Black Box

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing, yaitu pengujian yang difokuskan pada fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal kode. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa setiap fungsi dalam sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah dirancang. Berikut adalah tabel rancangan pengujian Black Box untuk sistem yang dikembangkan:

Tabel 3. 12 Perancangan Pengujian BlackBox

No	Fitur yang Diuji	Input	Ekspektasi Output	Hasil yang Diharapkan
1.	Dashboard	Menampilkan Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan informasi lainnya	Menampilkan Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan informasi lainnya	Menampilkan Data Informasi Yang terbaru
2.	Riwayat	Data Kualitas Udara	Data Kodisi Kualitas Udara Terbaru	Menampilkan Semua Kodisi Kualitas Udara yang terbaru
3.	Laporan	Menampilkan Laporan Data Kodisi Kualitas Udara	Menampilkan update Laporan Laporan Data Kodisi Kualitas Udara terbaru	Menampilkan update Laporan Laporan Data Kodisi Kualitas Udara terbaru
4.	Realtime	Monitoring Real-Time Data kualitas udara terbaru dari sensor.	Monitoring Real-Time	Monitoring Real-Time
5.	Tentang	Menampilkan Informasi Profil perusahaan	Menampilkan Informasi Profil perusahaan	Menampilkan Informasi Profil perusahaan

BAB IV

IMPLEMENTASI SISTEM DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Bab ini membahas implementasi dan pengujian program yang merupakan tahapan untuk menerapkan hasil perancangan ke dalam bentuk nyata. Pada tahap ini, sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang akan diimplementasikan ke dalam perangkat keras dan perangkat lunak, kemudian diuji untuk memastikan bahwa seluruh komponen berjalan sesuai dengan fungsinya.

Sistem yang diimplementasikan terdiri dari dua bagian utama, yaitu perangkat keras (hardware) yang berupa rangkaian ESP32, sensor MQ135, sensor MQ6, LED, buzzer, dan LCD 16x2; serta perangkat lunak (software) berupa program yang berjalan pada ESP32 untuk membaca data sensor, mengolah data, menampilkan hasil, serta mengirimkan data ke Firebase Realtime Database untuk ditampilkan melalui website.

4.1.1 Implementasi Alur Alat Sistemnya

Sistem ini merupakan implementasi dari sebuah perangkat IoT untuk pemantauan kualitas udara dan deteksi kebocoran gas secara *real-time*. Prosesnya dimulai dari Sensor MQ135 yang mengukur tingkat polusi udara dan Sensor MQ6 yang mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar seperti LPG. Seluruh data dari kedua sensor tersebut diterima dan diolah oleh Mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai otak sistem. ESP32 kemudian menampilkan hasil pengukuran secara langsung di lokasi melalui layar LCD 16x2, sekaligus menggunakan modul Wi-Fi internalnya untuk mengirimkan data tersebut ke Firebase Realtime Database melalui jaringan internet. Pada akhirnya, data yang tersimpan di cloud dapat diakses dan divisualisasikan oleh pengguna dari jarak jauh melalui sebuah Website Dashboard IoT, yang menampilkan informasi secara langsung dalam bentuk grafik atau pengukur sehingga kondisi lingkungan dapat dipantau dari mana saja dan kapan saja.

1. Perakitan Perangkat Keras (Hardware) 🛠️

Langkah pertama adalah menghubungkan semua komponen fisik ke mikrokontroler ESP32.

A. Hubungkan Sensor (MQ135 & MQ6):

- 1) Sambungkan pin VCC pada kedua sensor ke pin 3.3V di ESP32.
- 2) Sambungkan pin GND pada kedua sensor ke pin GND di ESP32.
- 3) Sambungkan pin A0 (Analog Output) dari MQ135 ke salah satu pin analog ESP32 (misalnya, GPIO 34).
- 4) Sambungkan pin A0 dari MQ6 ke pin analog lainnya (misalnya, GPIO 35).

B. Hubungkan LCD 16x2 (via I2C):

- 1) Sambungkan pin VCC pada modul I2C LCD ke pin 5V (VIN) di ESP32.
- 2) Sambungkan pin GND ke pin GND di ESP32.
- 3) Sambungkan pin SDA ke pin GPIO 21 (SDA default ESP32).
- 4) Sambungkan pin SCL ke pin GPIO 22 (SCL default ESP32).

2. Konfigurasi Firebase Realtime Database

Firebase akan menjadi jembatan antara perangkat keras dan website dashboard.

- a) Buat Proyek: Buka [Firebase Console](#), buat proyek baru.
- b) Buat Database: Di menu proyek, pilih Realtime Database dan klik "Create Database". Mulai dalam mode terkunci (locked mode) atau mode uji (test mode).
- c) Dapatkan Kredensial: Salin URL Database (contoh: `https://nama-proyek-default-rtdb.firebaseio.com/`). Anda juga akan memerlukan Kunci Rahasia Database (Database

Secret) yang bisa ditemukan di `Project Settings > Service accounts > Database secrets`.

- d) Atur Aturan (Rules): Untuk permulaan, Anda bisa mengatur aturan agar bisa dibaca dan ditulis oleh siapa saja (hanya untuk pengembangan, tidak aman untuk produksi).

```
{
  "rules": {
    ".read": "true",
    ".write": "true"
  }
}
```

3. Pemrograman Mikrokontroler ESP32

Ini adalah bagian inti di mana logika sistem dibuat menggunakan Arduino IDE.

1. Instalasi Library: Buka Arduino IDE, lalu melalui Library Manager, instal library berikut:

- a) Firebase-ESP32 (untuk koneksi ke Firebase)
- b) LiquidCrystal_I2C (untuk mengontrol LCD)
- c) WiFi (biasanya sudah terinstal bersama board ESP32)

2. Tulis Kode (Sketch): Buat sketch baru dan masukkan logika berikut:

- a) Inisialisasi: Masukkan kredensial Wi-Fi dan Firebase (URL & Secret Key) Anda. Definisikan pin yang digunakan untuk sensor dan LCD.

- b) Fungsi `setup()`:

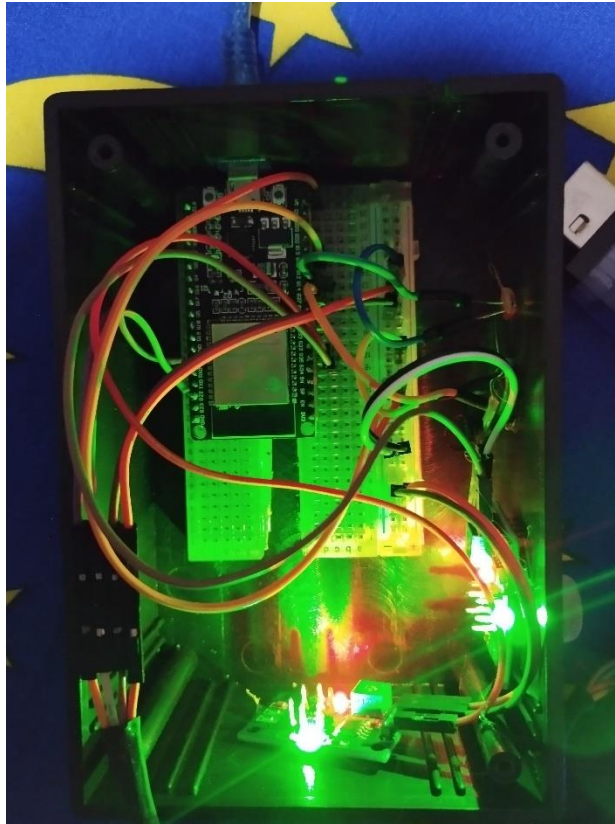
- 1) Mulai komunikasi serial untuk *debugging*.
- 2) Inisialisasi LCD dan tampilkan pesan selamat datang.
- 3) Hubungkan ESP32 ke jaringan Wi-Fi.
- 4) Inisialisasi koneksi ke Firebase.

- c) Fungsi `loop()`:

- 1) Baca Sensor: Baca nilai analog dari pin GPIO 34 (MQ135) dan GPIO 35 (MQ6).
 - 2) Olah Data: Lakukan kalibrasi atau konversi nilai analog mentah menjadi satuan yang lebih bermakna seperti PPM (*parts per million*), meskipun untuk proyek sederhana menampilkan nilai mentah sudah cukup.
 - 3) Tampilkan di LCD: Tampilkan nilai dari kedua sensor di layar LCD agar bisa dipantau secara lokal.
 - 4) Kirim ke Firebase: Buat objek JSON atau atur data yang akan dikirim, lalu gunakan fungsi dari library Firebase untuk mengirim data ke path tertentu di database Anda (misalnya, ke path `/sensor/data`). Atur jeda waktu (misalnya, setiap 5 detik) untuk menghindari *spamming* data.
4. Pengembangan Website Dashboard
- Dashboard ini akan mengambil data dari Firebase dan menampilkannya secara grafis.
1. Struktur Dasar: Buat file `index.html`, `style.css` (untuk tampilan), dan `script.js` (untuk logika).
 2. Hubungkan Firebase ke Website:
 - a) Di Firebase Console, buka Project Settings dan di tab General, cari bagian "Your apps".
 - b) Klik ikon web (`</>`) untuk menambahkan aplikasi web baru.
 - c) Firebase akan memberikan konfigurasi SDK berupa *script* yang harus Anda salin dan tempelkan di file `index.html` Anda.
 3. Tulis Kode JavaScript (`script.js`):

- a) Inisialisasi Firebase: Gunakan konfigurasi SDK dari langkah sebelumnya untuk menginisialisasi aplikasi Firebase di web Anda.
- b) Ambil Data: Gunakan fungsi `firebase.database().ref()` untuk menunjuk ke path data Anda (misalnya, `/sensor/data`).
- c) Dengarkan Perubahan: Gunakan fungsi `.on('value', function(snapshot) { ... })` untuk "mendengarkan" setiap perubahan data pada path tersebut.
- d) Tampilkan Data: Di dalam fungsi `.on()`, setiap kali ada data baru dari ESP32, `snapshot.val()` akan berisi data tersebut. Gunakan JavaScript untuk mengambil nilai ini dan memperbarui elemen HTML di halaman Anda (misalnya, mengubah angka di dalam `<div>`, memperbarui tinggi batang grafik, atau mengubah posisi jarum pada *gauge*).

4.1.2 Implementasi Alat



Gambar 4. 1 Implementasi Alat

Gambar tersebut menampilkan wujud fisik dari sebuah prototipe perangkat elektronik yang tampaknya merupakan implementasi dari sistem IoT yang telah kita bahas. Di dalam sebuah boks (*enclosure*) berwarna hitam, terlihat jelas sebuah mikrokontroler ESP32 yang terpasang di atas breadboard putih sebagai pusat kendali. Berbagai kabel jumper yang berwarna-warni menghubungkan ESP32 dengan komponen-komponen lain yang kemungkinan besar adalah modul sensor (seperti sensor gas MQ) dan komponen pendukung lainnya. Seluruh rangkaian diterangi oleh cahaya hijau yang berasal dari lampu LED, menandakan bahwa perangkat sedang dalam keadaan aktif atau menyala. Penataan komponen di atas breadboard ini menunjukkan bahwa sistem masih dalam tahap purwarupa (*prototype*) yang dirakit untuk tujuan pengujian dan pengembangan yang dibutuhkan:

1. Komponen Utama:

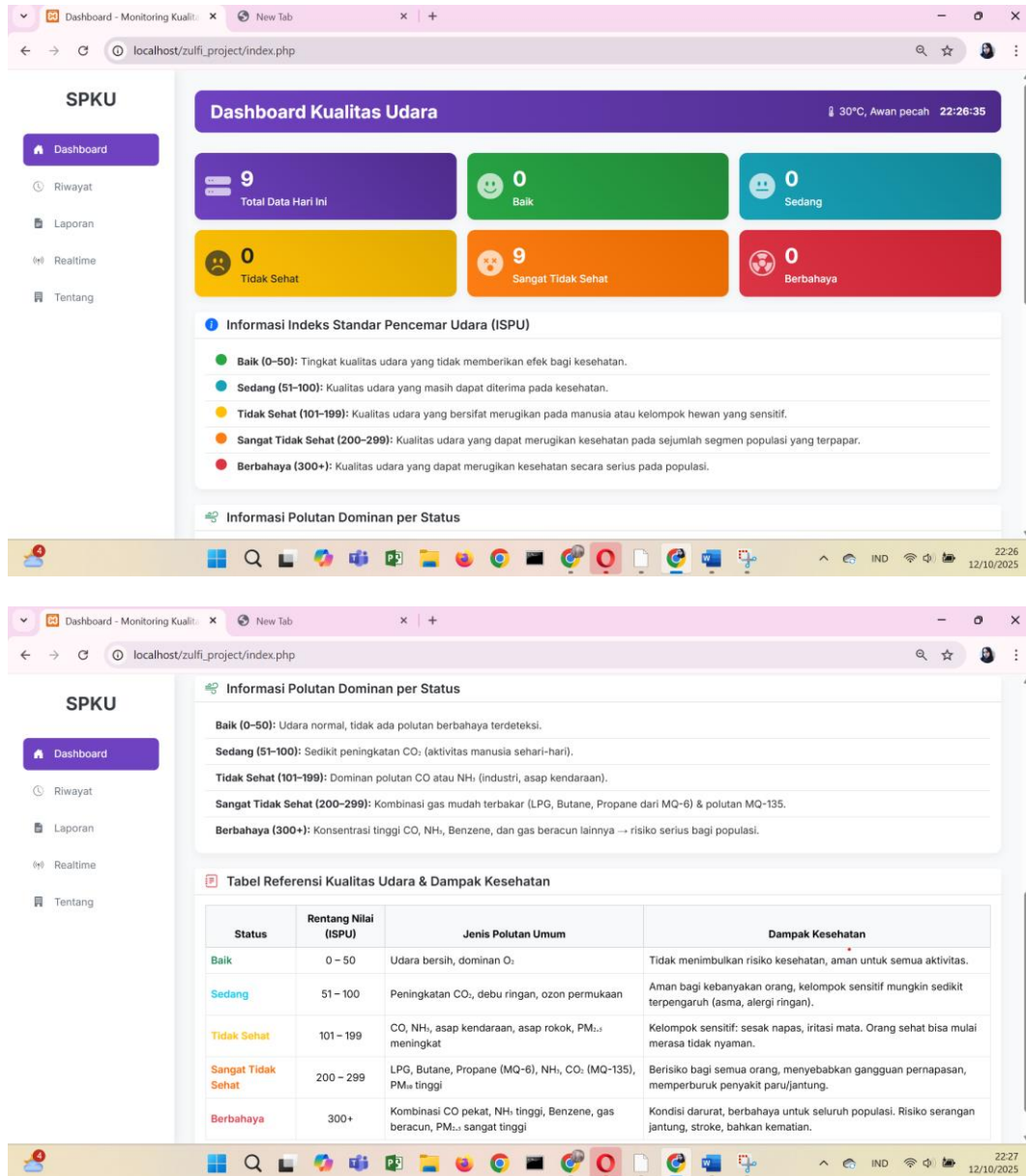
- a) Mikrokontroler ESP32 Development Kit
- b) Sensor Gas MQ-135 (Kualitas Udara)
- c) Sensor Gas MQ-6 (LPG, Butana)
- d) LCD 16x2 dengan modul I2C (ini penting agar hanya butuh 4 kabel)

2. Komponen Pendukung:

- a) Breadboard (Papan Roti) ukuran sedang
- b) Kabel Jumper (tipe Male-to-Male) secukupnya
- c) Kabel USB untuk menghubungkan ESP32 ke komputer
- d) Casing atau Boks Proyek (seperti yang hitam di foto Anda)

4.2 Implementasi Halaman Website

4.2.1 Halaman Dashboard



Gambar 4. 2 Halaman Dashboard

Halaman Dashboard Kualitas Udara adalah tampilan utama dari sistem monitoring yang menampilkan hasil pembacaan sensor secara sederhana dan mudah dipahami. Di halaman ini, pengguna bisa melihat jumlah data yang masuk

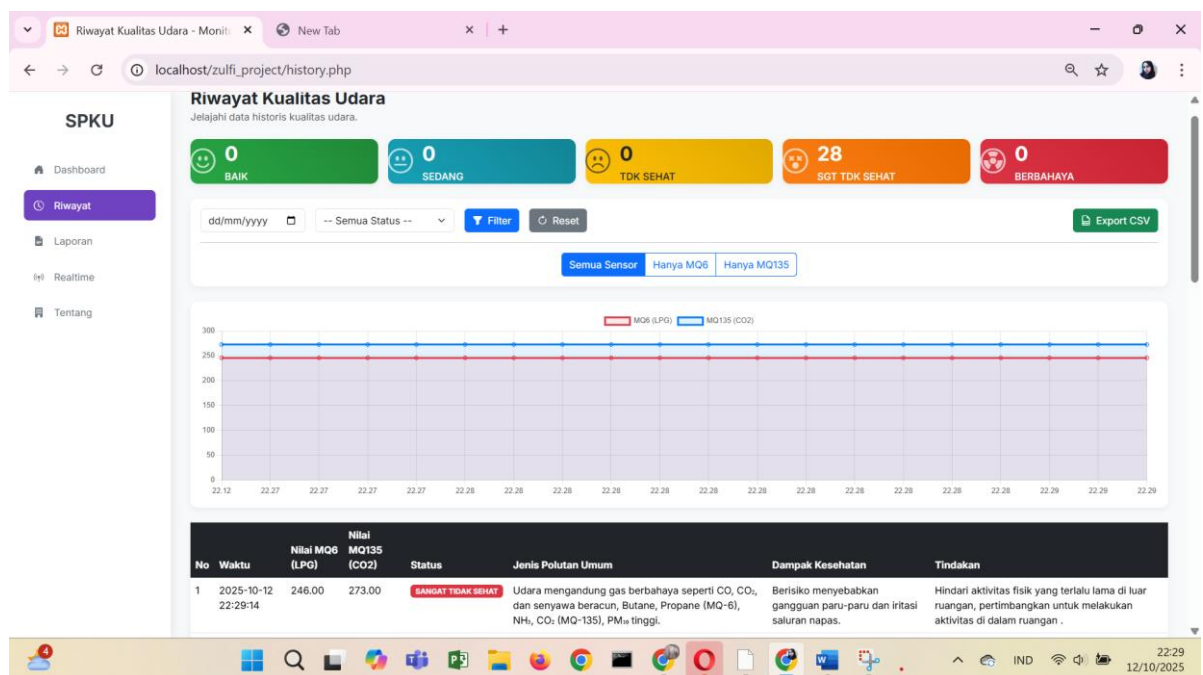
pada hari itu, serta jumlah data berdasarkan kategori kualitas udara seperti Baik, Sedang, Tidak Sehat, Sangat Tidak Sehat, dan Berbahaya.

Selain itu, terdapat bagian Informasi ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara) yang menjelaskan rentang nilai serta arti dari setiap kategori kualitas udara agar pengguna lebih memahami kondisi udara yang sedang terdeteksi.

Kemudian ada juga Informasi Polutan Dominan per Status, yang menunjukkan jenis polutan utama pada tiap kategori, misalnya CO, NH₃, LPG, Butane, dan Propane.

Terakhir, terdapat Tabel Referensi Kualitas Udara dan Dampak Kesehatan yang menjelaskan nilai ISPU, jenis polutan umum, dan dampaknya bagi kesehatan manusia. Melalui tampilan ini, pengguna bisa mengetahui kondisi udara sekaligus memahami seberapa berisiko udara tersebut terhadap kesehatan.

4.2.2 Halaman Riwayat



Gambar 4. 3 Halaman Riwayat

Halaman Riwayat Kualitas Udara menampilkan data hasil pengukuran sensor yang telah tersimpan sebelumnya. Di halaman ini, pengguna bisa melihat catatan data berdasarkan waktu, nilai sensor MQ6 dan MQ135, serta status kualitas udaranya.

Terdapat fitur filter tanggal dan status untuk memudahkan pencarian data tertentu, serta tombol Export CSV agar data bisa diunduh dalam bentuk file. Selain itu, grafik di bagian atas menampilkan perubahan nilai sensor dari waktu ke waktu, sehingga pengguna bisa memantau pola kualitas udara dengan lebih jelas.

Setiap data juga dilengkapi dengan jenis polutan, dampak kesehatan, dan tindakan yang disarankan, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi udara serta langkah pencegahan yang perlu dilakukan.

4.2.3 Halaman Laporan

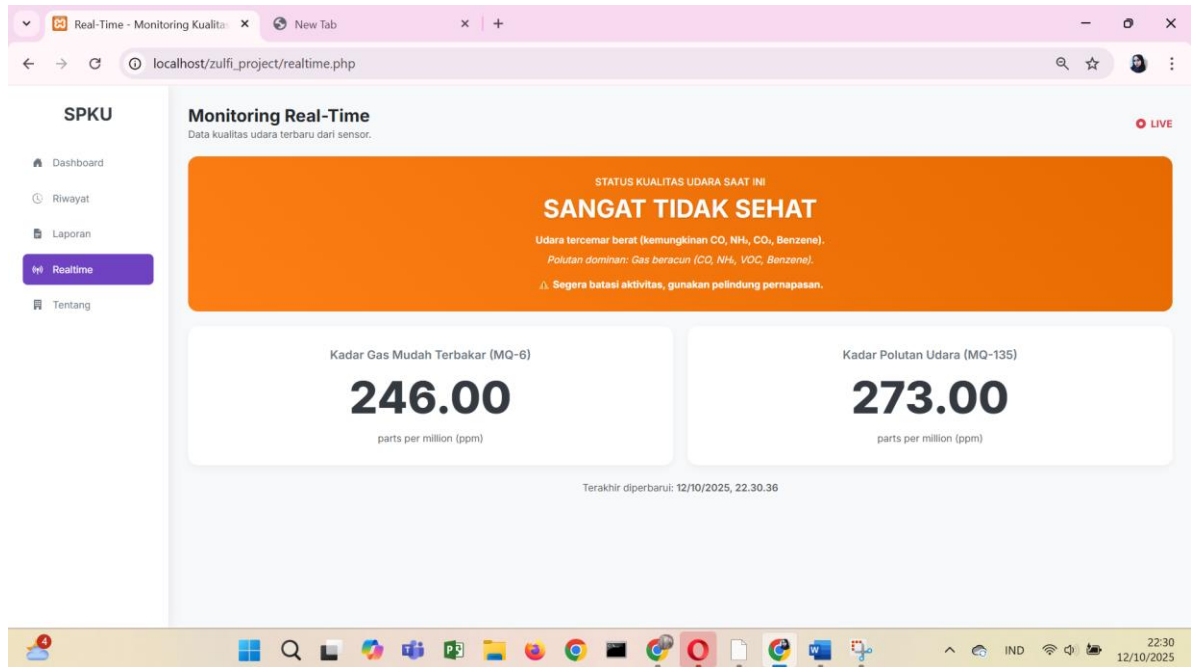
Tanggal	Total Data	Rata-rata MQ6 (LPG)	Rata-rata MQ135 (CO2)	Status Rata-rata
Minggu, 12 Oktober 2025	36	246.00	273.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Sabtu, 11 Oktober 2025	465	254.08	273.55	SANGAT TIDAK SEHAT
Jumat, 10 Oktober 2025	23	189.00	202.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Selasa, 07 Oktober 2025	6	189.00	202.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Senin, 06 Oktober 2025	14	189.00	202.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Minggu, 28 September 2025	37	189.00	202.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Jumat, 26 September 2025	110	194.06	304.74	BERBAHAYA
Selasa, 23 September 2025	26	182.08	342.92	BERBAHAYA
Jumat, 19 September 2025	4	199.00	205.00	SANGAT TIDAK SEHAT
Rabu, 17 September 2025	520	205.26	334.68	BERBAHAYA
Minggu, 07 September 2025	128	52.00	114.00	TIDAK SEHAT
Senin, 01 September 2025	15	19.20	61.20	SEDANG
Minggu, 24 Agustus 2025	407	258.34	390.59	BERBAHAYA
Minggu, 17 Agustus 2025	11	274.45	370.36	BERBAHAYA

Gambar 4. 4 Halaman Laporan

Halaman Laporan Rata-Rata Harian berfungsi untuk menampilkan rekap data kualitas udara setiap hari. Pada halaman ini, pengguna bisa melihat tanggal pengambilan data, jumlah data yang masuk, nilai rata-rata dari sensor MQ6 (LPG) dan MQ135 (CO₂), serta status rata-rata kualitas udara pada hari tersebut.

Tersedia juga tombol Export dalam format Excel, CSV, dan PDF agar laporan bisa disimpan atau dicetak dengan mudah. Melalui halaman ini, pengguna dapat memantau tren kualitas udara harian dan mengetahui hari-hari dengan tingkat pencemaran tertinggi maupun terendah.

4.2.4 Halaman Realtime



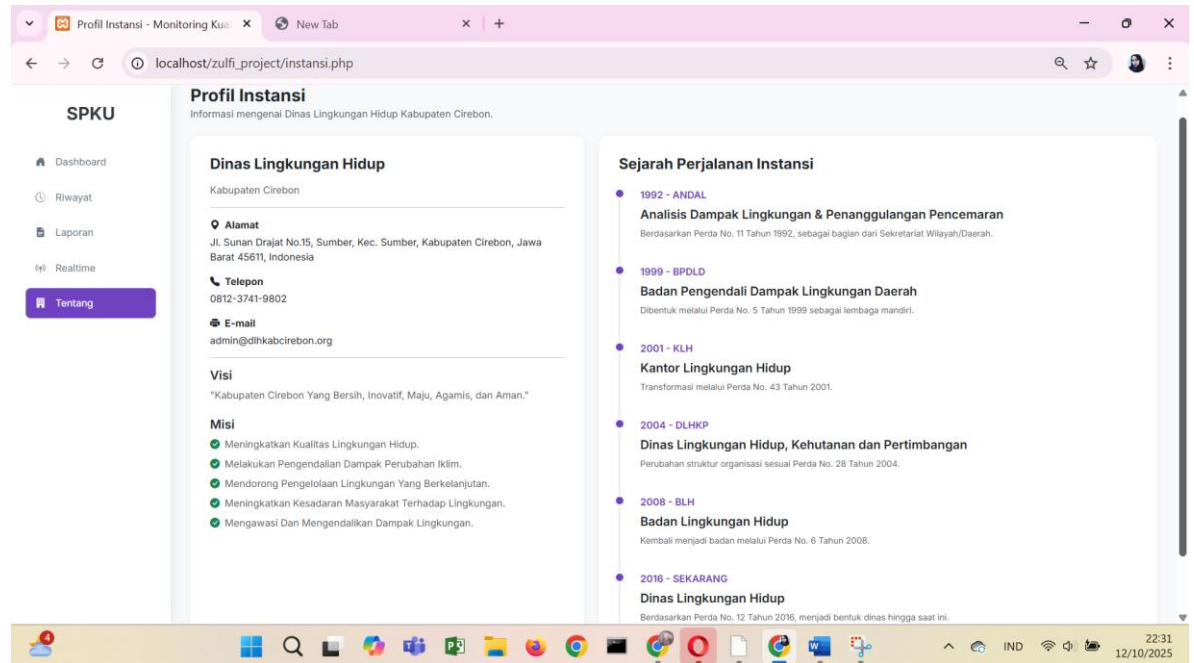
Gambar 4. 5 Halaman Realtime

Halaman Monitoring Real-Time menampilkan data kualitas udara terbaru yang dikirim langsung dari sensor. Pada halaman ini, pengguna bisa melihat status kualitas udara saat ini beserta tingkat pencemarannya secara langsung tanpa perlu memuat ulang halaman.

Tampilan utama menunjukkan status udara, misalnya Sangat Tidak Sehat, disertai informasi jenis polutan dominan dan peringatan bagi pengguna. Di bawahnya, ditampilkan nilai kadar gas dari sensor MQ6 dan MQ135 dalam satuan ppm (parts per million).

Selain itu, terdapat keterangan waktu pembaruan terakhir agar pengguna tahu kapan data terakhir diterima dari alat. Dengan halaman ini, pengguna bisa memantau kondisi udara secara real-time dan langsung mengetahui jika terjadi peningkatan polusi udara di sekitar.

4.2.5 Halaman Tentang



Gambar 4. 6 Halaman Tentang

Halaman Tentang menampilkan informasi mengenai Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon sebagai instansi yang menjadi acuan dalam sistem ini. Di bagian kiri, terdapat detail profil instansi seperti alamat, kontak telepon, email, visi, dan misi. Informasi ini membantu pengguna mengenal lembaga yang berperan dalam pengawasan dan pengendalian kualitas udara.

Di sisi kanan, terdapat sejarah perjalanan instansi yang menjelaskan perubahan nama dan fungsi dari tahun ke tahun, mulai dari ANDAL (1992) hingga menjadi Dinas Lingkungan Hidup seperti saat ini. Dengan adanya halaman ini, pengguna dapat memahami latar belakang serta peran instansi dalam menjaga kualitas lingkungan di wilayah Kabupaten Cirebon

4.3 Pengujian Sistem

Pengujian alat mencakup melakukan beberapa langkah untuk menguji diperangkat laptop.

4.3.1 Pengujian Alat

1. Pengujian layer sensor



Gambar 4. 7 pengujian Layer Sensor

Gambar ini menampilkan detail dari layar LCD 16x2 yang terpasang pada perangkat keras SPKU dan berfungsi sebagai antarmuka pemantauan lokal. Layar dengan latar biru ini secara langsung menampilkan data mentah yang dibaca dari kedua sensor secara *real-time*, di mana terlihat nilai untuk 'GAS' (kemungkinan dari sensor MQ-6) adalah 39 dan nilai untuk 'UDARA' (kemungkinan dari sensor MQ-135) adalah 166. Tampilan ini memberikan informasi instan kepada pengguna yang berada di dekat alat tanpa perlu membuka dashboard website, dan nilai-nilai inilah yang kemudian dikirim oleh ESP32 ke cloud untuk diolah dan ditampilkan di berbagai halaman web yang telah kita lihat sebelumnya.

2. Pengujian Alat Ke website

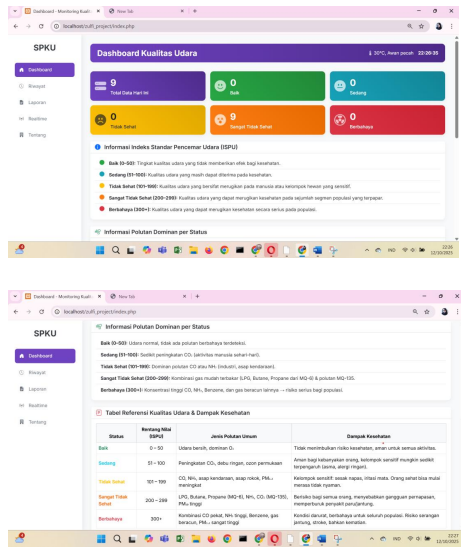
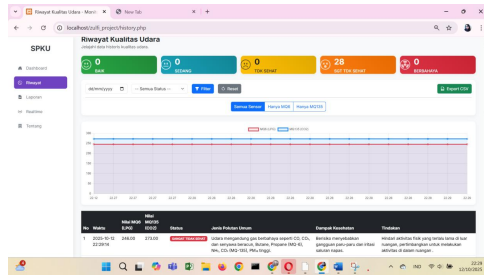
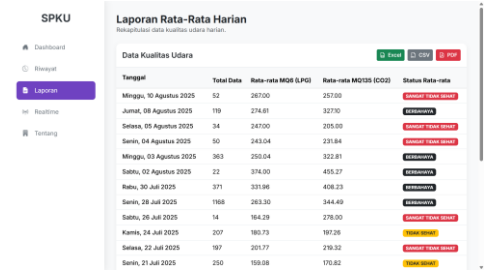


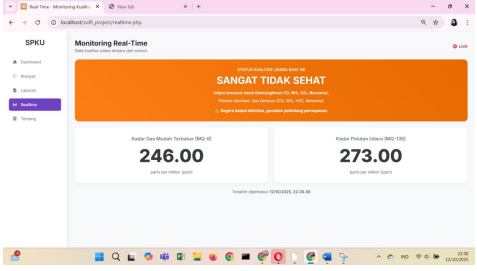
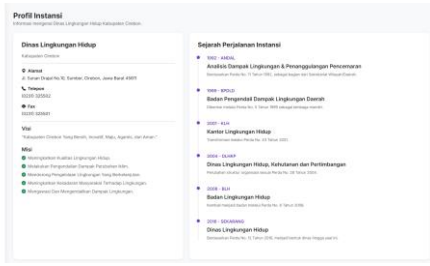
Gambar 4. 8 Pengujian Alat Ke Website

Gambar tersebut mendemonstrasikan proses pengujian sistem secara menyeluruh, yang menghubungkan alat fisik dengan antarmuka website. Dalam pengujian ini, perangkat dalam boks hitam yang menyala (ditandai oleh LED merah dan layar LCD) membaca data kualitas udara melalui sensornya. Data tersebut kemudian diproses oleh ESP32 dan secara simultan dikirim melalui dua jalur: ditampilkan secara lokal pada layar LCD di alat dan dikirim melalui koneksi Wi-Fi ke *database cloud* (Firebase). Di sisi lain, laptop menampilkan website dashboard SPKU yang juga terhubung ke *database* yang sama. Pengujian dianggap berhasil ketika nilai yang tampil di layar LCD pada alat sinkron dengan nilai yang muncul di website secara *real-time*, membuktikan bahwa seluruh alur data dari sensor hingga ke pengguna akhir berjalan dengan lancar dan sesuai rancangan.

4.4 Pengujian Blackbox

Tabel 4. 1 Pengujian Blackbox

No	Fitur yang Diuji	Input	Output	Hasil
1.	Dashboard 	Menampilkan Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan informasi lainnya	Menampilkan Informasi Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dan informasi lainnya	Valid
2.	Riwayat 	Data Kualitas Udara	Data Kondisi Kualitas Udara Terbaru	Valid
3.	Laporan 	Menampilkan Laporan Data Kondisi Kualitas Udara	Menampilkan update Laporan Laporan Data Kondisi Kualitas Udara terbaru	Valid
4.	Realtime	Monitoring Real-Time	Monitoring Real-Time	Valid

		Data kualitas udara terbaru dari sensor.		
5.	Tentang 	Menampilkan Informasi Profil perusahaan	Menampilkan Informasi Profil perusahaan	Valid

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan membangun sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang dapat menampilkan data secara real-time melalui LCD dan website yang dapat diakses oleh masyarakat umum.
2. Untuk menyediakan sistem monitoring yang dapat dipasang di titik strategis seperti lampu merah, kawasan industri, atau area padat penduduk.
3. Untuk mengintegrasikan sensor MQ135 dan sensor MQ6 dengan mikrokontroler ESP32 serta sistem jaringan Wi-Fi, sehingga data hasil pemantauan dapat dikirim secara otomatis ke server dan ditampilkan melalui *website*.

5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut dan peningkatan kinerja sistem, beberapa saran berikut dapat dipertimbangkan:

1. Implementasi Sumber Daya Mandiri: Menambahkan komponen seperti panel surya (solar cell) dan baterai yang dapat diisi ulang. Ini krusial agar alat dapat berfungsi secara mandiri di lokasi luar ruangan yang jauh dari akses listrik PLN, seperti di tengah persimpangan jalan atau taman kota.
2. Peningkatan Daya Tahan Alat: Merancang dan menggunakan boks atau *casing* yang tahan cuaca (*weather-proof*) dengan standar IP65 atau lebih tinggi. Ini akan melindungi seluruh komponen elektronik dari kerusakan akibat hujan, panas matahari, dan debu.
3. Penambahan Sensor Komprehensif: Mengintegrasikan sensor tambahan seperti sensor PM2.5 untuk mendeteksi partikel debu halus yang sangat berbahaya bagi pernapasan, serta sensor Karbon Monoksida (CO) untuk memantau polusi dari emisi kendaraan secara lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, D. Y., Hadi Wijoyo, S., & Rahman, K. (2025). *Pengaruh Platform Visual Studio Code Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Mata pelajaran Pemrograman Dasar Kelas X Jurusan Teknik Komputer dan Jaringan SMKN 3 Malang* (Vol. 9, Issue 3). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Adawiyah Ritonga, Y. (2023). Bahasa Pemrograman C++ dan Bahasa Pemrograman Python pada Algoritma Pemrograman. *Jurnal Teknik Informatika Dan Teknologi Informasi*, 3(3), 56–63. <https://doi.org/10.55606/jutiti.v3i3.2863>
- Ahmad Muzakir. (2023). *SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK INTERNET OF THINGS (IoT)*.
- Amelia, R., Siregar, B., Akbar, M. B., Manik, A. R., Yandra Niska, D., Iskandar Psr, J. W., Medan, V., Kab, E. D., & Serdang, I. (2025). PENCARIAN TEMPAT KOS SEKITAR UNIVERSITAS NEGERI MEDAN BERBASIS WEB MENGGUNAKAN PHP. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Issue 1).
- Andika Eka Putra, T. R. (2023). *Klasifikasi Kualitas Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto*.
- Anisa fadhilla widyani. (2021). *APLIKASI MODEL GAUSS TERMODIFIKASI TERHADAP DISPERSI PENCEMARAN UDARA DARI SUMBER MAJEMUK (STUDI KASUS INDUSTRI SEMEN DI KABUPATEN BOGOR)*.
- Aswan Risaldy, H., & Septian Hardinata, R. (2023). Volume 6 ; Nomor 2. Juli, 539–548. <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jsk/index>
- Budianto, H., & Sumanto, B. (2024). *Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things*. 5(1).
- Eko Siswanto, S. Kom. , M. K. (2021). *Kupas Tuntas Pemrograman PHP*.
- Endra, R. Y., & Saputra, G. A. (2022). *IMPLEMENTASI FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS) METODE TSUKAMOTO UNTUK MONITORING KUALITAS UDARA I, *)* (Vol. 10, Issue 1).
- Fajrin rizqi sabillah, caesar dewangga duta nirmala, st widyastuti sasmita putri, restu sekar agustin, iqlima putri justitia, rizky nur haryono, weishaguna. (2025). *PERSPEKTIF QUR'AN DAN TEKNOLOGI DALAM PENILAIAN KUALITAS UDARA*.
- Febriani, O. M., Putra, A. S., & Prayogie, R. P. (2020). *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian 2020 IBI DARMAJAYA Bandar Lampung*.
- Gerlan Apriandy M ST, Mk. & E. T. S. Kom. ,M. Ms. (2020). *LAPORAN AKHIR PENELITIAN DOSEN*.
- Harlina, M. S., Susilowati, E., Suharni, S., Herawati, M. S., & Atsiilah, M. F. (2025). *Pemodelan Sistem Rancangan Website Toko Umami Cookies*

- Menggunakan Uml (Unified Modelling Language). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 7(3), 364–371.
<https://doi.org/10.47233/jteksis.v7i3.1943>
- Hasbi, P., Ryan, A., Rumapea, E. S. E., Khairiyah Pane, A. N., Maulidina, S. N., Studi, P., & Industri, T. (2025). *SMART CLOTHESLINE: ARDUINO-CONTROLLED DRYING SYSTEM WITH LIGHT AND RAIN DETECTION*. 3(2). <https://doi.org/10.62375/logistics.v3i2.597>
- Imran, A., & Rasul, M. (2020). *PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN ESP32* (Vol. 17, Issue 2).
- Irfani, R., Aziz Rahmanto, A., Edgar Gazazanata, M., Studi Teknik Mesin, P., Singaperbangsa Karawang, U., Ronggo Waluyo, J. H., Timur, T., & Barat, J. (2025). *Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area*. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v9i1.2161>
- Juliantoro, A. T., Permatadeny Nevita, A., Munawi, H. A., Industri, T., Teknik, F., Nusantara, U., & Kediri, P. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Dengan Sensor MQ-6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran. *Jurnal Nusantara Of Engineering*, 5(1).
<https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe>
- Khusnun Najib, M., Dellia, P., Mardiana Natarika, W., Azizatur Rokhmah, N., Dwi Ningtias, A., Raya Telang, J., Telang Indah, P., Kamal, K., Bangkalan, K., & Timur, J. (2025). PERANCANGAN UI/UX APLIKASI MOBILE LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS) “NEOCLASS” DENGAN METODE DESIGN THINKING. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* (Vol. 9, Issue 4).
- Kurniawan, A. (2021). PENGUKURAN PARAMETER KUALITAS UDARA (CO, NO2, SO2, O3 DAN PM10) DI BUKIT KOTOTABANG BERBASIS ISPU. *Jurnal Teknosains*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.22146/teknosains.34658>
- M Kurniawan. (2025). *Sistem monitoring dan deteksi penyebab kebakaran di dapur utama berbasis internet of things*.
- Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Pemerintah Nomor 41 Tahun. (1999). *Indeks Standar Pencemar Udara*.
- Muttaqin, R., Sakti, W., Prayitno, W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. In *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan* (Vol. 6, Issue 2).
- Nadyya, P. F., & Sobri, T. (2021). Hal. 7-14 Putri Nadyya F 1. In *Taufik Sobri* (Vol. 4, Issue 1).

- Nurul Iffah Aswar. (2024). *SKRIPSI RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DALAM MOBIL BERBASIS IoT TERINTEGRASI WHATSAPP*.
- Pradana, R. B., & Arnomo, S. A. (2023). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS ANDROID. *JURNAL COMASIE*.
- Puspita, R., & Astriani, R. (2025). PEMBUATAN APLIKASI BERBASIS WEBSITE TOKO ONLINE MAZHAB CREATIVE MENGGUNAKAN PHP DAN MYSQLSITE. *JUIT*, 4(1). <https://mazhabcreative.online>.
- Ridwan, M., & Rahman Yusuf, A. (2025). *SISTEM INFORMASI AKADEMIK BERBASIS FRAMEWORK BOOTSTRAP UNTUK PENGELOLAAN DATA AKADEMIK DAN ADMINISTRASI*. 2(2).
<https://doi.org/10.62671/suliwa.v2i2.66>
- Riziq, M., Alfarizi, S., Angga Nugraha, M., Putra, R., Basri, A., Ash, R., Jannuarta, R., Pratama, M. R., Syagara, G. W., Putra Pratama, A., & Kalam, M. J. (2023). Menggali Bahasa Pemrograman Populer: Karakteristik Utama dan Penggunaan yang Luas. In *Karimah Tauhid* (Vol. 2, Issue 4).
<https://pypl.github.io/PYPL.html>
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemar Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *ULTIMA Computing*, XII(1).
- Sadali, M., Putra, Y. K., Kertawijaya, L., & Gunawan, I. (2022). Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT. *Infotek: Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 5(1), 11–21.
<https://doi.org/10.29408/jit.v5i1.4384>
- Satryawan, M. A., & Susanti, E. (2023). PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KUALITAS UDARA DENGAN IoT (Internet of Things) MENGGUNAKAN WEMOS ESP32 D1 R32. *Sigma Teknika*, 6(2), 410–419.
- Sudjiran, S., Saefudin, M., & Perdana, S. A. (2023). DIGITAL SYSTEM UI/UX DESIGN MANAGEMENT SUBMISSION OF AGRICULTURAL COST LOANS USING FIGMA SOFTWARE. *Journal of Information System, Informatics and Computing*, 7(1), 74.
<https://doi.org/10.52362/jisicom.v7i1.1090>
- Suppa, R., & Paembonan, S. (2025). RANCANG BANGUN ALARM PENGINGAT MEMASAK BERBASIS ARDUINO UNO. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), 2830–7062.
<https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.6575>
- Surbakti, H. B., Ginting, J. G. A., Romadhona, S., Ginting, M. B., & Ni'amah, K. (2024). *SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA RUANGAN*

DENGAN PROTOKOL MQTT BERBASIS INTERNET OF THINGS.

Jurnal SINTA: Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi, 1(3).

<https://doi.org/10.61124/sinta.v1i3.25>

- Suryantoro, H., & Budiyo, A. (2019). *INDONESIAN JOURNAL OF LABORATORY PROTOTYPE SISTEM MONITORING LEVEL AIR BERBASIS LABVIEW & ARDUINO SEBAGAI SARANA PENDUKUNG PRAKTIKUM INSTRUMENTASI SISTEM KENDALI* (Vol. 1, Issue 3). Online.
- Suryawinata, A., Purnanda, A., Dani, R., & Artikel, S. (2025). B E R B A K T I Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Pelatihan Pembuatan Website sebagai Sarana Informasi bagi Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Jambi Informasi Artikel A B S T R A K. In *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat* (Vol. 01, Issue 03).
- Theodorus S Kalengkongan, D. J. M. S. R. U. A. S. (2020). *rancang bangun alat deteksi kebisingan berbasis aurdino uno*.
- Wayan Redi Aryanta, S. E. M. (2023). *Dampak buruk polusi udara bagi kesehatan dan cara meminimalkan risikonya*.
- Yazid Raisal, A., Fathi Muhammad Hasibuan, A., Sayu Ananda, F., Yuhyi, R., Juli Rakmadi Butar Butar, A., Muhammadiyah Sumatera Utara, U., Kapten Muchtar Basri, J., & Author, C. (2025). Perancangan Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino UNO pada Kubah Observatorium Ilmu Falak Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (OIF UMSU). In *Generation Journal* (Vol. 9, Issue 1).

LAMPIRAN

PEMERINTAH KABUPATEN CIREBON BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK Jalan Sunan Muria No. 14 Telp/Fax. 0231 - 321253 S U M B E R 45611 SURAT KETERANGAN PENELITIAN Nomor : 000.9.2/1420/Wadnas dan PK I. Dasar - Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Dalam Negeri (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 316), sebagaimana telah diubah Dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 14 Tahun 2011 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Dalam Negeri (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 186); - Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 3 Tahun 2018 tentang Penerbitan Surat Keterangan Penelitian. II. Yang bertanda tangan di bawah ini : Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Cirebon Menimbang : Surat Dari : Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon Nomor Surat : 075/200.09/PN/VI/2025 Tanggal Surat : 20 Mei 2025 Perihal : Izin Penelitian Menerangkan bahwa : <table border="1"> <tr><td>a. Nama</td><td>: ZULFIAH AZZAHRO</td></tr> <tr><td>b. NIM/NPM/NRP</td><td>: 0402219009</td></tr> <tr><td>c. Telepon/Email</td><td>: 083667115963</td></tr> <tr><td>d. Tempat/Tgl. Lahir</td><td>: Cirebon, 03 April 2002</td></tr> <tr><td>e. Agama</td><td>: Islam</td></tr> <tr><td>f. Pekerjaan</td><td>: Dosen</td></tr> <tr><td>g. Alamat</td><td>: Ling. Pon Ri/Rw 001/001 Keldesa, Sumber Kecamatan Sumber Kabupaten Cirebon</td></tr> <tr><td>h. Peserta Penelitian</td><td>:</td></tr> <tr><td>i. Maksud</td><td>: Izin Penelitian</td></tr> <tr><td>j. Untuk Keperluan</td><td>: "Melaksanakan Penyusunan Skripsi dengan Judul: "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis website " (Studi Kasus Dinas Lingkungan Hidup)</td></tr> <tr><td>k. Lokasi</td><td>: Kabupaten Cirebon</td></tr> <tr><td>l. Lembaga/Instansi Yang diuju</td><td>: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon</td></tr> <tr><td>m. Waktu Penelitian</td><td>: Tanggal 17 Juli 2025 Sampai dengan 17 Agustus 2025</td></tr> <tr><td>n. Status Penelitian</td><td>: Baru</td></tr> </table> Dokumen ini ditandatangani secara elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikat Elektronik (BSE), BSSN	a. Nama	: ZULFIAH AZZAHRO	b. NIM/NPM/NRP	: 0402219009	c. Telepon/Email	: 083667115963	d. Tempat/Tgl. Lahir	: Cirebon, 03 April 2002	e. Agama	: Islam	f. Pekerjaan	: Dosen	g. Alamat	: Ling. Pon Ri/Rw 001/001 Keldesa, Sumber Kecamatan Sumber Kabupaten Cirebon	h. Peserta Penelitian	:	i. Maksud	: Izin Penelitian	j. Untuk Keperluan	: "Melaksanakan Penyusunan Skripsi dengan Judul: "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis website " (Studi Kasus Dinas Lingkungan Hidup)	k. Lokasi	: Kabupaten Cirebon	l. Lembaga/Instansi Yang diuju	: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon	m. Waktu Penelitian	: Tanggal 17 Juli 2025 Sampai dengan 17 Agustus 2025	n. Status Penelitian	: Baru	III. Melakukan Penelitian, Dengan Ketentuan Sebagai Berikut : - Pihak yang terkait agar dapat memperhatikan surat keterangan penelitian ini. - Sebelum melakukan kegiatan penelitian wajib melaporkan kedatangannya kepada Bupati Cirebon Cq. Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Cirebon dengan menunjukan permohonan surat keterangan penelitian dengan melampirkan copy identitas diri (KTP) dan mencantumkan nomor kontak (HP) peserta peneliti. - Tidak dibenarkan melakukan penelitian yang tidak sesuai/tidak ada kaitannya dengan judul penelitian dimaksud. - Harus mentaati sesuai ketentuan perundang-undangan yang berlaku serta mengindahkan adat istiadat yang berlaku. - Peneliti harus memberikan hasil penelitiannya kepada instansi dan/atau Organisasi Perangkat Daerah (OPD) yang menerbitkan surat keterangan penelitian. - Apabila masa berlaku surat keterangan penelitian ini berakhir, sedangkan pelaksanaan penelitian belum selesai diperpanjang penelitian harus diajukan kepada instansi penerbit surat keterangan penelitian. - Pemohonan perpanjangan penelitian harus memberikan hasil penelitian terlebih dahulu kepada instansi penerbit surat keterangan penelitian. - Surat keterangan penelitian ini akan dicabut kembali dan dinyatakan tidak berlaku, apabila ternyata pemegang surat keterangan penelitian tidak mentaati/mengindahkan ketentuan-ketentuan seperti disebut diatas. - Demikian Surat Keterangan Penelitian ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya. Cirebon, 17 Juni 2025 a.n. Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Cirebon Kabid Wadnas dan PK # RIO WIBIKSONO, SH.,M.Si Pembina NIP. 19821212 200002 1 001 Dokumen ini ditandatangani secara elektronik yang diterbitkan oleh Balai Sertifikat Elektronik (BSE), BSSN
a. Nama	: ZULFIAH AZZAHRO																												
b. NIM/NPM/NRP	: 0402219009																												
c. Telepon/Email	: 083667115963																												
d. Tempat/Tgl. Lahir	: Cirebon, 03 April 2002																												
e. Agama	: Islam																												
f. Pekerjaan	: Dosen																												
g. Alamat	: Ling. Pon Ri/Rw 001/001 Keldesa, Sumber Kecamatan Sumber Kabupaten Cirebon																												
h. Peserta Penelitian	:																												
i. Maksud	: Izin Penelitian																												
j. Untuk Keperluan	: "Melaksanakan Penyusunan Skripsi dengan Judul: "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis website " (Studi Kasus Dinas Lingkungan Hidup)																												
k. Lokasi	: Kabupaten Cirebon																												
l. Lembaga/Instansi Yang diuju	: Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon																												
m. Waktu Penelitian	: Tanggal 17 Juli 2025 Sampai dengan 17 Agustus 2025																												
n. Status Penelitian	: Baru																												
PEMERINTAH KABUPATEN CIREBON DINAS LINGKUNGAN HIDUP Jalan Sunan Drajat No. 15 Telp. (0231) 325501 Fax. 325501 Website: www.dish.cirebonkab.go.id Email : dish@cirebonkab.go.id Kode Pos 45611 S U M B E R Sumber, 23 Juni 2025 Nomor : 000.9.2/105/Sekrt Yth. Dekan Fakultas Ilmu Komputer Sifat : biasa Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon Lampiran : - Tempat Perihal : Ijin Observasi Disampaikan dengan hormat, bahwa memperhatikan Surat Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Cirebon, nomor : 000.9.2/1420/Wadnas dan PK, tanggal 20 Mei 2025 perihal Izin Penelitian, pada dasarnya kami tidak keberatan kepada mahasiswa yang akan melaksanakan Penelitian pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon dengan waktu pelaksanaan dari tanggal 17 Juli sampai dengan 17 Agustus 2025 untuk keperluan Melaksanakan Penyusunan Skripsi dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Internet of Things (IoT) Berbasis Website", dengan ketentuan: - Tidak mengganggu aktifitas kerja Pegawai Dinas Lingkungan Hidup. - Menjaga Norma, Etika dan kesopanan dalam pelaksanaan magang. - Mematuhi protokol kesehatan. - Mematuhi peraturan dan ketentuan yang berlaku. Adapun ijin magang diberikan kepada mahasiswa/ tersebut adalah : <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Nama / NPM</th> <th>Program Studi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>ZULFIAH AZZAHRO NIM/NPM. 0402219009</td> <td>S-1 Teknik Informatika</td> </tr> </tbody> </table> Demikian agar menjadi maklum, dan atas perhatiannya disampaikan terimakasih. a.n KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP KABUPATEN CIREBON SEKRETARIS FITROH SUHARYONO, S.Si Pembina Tk.I NIP. 19760822 200501 1 010 Tembusan : Yth. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon (sebagai laporan) Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikat Elektronik (BSSE), Badan Siber dan Sandi Negara	No	Nama / NPM	Program Studi	1.	ZULFIAH AZZAHRO NIM/NPM. 0402219009	S-1 Teknik Informatika	PEMERINTAH KABUPATEN CIREBON DINAS LINGKUNGAN HIDUP Jalan Sunan Drajat No. 15 Telp. (0231) 325501 Fax. 325501 Website: www.dish.cirebonkab.go.id Email : dish@cirebonkab.go.id Kode Pos 45611 S U M B E R SURAT PENUNJUKAN PENDAMPING Nomor : 000.9.2/106/Sekrt Yang bertandatangan di bawah ini : Nama : FITROH SUHARYONO, S.Si NIP : 19760822 200501 1 010 Pangkat / Gol.Ruang : Pembina Tk.I / IV.b Jabatan : Sekretaris Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon Dengan ini menerangkan bahwa : 1. Nama : ARIE SKRIPSIANTI, S.Si,M.T NIP : 19730408 199803 2 003 Pangkat / Gol.Ruang : Pembina / IV.a Jabatan : Pengawas Lingkungan Hidup Ahli Muda Untuk mendampingi mahasiswa/ i a.n ZULFIAH AZZAHRO untuk keperluan Penelitian dalam rangka Melaksanakan Penyusunan Skripsi dengan judul "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Internet Of Things (IoT) Berbasis Website" pada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon. Demikian agar menjadi maklum, atas kerjasamanya kami sampaikan terima kasih. Sumber, 23 Juni 2025 a.n KEPALA DINAS LINGKUNGAN HIDUP KABUPATEN CIREBON SEKRETARIS FITROH SUHARYONO, S.Si Pembina Tk.I NIP. 19760822 200501 1 010 Tembusan : Yth. Kepala Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Cirebon (sebagai laporan). Dokumen ini telah ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Balai Besar Sertifikat Elektronik (BSSE), Badan Siber dan Sandi Negara																						
No	Nama / NPM	Program Studi																											
1.	ZULFIAH AZZAHRO NIM/NPM. 0402219009	S-1 Teknik Informatika																											

