

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM
MONITORING KUALITAS UDARA PADA KANDANG
AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)
MENGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE
DAN NOTIFIKASI VISUAL**

SKRIPSI



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

DISUSUN OLEH

ANWAR

NPM. 2209020141

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN**

2026

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA
PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)
MENGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN NOTIFIKASI
VISUAL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi, pada Fakultas Ilmu Komputer
dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

**ANWAR
NPM. 2209020141**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA MEDAN
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM
MONITORING KUALITAS UDARA PADA
KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS
(IOT) MENGGUNAKAN ALGORITMA MOVING
AVERAGE DAN NOTIFIKASI VISUAL

Nama Mahasiswa : ANWAR

NPM : 2209020141

Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui Komisi

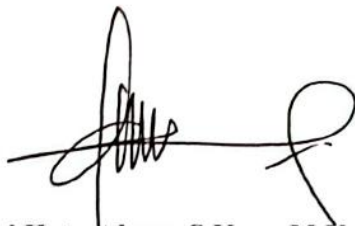
Pembimbing



(Martiano, S.Kom., M.kom)

NIDN. 0128029302

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 0117019301

Dekan



(Dr. Alif Hidayat, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS
UDARA PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)
MENGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN NOTIFIKASI
VISUAL**

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, Agustus 2026
Yang membuat pernyataan



ANWAR

NPM. 2209020141

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN
AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ANWAR
NPM : 2209020141
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS
UDARA PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS
(IOT) MENGGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN
NOTIFIKASI VISUAL

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, Agustus 2026

Yang membuat pernyataan



ANWAR

NPM. 2209020141

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : ANWAR
Tempat dan Tanggal Lahir : RAO-RAO DOLOK, 26 JUNI 2004
Alamat Rumah : Jln,Tengah,rao rao dolok
Telepon/Faks/HP : 081265171581
E-mail : anwarashari665@gmail.com
Instansi Tempat Kerja :
Alamat Kantor :

DATA PENDIDIKAN

SD : SD NEGERI 176 RAO RAO DOLOK TAMAT: 2016
SMP : SMP NEGERI 2 TAMBANGAN TAMAT: 2019
SMA : SMA NEGRI 1 TAMBANGAN TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakaatuh.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN NOTIFIKASI VISUAL dengan baik dan tepat pada waktunya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penyusunan skripsi ini dilakukan berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan di Kebun percontohan umsu serta didukung oleh studi pustaka dan studi literatur yang berkaitan dengan teknologi Internet of Things (IoT), ESP32, Sensor Pm2.5), algoritma Moving Average, basis data, dan kualitas udara sebagai landasan dalam perancangan sistem.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pemantauan udara menggunakan teknologi Pm 2.5 berbasis ESP32 yang terintegrasi, sebagai media monitoring dan pelaporan. Penulis berharap hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat sebagai referensi dalam sistem monitoring kualitas udara pada kandang

ayam berbasis Internet of Things (IoT) serta menjadi bahan kajian bagi penelitian selanjutnya yang mengembangkan sistem serupa.

Penulis tentunya berterima kasih kepada berbagai pihak dalam dukungan serta doa dalam penyelesaian skripsi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim M.PD., Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom. Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom Sebagai Wakil DEKAN I Bidang Akademik
4. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom Wakil DEKAN III Sebagai Bidang Kemahasiswaan
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, M.Kom Sebagai Ketua Program Studi Teknologi Informasi
6. Bapak/Ibu Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom Sebagai Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi
7. Pembimbing bapak martiano, S.Kom, M.Kom
8. Kepada kedua orang tua tercinta, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini. Terima kasih karena selalu menjadi sumber semangat dan motivasi dalam setiap langkah penulis hingga mampu menyelesaikan pendidikan dan penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, serta membalas segala

kebaikan dan pengorbanan yang telah diberikan dengan pahala yang berlipat ganda.

9. Kepada diri sendiri, penulis mengucapkan terima kasih karena telah mampu bertahan, berusaha, dan tidak menyerah dalam menyelesaikan seluruh proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Berbagai tantangan, hambatan, dan rasa lelah yang dihadapi menjadi bagian dari proses pembelajaran yang menjadikan penulis lebih kuat dan terus berkembang. Semoga pencapaian ini menjadi langkah awal untuk terus belajar, berkarya, dan memberikan manfaat di masa yang akan datang.
10. Kepada sahabat, penulis mengucapkan terima kasih atas kebersamaan, dukungan, semangat, serta bantuan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi teman berdiskusi, saling memberikan motivasi, dan selalu hadir dalam berbagai suka maupun duka selama menjalani perkuliahan hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
11. Semua pihak yang terlibat langsung ataupun tidak langsung yang tidak dapat penulis ucapkan satu-persatu yang telah membantu penyelesaian skripsi in

PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN NOTIFIKASI VISUAL

ABSTRAK

Kualitas udara pada kandang ayam merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi kondisi lingkungan pemeliharaan, terutama akibat keberadaan partikulat debu berukuran kecil. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun prototype sistem monitoring kualitas udara kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT) dengan menggunakan sensor debu GP2Y1014AU0F, mikrokontroler ESP32, serta algoritma Moving Average. Sistem dirancang untuk membaca konsentrasi partikulat, mengolah data hasil pembacaan menggunakan Moving Average dengan lima data pengamatan, menentukan nilai Air Quality Index (AQI), serta menampilkan kondisi kualitas udara melalui LCD dan LED indikator. Selain monitoring secara lokal, sistem juga terintegrasi dengan platform Blynk untuk menampilkan data PM2.5, hasil Moving Average, nilai AQI, dan status kualitas udara secara jarak jauh melalui jaringan internet. Metode penelitian meliputi tahap perancangan perangkat keras, pembuatan perangkat lunak, perakitan prototype, serta pengujian fungsi sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototype mampu melakukan pembacaan data sensor, mengolah data menggunakan Moving Average, menentukan kategori kualitas udara berdasarkan nilai AQI, serta menampilkan informasi melalui LCD, LED, dan Blynk sesuai dengan rancangan sistem. Penerapan Moving Average membantu mengurangi fluktuasi sesaat pada hasil pembacaan sensor sehingga data yang ditampilkan menjadi lebih stabil. Sistem monitoring lokal juga tetap dapat beroperasi ketika koneksi internet mengalami gangguan, sedangkan koneksi internet diperlukan untuk fitur monitoring jarak jauh melalui Blynk. Prototype ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan sistem monitoring kualitas udara kandang ayam yang lebih lengkap dengan penambahan parameter lingkungan dan proses kalibrasi sensor yang lebih lanjut.

Kata Kunci: kualitas udara, kandang ayam, PM2.5, ESP32, Moving Average, IoT, Blynk

**PERANCANGAN PROTOTYPE SISTEM MONITORING KUALITAS
UDARA PADA KANDANG AYAM BERBASIS INTERNET OF THINGS
(IOT) MENGGUNAKAN ALGORITMA MOVING AVERAGE DAN
NOTIFIKASI VISUAL**

ABSTRACT

Air quality in poultry houses is an important environmental factor that can affect housing conditions, particularly due to the presence of fine airborne particulate matter. This study aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based prototype for monitoring air quality in poultry houses using a GP2Y1014AU0F dust sensor, an ESP32 microcontroller, and a Moving Average algorithm. The system is designed to read particulate concentration, process sensor data using a five-sample Moving Average, determine the Air Quality Index (AQI), and display air quality conditions through an LCD and LED indicators. In addition to local monitoring, the system is integrated with the Blynk platform to remotely display PM2.5 data, Moving Average results, AQI values, and air quality status through an internet connection. The research method consists of hardware design, software development, prototype assembly, and system functionality testing. The results show that the prototype is able to read sensor data, process the data using the Moving Average algorithm, determine air quality categories based on AQI values, and display information through the LCD, LED indicators, and Blynk platform according to the system design. The application of the Moving Average algorithm helps reduce short-term fluctuations in sensor readings so that the displayed data become more stable. The local monitoring function can also continue to operate when the internet connection is interrupted, while internet connectivity is required for remote monitoring through Blynk. This prototype can serve as a basis for further development of a more comprehensive poultry-house air quality monitoring system by incorporating additional environmental parameters and more advanced sensor calibration.

Keywords: air quality, poultry house, PM2.5, ESP32, Moving Average, IoT, Blynk.Borrowing System.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI `	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II LANDASAN TEORI.....	8
2.1 Kualitas Udara dan Particulate Matter (PM2.5).....	8
2.2 Internet of Things (IoT)	9
2.3 Sistem Monitoring Berbasis IoT	10
2.4 Sensor PM2.5	12
2.5 Sensor MQ-135	13
2.6 Mikrokontroler ESP32	14
2.6 Gas Amonia (NH ₃) pada Kandang Ayam	15
2.6 Dashboard Monitoring Berbasis Localhost.....	16
2.7 Algoritma Moving Average	16
2.8 Air Quality Index (AQI)	18
2.9 Sistem Notifikasi Visual	20
2.10 Penelitian Terdahulu	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Metode Penelitian	26
3.2 Metode Pengumpulan Data	29
3.2.1 Studi Literatur.....	29

3.2.2 Eksperimen	30
3.2.3 Dokumentasi.....	31
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.4 Perancangan Sistem	34
3.4.1 Alur Sistem.....	35
3.4.2 Flowchart Sistem.....	37
3.4.3 Perancangan Perangkat Keras	40
3.4.4 Penerapan Algoritma Moving Average.....	43
3.5 Alat dan Bahan.....	44
3.5.1 Alat	44
3.5.2 Bahan Penelitian.....	46
3.6 Metode Pengujian	47
3.6.1 Pengujian Input (Sensor PM2.5 / Simulasi Sistem)	47
3.6.2 Pengujian Sensor MQ135.....	48
3.6.3 Pengujian Algoritma Moving Average	48
3.6.4 Pengujian Perhitungan AQI.....	48
3.6.5 Pengujian Output LED, LCD, Buzzer dan Dashboard Localhost	49
3.6.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil Pembahasan	51
4.2 Hasil Rancangan Alat.....	52
4.2.1 Hasil Implementasi Sistem.....	53
4.3 Hasil Pengujian Prototype.....	55
4.4 Kelebihan dan Kekurangan Sistem	59
4.4.1 Kelebihan Sistem.....	59
4.4.2 Kekurangan Sistem.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor PM2.5 GP2Y1014AU	12
Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32	14
Gambar 3. 1 Diagram Metode Prototype	27
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem	37
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Pemantauan Kualitas Udara	40
Gambar 3. 4 Tampilan Depan Skematik Sistem Pemantauan Kualitas Udara	41
Gambar 3. 5 Tampilan Atas Skematik Sistem Pemantauan Kualitas Udara	41
Gambar 4. 1 Alat Pemantauan Kualitas Udara	51
Gambar 4. 2 Hasil Rancangan Prototype Sistem Monitoring Kualitas Udara.....	53
Gambar 4. 3 Tampilan Notifikasi Visual pada LCD dan LED.....	54
Gambar 4. 4 Tampilan Monitoring pada Dashboard Localhost.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	22
Tabel 2. 3 Rencana Kegiatan	33
Tabel 3. 1 Klasifikasi AQI dan Indikator LED pada Sistem	35
Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin ESP32 dengan Komponen.....	41
Tabel 3. 3 Alat Penelitian.....	46
Tabel 3. 4 Bahan Penelitian	46
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor PM2.5 GP2Y1014AU.....	56
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Moving Average	57
Tabel 4. 3 Perbandingan PM2.5 Raw dan Moving Average	57
Tabel 4. 4 Pengujian Output dan Keseluruhan Sistem	58
Tabel 4. 5 Pengujian Sensor MQ135	58

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kualitas udara merupakan salah satu faktor penting yang dapat memengaruhi kesehatan manusia dan kondisi lingkungan. Salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menggambarkan kualitas udara adalah Particulate Matter berukuran $\leq 2,5$ mikrometer atau PM_{2.5}. Ukurannya yang sangat kecil memungkinkan partikel tersebut terhirup hingga masuk ke sistem pernapasan.

Pada lingkungan peternakan, khususnya kandang ayam, keberadaan debu dan partikel di udara menyebabkan pemantauan kualitas udara menjadi penting agar perubahan kondisi Pada lingkungan kandang ayam, kualitas udara menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan karena aktivitas pemeliharaan dapat menghasilkan berbagai partikulat dan gas yang memengaruhi kondisi lingkungan kandang. Debu yang berasal dari pakan, bulu ayam, serta aktivitas pergerakan ternak dapat meningkatkan konsentrasi partikulat udara. Selain itu, proses penguraian kotoran ayam dapat menghasilkan gas tertentu yang menyebabkan perubahan kondisi udara apabila tidak didukung dengan sistem ventilasi yang baik. Kondisi lingkungan dapat diketahui dengan lebih cepat.

Pada lingkungan peternakan skala kecil hingga menengah, pemantauan kualitas udara masih dapat dilakukan secara terbatas melalui pengamatan langsung. Kondisi tersebut menyebabkan perubahan konsentrasi partikel di udara tidak selalu dapat diketahui secara cepat dan terukur. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem monitoring yang mampu melakukan pembacaan kondisi udara secara berkala dan memberikan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

Selain keberadaan partikulat debu, kondisi udara pada kandang ayam juga dapat mengalami perubahan akibat keberadaan gas hasil aktivitas peternakan. Oleh karena itu, penelitian ini menambahkan sensor MQ-135 sebagai sensor pendukung untuk mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan keberadaan gas tertentu. Penambahan sensor tersebut diharapkan dapat memberikan informasi kondisi udara yang lebih lengkap.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat sensor dan mikrokontroler digunakan untuk melakukan monitoring lingkungan secara lebih otomatis. Dalam penelitian ini, sensor PM2.5 digunakan untuk memperoleh data konsentrasi partikel udara, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Data yang dihasilkan sensor selanjutnya diproses sebelum digunakan untuk menentukan kondisi kualitas udara. Namun, hasil pembacaan sensor dapat mengalami fluktuasi akibat perubahan kondisi lingkungan maupun karakteristik pembacaan sensor. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan algoritma Moving Average untuk meratakan sejumlah data pembacaan sehingga perubahan nilai sesaat dapat dikurangi dan data yang digunakan sistem menjadi lebih stabil.

Selain pemrosesan data, penyampaian informasi kepada pengguna juga menjadi bagian penting dalam sistem monitoring. Prototype yang dirancang menggunakan LCD dan LED indikator sebagai notifikasi visual pada perangkat. LED digunakan untuk menunjukkan kondisi kualitas udara berdasarkan kategori yang ditentukan sistem, sedangkan LCD digunakan untuk menampilkan informasi hasil pembacaan dan pengolahan data. Dengan demikian, pengguna yang berada di sekitar perangkat dapat mengetahui kondisi kualitas udara secara langsung.

Untuk memperkuat penerapan konsep IoT, sistem juga diintegrasikan dengan dashboard berbasis localhost sebagai media monitoring. ESP32 memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk mengirimkan data hasil monitoring ke server lokal sehingga pengguna dapat melihat data hasil monitoring melalui dashboard. Integrasi tersebut melengkapi output lokal berupa LCD dan LED dengan fasilitas pemantauan melalui jaringan lokal.

Selain menggunakan sensor PM2.5 sebagai parameter utama dalam mengetahui tingkat partikulat udara, sistem ini juga dikembangkan dengan penambahan sensor MQ-135 sebagai sensor pendukung untuk mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan keberadaan gas tertentu. Penambahan sensor tersebut bertujuan untuk memberikan informasi kondisi udara yang lebih lengkap pada lingkungan kandang ayam. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan buzzer sebagai indikator peringatan suara ketika kondisi udara berada pada kategori tertentu sehingga pengguna dapat memperoleh informasi secara lebih cepat.

Untuk mendukung pemantauan kualitas udara yang lebih menyeluruh, diperlukan parameter tambahan yang mampu mendeteksi perubahan konsentrasi gas dalam lingkungan kandang. Sensor MQ-135 merupakan salah satu sensor gas yang dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan perubahan resistansi terhadap keberadaan beberapa jenis gas polutan. Pada sistem monitoring kandang ayam, sensor MQ-135 dapat dimanfaatkan sebagai sensor pendukung untuk mengetahui perubahan kondisi udara akibat keberadaan gas hasil aktivitas peternakan, termasuk gas yang berasal dari proses penguraian kotoran ayam.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang prototype yang mengintegrasikan sensor PM2.5, mikrokontroler ESP32, algoritma Moving Average, notifikasi visual melalui LED dan LCD, serta platform Blynk sebagai media monitoring berbasis IoT. Prototype selanjutnya diuji pada lingkungan kandang ayam di Kebun Percontohan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) untuk mengetahui kemampuan sistem dalam membaca, mengolah, dan menampilkan informasi kondisi kualitas udara. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul **“Perancangan Prototype Sistem Monitoring Kualitas Udara pada Kandang Ayam Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Algoritma Moving Average dan Notifikasi Visual.”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang prototype sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor PM2.5, ESP32, dan dashboard berbasis localhost?
2. Bagaimana menerapkan algoritma Moving Average dalam mengolah data hasil pembacaan sensor PM2.5 dan sensor MQ-135 untuk menghasilkan informasi kualitas udara yang lebih stabil?
3. Bagaimana menguji kinerja prototype dalam membaca, mengolah, dan menampilkan kondisi kualitas udara melalui LED, LCD, dan dashboard berbasis localhost?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai, maka diperlukan batasan masalah sebagai ruang lingkup penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sistem yang dirancang berupa prototype monitoring kualitas udara pada kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT)
2. Parameter utama yang digunakan dalam pengukuran kualitas udara adalah konsentrasi partikulat PM2.5 menggunakan sensor GP2Y1014AU0F, sedangkan sensor MQ-135 digunakan sebagai sensor tambahan untuk mendeteksi perubahan kualitas udara berdasarkan keberadaan gas polutan pada lingkungan kandang ayam.
3. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengolahan data sistem adalah ESP32.
4. Metode pengolahan data yang digunakan adalah algoritma Moving Average untuk mengurangi fluktuasi pembacaan sensor sehingga menghasilkan data yang lebih stabil.
5. Sistem menentukan kondisi kualitas udara berdasarkan hasil pembacaan sensor dan menampilkan informasi melalui LCD serta indikator LED).
6. Sistem dilengkapi dengan buzzer sebagai notifikasi peringatan suara ketika kondisi kualitas udara mencapai batas tertentu yang telah ditentukan.
7. Monitoring jarak jauh dilakukan menggunakan platform Blynk melalui koneksi internet.

8. Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan kandang ayam untuk mengetahui kemampuan prototype dalam membaca, mengolah, dan menampilkan kondisi kualitas udara.
9. Sistem yang dirancang masih dalam bentuk prototype sehingga belum diterapkan pada sistem peternakan skala besar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirumuskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun prototype sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor PM2.5, ESP32, dan dashboard berbasis localhost.
2. Menerapkan algoritma Moving Average untuk mengurangi fluktuasi dan meningkatkan kestabilan data hasil pembacaan sensor PM2.5.
3. Menguji kinerja prototype dalam membaca, mengolah, dan menampilkan kondisi kualitas udara melalui LED, LCD, dan dashboard berbasis localhost.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem monitoring kualitas udara. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi mengenai penggunaan sensor PM2.5, algoritma

Moving Average dalam pengolahan data sensor, serta pemanfaatan platform Blynk sebagai media monitoring jarak jauh.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penulis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan pengalaman penulis dalam merancang sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT), khususnya dalam penggunaan sensor PM2.5, ESP32, algoritma Moving Average, serta pemanfaatan dashboard berbasis localhost dan sebagai media monitoring data kualitas udara.

b. Bagi Pengguna/Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna mengetahui kondisi kualitas udara pada lingkungan kandang ayam melalui indikator LED dan LCD serta memantau data melalui dashboard berbasis localhost

c. Bagi Instansi/Peneliti Lain

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi instansi terkait maupun peneliti selanjutnya dalam pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai dasar dalam pengembangan sistem yang lebih lanjut, seperti integrasi dengan teknologi berbasis cloud atau sistem monitoring yang lebih kompleks.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kualitas Udara dan Particulate Matter (PM2.5)

Kualitas udara merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Kualitas udara yang buruk umumnya disebabkan oleh polusi dari berbagai sumber seperti emisi industri, kendaraan bermotor, serta aktivitas manusia lainnya. Kondisi ini dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti meningkatnya risiko penyakit pernapasan, gangguan kesehatan jangka panjang, serta kerusakan lingkungan. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis kualitas udara menjadi hal yang sangat penting untuk dilakukan sebagai upaya pencegahan terhadap dampak tersebut (Kristiana & Miyanto, 2023).

Salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas udara adalah Particulate Matter (PM2.5), yaitu partikel halus dengan ukuran kurang dari 2,5 mikrometer yang terdapat di udara. Partikel ini berasal dari berbagai sumber seperti proses pembakaran bahan bakar, polusi industri, debu, serta reaksi kimia di atmosfer. PM2.5 memiliki sifat yang berbahaya karena ukurannya yang sangat kecil memungkinkan partikel tersebut masuk ke dalam sistem pernapasan manusia dan bahkan mencapai aliran darah. Oleh karena itu, PM2.5 dianggap sebagai salah satu polutan udara yang paling berbahaya dan memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas udara (Kristiana & Miyanto, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kualitas udara sangat dipengaruhi oleh keberadaan polutan, terutama Particulate Matter (PM2.5) yang memiliki dampak besar terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena

itu, pemantauan terhadap konsentrasi PM2.5 sangat penting dalam menilai kondisi kualitas udara serta sebagai dasar dalam pengambilan tindakan pencegahan terhadap pencemaran udara.

2.2 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan salah satu perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik melalui jaringan internet sehingga dapat saling bertukar data secara real-time. Teknologi ini memanfaatkan sensor dan perangkat pintar untuk mengumpulkan informasi dari lingkungan sekitar, kemudian mengirimkannya ke sistem untuk diproses lebih lanjut. Dengan adanya IoT, berbagai aktivitas manusia dapat dilakukan secara otomatis dan efisien, terutama dalam bidang industri, kesehatan, pertanian, dan kehidupan sehari-hari (Baharuddin et al., 2024)

Selain itu, IoT memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat melalui penerapan teknologi yang lebih cerdas dan terintegrasi. Namun, dalam implementasinya masih terdapat kendala seperti kurangnya pemahaman masyarakat terhadap konsep dan manfaat IoT, serta keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa daerah. Oleh karena itu, diperlukan edukasi dan pelatihan agar masyarakat dapat memahami serta memanfaatkan teknologi IoT secara optimal dalam kehidupan sehari-hari (Baharuddin et al., 2024)

Sistem embedded merupakan sistem pemrosesan informasi yang ditanamkan pada suatu perangkat untuk menjalankan fungsi tertentu secara spesifik. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak dalam satu kesatuan sehingga dapat bekerja secara otomatis sesuai kebutuhan sistem (Gusti, Zakarijah & Rochayati, 2022)).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang menghubungkan perangkat fisik melalui internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis dan real-time. Teknologi ini memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas hidup masyarakat, namun pemanfaatannya masih memerlukan dukungan berupa pemahaman, edukasi, dan infrastruktur yang memadai.

Pada lingkungan kandang ayam, kualitas udara tidak hanya dipengaruhi oleh keberadaan partikulat debu, tetapi juga dipengaruhi oleh gas hasil aktivitas biologis ternak dan proses dekomposisi limbah organik. Salah satu gas yang menjadi indikator perubahan kualitas udara adalah amonia yang berasal dari penguraian kotoran ayam.

2.3 Sistem Monitoring Berbasis IoT

Sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) merupakan solusi yang digunakan untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time dengan memanfaatkan sensor dan jaringan internet. Dalam penerapannya, sistem ini mampu mengukur berbagai parameter seperti suhu, kelembaban, serta konsentrasi gas berbahaya di lingkungan tertentu. Data yang diperoleh dari sensor kemudian dikirimkan ke mikrokontroler, seperti ESP32, untuk selanjutnya diteruskan ke platform berbasis cloud melalui koneksi Wi-Fi. Dengan adanya sistem ini, proses pemantauan dapat dilakukan secara otomatis dan efisien tanpa perlu pengamatan langsung di lokasi (Muttaqina et al., 2024).

Selain itu, sistem monitoring berbasis IoT juga memungkinkan pengguna untuk mengakses data secara jarak jauh melalui aplikasi seperti Blynk yang terhubung dengan cloud. Informasi yang ditampilkan dapat berupa nilai

pengukuran secara real-time dalam bentuk tampilan visual yang mudah dipahami, baik melalui perangkat smartphone maupun komputer. Sistem ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk mendeteksi perubahan kondisi lingkungan secara cepat, sehingga dapat membantu pengguna dalam mengambil tindakan yang tepat apabila terjadi kondisi yang tidak aman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT memiliki peran penting dalam meningkatkan keselamatan dan efisiensi dalam pengelolaan lingkungan (Muttaqina et al., 2024). Dalam penelitian ini, konsep IoT diterapkan dengan mengintegrasikan beberapa sensor lingkungan, yaitu sensor PM2.5 dan MQ-135, yang mengirimkan data menuju mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan ditampilkan melalui sistem monitoring.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT merupakan teknologi yang mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis dan real-time dengan memanfaatkan sensor, mikrokontroler, dan jaringan internet. Sistem ini memberikan kemudahan dalam pengawasan serta memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan akurat, sehingga sangat efektif digunakan dalam menjaga kualitas lingkungan dan keselamatan pengguna.

2.4 Sensor Pm 2.5



Gambar 2. 1 Sensor PM2.5 GP2Y1014AU

Sensor PM2.5 merupakan salah satu komponen penting dalam sistem monitoring kualitas udara yang berfungsi untuk mendeteksi partikel debu halus di lingkungan. Partikel PM2.5 memiliki ukuran sangat kecil sehingga tidak dapat terlihat secara langsung, namun dapat memberikan dampak serius terhadap kesehatan manusia, terutama pada sistem pernapasan. Dalam sistem berbasis Internet of Things (IoT), sensor PM2.5 digunakan bersama dengan sensor lingkungan lainnya seperti suhu, kelembapan, dan karbon dioksida untuk memperoleh data kualitas udara secara menyeluruh. Data yang dihasilkan oleh sensor kemudian dikirimkan ke sistem untuk diproses dan ditampilkan secara real-time kepada pengguna (Aswaldi, 2025).

Dalam implementasinya, sensor PM2.5 seperti GPY21014AU mampu mendeteksi perubahan konsentrasi partikel halus yang berasal dari berbagai aktivitas seperti debu, asap rokok, maupun proses pembakaran. Sensor ini bekerja secara responsif terhadap perubahan kondisi udara dan mampu menunjukkan peningkatan nilai PM2.5 ketika terjadi aktivitas yang menghasilkan polusi dalam

ruangan. Data yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kualitas udara, terutama ketika nilai partikel melebihi ambang batas yang direkomendasikan. Dengan demikian, sensor PM2.5 memiliki peran penting dalam memberikan informasi yang akurat dan mendukung sistem monitoring berbasis IoT (Aswaldi, 2025).

Sensor PM2.5 pada penelitian ini digunakan sebagai parameter utama untuk mengetahui tingkat partikulat udara, sedangkan sensor MQ-135 digunakan sebagai parameter pendukung dalam mengetahui perubahan kualitas udara berdasarkan keberadaan gas polutan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor PM2.5 merupakan perangkat yang berfungsi untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi partikel halus di udara secara real-time. Sensor ini memiliki peran penting dalam sistem monitoring kualitas udara karena mampu memberikan data yang akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga dapat membantu pengguna dalam menjaga kesehatan dan kualitas udara di sekitarnya.

2.5 Sensor MQ 135



Sensor MQ-135 merupakan salah satu jenis sensor gas berbasis semikonduktor metal oxide yang banyak digunakan dalam sistem monitoring kualitas udara. Sensor ini memiliki material pendeteksi berupa tin dioxide (SnO_2) yang memiliki karakteristik perubahan resistansi ketika berinteraksi dengan gas

tertentu di lingkungan. Pada kondisi udara bersih, material SnO_2 memiliki nilai konduktivitas yang rendah. Namun, ketika terdapat gas polutan di sekitar sensor, terjadi perubahan sifat listrik pada material sensor sehingga nilai resistansinya berubah. Perubahan resistansi tersebut kemudian dikonversi menjadi sinyal keluaran yang dapat dibaca oleh mikrokontroler.

Sensor MQ-135 memiliki sensitivitas terhadap beberapa jenis gas seperti amonia (NH_3), karbon dioksida (CO_2), asap, benzena, dan beberapa gas polutan lainnya. Dalam penerapan sistem monitoring kualitas udara, sensor ini sering digunakan untuk mengetahui perubahan kondisi udara berdasarkan peningkatan atau penurunan konsentrasi gas di lingkungan.

2.6 Mikrokontroler ESP32



Gambar 2. 2 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem berbasis Internet of Things (IoT) karena memiliki fitur yang lengkap serta kemampuan konektivitas yang tinggi. Modul ini telah dilengkapi dengan jaringan Wi-Fi sehingga memungkinkan perangkat untuk terhubung langsung ke internet tanpa memerlukan perangkat tambahan. Selain itu, ESP32 juga dapat digunakan untuk mengintegrasikan berbagai sensor dan perangkat lainnya

sehingga mampu mendukung komunikasi data secara cepat dan efisien dalam suatu sistem monitoring (Wikantama & Puspitasari, 2023).

Dalam implementasinya, ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali yang menerima data dari sensor, kemudian memproses dan mengirimkan data tersebut ke platform tertentu atau aplikasi pengguna. Berdasarkan jurnal tersebut, ESP32 mampu mengirimkan notifikasi secara real-time melalui aplikasi seperti Telegram dengan waktu respons yang cepat. Hal ini menunjukkan bahwa ESP32 memiliki performa yang baik dalam sistem peringatan dini maupun monitoring berbasis IoT, karena mampu bekerja secara stabil serta mendukung pengiriman data secara langsung kepada pengguna (Wikantama & Puspitasari, 2023).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki kemampuan tinggi dalam mendukung sistem berbasis IoT, terutama dalam hal konektivitas dan pengolahan data. Dengan fitur Wi-Fi bawaan serta kemampuan integrasi dengan berbagai sensor, ESP32 sangat cocok digunakan sebagai pusat kendali dalam sistem monitoring yang membutuhkan pengiriman data secara real-time dan responsif.

2.6 Gas Amonia (NH_3) pada Kandang Ayam

Gas amonia (NH_3) merupakan salah satu gas yang dapat memengaruhi kualitas udara pada lingkungan kandang ayam. Gas ini berasal dari proses penguraian senyawa nitrogen pada kotoran ayam oleh mikroorganisme. Peningkatan kadar amonia dapat terjadi akibat penumpukan kotoran, kelembapan tinggi, dan kurang optimalnya sirkulasi udara pada kandang.

Keberadaan gas amonia dapat menjadi indikator perubahan kondisi udara pada lingkungan peternakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang

mampu mendeteksi perubahan kualitas udara akibat keberadaan gas tersebut. Pada penelitian ini, sensor MQ-135 digunakan sebagai sensor pendukung untuk mendeteksi perubahan konsentrasi gas pada lingkungan kandang ayam.

2.6 Dashboard Monitoring Berbasis Localhost

Dashboard monitoring berbasis localhost merupakan tampilan berbasis web yang digunakan untuk menampilkan data hasil monitoring melalui jaringan lokal.

Sistem ini dapat memanfaatkan ESP32 sebagai pengirim data, kemudian data diterima oleh web server dan disimpan pada database untuk ditampilkan kepada pengguna. Penelitian Ibrahim, Birowo, dan Risdiana (2026) menggunakan ESP32, PHP, MySQL, dan XAMPP dalam membangun sistem monitoring berbasis web, sehingga data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan melalui halaman monitoring.

Komunikasi antara perangkat keras dan platform Blynk dapat dilakukan melalui jaringan internet seperti Wi-Fi, Ethernet, maupun jaringan seluler sehingga pengguna dapat melakukan monitoring tanpa harus berada secara langsung di lokasi perangkat (Fitriyah et al., 2020).

Dalam penelitian ini, dashboard localhost digunakan untuk menampilkan data PM2.5 Raw, hasil Moving Average, nilai AQI, dan status kualitas udara. Dashboard berfungsi sebagai media monitoring tambahan selain LCD dan LED yang terdapat pada perangkat. Dengan demikian, pengguna dapat melihat hasil pembacaan dan pengolahan data melalui halaman web yang tersedia pada server local.

2.7 Algoritma Moving Average

Algoritma Moving Average merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan prediksi atau peramalan berdasarkan data historis Metode ini

bekerja dengan cara menghitung rata-rata dari sejumlah data dalam periode tertentu, kemudian menggunakan nilai rata-rata tersebut untuk memperkirakan nilai pada periode berikutnya. Penggunaan algoritma ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan dalam pengambilan keputusan yang biasanya dilakukan secara intuitif, terutama dalam kondisi data yang berfluktuasi seperti pada pergerakan nilai Bitcoin (Sembiring et al., 2021).

Moving Average termasuk dalam kategori analisis deret waktu (time series) yang banyak digunakan di berbagai bidang seperti keuangan, produksi, dan penjualan. Proses perhitungan dilakukan dengan menjumlahkan sejumlah data dalam periode tertentu kemudian dibagi dengan jumlah periode tersebut untuk memperoleh nilai rata-rata. Berdasarkan penjelasan pada halaman 3 jurnal, metode Simple Moving Average (SMA) menggunakan data beberapa hari sebelumnya untuk menghasilkan nilai rata-rata yang dapat digunakan sebagai indikator tren pergerakan data. Dengan demikian, algoritma ini mampu membantu dalam menyaring fluktuasi data sehingga pola yang lebih stabil dapat terlihat (Sembiring et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa algoritma Moving Average merupakan metode yang efektif dalam melakukan peramalan dan penyaringan data berdasarkan nilai rata-rata dari data historis. Dengan kemampuannya dalam mengurangi fluktuasi data, algoritma ini sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT untuk menghasilkan data yang lebih stabil dan akurat.

Moving Average bekerja menggunakan suatu jendela data (5 window) yang berisi sejumlah nilai pengukuran terakhir. Setiap kali sensor menghasilkan data

baru, nilai tersebut dimasukkan ke dalam jendela pengamatan, sedangkan data paling lama dikeluarkan apabila jumlah data telah melebihi ukuran window. Seluruh nilai yang terdapat dalam window kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah data yang digunakan. Proses tersebut berlangsung secara berulang pada setiap pembacaan sensor sehingga menghasilkan nilai rata-rata yang terus bergerak mengikuti perubahan data.

2.8 Air Quality Index (AQI)

Air Quality Index (AQI) merupakan suatu indeks yang digunakan untuk menggambarkan kondisi kualitas udara sehari-hari dalam bentuk nilai dan kategori yang lebih mudah dipahami. Penggunaan AQI membantu menyederhanakan informasi mengenai tingkat pencemaran udara sekaligus mengomunikasikan potensi risiko kesehatan yang berkaitan dengan paparan polutan. Dalam penilaian kualitas udara, konsentrasi PM_{2.5} dapat dikonversi menjadi nilai AQI sehingga kondisi udara dapat dikelompokkan ke dalam kategori kualitas tertentu berdasarkan tingkat pencemarannya (Ngutuka et al., 2025).

Dalam penelitiannya, konsentrasi harian PM_{2.5} dikonversi menjadi nilai AQI menggunakan model U.S. Air Quality Index untuk menggambarkan tingkat kualitas udara dan risiko kesehatan yang menyertainya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode pengamatan tidak ditemukan hari dengan kategori Good, sedangkan sebagian besar kondisi udara berada pada kategori Moderate hingga Unhealthy, serta terdapat periode dengan kategori Very Unhealthy. Peningkatan konsentrasi PM_{2.5} juga berkaitan dengan peningkatan risiko gangguan pernapasan dan kardiovaskular, khususnya ketika tingkat pencemaran udara semakin tinggi (Ngutuka et al., 2025).

AQI dapat digunakan untuk mengubah data konsentrasi PM_{2.5} menjadi informasi kategori kualitas udara yang lebih mudah dipahami sehingga kondisi udara dapat diinterpretasikan secara lebih jelas.

Menurut U.S. Environmental Protection Agency (2024), konversi konsentrasi suatu polutan menjadi nilai AQI dilakukan menggunakan interpolasi linier berdasarkan batas bawah dan batas atas konsentrasi polutan serta nilai indeks yang bersesuaian. Persamaan yang digunakan untuk menghitung AQI adalah sebagai berikut:

$$I_p = \left(\frac{I_{Hi} - I_{LO}}{BP_{Hi} - BP_{LO}} \right) (C_p - BP_{LO}) + I_{LO}$$

Keterangan:

I_p = nilai AQI untuk polutan PM_{2.5}

C_p = konsentrasi PM_{2.5} yang akan dikonversi (µg/m³)

BP_{Hi} = batas atas konsentrasi PM_{2.5} pada rentang *breakpoint*

I_{Hi} = nilai AQI batas atas yang sesuai dengan BP_{Hi}

BP_{Lo} = nilai AQI batas bawah yang sesuai dengan BP_{Lo}

Tabel 2. 1 Air Quality Index

Konsentrasi PM _{2.5} (µg/m ³)	Nilai AQI (Kategori)	Interpretasi Umum
0,0–9,0	0–50	Baik (<i>Good</i>)
9,1–35,4	51–100	Sedang (<i>Moderate</i>)
35,5 - 55,4	101-150	Tidak Sehat bagi Kelompok Sensitif
55,5–125,4	151–200	Tidak Sehat (<i>Unhealthy</i>)
125,5–225,4	201–300	Sangat Tidak Sehat (<i>Very Unhealthy</i>)
225,5–325,4	301–500	Berbahaya (<i>Hazardous</i>)

Sumber : U.S. Environmental Protection Agency (EPA), AQI Breakpoints.

2.9 Sistem Notifikasi Visual

Sistem notifikasi visual merupakan salah satu bentuk penyampaian informasi yang ditampilkan secara langsung melalui tampilan visual seperti simbol, logo, atau tanda tertentu. Dalam jurnal yang digunakan, konsep notifikasi visual diterapkan melalui metode visible watermark, yaitu teknik penambahan tanda yang dapat terlihat secara langsung pada suatu objek digital. Tanda tersebut dapat berupa logo atau simbol yang berfungsi sebagai identitas maupun informasi tambahan yang mudah dikenali oleh pengguna. Dengan adanya notifikasi visual, informasi dapat disampaikan secara lebih jelas dan cepat tanpa memerlukan penjelasan tambahan (Saifudin & Widrani, 2021).

Penerapan notifikasi visual dalam sistem digital memberikan kemudahan dalam memahami informasi yang disajikan, terutama dalam sistem berbasis teknologi informasi. Berdasarkan jurnal tersebut, penggunaan tanda visual seperti watermark dapat membantu dalam memberikan informasi penting sekaligus meningkatkan keamanan data, karena tanda tersebut sulit untuk dihilangkan tanpa merusak objek utama. Selain itu, notifikasi visual juga dapat digunakan sebagai indikator kondisi tertentu dalam suatu sistem, sehingga pengguna dapat dengan cepat mengenali status atau perubahan yang terjadi pada sistem tersebut (Saifudin & Widrani, 2021).

Sistem notifikasi merupakan bagian dari sistem monitoring yang berfungsi memberikan informasi kepada pengguna mengenai kondisi lingkungan yang sedang diamati. Pada penelitian ini, penyampaian informasi dilakukan melalui beberapa perangkat keluaran, yaitu LCD, LED indikator, dan buzzer.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem notifikasi visual merupakan metode penyampaian informasi yang menggunakan tampilan visual seperti simbol atau tanda untuk memberikan informasi secara cepat dan mudah dipahami. Penerapan notifikasi visual dalam sistem berbasis teknologi sangat efektif dalam meningkatkan kejelasan informasi serta membantu pengguna dalam memahami kondisi atau status sistem secara langsung.

2.10 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, dapat diketahui bahwa teknologi Internet of Things (IoT), ESP32, sensor PM2.5, algoritma Moving Average, serta sistem monitoring berbasis web telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ESP32 dapat digunakan sebagai pusat pengolahan dan pengiriman data, sedangkan sensor PM2.5 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi partikel di udara. Selain itu, algoritma Moving Average dapat digunakan untuk mengurangi fluktuasi data hasil pembacaan sensor sehingga data yang ditampilkan menjadi lebih stabil

Oleh karena itu, penelitian ini menggabungkan sensor PM2.5, ESP32, algoritma Moving Average, perhitungan AQI, notifikasi visual, dan dashboard monitoring berbasis localhost dalam satu sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam.

Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk menggabungkan seluruh komponen tersebut dalam satu sistem yang terintegrasi.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode / Teknologi	Hasil Penelitian
1	Baharuddin et al., 2024	Mengenal Internet of Things (IoT): Penerapan Konsep dan Manfaatnya dalam Kehidupan Sehari-hari	IoT, Sensor	Sistem IoT mampu melakukan monitoring secara real-time dan efisien
2	Kristiana & Miyanto, 2023	Penambahan Parameter PM2.5 dalam Prediksi Kualitas Udara : Long Short Term Memory	PM2.5, Analisis kualitas udara	PM2.5 memiliki dampak besar terhadap kesehatan manusia
3	Muttaqina et al., 2024	Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135	IoT, ESP32, Blynk	Sistem monitoring dapat diakses secara real-time melalui aplikasi
4	Aswaldi, 2025	Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan	Sensor PM2.5, IoT	Sensor mampu mendeteksi perubahan kualitas udara secara akurat
5	Wikantama & Puspitasari, 2023	Perancangan Perangkat Pengukur Ketinggian Banjir dengan ESP32 dan Telegram Berbasis IoT	ESP32, IoT	ESP32 mampu mengolah dan mengirim data secara real-time

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode Teknologi	Hasil Penelitian
6	Sembiring et al., 2021	Analisis Tingkat Akurasi Algoritma Moving Average dalam Prediksi Pergerakan Uang Elektronik Bitcoin	Moving Average	Metode mampu menyaring data dan mengurangi fluktuasi
7	Saifudin & Widrani, 2021	Rancang Bangun Sistem Digitalisasi Dokumen Menggunakan Metode Visible Watermark di Kantor Urusan Agama (KUA) Kecamatan Sayung	Visible Watermark	Sistem mampu meningkatkan keamanan dan kemudahan pengelolaan dokumen
8	Fitriyah et al. (2020)	Eksperimen terapan berbasis Internet of Things (IoT)	Memanfaatkan Arduino yang terhubung dengan Blynk Server untuk monitoring serta pengendalian kulkas satu pintu. Pengujian dilakukan dengan mengatur kondisi hidup dan mati kulkas berdasarkan waktu serta mengamati temperatur dan konsumsi energi.	Blynk dapat digunakan untuk mengendalikan kondisi hidup dan mati kulkas serta menampilkan konsumsi daya dan temperatur. Pengaturan hidup dan mati setiap empat jam menghasilkan potensi penghematan energi sebesar 50%.
9	Ngutuka et al. (2025)	Penelitian kuantitatif observasional dengan analisis	Menggunakan data PM2.5 dari jaringan sensor	Hasil menunjukkan variasi kualitas udara berdasarkan

No	Peneliti & Tahun	Judul Penelitian	Metode / Teknologi	Hasil Penelitian
		kualitas udara dan risiko kesehatan	PurpleAir PA-II-SD di Kinshasa pada periode 2018–2020. Rata-rata harian PM2.5 dikonversi menjadi AQI menggunakan sistem U.S. EPA, sedangkan AirQ+ digunakan untuk mengestimasi risiko gangguan pernapasan dan kardiovaskular.	AQI dan tidak ditemukan hari dalam kategori Good selama periode yang dianalisis. Peningkatan PM2.5 juga menunjukkan hubungan dengan peningkatan risiko rawat inap akibat gangguan pernapasan dan kardiovaskular.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dibahas, dapat disimpulkan bahwa teknologi Internet of Things (IoT) telah banyak digunakan dalam sistem monitoring lingkungan, khususnya dalam pemantauan kualitas udara secara real-time. Penggunaan sensor PM2.5 terbukti efektif dalam mendeteksi tingkat polusi udara, sementara mikrokontroler seperti ESP32 mampu mengolah dan mengirimkan data secara cepat dan efisien. Selain itu, penerapan algoritma Moving Average dapat membantu dalam menyaring data sensor yang bersifat fluktuatif sehingga menghasilkan data yang lebih stabil dan akurat. Di sisi lain, sistem notifikasi visual juga berperan penting dalam memberikan informasi kepada pengguna secara cepat dan mudah dipahami.

Namun, dari penelitian-penelitian tersebut masih terdapat beberapa kekurangan, seperti belum optimalnya integrasi antara metode penyaringan data

dengan sistem monitoring, serta kurangnya penerapan notifikasi visual sebagai sistem peringatan dini. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang mengintegrasikan sensor PM2.5, mikrokontroler ESP32, algoritma Moving Average, serta sistem notifikasi visual dalam satu sistem yang terintegrasi. Dengan demikian, diharapkan sistem yang dibangun mampu memberikan hasil monitoring yang lebih akurat, stabil, dan informatif.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah metode prototype. Metode prototype merupakan suatu pendekatan dalam pengembangan sistem yang dilakukan dengan cara membuat model awal sistem yang kemudian diuji, dievaluasi, dan disempurnakan secara bertahap hingga diperoleh sistem yang sesuai dengan kebutuhan.

Pemilihan metode prototype dalam penelitian ini didasarkan pada kebutuhan untuk mengembangkan sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu bekerja secara real-time dan dapat diuji secara langsung pada lingkungan kandang ayam.

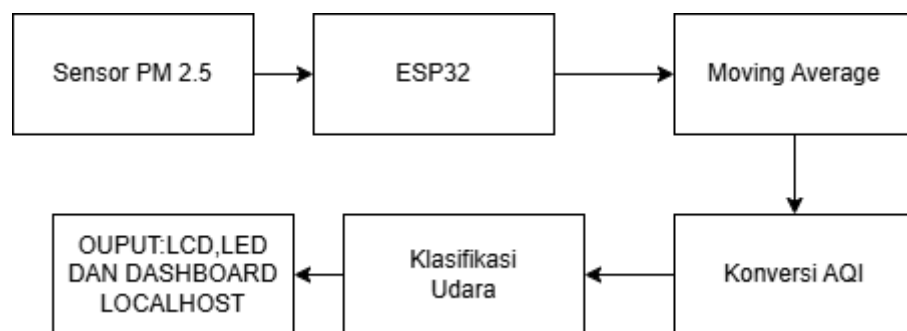
Sistem yang dirancang menggunakan sensor PM2.5 sebagai input, ESP32 sebagai pusat pengolahan data, algoritma Moving Average untuk mengurangi fluktuasi data, serta LED. Selain itu, sistem diintegrasikan dengan dashboard berbasis localhost melalui jaringan lokal sebagai media monitoring data dan LCD sebagai output visual.

Dalam proses pengolahan data, digunakan algoritma Moving Average untuk menyaring data hasil pembacaan sensor agar lebih stabil dan mengurangi fluktuasi (noise). Data yang telah diproses kemudian digunakan untuk menentukan kondisi kualitas udara dan ditampilkan dalam bentuk notifikasi visual berupa indikator LED.

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percontohan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya pada lingkungan kandang ayam yang

dijadikan sebagai lokasi pengujian prototype sistem monitoring kualitas udara. Lokasi ini dipilih karena memiliki aktivitas peternakan yang berpotensi memengaruhi kualitas udara akibat keberadaan partikel debu, gas hasil penguraian kotoran ternak, serta faktor lingkungan lainnya. Kondisi tersebut menjadikan Kebun Percontohan UMSU sebagai lokasi yang sesuai untuk menguji kemampuan sistem dalam memantau kualitas udara secara real-time, menerapkan algoritma Moving Average untuk meningkatkan kestabilan data, serta menampilkan informasi kualitas udara melalui notifikasi visual

Metode prototype dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Metode Prototype

Penelitian ini dilakukan di Kebun Percontohan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), khususnya pada lingkungan kandang ayam yang dijadikan sebagai lokasi pengujian prototype sistem monitoring kualitas udara. Lokasi ini dipilih karena memiliki aktivitas peternakan yang berpotensi memengaruhi kualitas udara akibat keberadaan partikel debu, gas hasil penguraian kotoran ternak, serta faktor lingkungan lainnya. Kondisi tersebut menjadikan Kebun Percontohan UMSU sebagai lokasi yang sesuai untuk menguji kemampuan sistem dalam memantau kualitas udara secara real-time, menerapkan algoritma

Moving Average untuk meningkatkan kestabilan data, serta menampilkan informasi kualitas udara melalui notifikasi visual. Pada penelitian ini, metode prototype digunakan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam secara bertahap. Prototype yang dirancang terdiri dari sensor PM2.5 sebagai pengukur partikulat udara dan sensor MQ-135 sebagai sensor tambahan untuk mendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan keberadaan gas polutan. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 menggunakan algoritma Moving Average untuk menghasilkan data yang lebih stabil. Sistem juga dilengkapi dengan LCD, LED indikator, buzzer, dan dashboard sebagai media penyampaian informasi kepada pengguna

1. **Pengumpulan Kebutuhan (Requirement Gathering)** Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan sistem berdasarkan studi literatur dan analisis permasalahan. Kebutuhan yang dimaksud meliputi kebutuhan perangkat keras, perangkat lunak, serta fungsi utama sistem seperti pembacaan data PM2.5, pengolahan data, dan notifikasi visual.
2. **Perancangan Sistem (Design)** Tahap ini meliputi perancangan arsitektur sistem secara keseluruhan, baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Pada tahap ini juga ditentukan alur kerja sistem serta metode pengolahan data yang digunakan.
3. **Pembuatan Prototype (Build Prototype)** Pada tahap ini dilakukan implementasi sistem sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Proses ini mencakup perakitan komponen seperti sensor PM2.5, ESP32, serta LED indikator, dan pembuatan program untuk menjalankan sistem.

4. **Pengujian Sistem (Testing)** Prototype yang telah dibuat kemudian diuji untuk mengetahui kinerja sistem dalam membaca data, mengolah data menggunakan Moving Average, serta menampilkan hasil dalam bentuk notifikasi visual.
5. **Evaluasi dan Perbaikan (Evaluation)** Tahap ini dilakukan untuk mengevaluasi hasil pengujian. Jika sistem belum bekerja secara optimal, maka dilakukan perbaikan dan pengembangan ulang hingga sistem memenuhi tujuan penelitian.

3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam perancangan, pembangunan, serta pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Data yang dikumpulkan meliputi data teoritis sebagai dasar pengembangan sistem serta data empiris yang diperoleh langsung dari hasil pengukuran sensor PM2.5 di lapangan.

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi yang berkaitan dengan penelitian, seperti jurnal ilmiah, buku, serta sumber terpercaya lainnya. Kajian literatur difokuskan pada beberapa topik utama, yaitu teknologi IoT, sensor PM2.5, sistem monitoring kualitas udara, algoritma Moving Average serta dashboard berbasis localhos.

Melalui studi literatur ini, peneliti memperoleh pemahaman mengenai konsep dasar, metode yang digunakan, serta penelitian terdahulu yang relevan,

sehingga dapat dijadikan sebagai landasan dalam merancang sistem yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

3.2.2 Eksperimen

Metode eksperimen merupakan metode utama dalam penelitian ini, yaitu dengan melakukan pengujian langsung terhadap sistem yang telah dirancang. Eksperimen dilakukan dengan cara mengoperasikan sistem pemantauan kualitas udara pada lokasi penelitian dan mengumpulkan data dari sensor PM2.5 secara real-time.

Data yang diperoleh dari sensor berupa nilai konsentrasi PM2.5 dalam satuan mikrogram per meter kubik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Selanjutnya, data tersebut diolah menggunakan algoritma Moving Average untuk menghasilkan data yang lebih stabil dan mengurangi fluktuasi (noise) dari pembacaan sensor.

Setelah proses penyaringan data, nilai PM2.5 kemudian dikonversi menjadi nilai Air Quality Index (AQI) yang digunakan sebagai standar dalam menentukan tingkat kualitas udara. Penggunaan AQI bertujuan untuk memberikan interpretasi yang lebih mudah dipahami oleh pengguna karena telah dikategorikan berdasarkan tingkat risiko terhadap kesehatan.

Metode eksperimen dilakukan dengan melakukan pengujian langsung terhadap prototype sistem monitoring kualitas udara pada lingkungan kandang ayam. Pengambilan data dilakukan melalui pembacaan sensor PM2.5 dan sensor MQ-135 yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor kemudian diolah menggunakan algoritma Moving Average untuk mengurangi perubahan nilai yang terlalu fluktuatif sehingga menghasilkan informasi kondisi udara yang lebih stabil.

3.2.3 Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan cara mengumpulkan data dalam bentuk gambar, catatan, maupun hasil pengukuran selama proses penelitian berlangsung. Dokumentasi meliputi:

1. Foto perangkat yang digunakan
2. Proses perakitan sistem
3. Hasil pengujian di setiap lokasi
4. Data hasil pembacaan sensor

Dokumentasi ini digunakan sebagai bukti pendukung dalam penelitian serta sebagai bahan analisis pada tahap selanjutnya.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam perancangan, pembangunan, serta pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Data yang dikumpulkan meliputi data teoritis sebagai dasar pengembangan sistem serta data empiris yang diperoleh langsung dari hasil pengukuran sensor PM2.5 di lapangan. Penentuan lokasi dan waktu penelitian merupakan bagian penting dalam mendukung kelancaran pelaksanaan penelitian.

Lokasi penelitian dipilih berdasarkan karakteristik lingkungan yang berbeda guna memperoleh variasi data kualitas udara, sehingga sistem yang dirancang dapat diuji secara optimal dalam berbagai kondisi. Selain itu, penentuan waktu penelitian dilakukan untuk mengatur tahapan kegiatan penelitian secara sistematis, mulai dari proses perancangan hingga pengujian sistem.

Penelitian ini dilaksanakan di kandang ayam Kebun Percontohan Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) sebagai lokasi pengujian prototype sistem monitoring kualitas udara. Lokasi tersebut dipilih karena merupakan lingkungan peternakan yang memiliki potensi terjadinya penurunan kualitas udara akibat aktivitas ternak, seperti meningkatnya konsentrasi partikel debu, gas hasil penguraian kotoran, serta perubahan suhu dan kelembaban udara. Kondisi tersebut menjadikan lokasi penelitian sesuai untuk menguji kemampuan sistem dalam memantau kualitas udara secara real-time, mengolah data menggunakan algoritma Moving Average, serta menampilkan informasi kondisi udara melalui notifikasi visual.

Adapun waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari tahap perancangan sistem hingga penyusunan laporan, yaitu pada periode Januari 2026 hingga Mei 2026. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, pembuatan dan implementasi, pengujian, serta analisis data.

Dengan adanya penentuan lokasi dan waktu penelitian ini, diharapkan proses penelitian dapat berjalan secara terarah, sistematis, dan menghasilkan data yang akurat sesuai dengan tujuan penelitian

[illegible]

3.4 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan dengan mengintegrasikan beberapa komponen perangkat keras dan perangkat lunak untuk membangun sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Sistem menggunakan sensor PM2.5 sebagai parameter utama pengukuran partikulat udara dan sensor MQ-135 sebagai parameter tambahan untuk mendeteksi perubahan kualitas udara akibat keberadaan

gas polutan. Seluruh data sensor diproses oleh ESP32 menggunakan algoritma Moving Average, kemudian hasil pengolahan ditampilkan melalui LCD, LED indikator, buzzer, dan platform Blynk. Output sistem ditampilkan secara lokal melalui LED indikator dan LCD serta menampilkan informasi kondisi udara melalui notifikasi visual..

Data hasil Moving Average selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan nilai AQI. Nilai AQI tersebut diklasifikasikan ke dalam enam kategori kualitas udara dan digunakan untuk menentukan indikator LED serta status yang ditampilkan pada sistem. Klasifikasi yang digunakan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 1 Klasifikasi AQI dan Indikator LED pada Sistem

No.	Konsentrasi PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nilai AQI	Kategori	Singkatan	Indikator LED
1	0,0–9,0	0–50	Baik (<i>Good</i>)	BAIK	Hijau
2	9,1–35,4	51–100	Sedang (<i>Moderate</i>)	SDNG	Kuning
3	35,5–55,4	101–150	Tidak Sehat bagi Kelompok Sensitif	SENS	Merah
4	55,5–125,4	151–200	Tidak Sehat	TDSH	Merah
5	125,5–225,4	201–300	Sangat Tidak Sehat	STSH	Merah
6	225,5–325,4	301–500	Berbahaya (<i>Hazardous</i>)	BHYA	Merah

Pada tabel di atas, kategori kualitas udara dibedakan berdasarkan nilai AQI yang diperoleh dari konsentrasi PM2.5. LED hijau digunakan untuk kategori BAIK, LED kuning untuk kategori SDNG, sedangkan LED merah digunakan untuk kategori SENS hingga BHYA. Singkatan kategori digunakan untuk mempermudah penyajian informasi pada LCD dan dashboard Localhost.

3.4.1 Alur Sistem

Alur kerja sistem dimulai dari proses inisialisasi seluruh komponen seperti sensor PM2.5, sensor MQ-135, ESP32, LCD, LED, buzzer, dan koneksi internet. Setelah sistem aktif, sensor melakukan pembacaan kondisi udara secara berkala. Sensor PM2.5 membaca konsentrasi partikulat udara, sedangkan sensor MQ-135 membaca perubahan kualitas udara berdasarkan keberadaan gas tertentu. Data hasil pembacaan kedua sensor kemudian dikirimkan ke ESP32 untuk dilakukan proses pengolahan menggunakan algoritma Moving Average. Hasil pengolahan data digunakan untuk menentukan kondisi kualitas udara yang selanjutnya ditampilkan melalui LCD, indikator LED, Localhost, serta mengaktifkan buzzer apabila kondisi udara berada pada kategori tertentu.

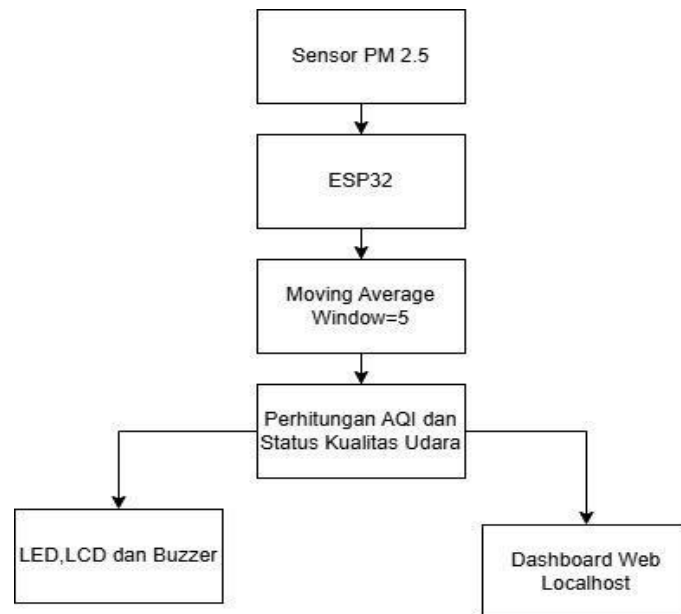
Selanjutnya, data Pm25 Raw diolah menggunakan algoritma *Moving Average* untuk mengurangi fluktuasi data. Hasil *Moving Average* kemudian digunakan untuk memperoleh nilai *Air Quality Index* (AQI) sebagai dasar dalam menentukan kategori kualitas udara.

Nilai AQI yang diperoleh diklasifikasikan ke dalam enam kategori kualitas udara, yaitu:

1. AQI 0–50 → BAIK → LED hijau
2. AQI 51–100 → SDNG → LED kuning
3. AQI 101–150 → SENS → LED merah
4. AQI 151–200 → TDSH → LED merah
5. AQI 201–300 → STSH → LED merah

6. AQI 301–500 → BHYA → LED merah

Sistem juga menampilkan informasi melalui LCD berupa Pm25 Raw, Moving Average, nilai AQI, dan kategori kualitas udara. Proses pembacaan dan pengolahan data dilakukan secara berulang sehingga sistem dapat melakukan monitoring kondisi kualitas udara secara berkala.



Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem

Selain menampilkan informasi melalui LCD dan LED indikator, sistem juga terhubung dengan platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi. ESP32 mengirimkan data berupa Pm25 Raw, Moving Average, AQI, dan Status Kualitas Udara ke dashboard Localhost sehingga hasil monitoring dapat dipantau melalui jaringan internet.

3.4.2 Flowchart Sistem

Flowchart sistem digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem mulai dari proses pembacaan sensor hingga menghasilkan informasi kualitas udara melalui LED, LCD, dan localhost.

Flowchart digunakan untuk mempermudah pemahaman terhadap tahapan proses yang dilakukan oleh sistem.

Flowchart sistem menggambarkan tahapan kerja prototype monitoring kualitas udara pada kandang ayam mulai dari proses awal sistem hingga penyampaian informasi kepada pengguna. Alur sistem dimulai ketika perangkat dinyalakan dan melakukan proses inisialisasi terhadap seluruh komponen yang digunakan, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor PM2.5, sensor MQ-135, LCD, LED indikator, buzzer, serta koneksi ke localhost.

Setelah proses inisialisasi berhasil dilakukan, sistem melakukan pembacaan data dari sensor PM2.5 dan sensor MQ-135 secara berkala. Sensor PM2.5 digunakan untuk memperoleh nilai konsentrasi partikulat udara, sedangkan sensor MQ-135 digunakan sebagai sensor pendukung untuk mendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan keberadaan gas polutan pada lingkungan kandang ayam

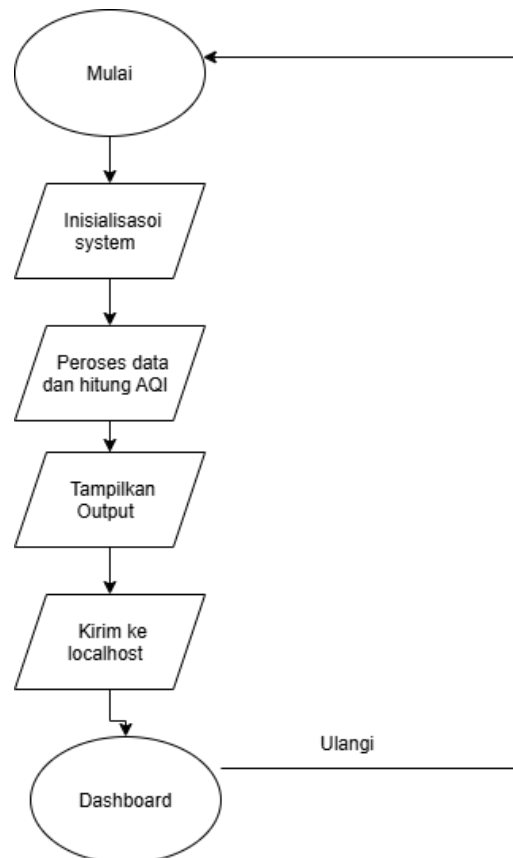
Data hasil pembacaan kedua sensor kemudian diterima oleh ESP32 untuk dilakukan proses pengolahan menggunakan algoritma Moving Average. Proses ini bertujuan untuk mengurangi perubahan nilai yang terlalu fluktuatif akibat karakteristik pembacaan sensor sehingga menghasilkan data yang lebih stabil sebelum digunakan dalam menentukan kondisi kualitas udara. Data hasil pembacaan kedua sensor kemudian diterima oleh ESP32 untuk dilakukan proses pengolahan menggunakan algoritma Moving Average. Proses ini bertujuan untuk mengurangi perubahan nilai yang terlalu fluktuatif akibat karakteristik pembacaan

sensor sehingga menghasilkan data yang lebih stabil sebelum digunakan dalam menentukan kondisi kualitas udara.

Setelah proses pengolahan data selesai, sistem melakukan analisis terhadap hasil pembacaan sensor untuk menentukan kondisi udara. Apabila nilai parameter yang terbaca menunjukkan kondisi udara berada pada kategori normal, maka sistem akan menampilkan informasi kondisi tersebut melalui LCD, LED indikator, dan mengirimkan data monitoring ke Dashboard.

Namun, apabila hasil pembacaan sensor menunjukkan kondisi udara berada pada tingkat yang tidak sesuai dengan batas yang telah ditentukan, maka sistem akan memberikan peringatan tambahan dengan mengaktifkan buzzer sebagai notifikasi suara. Selain itu, informasi kondisi udara juga tetap ditampilkan melalui LCD, LED indikator, dan localhost agar pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi lingkungan secara langsung .

Seluruh proses pembacaan sensor, pengolahan data, analisis kondisi udara, hingga penyampaian informasi dilakukan secara berulang selama sistem aktif. Dengan adanya alur tersebut, prototype mampu melakukan monitoring kualitas udara kandang ayam secara otomatis dan memberikan peringatan ketika terjadi perubahan kondisi udara



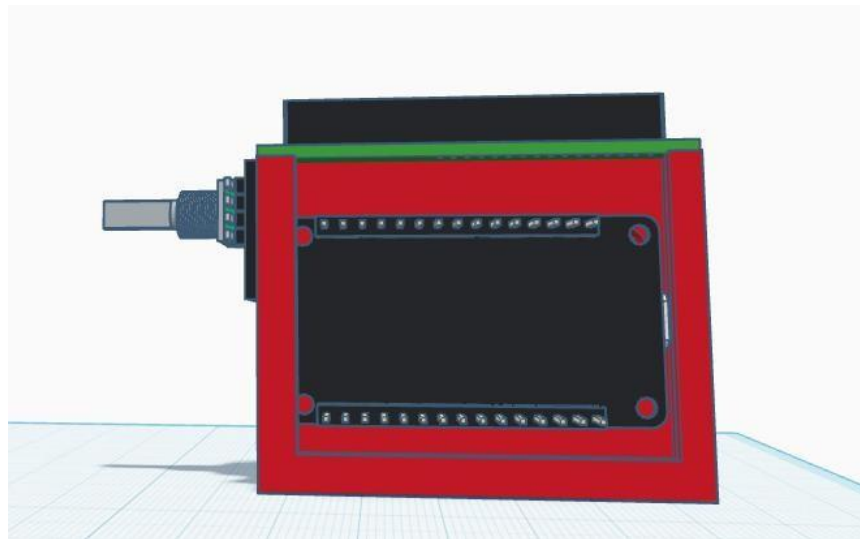
Gambar 3. 3 Flowchart Sistem Pemantauan Kualitas Udara

3.4.3 Perancangan Perangkat Keras

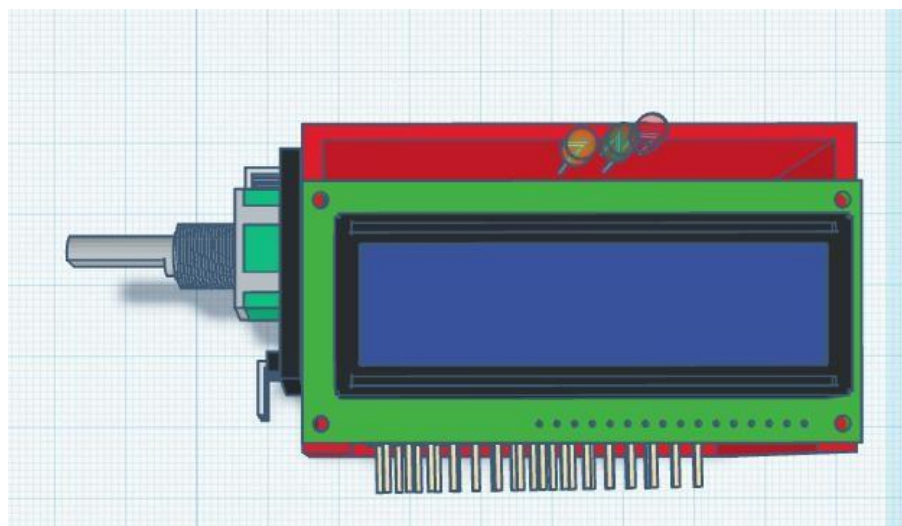
Perancangan perangkat keras dilakukan untuk menentukan komponen serta hubungan antarperangkat dalam sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT). Perancangan ini bertujuan agar seluruh komponen dapat bekerja secara terintegrasi dalam proses pembacaan, pengolahan, dan penyajian data kualitas udara.

Sistem terdiri atas sensor PM2.5 GP2Y1014AU sebagai input, ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta LED indikator dan LCD sebagai output lokal. Pada tahap simulasi menggunakan Wokwi, sensor PM2.5 digantikan dengan potensiometer untuk mensimulasikan perubahan nilai input sebelum sistem diterapkan pada perangkat keras sebenarnya.

ESP32 menerima data input kemudian mengolahnya menggunakan algoritma Moving Average. Hasil pengolahan digunakan untuk memperoleh nilai AQI dan menentukan kategori kualitas udara. Informasi tersebut selanjutnya ditampilkan melalui LED dan LCD, sedangkan koneksi Wi-Fi pada ESP32 digunakan untuk mengirimkan data monitoring ke dashboard.



Gambar 3. 4 Tampilan Depan Skematik Sistem Pemantauan Kualitas Udara



Gambar 3. 5 Tampilan Atas Skematik Sistem Pemantauan Kualitas Udara

Tabel 3. 2 Konfigurasi Pin ESP32 dengan Komponen

No	Komponen	Pin Komponen	Pin ESP32	Keterangan
1	Sensor PM2.5 GP2Y1014AU0F	VCC	VIN (5V)	Catu daya sensor
		S-GND	GND	Ground khusus untuk rangkaian LED inframerah sensor.
		LED-GND	GND	Ground khusus untuk rangkaian LED inframerah sensor.
		LED sensor	GPIO 23	Pin kontrol LED inframerah.
		V-LED	5V/VIN melalui resistor 150 Ω	Catu daya untuk LED inframerah internal sensor.
		Vo / VOUT	GPIO 34	Keluaran tegangan analog sensor yang berubah sesuai tingkat partikulat/debu. GPIO 34
2	LCD 16×2 I2C	VCC	VIN (5V)	Catu daya LCD
		GND	GND	Ground LCD
		SDA	GPIO21	Jalur data I2C
		SCL	GPIO22	Jalur clock I2C
3	LED Hijau	Anoda (+)	GPIO2	Indikator kualitas Udara baik
		Katoda (-)	GND	Ground LED
4	LED Kuning	Anoda (+)	GPIO4	Indikator kualitas Udara sedang
		Katoda (-)	GND	Ground LED
5	LED Merah	Anoda (+)	GPIO5	Indikator kualitas Udara buruk
		Katoda (-)	GND	Ground LED

3.4.4 Penerapan Algoritma Moving Average

Pada sistem yang dirancang, data yang diperoleh dari sensor kualitas udara tidak langsung digunakan sebagai dasar penentuan kondisi udara. Hal ini disebabkan karena pembacaan sensor dapat mengalami fluktuasi (noise) akibat perubahan kondisi lingkungan maupun karakteristik sensor itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode pengolahan data yang mampu menghasilkan nilai pembacaan yang lebih stabil dan representatif.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Moving Average. Algoritma ini bekerja dengan cara menghitung nilai rata-rata dari sejumlah data pembacaan sensor secara berurutan dalam suatu periode tertentu (window). Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai nilai keluaran yang mewakili kondisi kualitas udara sehingga dapat mengurangi pengaruh fluktuasi data sesaat.

Adapun persamaan Moving Average yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

$$\frac{X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n}{n}$$

Keterangan:

=

MA = Nilai Moving Average.

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = Data hasil pembacaan sensor.

n = Jumlah data yang digunakan dalam proses perhitungan.

Adapun persamaan Moving Average yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Pada penelitian ini digunakan 5 data pembacaan terakhir (window = 5) sebagai dasar perhitungan Moving Average. Pemilihan jumlah data tersebut bertujuan untuk menghasilkan nilai yang lebih stabil tanpa mengurangi kemampuan sistem dalam merespons perubahan kualitas udara secara real-time.

Sebagai ilustrasi, apabila sensor menghasilkan data PM_{2.5} sebesar 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, dan 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, maka nilai Moving Average dihitung sebagai berikut.

$$MA = \frac{32 + 35 + 34 + 36 + 33}{5}$$

$$MA = \frac{170}{5}$$

$$MA = 34 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Nilai sebesar 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ selanjutnya digunakan sebagai nilai masukan untuk proses konversi ke dalam Air Quality Index (AQI). Berdasarkan nilai AQI yang diperoleh, sistem akan menentukan kategori kualitas udara dan mengaktifkan indikator visual berupa LED, tampilan LCD, serta relay apabila kondisi udara berada pada kategori yang telah ditentukan.

3.5 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung proses perancangan, pembuatan, serta pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (Iot)

3.5.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk mendukung proses perancangan sistem, pemrograman, serta pengujian perangkat. Adapun alat-alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 3. 3 Alat Penelitian

No	Nama Alat	Fungsi
1	Laptop/PC	Digunakan untuk pemrograman dan pengujian sistem
2	Software Arduino IDE	Digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke ESP32
3	Wokwi	Digunakan untuk simulasi rangkaian dan pengujian logika sistem
4	Kabel USB	Digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan laptop
5	Dashboard	Platform monitoring IoT
6	Wifi/Hospot	Menghubungkan ESP32 dengan dasboard

3.5.2 Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk mendukung proses perancangan sistem, pemrograman, serta pengujian perangkat. Adapun alat-alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 3. 4 Bahan Penelitian

No	Nama Bahan	Fungsi
1	ESP32	Sebagai mikrokontroler utama untuk mengolah data
2	Sensor PM2.5 GP2Y1014AU	Digunakan untuk mendeteksi kualitas udara
3	Sensor PM2.5	Mendeteksi dan mengukur konsentrasi partikel halus (PM2.5) di udara secara real-time sebagai indikator kualitas udara.
No	Nama Bahan	Fungsi
4	Sensor MQ135	Mendeteksi berbagai jenis gas,dan memataui kualitas udara
5	LCD 16x2 (I2C)	Menampilkan nilai PM2.5, AQI, dan kategori udara

6	LED (Hijau, Kuning, Merah)	Sebagai indikator kondisi kualitas udara
7	Buzzer	Aktuator output suara
8	Resistor	Membatasi arus pada LED
9	Esp32 Ekspansi Shield	Media perakitan rangkaian
10	Kabel jumper	Menghubungkan antar komponen

3.6 Metode Pengujian

Metode pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang. Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan, mulai dari pembacaan data sensor, pengolahan data menggunakan algoritma Moving Average, perhitungan AQI, hingga penyajian hasil melalui LED, LCD, buzzer, dan dashboard berbasis localhost.

Pengujian dilakukan secara bertahap pada setiap bagian sistem serta secara keseluruhan (end-to-end). Adapun metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

3.6.1 Pengujian Input (Sensor PM2.5 / Simulasi Sistem)

Pengujian input dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat menerima dan membaca data dari sensor PM2.5 dengan baik. Pada tahap simulasi menggunakan Wokwi, potensiometer digunakan sebagai representasi perubahan nilai input PM2.5.

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai input dan mengamati perubahan data yang diterima oleh ESP32. Pada implementasi

perangkat sebenarnya, pengujian dilakukan menggunakan sensor PM2.5 GP2Y1014AU untuk memperoleh nilai Pm25 Raw.

3.6.2 Pengujian Sensor MQ135

Pengujian sensor MQ-135 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca perubahan kondisi udara pada lingkungan kandang ayam. Data hasil pembacaan sensor diamati untuk mengetahui perubahan nilai yang dihasilkan ketika terjadi perbedaan kondisi udara. Pengujian ini dilakukan sebagai pendukung pengukuran kualitas udara bersama dengan sensor PM2.5

3.6.3 Pengujian Algoritma Moving Average

Pengujian algoritma Moving Average dilakukan untuk mengetahui kemampuan algoritma dalam mengurangi fluktuasi data hasil pembacaan sensor. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai Pm25 Raw dengan hasil Moving Average yang dihitung menggunakan lima data pembacaan terakhir.

Hasil pengujian digunakan untuk melihat perubahan tingkat kestabilan data sebelum dan setelah proses Moving Average diterapkan.

3.6.4 Pengujian Perhitungan AQI

Pengujian perhitungan AQI dilakukan untuk memastikan bahwa hasil Moving Average PM2.5 dapat dikonversi menjadi nilai Air Quality Index (AQI) sesuai dengan perhitungan yang digunakan pada sistem.

Nilai AQI yang dihasilkan sistem dibandingkan dengan hasil perhitungan manual berdasarkan rentang konsentrasi PM2.5 dan breakpoint AQI. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kesesuaian hasil perhitungan AQI oleh sistem dengan perhitungan manual.

3.6.5 Pengujian Output LED, LCD, Buzzer dan Dashboard Localhost

Pengujian output dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memberikan informasi kepada pengguna melalui perangkat keluaran. LCD diuji untuk memastikan informasi hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan dengan baik, LED diuji sebagai indikator kondisi kualitas udara, buzzer diuji sebagai peringatan suara ketika kondisi udara mencapai batas tertentu, dan dashboard localhost diuji untuk memastikan data monitoring dapat dikirim serta ditampilkan melalui jaringan lokal.

Pengujian LED dilakukan dengan mengamati kesesuaian warna indikator terhadap nilai AQI, yaitu:

1. AQI 0–50 → BAIK → LED hijau
2. AQI 51–100 → SDNG → LED kuning
3. AQI 101–150 → SENS → LED merah
4. AQI 151–200 → TDSH → LED merah
5. AQI 201–300 → STSH → LED merah
6. AQI 301–500 → BHYA → LED merah

Pengujian LCD dilakukan dengan memastikan bahwa informasi yang ditampilkan meliputi Pm25 Raw, Moving Average, nilai AQI, dan kategori kualitas udara. Pengujian Blynk dilakukan dengan memastikan bahwa data Pm25 Raw, Moving Average, AQI, dan Status Kualitas Udara dapat dikirim dan ditampilkan pada dashboard melalui jaringan Wi-Fi.

3.6.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menggabungkan seluruh komponen yang telah dirancang. Pengujian ini

bertujuan untuk mengetahui apakah sensor PM2.5, sensor MQ-135, ESP32, algoritma Moving Average, LCD, LED, buzzer, dan platform Blynk dapat bekerja secara terintegrasi sesuai dengan rancangan sistem.

Hasil pengujian digunakan untuk memastikan bahwa sistem mampu:

1. Membaca data PM2.5.
2. Mengolah data menggunakan Moving Average.
3. Menghitung nilai AQI.
4. Menentukan kategori kualitas udara.
5. Menampilkan hasil melalui LED dan LCD.
6. Mengirimkan dan menampilkan data monitoring pada dashboard berbasis localhost.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembahasan

Pembahasan ini menyajikan hasil implementasi dan pengujian prototype sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 sensor PM2.5 dan sensor MQ135. Pembahasan meliputi hasil rancangan alat, penerapan algoritma Moving Average, perhitungan nilai AQI, penentuan kategori kualitas udara, serta penyajian hasil melalui LED, LCD, Buzzer dan dashboard localhost.

Selain itu, dilakukan pengujian untuk mengetahui kesesuaian fungsi system dengan rancangan yang telah ditetapkan.



Gambar 4. 1 Seperti terlihat pada gambar, alat pemantau kualitas udara telah dipasang dan beroperasi langsung di lokasi kandang ayam. Tampak perangkat keras berupa unit sensor yang dilengkapi layar LCD menampilkan data bacaan PM2.5 dan hasil pengukuran sensor MQ135 secara berkala, serta lampu indikator LED yang menyala sesuai kondisi udara. Di sisi lain, laptop menampilkan dasbor pemantauan yang menampilkan nilai hasil perhitungan

algoritma Moving Average, angka indeks kualitas udara AQI, serta kategori status kualitas udara yang diperoleh secara real-time. Data yang muncul di layar dasbor sesuai dengan pembacaan pada alat, menunjukkan bahwa sistem berfungsi terintegrasi dengan baik, seluruh komponen bekerja sebagaimana rancangan, dan informasi dapat dipantau secara menyeluruh melalui antarmuka localhost. Pengujian ini membuktikan bahwa sistem yang dibangun mampu merekam, memproses, dan menampilkan data kualitas udara di lingkungan kandang ayam secara akurat dan tepat waktu.

4.2 Hasil Rancangan Alat

Hasil rancangan alat berupa prototype system monitoring kualitas udara pada system yang menggunakan sensor PM2.5 GP2Y1014AU sebagai parameter utama pengukuran partikulat udara, sensor MQ-135 sebagai sensor tambahan untuk mendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan keberadaan gas polutan, ESP32 sebagai mikrokontroler, LCD 16×2, LED hijau, kuning, dan merah sebagai visual, serta buzzer sebagai system peringatan suara. Sistem mampu membaca nilai PM2.5 Raw dan data pembacaan sensor MQ-135, mengolah data menggunakan algoritma Moving Average, menghasilkan estimasi nilai AQI berdasarkan parameter PM2.5, menentukan kategori kualitas udara, serta menampilkan hasil monitoring melalui LCD, LED, buzzer, dan dashboard localhost.



Gambar 4. 2 Hasil Rancangan Prototype Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada gambar di atas ditunjukkan hasil perakitan prototype yang telah mengintegrasikan seluruh komponen sesuai dengan rancangan 50system yang dibuat.

4.2.1 Hasil Implementasi Sistem

Hasil implementasi 50system menunjukkan bahwa prototype telah mampu melakukan pembacaan Pm25 Raw menggunakan sensor GP2Y1014AU, kemudian mengolah data tersebut dengan algoritma Moving Average menggunakan lima data terakhir. Hasil pengolahan selanjutnya digunakan untuk memperoleh estimasi nilai AQI dan menentukan kategori kualitas udara.

Informasi hasil monitoring ditampilkan melalui LCD berupa Pm25 Raw, Moving Average, AQI, dan kategori kualitas udara. LED hijau, kuning, dan merah digunakan sebagai system notifikasi visual sesuai kategori AQI, sedangkan platform Blynk digunakan untuk menampilkan

data monitoring secara jarak jauh melalui jaringan Wi-Fi.



Gambar 4. 3 Tampilan Notifikasi Visual pada LCD dan LED Pada gambar di atas ditunjukkan hasil implementasi output system melalui LCD dan LED sesuai dengan kondisi kualitas udara yang diperoleh.



Gambar 4. 4 Tampilan Monitoring pada Dashboard Localhost

Pada gambar di atas ditunjukkan hasil monitoring melalui dashboard Localhost yang menampilkan Pm25, Moving Average, AQI, dan Status Kualitas Udara secara jarak jauh.

4.3 Hasil Pengujian Prototype

Pengujian prototype dilakukan untuk mengetahui kesesuaian fungsi System yang telah dirancang. Pengujian mencakup pembacaan sensor PM2.5 sebagai parameter utama kualitas udara, pembacaan sensor MQ-135 sebagai parameter tambahan untuk mendeteksi perubahan kondisi udara, penerapan algoritma Moving Average, perhitungan estimasi AQI, serta kesesuaian output system melalui LED, LCD, buzzer, dan dashboard localhost.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor PM2.5 GP2Y1014AU

No.	Waktu (detik)	Nilai ADC	Tegangan (V)	Pm25 Raw ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	3,4 detik	0	0/0,00V	0.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2	4,4 detik	176	1.442V	104.47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
3	5,4 detik	185	1.487V	119.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
4	6,4 detik	1872	1.509 V	121.71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
5	7,4 detik	1850	1.491V	118.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6	8,4 detik	1805	1.455V	110.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
7	9,4 detik	1669	1.345V	89.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
8	10,4 detik	1805	1.455V	110.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
9	11,4 detik	1791	1.443V	108.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
10	12,4 detik	1784	1.438V	107.53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
11	13,9 detik	486	0,392V	0.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
12	14,6 detik	1424	1.148V	49.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
13	15,4 detik	1264	1.019V	23.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
14	16,4 detik	1356	1.093V	38.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
15	17,6 detik	1342	1.081V	36.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
16	18,4 detik	1302	1.049V	29.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
17	19,4 detik	1369	1.103V	40.64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
18	20,6 detik	1339	1.079V	35.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
19	21,4 detik	1248	1.006V	21.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
20	22,4 detik	1319	1.063V	32.59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Moving Average

No.	Data 1	Data 2	Data 3	Data 4	Data 5	Moving Average ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	0.00 ug/m3	104.47 ug/m3	119.46 ug/m3	121.71 ug/m3	118.17 ug/m3	92.76 ug/m3
2	110.92 ug/m3	89.00 ug/m3	110.92 ug/m3	108.66 ug/m3	107.53 ug/m3	107.53 ug/m3
3	0.00 ug/m3	49.51 ug/m3	23.72 ug/m3	38.55 ug/m3	36.29 ug/m3	29.61 ug/m3
4	29.85 ug/m3	40.64 ug/m3	35.81 ug/m	21.14 ug/m3	32.59 ug/m3	36.23 ug/m3
5	0.00 ug/m3	23.72 ug/m3	26.62 ug/m3	18.56 ug/m3	18.89 ug/m3	26.04 ug/m3
6	28.56 ug/m	22.24 ug/m3	18.56 ug/m3	27.11 ug/m3	25.98 ug/m3	23.75 ug/m3
7	18.40 ug/m3	39.19 ug/m3	26.75 ug/m3	22.11 ug/m3	29.04 ug/m3	26.75 ug/m3
8	24.53 ug/m3	15.02 ug/m	35.65 ug/m3	22.75 ug/m3	26.30 ug/m	25.40 ug/m3
9	31.94 ug/m3	27.75 ug/m3	13.41 ug/m	36.62 ug/m3	20.18 ug/m3	25.98 ug/m3
10	20.34 ug/m3	28.07 ug/m3	28.88 ug/m3	26.78 ug/m3	41.77 ug/m3	26.82 ug/m3

Tabel 4. 3 Perbandingan Pm25 Raw dan Moving Average

No.	Pm25 Raw ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moving Average ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Selisih
1	118.17 ug/m3	92.76 ug/m3	25,41
2	107.53 ug/m3	107.53 ug/m3	0,00
3	36.29 ug/m3	29.61 ug/m3	6,68
4	32.59 ug/m3	36.23 ug/m3	3,64
5	18.89 ug/m3	26.04 ug/m3	7,15
6	25.98 ug/m3	23.75 ug/m3	2,23
7	29.04 ug/m3	26.75 ug/m3	2,29
8	26.30 ug/m	25.40 ug/m3	0,90

9	20.18 ug/m3	25.98 ug/m3	5,80
10	41.77 ug/m3	26.82 ug/m3	14,95

Tabel 4. 4 Pengujian Output dan Keseluruhan Sistem

No.	Pm2.5 Raw	Moving Average	AQI	Kategori	LED	LCD	Blynk	Hasil
1	8,5	8,2	46	BAIK	Hijau	Sesuai	Sesuai	Sesuai
2	20,4	19,8	72	SDNG	Kuning	Sesuai	Sesuai	Sesuai
3	42,0	40,5	114	SENS	Merah	Sesuai	Sesuai	Sesuai
4	70,0	68,2	168	TDSH	Merah	Sesuai	Sesuai	Sesuai
5	150,0	145,6	223	STSH	Merah	Sesuai	Sesuai	Sesuai
6	250,0	240,3	342	BHYA	Merah	Sesuai	Sesuai	Sesuai

Tabel 4. 5 Pengujian Sensor MQ135

NO	Pm2.5 RAW	Moving average	AQI	Kategori	MQ135	Gas
1	12.76	10.25	53	SDNG	2387	Aman
2	13.41	11.73	56	SDNG	2395	Aman
3	13.41	12.44	57	SDNG	2390	Aman
4	13.25	12.83	58	SDNG	2425	Aman
5	5,76	12.25	57	SDNG	2418	Aman
6	14.86	41.45	116	SENS	2422	Aman
7	17.11	16.79	65	SDNG	2425	Aman

8	21.47	16.40	65	SDNG	2421	Aman
9	4.70	13.18	58	SDNG	2411	Aman

4.4 Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian prototype sistem monitoring kualitas udara pada kandang ayam, sistem yang dibangun telah mampu menjalankan fungsi utama berupa pembacaan konsentrasi PM2.5, pengolahan data menggunakan algoritma Moving Average, penentuan kondisi kualitas udara, serta penyajian informasi melalui LCD, LED indikator, dan platform Blynk. Meskipun seluruh fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan, prototype yang dikembangkan masih memiliki beberapa kelebihan dan keterbatasan yang perlu diperhatikan sebagai bahan evaluasi dan pengembangan penelitian selanjutnya

4.4.1 Kelebihan Sistem

Adapun kelebihan pada system diantaranya sebagai berikut:

1. Sistem mampu melakukan monitoring kualitas udara secara otomatis menggunakan sensor PM2.5 sebagai parameter utama dan sensor MQ-135 sebagai parameter tambahan untuk mendeteksi perubahan kondisi udara.
2. Sistem menerapkan algoritma Moving Average yang mampu membantu mengurangi fluktuasi data hasil pembacaan sensor sehingga informasi yang ditampilkan menjadi lebih stabil
- 3 Sistem dilengkapi dengan beberapa media penyampaian informasi, yaitu LCD dan LED sebagai indikator lokal, buzzer sebagai peringatan suara, serta platform Blynk sebagai media monitoring jarak jauh.

4. Pengguna dapat mengetahui perubahan kondisi kualitas udara secara lebih cepat melalui indikator visual dan notifikasi suara ketika kondisi udara mengalami peningkatan tingkat pencemaran.
5. Sistem menggunakan ESP32 yang telah mendukung konektivitas Wi-Fi sehingga mampu mengintegrasikan perangkat dengan platform IoT untuk pemantauan secara real-time.

4.4.2 Kekurangan Sistem

Kekurangan dari system ini diantaranya sebagai beriku:

- 1 Sensor MQ-135 masih digunakan sebagai pendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan respons gas, sehingga diperlukan proses kalibrasi lebih lanjut apabila ingin memperoleh nilai konsentrasi gas secara spesifik dalam satuan tertentu.
- 2 Sistem masih menggunakan sensor PM2.5 sebagai dasar perhitungan AQI, sehingga data dari sensor MQ-135 belum digunakan dalam perhitungan indeks kualitas udara
- 3 Akurasi pembacaan sensor masih dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan posisi pemasangan sensor
- 4 Prototype masih memiliki keterbatasan pada area pengujian sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk penerapan pada lingkungan kandang ayam dengan skala yang lebih besar.
- 5 Proses monitoring melalui dashboard berbasis localhost bergantung pada koneksi jaringan lokal dan kondisi server yang digunakan. Apabila koneksi jaringan atau server mengalami gangguan, proses pengiriman dan penampilan data pada dashboard dapat terganggu.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan yang dapat penulis ambil adalah sebagai berikut

1. Prototype sistem monitoring kualitas udara berhasil dirancang menggunakan sensor PM2.5 GP2Y1014AU sebagai parameter utama pengukuran partikulat udara, sensor MQ-135 sebagai sensor tambahan untuk mendeteksi perubahan kondisi udara berdasarkan keberadaan gas polutan, ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta LCD, LED indikator, buzzer, dan dashboard localhost sebagai media penyampaian informasi.
2. Penerapan algoritma Moving Average mampu membantu mengurangi fluktuasi data hasil pembacaan sensor sehingga menghasilkan informasi kondisi kualitas udara yang lebih stabil. Data hasil pengolahan tersebut digunakan dalam menentukan kondisi kualitas udara berdasarkan parameter PM2.5 serta mendukung informasi tambahan dari sensor MQ-135..
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pembacaan sensor, pengolahan data, serta menampilkan informasi kondisi kualitas udara melalui LCD, LED indikator, buzzer, dan platform Blynk. Penambahan sensor MQ-135 dan buzzer meningkatkan kemampuan sistem dalam memberikan informasi tambahan serta peringatan dini ketika terjadi perubahan kondisi udara pada lingkungan kandang ayam.

3.1 Saran

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan diantaranya sebagai berikut:

1. Sensor PM2.5 yang digunakan sebaiknya dilakukan kalibrasi dengan alat ukur pembanding agar hasil pembacaan sensor dapat diketahui tingkat ketelitiannya.
2. Pengaturan jaringan Wi-Fi pada sistem sebaiknya dibuat lebih mudah sehingga pengguna tidak perlu mengubah program ketika ingin mengganti jaringan yang digunakan
3. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan peringatan ketika kualitas udara berada pada kondisi yang kurang baik. Selain itu, sistem juga dapat dihubungkan dengan kipas atau ventilasi agar dapat membantu memperbaiki sirkulasi udara di dalam kandang

.

DAFTAR PUSTAKA

- Almaliki, A. H., Derdour, A., & Ali, E. (2023). Air quality index (AQI) prediction in Holy Makkah based on machine learning methods. *Sustainability*, 15(17), 13168. <https://doi.org/10.3390/su151713168>
- Aswaldi, H. (2025). Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk monitoring kualitas udara dalam ruangan. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 1(2), 39–45
- Baharuddin, B., Sitopu, J. W., Safarudin, M. S., Adam, M. W. S., & Safar, M. (2024). Mengenal Internet of Things (IoT): Penerapan konsep dan manfaatnya dalam kehidupan sehari-hari. *Journal of Human and Education*, 4(4), 827–835.
- Fitriyah, Q., Putri, T. V., Wirangga P., A., & Eko W., M. P. (2020). Pemanfaatan aplikasi Blynk sebagai alat bantu monitoring energi listrik pada kulkas 1 pintu.
- Prosiding Seminar Nasional NCIET, 1, C84–C92.
- Kristiana, L., & Miyanto, D. (2023). Penambahan parameter PM2.5 dalam prediksi kualitas udara: Long shortTerm memory. *MIND (Multimedia Artificial Intelligent Networking Database) Journal*, 8(2), 188–202.
- Naipospos, I. A., Abdillah, R., Renaldi, R., Suryanto, E. D., & Saragi, D. P. (2026). Rancang bangun alat pemantau kualitas udara real time berbasis ESP32 dan Internet of Thinks. *Jurnal Sains Student Research (JSSR)*, 4(2), 292–307. <https://doi.org/10.61722/jssr.v4i2.9490>
- Ngutuka, M. K., Matondo, D. M., Bangelesa, F., Kianu, B. P., Kabengele, B. O., Tangou, T. T., Konde, J. N., Elisephane, I., Kiyombo, G. M., & Kayembe, J. M. N. (2025). Short-term effects of PM2.5 exposure and cardiorespiratory health

risks in a Sub-Saharan African urban setting. *Discover Atmosphere*, 3, Article 42. <https://doi.org/10.1007/s44292-025-00068-0>

Saifudin, M., & Widrani, H. (2021). Rancang bangun sistem digitalisasi dokumen menggunakan metode visible watermark di Kantor Urusan Agama (KUA) Kecamatan Sayung. *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, 1(3), 1–7.

Sembiring, F., Gustian, D., Erfina, A., & Vikriansyah, Y. (2021). Analisis tingkat akurasi algoritma moving average dalam prediksi pergerakan uang elektronik Bitcoin. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 10(1), 23–30.

Suryantoro, H., & Kusriyanto, M. (2023). Sistem monitoring partikel (PM2.5) air purifier untuk mengetahui kualitas udara berbasis sensor PMS5003 dan Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, Edisi Khusus, 88–96.

Wikantama, P. T., & Puspitasari, R. (2023). Perancangan perangkat pengukur ketinggian banjir dengan ESP32 dan Telegram berbasis IoT. *Elektriese: Jurnal Sains dan Teknologi Elektro*, 13(2), 107–114.