

IOT AIR QUALITY MONITORING APP DI SMPIT HARAPAN UMAT

Lucky Mujahidin Rais¹, Za'imatun Niswati², Fauzan Natsir³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Indraprasta PGRI

²Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Raya Tengah No. 80, Kel. Gedong Kec. Pasar Rebo, Jakarta Timur

mujahidinlucky@gmail.com¹, zaimatunnis@gmail.com², fauzan.natsir@gmail.com³

Abstrak

Kualitas udara yang buruk di lingkungan sekolah dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan produktivitas warga sekolah. Pemantauan konvensional yang bersifat manual memiliki keterbatasan dalam hal cakupan, kecepatan, dan aksesibilitas data. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) di SMPIT Harapan Umat menggunakan sensor MQ-135, DHT11, dan PMS5003 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Metode yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model prototipe, meliputi tahapan analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, serta pengujian dan evaluasi sistem. Data sensor ditransmisikan secara real-time melalui protokol MQTT ke platform cloud Blynk dan divisualisasikan dalam aplikasi mobile berbasis Flutter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengukur parameter PM1, PM2.5, PM10, CO2, suhu, dan kelembapan secara otomatis dengan rata-rata error pengukuran sebesar 1,29% dibandingkan alat referensi. Sistem mampu menampilkan data secara interaktif pada dashboard, menyimpan riwayat lengkap berdasarkan waktu dan tanggal, serta memberikan notifikasi peringatan otomatis ketika kualitas udara melampaui batas Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Penelitian ini mendukung pengambilan keputusan berbasis data kualitas udara di lingkungan sekolah secara efisien dan terjangkau.

Kata Kunci : Internet of Things, Monitoring Kualitas Udara, ESP32, Sensor Udara, Aplikasi Mobile

Abstract

Poor air quality in school environments give negative impacts for the health and productivity of school community. Conventional manual monitoring has limitations in terms of coverage, speed, and data accessibility. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring application at Harapan Umat Islamic Middle School using MQ-135, DHT11, and PMS5003 sensors integrated with an ESP32 microcontroller. The method used is Research and Development (R&D) with a prototype model, including the stages of needs analysis, hardware and software design, implementation, and system testing and evaluation. Sensor data is transmitted in real-time via the MQTT protocol to cloud platforms Blynk and visualized in a Flutter-based mobile application. The results show that the system successfully measures PM1, PM2.5, PM10, CO2, temperature, and humidity parameters automatically with an average measurement error of 1.29% compared to reference tools. The system is capable of displaying data interactively on a dashboard, storing a complete history by time and date, and providing automatic warning notifications when air quality exceeds the Air Pollutant Standard Index (ISPU) limits. This research supports efficient and affordable data-driven decision-making on air quality in school environments.

Keyword : Internet of Things, Air Quality Monitoring, ESP32, Air Sensor, Mobile Application

PENDAHULUAN

Polusi udara menjadi perhatian utama di tengah laju industrialisasi dan mobilitas kendaraan yang semakin tinggi. Kualitas udara yang buruk secara langsung memengaruhi kesehatan warga sekolah menyebabkan masalah pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan penurunan kualitas hidup secara keseluruhan. Konektivitas telah memadai akan tetapi belum adanya aplikasi terpadu yang memberikan informasi kualitas udara secara langsung[1].

Sistem monitoring konvensional umumnya bersifat lokal memerlukan pengawasan langsung, tidak menyediakan peringatan dini, serta memiliki biaya operasional yang relatif tinggi. Kondisi ini dirasakan nyata di SMPIT Harapan Umat, yang belum memiliki sistem pemantauan udara yang terintegrasi dan otomatis[2].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa Internet of Things (IoT) telah berhasil diimplementasikan dalam monitoring kualitas udara dan mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT yang efektif mendeteksi perubahan kualitas udara secara cepat[3]. Selain itu, IoT ini menggunakan sensor berbiaya rendah yang diproses melalui komputasi awan untuk divisualisasikan melalui aplikasi web

dan membuktikan bahwa aplikasi Blynk memungkinkan pemantauan melalui *smartphone* secara efektif[4]. Namun, penelitian-penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada aspek UI/UX, kelengkapan parameter, penyimpanan data historis dan notifikasi peringatan[5].

Kekurangan penelitian terdahulu berupa belum adanya sistem monitoring udara berbasis IoT yang terintegrasi dengan aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang mendukung penyimpanan historis, notifikasi otomatis, serta visualisasi *dashboard* interaktif untuk lingkungan sekolah di Indonesia[6].

Penelitian ini bertujuan: (1) merancang dan membangun sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT menggunakan sensor MQ-135, DHT11, dan PMS5003 dengan mikrokontroler ESP32, (2) mengintegrasikan transmisi data real-time ke *platform* cloud melalui protokol MQTT, (3) mengembangkan aplikasi *mobile* berbasis Flutter yang menampilkan data secara informatif, dan (4) menguji dan mengevaluasi kinerja sistem dari aspek akurasi, stabilitas, dan kecepatan pengiriman data[7].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model prototipe yang terdiri meliputi 5 tahapan yaitu: (1) Analisis kebutuhan sistem IoT, (2) Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, (3) Implementasi sistem, (4) Pengujian sistem, dan (5) Evaluasi. Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan SMPIT Harapan Umat mulai dari bulan Oktober sampai Januari 2026. Pengujian dilakukan di dua lokasi yaitu area taman depan dan lapangan sekolah. Lokasi ini dipilih karena memiliki konektivitas yang memadai serta sirkulasi udara representatif dan terpapar polusi dari kendaraan lalu lintas[8]. IoT didefinisikan sebagai sistem yang bertugas menghubungkan perangkat fisik seperti sensor dan mikrokontroler, agar dapat saling berkomunikasi melalui jaringan internet. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi kualitas udara yaitu MQ-135 pendeteksi gas CO₂, DHT11 pengukur suhu dan kelembapan, PMS5003 penghitung partikel polutan, kombinasi tersebut menghasilkan pembacaan yang cukup stabil dan akurat untuk kebutuhan monitoring udara dalam skala lokal[9].

Sistem IoT membutuhkan 3 rangkaian yaitu: perangkat, jaringan dan aplikasi. Data yang dibaca sensor dikirimkan melalui modul komunikasi ESP32 menggunakan protokol MQTT menuju *cloud* untuk penyimpanan dan visualisasi. Aplikasi memvisualisasikan data dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* [10].

Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian sistem monitoring menggunakan ESP32 pengendali utama yang mengintegrasikan tiga sensor secara simultan. Sensor MQ-135 dihubungkan pada pin GPIO27 (analog) dan GPIO34 (digital), sensor DHT11 pada pin GPIO4, dan sensor PMS5003 pada pin GPIO16 (RX) dan GPIO17 (TX) menggunakan komunikasi serial UART. Seluruh perangkat ditempatkan dalam kotak penyimpanan berwarna hitam untuk melindungi komponen dari gangguan cuaca selama pengujian lapangan[11].

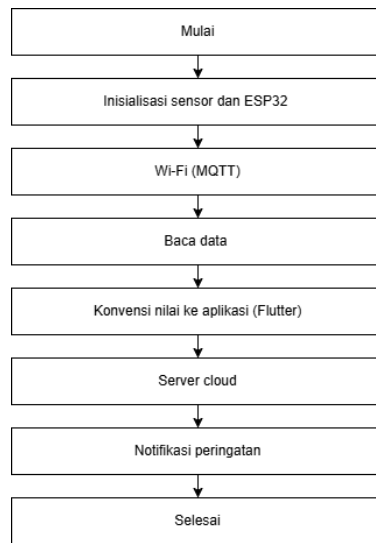
Perancangan Perangkat Lunak

Aplikasi ini menggunakan flutter yang diintegrasikan dengan sistem berbasis *Internet of Things* yang dimana sistem akan melakukan pemantauan secara real-time serta dilengkapi penyimpanan histori ke *database* dan notifikasi otomatis[12].

Implementasi Sistem

Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++, di mana mikrokontroler secara berkala melakukan pembacaan data sensor setiap interval 10 detik 24 jam, sehingga diperoleh sebanyak 8.640 titik data per sensor. Karena interval tersebut dipilih untuk menangkap fluktuasi konsentrasi polutan secara *near real-time* tanpa membebani proses pengiriman dan penyimpanan data. Nilai analog atau digital mentah yang terbaca kemudian dikonversi menjadi satuan standar yang sesuai, seperti ppm, µg/m³, °C, dan %, menggunakan persamaan kalibrasi masing-masing sensor, dan divalidasi dengan membandingkannya terhadap nilai referensi dari data resmi instansi pemantauan kualitas udara yang diambil secara simultan pada waktu dan lokasi yang sama agar kedua data dapat dibandingkan secara valid. Sistem monitoring kualitas udara ini secara utama diimplementasikan untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya dan partikel polutan di udara,

di mana data hasil pemantauan tersebut sangat penting bagi pemerintah [13].



Gambar 1. Implementasi Perangkat Sistem

Pengujian Sistem

Pembacaan data dari sensor, koneksi Wi-Fi, pengiriman data ke *cloud*, penyimpanan dan tampilan data pada aplikasi monitoring, serta fungsionalitas notifikasi otomatis (*alert system*) saat ambang batas kualitas udara terlampaui. Hasil pembacaan dari sensor IoT dibandingkan dengan alat ukur referensi yang telah dikalibrasi seperti termohigrometer digital dan alat pengukur CO₂ portabel.

Tabel 1. hasil pengujian

No	Parameter	Hasil sensor	Hasil Alat Pemanding	Selisih	Persentase Error (%)
1	Suhu(C)	30.2	30.0	0.2	0.66
2	Kelembapan(%)	70.5	69.8	0.7	1.00
3	CO ₂ (ppm)	415	410	5	1.21
4	PM2.5 (µg/m ³)	28.4	27.9	0.5	1.79
5	PM10 (µg/m ³)	45.3	44.5	0.8	1.80

Hasil pengujian akurasi kinerja sensor mendapatkan rata-rata error keseluruhan adalah 1.29%. Hasil ini menegaskan tingkat keandalan yang tinggi dari sistem yang dikembangkan untuk pemantauan lingkungan di area sekolah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menegaskan bahwa aplikasi berbasis IoT efektif membantu pengguna memantau dan memberikan notifikasi peringatan dini terhadap polusi udara. Penerapan IoT secara signifikan mampu meningkatkan efisiensi kecatatan data dan akurasi dalam pengumpulan data lingkungan dibandingkan manual[10].

Integrasi perangkat

Tabel 2. Integrasi MQ-135

No	MQ-135	ESP32	Catatan
1	VCC	5V	Memberikan daya 5V untuk sensor.
2	GND	GND	Menghubungkan ground sensor ke ground mikrokontroler.
3	AO	GPIO27	Sinyal analog sensor gas.
4	DO	GPIO34	Sinyal digital berupa indikator lampu.

Tabel 3. Integrasi DHT11

No	DHT11	ESP32	Catatan
1	VCC	3.3V	Penghubung daya power supply ke sensor.
2	GND	GND	Menghubungkan ground sensor ke ground mikrokontroler.
3	DATA	GPIO4	Sinyal digital suhu dan kelembapan.

Tabel 4. Integrasi PMS5003

No	PMS5003	ESP32	Catatan
1	VCC	5V	Memberikan daya untuk sensor.
2	GND	GND	Menghubungkan ground sensor ke ground mikrokontroler.
3	TX	GPIO16	Menerima data ke ESP32.
4	RX	GPIO17	Mengirimkan data ke sensor ke ESP32.
5	SET	3.3V	Mode operasi aktif, sensor akan terus mengirim data per 10 detik.
6	RST	3.3V	Sensor melakukan reset saat tidak terhubung.

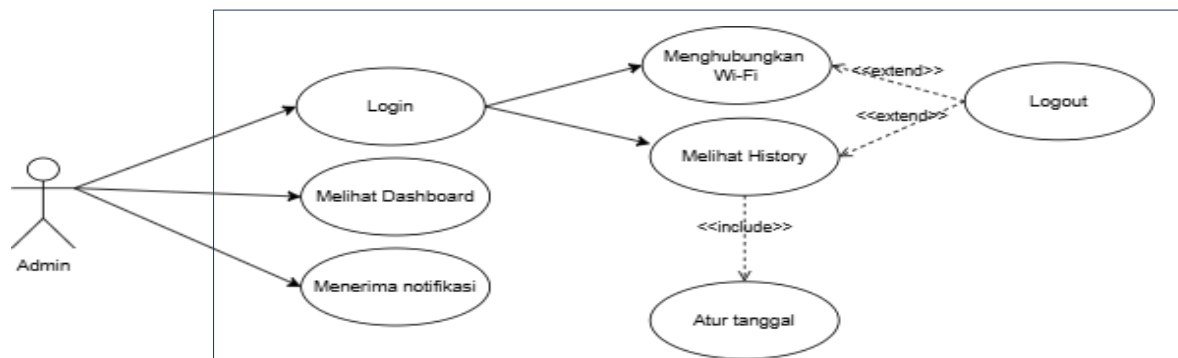
Setelah memastikan semua pin telah terhubung dengan benar antara satu modul dengan modul lainnya, langkah selanjutnya adalah menginstal library yang diperlukan untuk memprogram perangkat keras menggunakan Arduino IDE.

Pembuatan aplikasi

Perancangan aplikasi ini menggunakan flutter yang diintegrasikan dengan sistem berbasis internet of things yang dimana sistem akan melakukan pemantauan secara real-time serta dilengkapi penyimpanan histori ke database dan notifikasi otomatis.

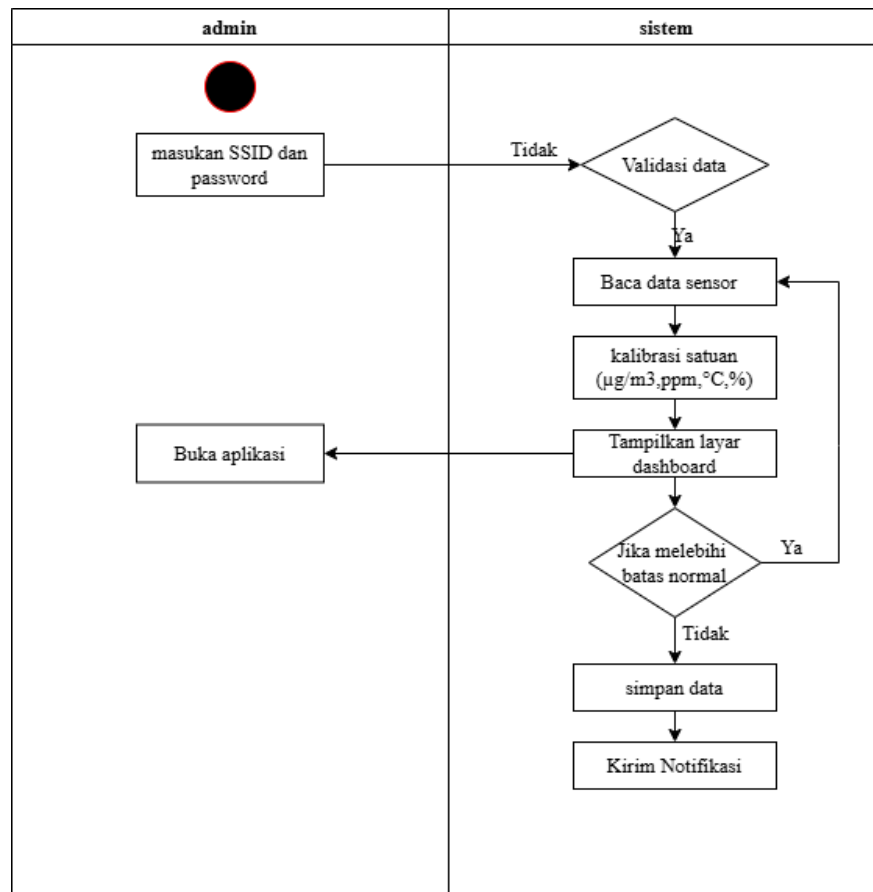
Implementasi sistem menggunakan UML

Implementasi sistem menggunakan UML dilakukan untuk menggambarkan interaksi sistem dengan manusia. Use case diagram digunakan admin untuk berkomunikasi dengan sistem sedangkan class diagram proses kerja antar sistem.



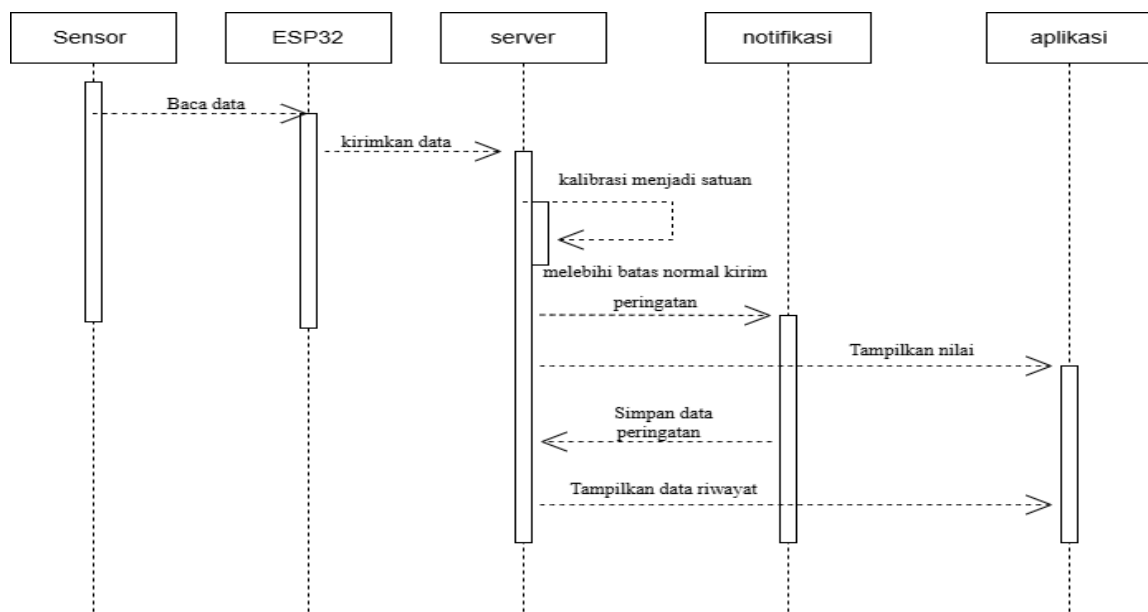
Gambar 2. Use Case monitoring kualitas udara

Use case Diagram pada gambar 2 menjelaskan hubungan aktor dengan sistem IOT, admin perlu login dengan memasukan SSID dan *password* untuk menghubungkan Wi-Fi dan *Logout* jika ingin mengubah jalur komunikasi. Untuk melihat data perubahan kualitas udara admin akan diminta untuk login kembali dengan memasukan User_ID dan kata sandi. Selanjutnya admin dapat melihat halaman dashboard dengan cara masuk ke aplikasi, halaman *dashboard* akan menampilkan status kualitas udara saat ini. Setelah jalur komunikasi Wi-Fi terhubung server akan memberikan informasi berupa peringatan ke admin, server bertugas memproses data membaca dan mengkalibrasi dalam bentuk nilai (PM1, PM2.5, PM10 dan PPM) dan menyimpan ke *database*.



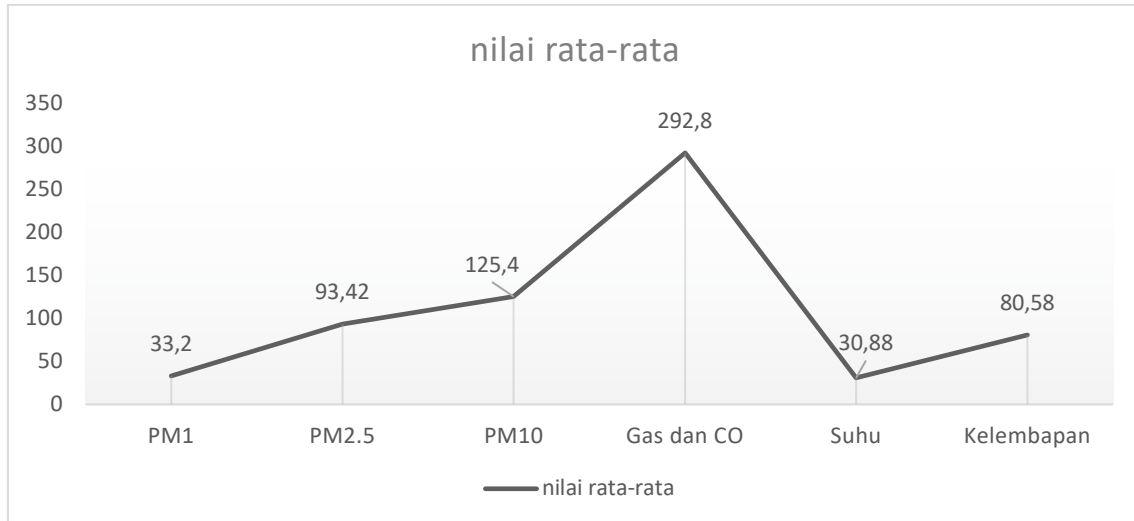
Gambar 3. Activity Diagram sistem IoT

Gambar 3 adalah Activity diagram berfungsi menggambarkan aliran kerja yang menggambarkan *workflow* atau aktivitas suatu sistem secara berurutan.



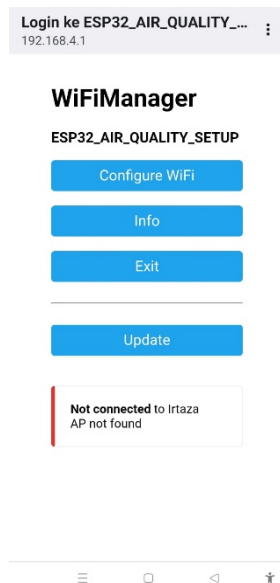
Gambar 4. Sequence Diagram Mekanisme Sistem IoT

Sequence diagram UML (*Unified Modeling Language*) adalah metode pemodelan *visual* yang digunakan sebagai sarana untuk merancang sistem berorientasi objek. Diagram UML sering digunakan sebagai komunikasi untuk mengirim dan menerima pesan antar objek.

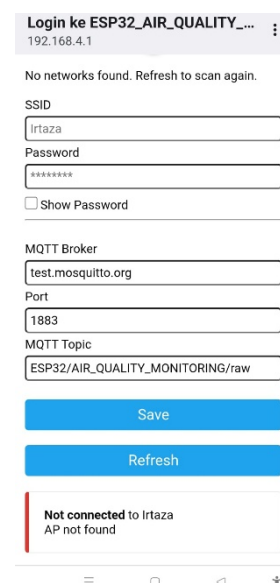


Gambar 5. Grafik hasil pengujian

Gambar 5 hasil perhitungan dari proses pengujian yang dilakukan, untuk mengetahui ketahanan dan keakuratan kinerja dari seluruh sistem IoT (aplikasi dan perangkat) serta membantu dalam pengambilan tindakan pencegahan melalui observasi lingkungan.



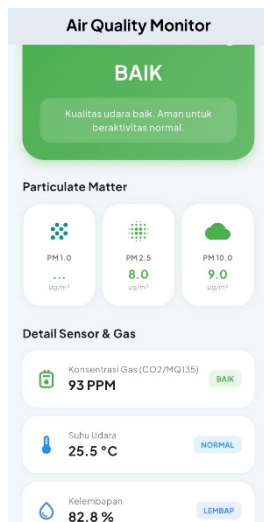
Gambar 6. Login ESP32



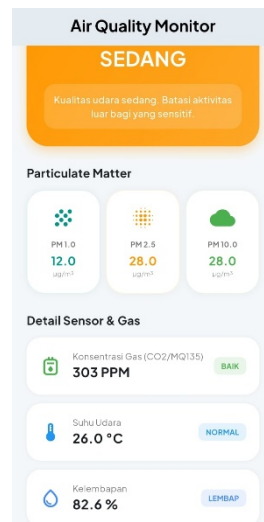
Gambar 7. Menghubungkan Modul Wi-fi

Gambar 6 dan 7. Tampilan menu Login dan halaman menghubungkan Wi-Fi

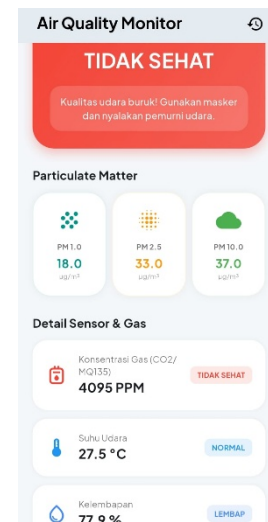
Tampilan menu Login dan halaman menghubungkan Wi-Fi dapat dilihat pada gambar 6 dan 7. Pada gambar 6 yaitu klik configure Wi-Fi untuk masuk ke gambar 7, info untuk melihat Wi-Fi sudah terhubung atau belum terhubung, exit untuk keluar dari menu Login, dan Update untuk mengganti Wi-Fi yang telah terhubung. Pada gambar 7 admin memasukkan SSID dan password dan tekan save maka sistem memvalidasi data. Jika benar akan memunculkan tulisan (tersambung) dan jika salah sistem akan menghapus SSID dan password.



Gambar 8. Kualitas baik



Gambar 9. Kualitas sedang



Gambar 10. Kualitas buruk

Gambar 8,9, dan 10. Visual dashboard pada aplikasi yang menampilkan status dalam baik, sedang, dan tidak sehat

Pada gambar 8, 9, dan 10 bentuk visual dashboard pada aplikasi yang menampilkan status dalam baik, sedang, dan tidak sehat. Penentuan kategori status kualitas udara (Baik, Sedang, dan Tidak Sehat) pada sistem ini mengacu pada ambang batas konsentrasi PM2.5 dan PM10 sesuai Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) menurut Peraturan Menteri LHK No. P.14/2020, sedangkan untuk parameter gas CO₂ (sensor MQ135) digunakan acuan ambang batas kualitas udara dalam ruangan, yaitu <1000 ppm (baik), 1000–2000 ppm (sedang), dan >2000 ppm (tidak sehat). Status akhir pada dashboard ditentukan berdasarkan kondisi terburuk di antara seluruh parameter yang terukur, sehingga jika salah satu parameter melewati ambang batas kategori tertentu, maka status keseluruhan mengikuti kategori tersebut. Kondisi status mengikuti aturan dari standarisasi kualitas udara.



Gambar 11. Riwayat peringatan



Gambar 12. Notifikasi Peringatan

Gambar 11 dan 12. Data histori kualitas udara

Gambar 11 menampilkan data histori kualitas udara yang menampilkan waktu dan tanggal serta dapat diatur melalui ikon kalender. Sedangkan gambar 12 adalah notifikasi peringatan dari aplikasi yang akan muncul jika kondisi dalam status tidak sehat.

SIMPULAN

Perangkat lunak yang telah dikembangkan telah menjadikan kinerja sensor dan pengiriman data lebih cepat dan stabil. Selain itu aplikasi monitoring mampu menggambarkan alur kerja secara jelas dan mudah untuk dipahami. Pada algoritma dan pembacaan data sensor dari MQ 135, DHT 11 dan PMS5003 yang dikirimkan ke mikrokontroler ESP 32 telah dikalibrasi tanpa kendala. Aplikasi mobile ini sangat membantu mengontrol kualitas udara tanpa perlu melibatkan banyak campur tangan manusia dalam pengambilan data dan membantu mengambil langkah tindakan yang cepat

terhadap perubahan kualitas udara yang dipengaruhi oleh cuaca dan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. A. Al-Dhlan *et al.*, “IoT Based Smart Home Solution using WSN and MQTT for Future Smart Cities,” *Telematique*, pp. 5053–5067, 2022.
- [2] T. Sauter and A. Treytl, “IoT-Enabled Sensors in Automation Systems and Their Security Challenges,” *IEEE Sensors Lett.*, vol. 7, no. 12, pp. 1–4, 2023, doi: 10.1109/LESENS.2023.3332404.
- [3] E. Erwin *et al.*, *Pengantar & Penerapan Internet Of Things: Konsep Dasar & Penerapan IoT di berbagai Sektor*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2023.
- [4] S. Suhada *et al.*, *Pengenalan Dasar Informatika dan Peranannya di Era Digital*. 2025. [Online]. Available: MMFAST PUBLISHING
- [5] F. Natsir, A. Abdurahman, and R. A. Sihombing, “Prediction of Alternative Solar Energy Utilization in Internet of Things Based Systems Using Random Forest Algorithm,” *Innov. Res. Informatics*, vol. 7, no. 1, 2025.
- [6] M. Syamsu and W. Widodo, “Layanan Berbasis Cloud Untuk Infrastruktur Jaringan Mobile First–IoT–Cloud Native Versi Aruba,” *J. Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- [7] R. K. Ramadhan, S. R. Akbar, and A. Basuki, “Perancangan Development Cycle Over The Air pada Sistem IoT berbasis Teknologi Container,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 3, pp. 1307–1312, Mar. 2023, Accessed: Jun. 23, 2023. [Online]. Available: <https://jptiik.multi.web.id/index.php/j-ptiik/article/view/12439>
- [8] R. A. Sihombing *et al.*, “Expert System for Early Detection of Kidney Disease Through E-Health Using Android-Based Dempster Shafer Algorithm,” in *2025 International Conference on Computer Sciences, Engineering, and Technology Innovation (ICoCSETI)*, IEEE, 2025, pp. 84–89.
- [9] E. Ismanto *et al.*, *Deep Learning di Dunia Nyata: Dari Teori ke Inovasi*. Widina Media Utama, 2026.
- [10] N. Alifah, G. Veranda Deanda, D. Aribowo, P. Vokasional Teknik Elektro, and F. Keguruan dan Ilmu Pendidikan, “Peran Teknologi Input dan Output dalam Pengembangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak Komputer,” *J. Kendali Tek. dan Sains*, vol. 1, no. 4, pp. 123–136, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.59581/jkts-widyakarya.v1i4>.
- [11] A. M. Dawis, N. Yuningsih, L. Judijanto, F. Natsir, and D. A. Sumilih, *Information Technology Basics, Trends, and Future Perspectives*. Mind Power Publishing, 2025.
- [12] Y. Findawati, A. Idris, Y. Rachmawati, and E. A. Suprayitno, “IoT-Based Smart Home Controller Using NodeMCU Lua V3 Microcontroller and Telegram Chat Application,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2020, p. 12009.
- [13] F. Prasetyo Eka Putra, S. Mellyana Dewi, and A. Hamzah, “Privasi dan Keamanan Penerapan IoT Dalam Kehidupan Sehari-Hari : Tantangan dan Implikasi,” vol. 5, no. 2, pp. 26–32, 2023, doi: 10.37034/jsisfotek.v5i1.232.