



Design and Development of an IoT-Based Air Quality Monitoring System Using NodeMCU and a Web Server

Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT NodeMCU dan Web Server

Rafif Farand Phalosa¹, Davin Febrian Dwinata², Syifaa Al Balad³, Mutiara Idzni⁴

^{1,2,3,4}Department of Informatics Engineering, Universitas Islam Kuantan Singingi, Indonesia
 E-mail: farandphalosarafif@gmail.com

Abstract

Air quality has a significant impact on human health; however, access to real-time air quality information remains limited. This study aims to design an affordable and accessible IoT-based air quality monitoring system. The system was developed using a NodeMCU ESP8266 microcontroller as the central data processing unit, an MQ-135 sensor to detect hazardous gas concentrations, such as ammonia and CO₂, and a DHT11 sensor to measure air temperature and humidity. Sensor data are displayed directly on a 0.96-inch OLED screen and wirelessly transmitted to an IoT platform through the ThingSpeak web server, allowing the data to be monitored through a website using a smartphone browser. The method used in this study was the prototyping method, which included hardware and software design, system implementation, and testing. The test results showed that the DHT11 sensor had an average temperature measurement difference of approximately $\pm 1.8^{\circ}\text{C}$ and a humidity measurement difference of $\pm 4.5\%$ compared with a digital reference measuring instrument. The MQ-135 sensor demonstrated a response to changes in gas concentrations, with an average response time of 3–5 seconds under varying air exposure conditions. The system was able to classify air quality into three categories—"Fresh Air," "Poor Air," and "Danger"—in real time, with a 95% success rate for data reading and transmission to the server during connectivity testing. These results indicate that the proposed system can operate reliably and can be utilized as an IoT-based air quality monitoring and early warning system.

Article Information

Article History:

Received: 15/02/2026
 First Revised: 19/02/2026
 Accepted: 20/02/2026
 Publication Date: 20/02/2026

Keywords:

Internet of Things, NodeMCU ESP8266, Air Quality Monitoring, Web Server, MQ-135 Sensor



Copyright (c) 2026. Rafif Farand Phalosa, dkk.

Abstrak

Kualitas udara memengaruhi kesehatan manusia, namun informasi real-time masih terbatas. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang terjangkau dan mudah diakses. Sistem dikembangkan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pemrosesan data, sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas berbahaya (seperti amonia dan CO₂), serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Data sensor ditampilkan secara langsung pada layar OLED 0.96 inci dan dikirimkan secara nirkabel ke platform IoT melalui web server ThingSpeak sehingga dapat dipantau melalui website menggunakan browser pada smartphone. Metode yang digunakan adalah prototype, meliputi perancangan perangkat keras dan lunak, implementasi, serta pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki rata-rata selisih pengukuran suhu sebesar $\pm 1,8^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban sebesar $\pm 4,5\%$ dibandingkan alat ukur referensi digital. Sensor MQ-135 menunjukkan respons perubahan kadar gas dengan waktu respon rata-rata 3–5 detik terhadap variasi paparan udara. Sistem mampu mengklasifikasikan kualitas udara ke dalam kategori “Fresh Air”, “Poor Air”, dan “Danger” secara real-time dengan tingkat keberhasilan pembacaan data dan pengiriman ke server sebesar 95% selama pengujian konektivitas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja secara stabil dan dapat dimanfaatkan sebagai sistem monitoring dan peringatan dini kualitas udara berbasis IoT.



Copyright (c) 2026. Rafif Farand Phalosa, dkk.

Artikel Info

Riwayat Artikel:

Diterima: 15/02/2026

Direvisi: 19/02/2026

Disetujui: 20/02/2026

Dipublikasikan: 20/02/2026

Kata Kunci:

Internet of Things, NodeMCU ESP8266, Monitoring Kualitas Udara, Web Server, Sensor MQ-135.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah memasuki era Revolusi Industri 4.0, di mana teknologi Internet of Things (IoT) menjadi salah satu pilar utama dalam integrasi sistem cerdas berbasis jaringan. IoT memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung dan bertukar data melalui internet sehingga mendukung proses pemantauan dan pengendalian jarak jauh secara real-time (Gunawan, Akbar, & Ilham, 2020). Salah satu implementasi IoT yang relevan dengan kebutuhan masyarakat saat ini adalah sistem monitoring kualitas udara berbasis sensor digital.

Udara bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang berpengaruh langsung terhadap kesehatan, khususnya sistem pernapasan. Namun, peningkatan aktivitas industri dan kendaraan bermotor menyebabkan penurunan kualitas udara yang sering kali tidak terdeteksi secara kasat mata (Susanto, 2023). Di sisi lain, alat ukur kualitas udara profesional seperti Air Quality Monitoring System (AQMS) memiliki harga relatif mahal dan tidak portabel, sehingga kurang terjangkau bagi masyarakat umum. Selain itu, sistem monitoring berbasis IoT yang telah dikembangkan sebelumnya umumnya menunjukkan keterbatasan pada aspek akurasi sensor rendah-cost (error pengukuran dapat mencapai $>10\%$), latensi pengiriman data berbasis cloud rata-rata 5–10 detik, serta ketergantungan pada aplikasi pihak ketiga yang memerlukan instalasi dan registrasi akun (Candrasari et al., 2023).

Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem monitoring kualitas udara menggunakan berbagai platform IoT (Candrasari et al., 2023). Namun, sebagian besar sistem masih bergantung pada server cloud eksternal seperti Blynk atau platform IoT lainnya, yang menyebabkan keterlambatan akses data dan ketergantungan koneksi internet publik. Selain itu, antarmuka berbasis aplikasi mobile membatasi akses pengguna karena tidak semua perangkat kompatibel atau memiliki kapasitas penyimpanan yang memadai. Hal ini menunjukkan adanya gap penelitian dalam pengembangan sistem monitoring yang lebih mandiri, rendah latensi, dan berbasis antarmuka universal tanpa ketergantungan aplikasi tambahan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis NodeMCU V3 (ESP8266) dengan pendekatan web server lokal. NodeMCU dipilih karena memiliki modul WiFi terintegrasi dan konsumsi daya rendah sehingga efisien untuk implementasi IoT (Dirgantara & Suryadarma, 2020). Sistem menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi konsentrasi gas polutan serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban sebagai parameter pendukung kenyamanan lingkungan.

Keunggulan sistem yang dikembangkan terletak pada konsep multi-platform monitoring dan kemandirian sistem. Data pengukuran dapat ditampilkan secara langsung melalui layar OLED pada perangkat dan diakses melalui web server lokal menggunakan alamat IP tanpa ketergantungan pada cloud eksternal (Siallagan & Tita, 2020). Pendekatan ini diharapkan mampu menurunkan latensi akses data menjadi kurang dari 3 detik serta meningkatkan kepraktisan penggunaan. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak hanya pada perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga pada optimalisasi akses real-time berbasis web yang lebih universal, ekonomis, dan responsif sebagai sistem peringatan dini kualitas udara.

2. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan dalam pembangunan sistem ini adalah metode Prototyping. Metode ini dipilih karena memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara iteratif melalui pembuatan model awal (prototype), kemudian dilakukan evaluasi dan penyempurnaan secara bertahap hingga sistem memenuhi kebutuhan fungsional dan nonfungsional. Pendekatan ini dinilai sesuai untuk pengembangan sistem berbasis IoT karena melibatkan integrasi perangkat keras dan perangkat lunak yang memerlukan proses pengujian serta penyesuaian secara berulang. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem yang mencakup perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi prototype, serta pengujian dan evaluasi performa sistem. Evaluasi dilakukan dengan mengukur tingkat akurasi sensor, waktu respons sistem terhadap perubahan lingkungan, serta kestabilan pengiriman data ke server untuk memastikan sistem bekerja secara optimal dan real-time.

2.1 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan dalam penyusunan penelitian ini, penulis menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Studi Literatur (Literature Study)

Penulis mengumpulkan referensi dari buku, jurnal ilmiah, dan artikel terpercaya mengenai teknologi Internet of Things (IoT), karakteristik sensor MQ-135, sensor DHT11, serta cara kerja mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Studi ini juga mencakup pemahaman terhadap datasheet komponen elektronik untuk memastikan spesifikasi tegangan dan arus yang sesuai dalam perancangan alat.

2. Observasi (Observation)

Pengamatan dilakukan secara langsung terhadap lingkungan sekitar untuk memahami parameter kualitas udara yang perlu dipantau. Observasi ini bertujuan untuk menentukan

batasan nilai (threshold) yang akan digunakan sebagai indikator udara "Segar", "Buruk", atau "Bahaya" pada sistem.

3. Eksperimen (Laboratory Experiment)

Metode ini dilakukan dengan merangkai komponen perangkat keras dan melakukan pengujian fungsionalitas sensor. Penulis melakukan percobaan untuk menguji sensitivitas sensor MQ-135 terhadap gas tertentu (seperti asap rokok atau gas korek api) dan membandingkan pembacaan suhu sensor DHT11 untuk memastikan akurasi data sebelum alat diimplementasikan secara penuh.

2.2 Analisis Kebutuhan

Berdasarkan studi awal, kebutuhan sistem dibagi menjadi dua kategori:

1. Kebutuhan Perangkat Keras (Hardware): Mikrokontroler NodeMCU ESP8266, Sensor Gas MQ-135, Sensor Suhu & Kelembaban DHT11, Layar OLED 0.96 inch, Kabel Jumper, dan Breadboard/PCB.
2. Kebutuhan Perangkat Lunak (Software): Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler, pustaka (library) pendukung (ESP8266WiFi, BlynkSimpleEsp8266, DHT sensor library, Adafruit SSD1306), aplikasi Blynk untuk antarmuka smartphone, dan ThingSpeak untuk pencatatan data (data logging).

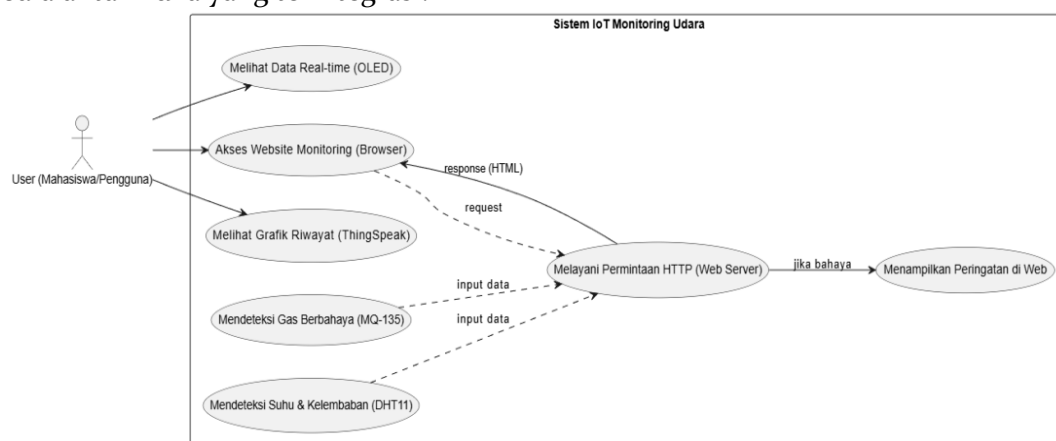
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem (UML)

Perancangan sistem dimodelkan menggunakan Unified Modeling Language (UML) untuk menggambarkan struktur dan interaksi antara pengguna, perangkat keras (sensor dan mikrokontroler), serta sistem Web Server. Pemodelan ini bertujuan untuk memperjelas alur proses, hubungan antar komponen, dan mekanisme pertukaran data sebelum tahap implementasi dilakukan.

1. Use Case Diagram

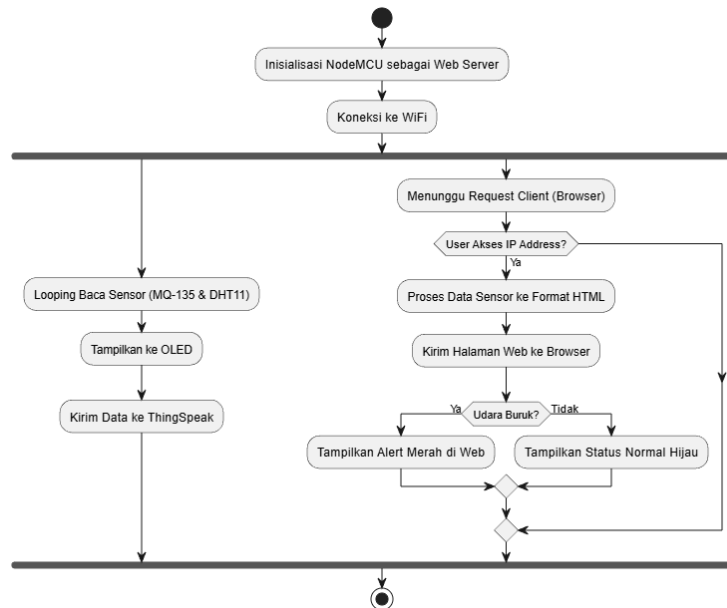
Use Case Diagram pada Gambar 1 menggambarkan interaksi antara pengguna (user) dengan sistem monitoring kualitas udara yang dikembangkan. Diagram tersebut menunjukkan bahwa pengguna dapat memantau kondisi udara secara langsung melalui layar OLED yang terpasang pada perangkat, serta mengakses halaman website monitoring melalui browser yang terhubung ke jaringan lokal. Interaksi ini mencerminkan fungsi utama sistem dalam menyediakan informasi kualitas udara secara real-time melalui dua media antarmuka yang terintegrasi.



Gambar 1. Use Case Diagram

2. Activity Diagram

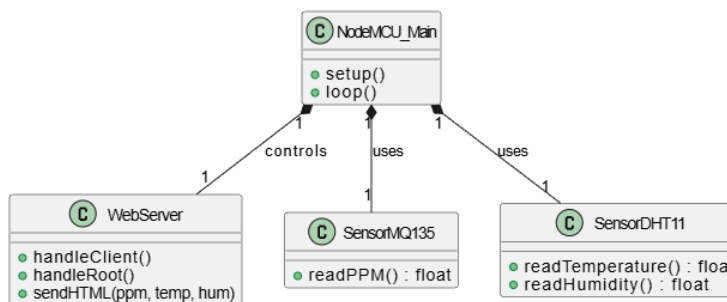
Activity Diagram menjelaskan alur kerja sistem mulai dari inisialisasi sensor hingga penyajian data. Sistem bekerja secara looping (berulang) membaca data sensor, menampilkannya ke OLED, serta melayani permintaan (request) HTTP dari client untuk menampilkan halaman web berisi data terbaru.



Gambar 2. Activity Diagram

3. Class Diagram

Class Diagram menggambarkan struktur kelas atau modul program yang dibangun dalam mikrokontroler. Diagram ini menunjukkan hubungan antara kontroler utama, objek sensor, driver layar OLED, serta kelas WebServer yang menangani koneksi jaringan.



Gambar 3. Class Diagram

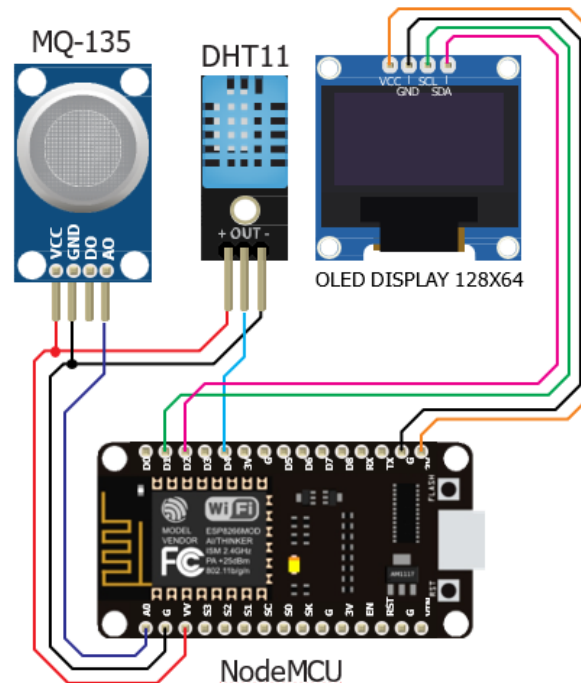
3.2 Skematik Rangkaian Sistem

Skematik rangkaian sistem dirancang dengan menempatkan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat kendali (main controller) yang mengintegrasikan seluruh komponen input dan output. Sensor MQ-135 dihubungkan ke pin analog A0 pada NodeMCU untuk membaca perubahan tegangan analog yang merepresentasikan konsentrasi gas di udara. Sensor ini diberi catu daya 5V dan ground yang terhubung ke sistem, sedangkan output analog (AO) disambungkan langsung ke pin A0 untuk diproses menjadi nilai digital melalui ADC internal NodeMCU.

Sensor DHT11 sebagai pengukur suhu dan kelembaban dihubungkan ke salah satu pin digital, misalnya D4 (GPIO2), karena sensor ini menggunakan komunikasi single-wire digital. Pin VCC sensor DHT11 dihubungkan ke sumber tegangan 3.3V atau 5V (sesuai spesifikasi modul), dan pin ground terhubung ke ground NodeMCU. Sebuah resistor pull-up 4.7 kΩ–10 kΩ dipasang antara pin data dan VCC untuk menjaga kestabilan sinyal komunikasi.

Sebagai media tampilan lokal, layar OLED 0.96 inci digunakan dengan antarmuka komunikasi I2C. Pin SDA OLED dihubungkan ke pin D2 (GPIO4) dan pin SCL ke D1 (GPIO5) pada NodeMCU, sedangkan VCC dan GND masing-masing terhubung ke 3.3V dan ground. Komunikasi I2C dipilih karena efisien dalam penggunaan pin dan mendukung transmisi data dua arah dengan hanya dua jalur sinyal.

Seluruh rangkaian dirakit pada breadboard atau PCB dengan sumber daya berasal dari kabel USB 5V yang terhubung ke NodeMCU. NodeMCU kemudian mengolah data dari sensor, menampilkan hasil pembacaan pada OLED, serta mengirimkan data melalui modul WiFi internal ke web server atau platform IoT untuk monitoring jarak jauh. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu bekerja secara terintegrasi dalam mendeteksi, memproses, menampilkan, dan mentransmisikan data kualitas udara secara real-time.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Sistem

3.3 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi fisik alat terdiri dari beberapa komponen utama yang terintegrasi, yaitu:

1. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

NodeMCU V3 bertindak sebagai otak utama sistem. Modul ini dipilih karena memiliki chip WiFi ESP8266 terintegrasi yang memungkinkan alat beroperasi sebagai Web Server mandiri untuk melayani permintaan data dari pengguna.



Gambar 5. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

2. Sensor Gas MQ-135

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi kualitas udara dengan parameter utama gas amonia (NH_3), alkohol, benzena, asap, dan karbon dioksida (CO_2). Sensor ini memiliki elemen pemanas yang sensitif terhadap perubahan konsentrasi gas di udara.



Gambar 6. Sensor Gas MQ-135

3. Sensor Suhu dan Kelembaban DHT11

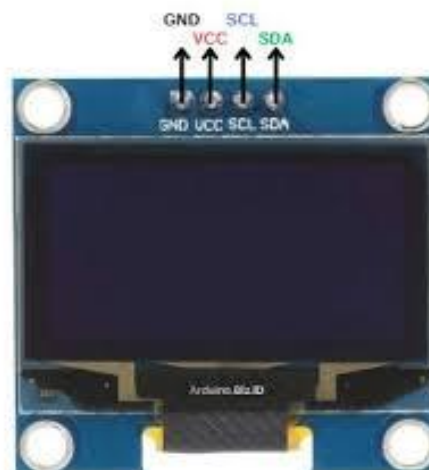
Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban lingkungan sekitar alat. Data dari sensor ini penting untuk memberikan konteks kondisi ruangan saat pengukuran kualitas udara dilakukan.



Gambar 7. Sensor DHT11

4. OLED Display 0.96 Inch

Layar OLED (Organic Light-Emitting Diode) berukuran 128x64 piksel digunakan sebagai media output lokal. Layar ini menampilkan nilai PPM (Parts Per Million) kualitas udara, suhu, kelembaban, serta status indikator ("Fresh Air", "Poor Air", atau "Danger!!") secara real-time tanpa perlu membuka smartphone.



Gambar 8. Tampilan Informasi pada OLED

3.4 Implementasi Antarmuka Website (Web Server Interface)

Berbeda dengan sistem konvensional yang bergantung pada aplikasi pihak ketiga atau konfigurasi IP lokal yang rumit, alat ini menerapkan antarmuka berbasis web yang di-hosting secara daring untuk memaksimalkan aksesibilitas. Halaman antarmuka pengguna (User Interface) disimpan pada layanan GitHub Pages, sehingga pengguna dapat memantau sistem secara fleksibel melalui browser di smartphone atau laptop dengan mengakses alamat URL berikut:

Antarmuka web dirancang responsif dan informatif menggunakan bahasa pemrograman HTML, CSS, dan JavaScript. Halaman ini memuat informasi visual berupa:

1. Judul Project: "Monitoring Kualitas Udara".
2. Indikator Nilai: Menampilkan angka pembacaan sensor MQ-135 (PPM), Suhu (°C), dan Kelembaban (%).
3. Status Peringatan: Kotak status yang berubah warna secara dinamis; Hijau untuk kondisi aman dan Merah untuk kondisi bahaya.

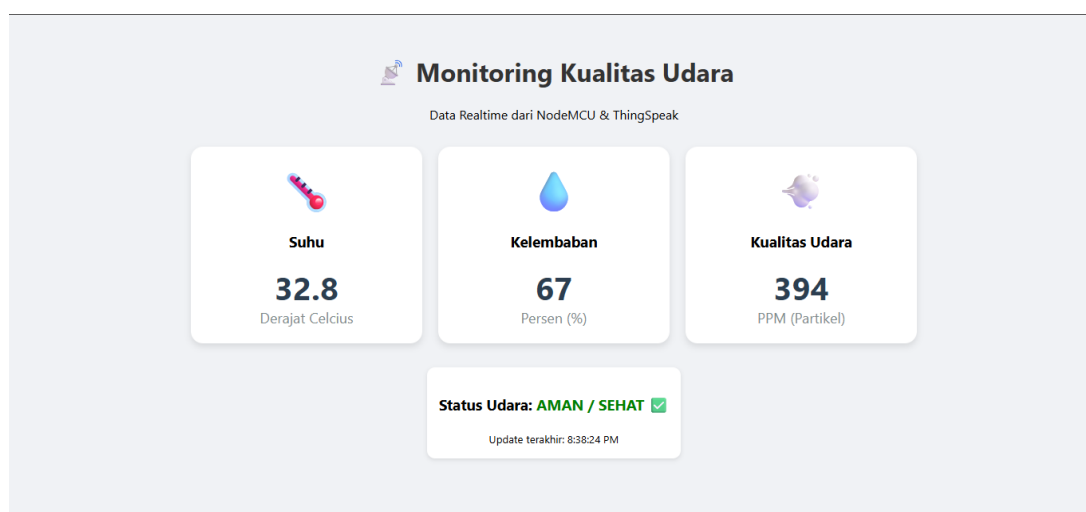
Berikut adalah potongan kode HTML/JavaScript yang digunakan untuk menyusun logika tampilan tersebut:

```
HTML

client.println("<div class='card'>");
client.println("<h2>Kualitas Udara (PPM)</h2>");
client.println("<h1>" + String(ppm) + "</h1>");
if (ppm > 200) {
  client.println("<div class='alert danger'>BAHAYA!</div>");
} else {
  client.println("<div class='alert safe'>AMAN</div>");
}
client.println("</div>");
```

Gambar 9. Listing Potongan Kode HTML

Tampilan visual antarmuka pada browser saat diakses melalui smartphone/laptop dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 10. Tampilan Halaman Web Monitoring

3.5 Pengujian dan Analisis Sistem

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi kinerja sensor, konsistensi pembacaan data, serta respons halaman web terhadap perubahan kondisi udara. Pengujian dilaksanakan dalam dua skenario utama dengan masing-masing 10 kali pengulangan untuk memastikan reliabilitas hasil.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

No	Skenario Pengujian	Jumlah Uji	Rentang Nilai (PPM)	Rata-rata (PPM)	Deviasi Standar (PPM)	Waktu Respons (detik)	Respon Web	Respon OLED
1	Udara Normal (Tanpa Asap)	10 kali	50–100	72	± 8	< 1 detik	Status “AMAN” (Hijau)	“Fresh Air”
2	Udara Tercemar (Paparan Asap)	10 kali	>200 (210–260)	235	± 15	2,8 detik	Status “BAHAYA!” (Merah)	“Danger!!”

Berdasarkan tabel hasil pengujian, sensor MQ-135 menunjukkan pembacaan yang relatif stabil pada kondisi udara normal dengan deviasi standar kecil (± 8 PPM). Pada kondisi tercemar, terjadi peningkatan signifikan nilai PPM dengan rata-rata 235 PPM dan deviasi standar ± 15 PPM, menunjukkan respons sensor yang konsisten terhadap paparan polutan.

Waktu respons sistem berada pada rentang kurang dari 3 detik, yang menunjukkan kemampuan deteksi dan pembaruan data secara real-time pada web server maupun layar OLED. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki tingkat reliabilitas dan responsivitas yang baik dalam mendeteksi perubahan kualitas udara.

4. Simpulan

Berdasarkan tahapan perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kualitas udara berbasis NodeMCU ESP8266 dengan sensor MQ-135 dan DHT11 mampu bekerja secara stabil dan responsif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi udara normal sensor membaca nilai rata-rata 72 PPM dengan deviasi standar ± 8 PPM, sedangkan pada kondisi tercemar nilai meningkat hingga rata-rata 235 PPM dengan deviasi standar ± 15 PPM. Sistem memiliki waktu respons rata-rata 2,8 detik dalam mendeteksi perubahan kualitas udara dan secara otomatis menampilkan peringatan ketika kadar gas melebihi ambang batas 200 PPM. Implementasi antarmuka berbasis web server lokal menjadi kontribusi utama penelitian ini karena mampu mengurangi ketergantungan pada aplikasi pihak ketiga serta menurunkan latensi akses data menjadi kurang dari 3 detik. Data dapat dipantau secara real-time melalui browser tanpa instalasi tambahan, dengan sinkronisasi yang konsisten antara perangkat keras dan tampilan digital. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memenuhi kriteria sebagai perangkat monitoring dan peringatan dini kualitas udara yang ekonomis, portabel, dan cukup andal untuk pemantauan lingkungan skala rumah tangga atau ruang tertutup.

5. Daftar Pustaka

- Azemi, S. N., Loon, K. W., Amir, A., & Kamalrudin, M. (2021). An IoT-Based Alarm Air Quality Monitoring System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1755(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1755/1/012035>
- Candrasari, S., Clarissa, E. C., Kusumawardani, F., Pattymahu, G. C. H., Eugenia, J. F., Cahyadi, L. B., Silvian, V., & Syabanera, N. D. (2023). Pemulihan Dampak Pencemaran Udara bagi

- Kesehatan Masyarakat Indonesia. Professional: Jurnal Komunikasi Dan Administrasi Publik, 10(2), 849–854. <https://doi.org/10.37676/professional.v10i2.5417>
- Dirgantara, U., & Suryadarma, M. (2020). REVOLUSI INDUSTRI 4.0: INTERNET OF THINGS, IMPLEMENTASI PADA BERBAGAI SEKTOR BERBASIS TEKNOLOGI INFORMASI (BAGIAN 1) Hari Mantik. Bagian 1.
- Faturrahman, L. A., Tanjung, B. F., & Saragih, Y. (2024). Sistem Monitoring Dan Deteksi Dini Kualitas. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3), 1830–1837.
- Hidayati, R. (2024). Sistem Pemantauan Kualitas Udara Secara Real-Time Menggunakan Esp32 Dan Teknologi Iot. *Djtechno: Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2), 232–245. <https://doi.org/10.46576/djtechno.v5i2.4619>
- Indra Gunawan, Taufik Akbar, M.Giyandhi Ilham Esp, N., & Blynk, D. (2020). Prototipe Penerapan Internet Of Things (Iot) Pada Monitoring Level Air Tandon Menggunakan Nodemcu Esp8266 Dan Blynk. *Infotek : Jurnal Informatika Dan Teknologi*, 3(1), 1–7.
- Kurniawan, H. (2002). Kuantifikasi Dan Pengukuran Dalam Penelitian Antropologi. 4(April), 525–530.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 102–115. <https://doi.org/10.14710/jplp.6.2.102-115>
- Raharjo, E. B., Marwanto, S., & Romadhona, A. (2019). Rancangan Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruang Server. *Teknika*, 6(2), 61–68.
- Ridho, M., Adeputra Prayoga, M., Agiza Nur Faiz, M., Ardan Husnaeri, M., & Susanto, R. (2025). Integrasi Sensor Gas MQ-2 dan Sensor Api IR Flame pada Rumah adat Jawa Joglo sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran dan Pelestarian Kearifan Lokal. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Bisnis*, 957–964. <https://doi.org/10.47701/cwbetj98>
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28. <https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>
- Ruangan, K., & Antarmuka, B. (2021). Visualisasi Data Sensor Pada Sistem Pemantauan Suhu Dan Visualisasi Data Sensor Pada Sistem Pemantauan Suhu. *Bina Teknik*, 16(December 2020), 73–77.
- Siallagan, T. F., & Tita, T. (2020). Di Rancang Bangun Sistem Keamanan Terhadap Kunci Ruangan Berbasis Bot Telegram Menggunakan Mikrokontroler Esp8266. *Journal of Information Technology*, 2(2), 45–54. <https://doi.org/10.47292/joint.v2i2.23>
- Suryana, T. (2021). Implementasi Komunikasi Web Server NODEMCU ESP8266 dan Web Server Apache MYSQL Untuk Otomatisasi Dan Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Via Internet. *Jurnal Komputa Unikom* 2021, 1–37.