



# Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT

M. Habib Alfirdaus<sup>1</sup>, Martiano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Medan, 20238, Indonesia*

<sup>2</sup> *Universitas Muhammadiyah Sumatera utara, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia*

<sup>1</sup>*alfirdaushabib@gmail.com*, <sup>2</sup>*martiano@umsu.ac.id*

## INFORMASI ARTIKEL

Received: February 12, 2024  
 Revised: February 23, 2024  
 Available online: March 1, 2024

## KATA KUNCI

*Perancangan, Sistem, Monitoring, Kualitas Udara, IoT*

## KORESPONDENSI

Telepon: 082185192903  
 E-mail: [alfirdaushabib04@gmail.com](mailto:alfirdaushabib04@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang sistem berbasis Internet of Things (IoT) untuk memantau kualitas udara menggunakan modul DHT11, MQ-135, dan ESP8266. Sistem ini dibuat untuk melacak indikator vital termasuk suhu, kelembapan, dan jumlah gas berbahaya di udara secara real-time. Platform Blynk menerima data dari berbagai sensor melalui modul ESP8266, yang memungkinkan visualisasi data real-time dan peringatan jika terjadi perubahan penting pada kualitas udara. Sistem ini juga memiliki fitur untuk menyimpan data secara otomatis ke Google Sheets setiap satu menit sekali. Penyimpanan data di Google Sheets memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis data lebih lanjut, melacak perubahan kualitas udara dari waktu ke waktu, dan membuat laporan yang komprehensif mengenai kondisi udara di lokasi yang dipantau. Untuk memastikan keandalan dan efektivitas sistem, penelitian ini juga mencakup pengujian dan pengambilan sampel data di PT. Kawasan Industri Medan. Dengan melakukan pengujian di lingkungan industri, sistem ini dapat dievaluasi dalam kondisi nyata yang menantang, memastikan bahwa sistem mampu memberikan data yang akurat dan relevan untuk aplikasi industri.

## 1. PENDAHULUAN

Pemantauan terkini menunjukkan bahwa pada tanggal 21 Februari 2024, Indonesia, menduduki peringkat 6 dari 100 negara di dunia dalam hal kualitas udara (IQAir 2024). Indonesia juga pernah menduduki peringkat 1 dengan nilai 188 tepat nya kota jakarta yang artinya buruknya kualitas udara Indonesia (Gavrila and Rusdi 2020). Hal ini menyoroti pentingnya penanganan polusi udara indonesia, di mana tingkat pencemaran melebihi ambang batas yang dianjurkan. Udara adalah sumber daya alam yang krusial bagi kehidupan, namun tidak semua udara yang dihirup baik karena mengandung zat berbahaya. Oleh karena itu, kesadaran dan tindakan untuk meningkatkan kualitas udara diperlukan untuk kesejahteraan manusia dan keberlanjutan lingkungan.

Semua kehidupan di Bumi terkena dampak polusi udara secara signifikan, termasuk kehidupan manusia. Penyakit saluran pernapasan dan paru-paru manusia dapat disebabkan oleh polusi. Polusi udara juga dapat merusak ekosistem, menurunkan kualitas tanah, dan berdampak buruk pada kesehatan hewan. Oleh karena itu, udara sangat penting bagi kehidupan sebagaimana yang kita ketahui, dan karenanya, kita harus menjaga kualitas udara di sekitar kita. Udara adalah aset alam yang perlu dijaga agar manusia dan makhluk hidup lainnya bisa terus bertahan.

Penggunaan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT memiliki sejumlah alasan yang kuat. IoT memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dalam monitoring kualitas udara, terutama dengan beberapa keunggulan dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan IoT [1]. Integrasi teknologi IoT memungkinkan pemantauan yang fleksibel dan ekonomis karena sensor-sensor terhubung dapat ditempatkan di lokasi tanpa perlu infrastruktur kabel yang rumit. Dengan demikian, informasi ini dapat diakses dengan mudah.

Sejumlah peneliti telah berupaya untuk mencegah pencemaran udara dengan memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler. Sebagai salah satu contohnya, berhasil membuat perangkat pemantauan kualitas udara yang menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 serta beberapa sensor gas seperti MQ-7, MQ-135, dan MQ-8. Perangkat ini dirancang untuk menampilkan hasil pengukuran kualitas udara secara langsung melalui layar LCD. Selain itu, perangkat ini juga dilengkapi dengan buzzer yang akan berbunyi ketika kualitas udara melebihi batas yang telah ditetapkan oleh indeks kualitas udara. Meskipun perangkat ini cukup inovatif, terdapat beberapa kekurangan yang diidentifikasi. Salah satu kekurangan utamanya adalah ketidakmampuannya untuk terhubung dengan sistem *Internet of Things* (IoT), sehingga hasil pengukurannya tidak dapat dilihat secara real-time melalui internet, seperti melalui website atau aplikasi. Akurasi dari perangkat ini mencapai sekitar 70%, yang cukup baik namun masih memerlukan peningkatan untuk keperluan praktis yang lebih luas [2].

Penelitian serupa yang fokus pada sistem pemantauan kualitas udara untuk gas CO<sub>2</sub> dan NO<sub>2</sub>. Sistem ini memiliki tingkat akurasi yang sedikit lebih tinggi, yaitu sekitar 75%. Namun, aplikasi dari sistem ini juga masih bersifat terbatas karena hanya bisa digunakan secara *offline* dan bergantung pada teknologi *Bluetooth*, yang memiliki jangkauan transmisi data maksimal hingga 10 meter. Kedua penelitian ini menunjukkan kemajuan dalam pengembangan teknologi pemantauan kualitas udara, namun juga menyoroti perlunya integrasi lebih lanjut dengan teknologi IoT dan sistem *online* untuk memperluas fungsionalitas serta meningkatkan kenyamanan *user* dalam *monitoring* kualitas udara secara langsung [3].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kualitas Udara

Udara merupakan campuran beberapa macam gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu udara, tekanan udara dan lingkungan sekitarnya. Ekosistem bumi bergantung pada udara untuk mempertahankan aktivitas metabolisme yang penting bagi kelangsungan hidup organisme yang bergantung pada oksigen seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Udara mengandung berbagai bahan selain oksigen, termasuk debu, ozon, karbon dioksida, dan karbon monoksida. Ada batasan konsentrasi yang harus dijaga pada tingkat yang aman bagi lingkungan dan kesehatan manusia, meskipun tubuh masih dapat memetabolisme beberapa senyawa ini dalam konsentrasi tertentu yang tidak berbahaya [4].

### 2.2 Sistem Monitoring

Sistem monitoring adalah proses yang dilakukan secara rutin dan berkelanjutan untuk mengetahui perkembangan proses yang telah difokuskan sebagai tujuan, mulai dari tahap perencanaan hingga pelaksanaan [5]. Monitoring sendiri merupakan proses yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam tentang informasi yang dibutuhkan. Melalui monitoring, dilakukan pengukuran secara terus-menerus untuk melacak dan mengevaluasi kemajuan menuju pencapaian tujuan yang telah ditetapkan [6]. Dengan cara ini, sistem monitoring tidak hanya

membantu dalam memahami perkembangan yang terjadi tetapi juga menyediakan dasar untuk mengambil keputusan yang berbasis data dan melakukan perbaikan yang diperlukan.

### 2.3 Node MCU ESP8266

ESP8266 adalah sebuah modul WiFi yang dirancang untuk digunakan bersama dengan mikrokontroler seperti Arduino, berfungsi untuk terhubung langsung ke jaringan WiFi dan membentuk koneksi TCP/IP". Modul ini telah terintegrasi dalam chip mikrokontroler, memainkan peran yang penting dalam perkembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT). ESP8266 menyediakan kemampuan untuk menghubungkan perangkat ke internet, yang memungkinkan pertukaran data dan komunikasi yang diperlukan dalam berbagai aplikasi IoT .

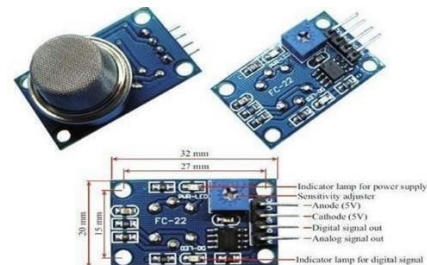


Gambar 1. Node MCU ESP8266

ESP8266 menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, termasuk pin out yang lebih banyak, lebih banyak pin analog, serta lebih besar kapasitas memorinya. Selain itu, modul ini juga dilengkapi dengan fitur Bluetooth 4.0 dengan konsumsi energi rendah, yang menambah kemampuannya dalam berkomunikasi secara efisien dengan perangkat lain [7].

### 2.4 Sensor MQ-135

Di antara banyak komponen gas yang dapat dideteksi oleh sensor kimia MQ-135 adalah amonia (NH<sub>3</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), alkohol, benzena, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan bahan kimia lainnya. Variasi nilai resistansi dideteksi oleh sensor ini yang terjadi ketika sensor terpapar gas-gas tersebut. Keunggulan dari MQ-135 terletak pada daya tahannya yang baik serta kemampuannya untuk digunakan sebagai indikator bahaya polusi, berkat desainnya yang praktis dan hemat energi. Sensor ini dapat disesuaikan sensitivitasnya sesuai dengan nilai resistansi yang berbeda untuk konsentrasi gas yang bervariasi. Hal ini memungkinkan MQ-135 untuk mendeteksi dan memantau tingkat polusi udara secara efektif, memberikan informasi yang berguna untuk pengendalian kualitas udara dan penilaian lingkungan [8].

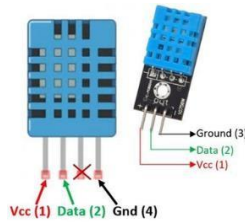


Gambar 2. Sensor MQ-135

### 2.5 Sensor DHT11

Sensor DHT11 mengandalkan termistor tipe NTC untuk mengukur suhu dan sensor resistif untuk mengukur kelembapan.

Data yang diperoleh dari kedua sensor ini diproses oleh mikrokontroler 8-bit yang terintegrasi dalam perangkat. Hasil pengolahan data tersebut kemudian dikirimkan melalui satu kabel dua arah. Meskipun ukuran sensor DHT11 relatif kecil, sensor ini memiliki kemampuan yang cukup kompleks. Setelah data dikumpulkan dan diolah, informasi tersebut dapat dimasukkan ke dalam sistem yang sedang diuji, memberikan informasi yang diperlukan untuk pemantauan atau analisis lebih lanjut. Keunggulan DHT11 terletak pada kemampuannya untuk menyediakan data suhu dan kelembapan secara akurat dan efisien, meskipun dengan perangkat keras yang ringkas [9].



Gambar 3. Sensor DHT11

### 2.6 LCD OLED 0.96

Teknologi OLED (*Organic Light Emitting Diode*) ideal untuk menampilkan berbagai jenis informasi seperti data sensor, teks, atau menu dalam aplikasi mikrokontroler. Salah satu keunggulan utama dari OLED adalah kontras piksel yang tajam dan warna yang lebih hidup, serta kemampuannya untuk beroperasi tanpa memerlukan lampu belakang, yang menjadikannya lebih hemat daya dibandingkan dengan tampilan LCD tradisional [10].



Gambar 4. LCD OLED 0.96

### 2.7 Blynk

Blynk merupakan open data platform dan application programming interface (API) untuk IoT yang memungkinkan pengguna mengumpulkan, menyimpan, menganalisis, memvisualkan dan bertindak atas pembacaan data sensor dan actuator. Blynk juga diartikan sebagai platform yang menggunakan aplikasi iOS dan Android untuk mengontrol Arduino, Raspberry Pi, dan lainnya menggunakan internet [11]



Gambar 5. Blynk Apps

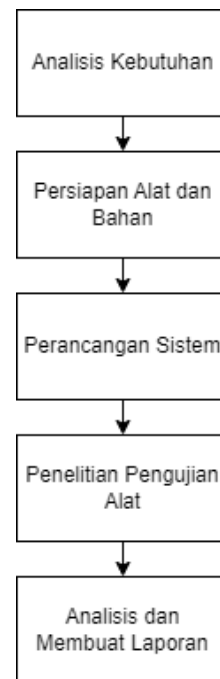
### 2.8 Arduino IDE

*Integrated Development Environment*, atau Arduino IDE, adalah alat yang dibuat khusus untuk memudahkan pengembangan dan penyuntingan sketsa atau program untuk papan Arduino. IDE ini

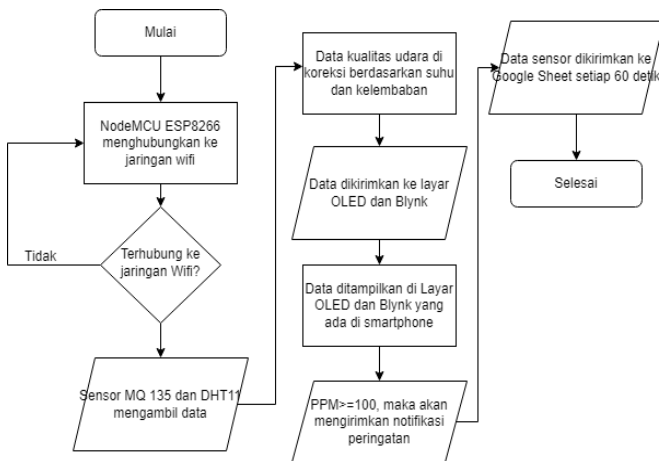
menyediakan antarmuka yang *user-friendly* untuk menulis, mengedit, dan mengupload kode, serta dilengkapi dengan berbagai fitur yang mempermudah pengembangan perangkat lunak untuk mikrokontroler. Arduino IDE dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Java, yang memungkinkan pengembangan aplikasi yang stabil dan efektif untuk mendukung berbagai jenis papan Arduino, termasuk NodeMCU. Dengan menggunakan Arduino IDE, pengguna dapat dengan mudah menulis dan menguji kode, serta mengintegrasikan berbagai modul dan sensor dalam proyek mereka [12].

## 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode model waterfall, yang telah dikenal luas dalam dunia rekayasa perangkat lunak. Dinamakan *waterfall* karena prosesnya menyerupai aliran air terjun yang bertingkat, terdiri dari lima tahapan utama yang dilakukan secara berurutan [13]. Model ini dipilih karena menggunakan pendekatan yang terstruktur dan sistematis dalam pembangunan sistem. Selain itu, disajikan juga diagram alir yang menjelaskan alur dari penelitian ini.



Gambar 6. Tahapan Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Sistem

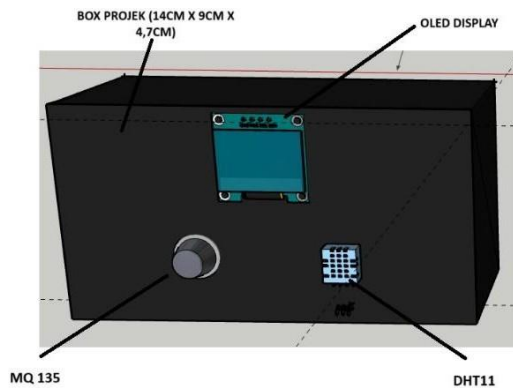
Berdasarkan diagram alir sistem sistem pada Gambar 7, pertama NodeMCU ESP8266 menghubungkan ke jaringan wifi, setelah terhubung maka sensor MQ-135 dan sensor DHT11 akan mengambil data. Selanjutnya data ppm kualitas udara yang telah diambil dari sensor MQ 135 akan dikoreksi terlebih dahulu berdasarkan suhu dan kelembaban, setelah itu data akan dikirimkan ke layar OLED dan Blynk, dan akan di tampilkan secara realtime dan dapat diakses di smartphone menggunakan aplikasi Blynk, apabila PPM lebih dari 100 maka akan mengirimkan notifikasi peringatan udara buruk. Sistem ini juga mengirimkan data suhu, kelembababn dan kualitas udara ke Google Sheet setiap 1 menit sehingga dapat kita analisis datanya.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

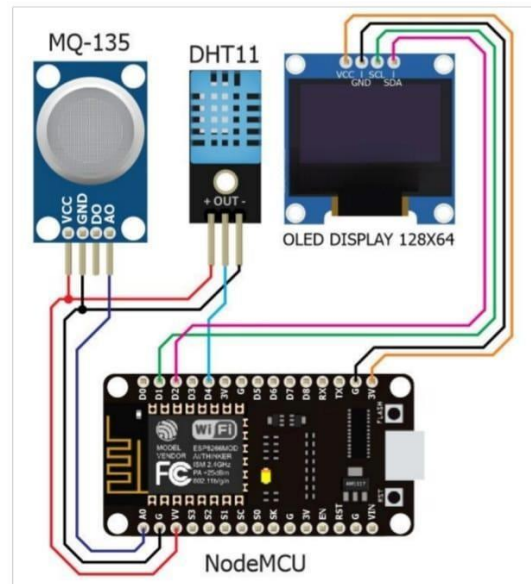
Pada tahap selanjutnya yakni implementasi sistem monitoring kualitas udara dengan platform Internet Of Things (IoT) oleh karena itu pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana cara merancang komponen hardware menjadi sebuah rangkaian secara keseluruhan, yang dimana terdiri dari desain hingga pengujian alat, pengujian alat akan dilakukan di bundaran PT. Kawasan Industri Medan.

##### 4.1 Mockup Alat

Desain *mockup* untuk rancangan tampilan fisik alat kualitas udara ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 8. Mockup Tampilan Fisik Alat



Gambar 9. Rangkaian Alat dan Pengkabelan

Dari gambar 9 bisa dilihat rangkain alat dan pengkabelannya yang akan saya jelaskan sebagai berikut:

Sensor MQ-135 digunakan untuk mengukur kualitas udara, terutama gas berbahaya termasuk karbon dioksida, alkohol, bensin, amonia, dan nitrogen oksida. Keluaran analog dari sensor ini memberikan nilai tegangan yang berbanding lurus dengan konsentrasi gas yang terdeteksi.

- Pin 3V3 dan pin GND NodeMCU saling terhubung.
- Pin VCC juga terhubung ke pin GND.
- Untuk membaca nilai analog, pin AO (Analog Output) NodeMCU dihubungkan ke pin A0.

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur kelembapan dan suhu. Data digital dari sensor ini dapat dibaca oleh NodeMCU.

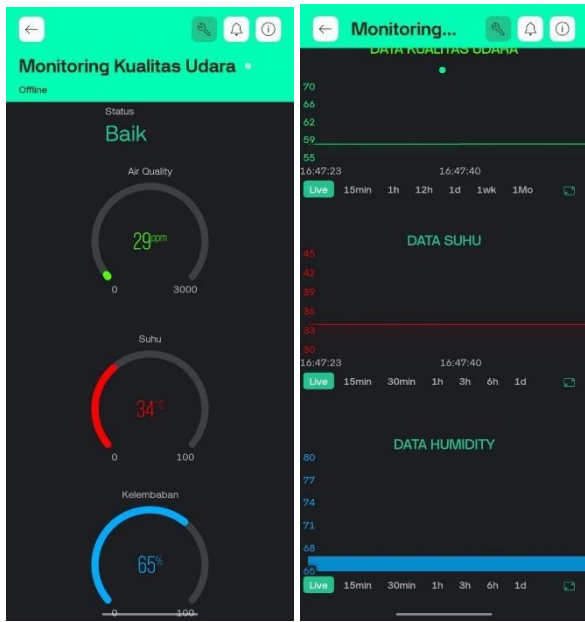
- Pin GND dihubungkan ke GND pada NodeMCU
- pin VCC dihubungkan ke pin 3V3 pada NodeMCU.
- Pin D4 NodeMCU dihubungkan ke pin Data (OUT).

Layar OLED ini menampilkan pembacaan suhu, kelembapan, dan kualitas udara yang diperoleh dari sensor.

- Pin 3V3 dan pin GND NodeMCU saling terhubung.
- Pin VCC juga terhubung ke pin GND.
- Pin SCL (Serial Clock Line) terhubung ke pin D1 (GPIO5) pada NodeMCU.
- Pin SDA (Serial Data Line) terhubung ke pin D2 (GPIO4) pada NodeMCU.

##### 4.2 Tampilan Aplikasi

Dalam aplikasi Blynk, terdapat 2 jenis tampilan yang pertama tampilan berupa indikator untuk angka kualitas udara, suhu serta kelembaban, tampilan kedua yaitu berupa chart diagram untuk menampilkan data kualitas udara, suhu serta kelembaban dalam rentang waktu tertentu seperti data selama 15 menit, 1 jam dan lainnya yang bisa di pilih serta di custom.



Gambar 10. Tampilan Aplikasi

### 4.3 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan 10 kali, dimana setiap pengujian akan diambil nilai tertinggi, karena sensor membutuhkan waktu beberapa saat untuk mendapatkan angka yang sesuai. Tujuan pengujian alat ini adalah untuk mengevaluasi sensitivitas sensor MQ 135 dalam pembacaan data. Pengujian dilakukan dengan 3 pengujian yaitu:

1. Pengujian dengan Asap Kertas.
2. Pengujian dengan Gas Korek Api
3. Pengujian dengan Asap Rokok.



Gambar 11. Pengujian dengan Asap Kertas

Pengujian ini dilakukan menggunakan Asap kertas dengan 10 kali percobaan, berikut hasil percobaan nya.

Tabel 1. Pengujian dengan Asap Kertas

Pengujian Ke-	Nilai (PPM)	Kategori Dan Tampilan Nilai
1	168 PPM	tidak sehat
2	232 PPM	Buruk
3	211 PPM	Buruk
4	210 PPM	Buruk
5	256 PPM	Buruk
6	213 PPM	Buruk
7	161 PPM	tidak sehat

8	158 PPM	tidak sehat
9	180 PPM	tidak sehat
10	250 PPM	Buruk

Selama 10 kali percobaan dan mengambil nilai tertinggi dalam setiap percobaan yang dilakukan, sistem menampilkan ppm diatas 150 yang menandakan bahwa asap pembakaran masuk dalam kategori tidak sehat dan sangat tidak sehat. Hal ini menandakan mengganggu bagi pernapasan manusia. Nilai baca sensor tertinggi yaitu 256 ppm.



Gambar 12. Pengujian dengan Gas Korek Api

Pengujian ini dilakukan menggunakan gas korek api dengan 10 kali percobaan, berikut hasil percobaan nya:

Tabel 2. Pengujian dengan Asap Kertas

Pengujian Ke-	Nilai (PPM)	Kategori Dan Tampilan Nilai
1	902 PPM	Berbahaya
2	526 PPM	Berbahaya
3	961 PPM	Berbahaya
4	861 PPM	Berbahaya
5	560 PPM	Buruk
6	571 PPM	Buruk
7	816 PPM	Berbahaya
8	809 PPM	Berbahaya
9	810 PPM	Berbahaya
10	551 PPM	Berbahaya

Selama 10 kali percobaan dan mengambil nilai tertinggi dalam setiap percobaan yang dilakukan, sistem menampilkan ppm diatas 500 yang menandakan bahwa gas korek api masuk dalam kategori berbahaya. Hal ini menandakan berbahaya dan sangat tidak sehat bagi pernapasan manusia. Nilai baca sensor tertinggi yaitu 961 ppm.



Gambar 13. Pengujian dengan Asap Rokok

Pengujian ini dilakukan menggunakan asap rokok dengan 10 kali percobaan, berikut hasil percobaan nya:

Tabel 3. Pengujian dengan Asap Rokok

Pengujian Ke-	Nilai (PPM)	Kategori Dan Tampilan Nilai
1	160 PPM	Tidak Sehat
2	153 PPM	Tidak Sehat
3	367 PPM	Berbahaya
4	183 PPM	Tidak Sehat
5	220 PPM	Buruk
6	153 PPM	Tidak Sehat
7	150 PPM	Tidak Sehat
8	176 PPM	Tidak Sehat
9	160 PPM	Tidak Sehat
10	154 PPM	Tidak Sehat

Selama 10 kali percobaan dan mengambil nilai tertinggi dalam setiap percobaan yang dilakukan, sistem menampilkan ppm diatas 150 yang menandakan bahwa asap rokok masuk dalam kategori tidak. Hal ini menandakan sangat tidak sehat bagi pernapasan manusia apabila secara terus menerus terpapar. Nilai baca sensor tertinggi yaitu 220 ppm.

#### 4.4 Pengujian dengan Alat yang Sudah Ada



Gambar 14. Pengujian dengan Alat yang Sudah Ada

Pengujian ini dilakukan sebanyak 15 kali percobaan menggunakan alat yang sudah ada yaitu air Quality Detector di udara normal untuk mengetahui nilai *error* dari sistem yang sudah saya buat, karena angka pengukuran dari alat yang sudah ada berbeda dengan alat yang saya buat, yaitu alat yang sudah ada mengukur dari 400-5000 PPM sedangkan alat yang saya buat mengukur dari angka 1-1000 PPM, maka saya mengkalibrasikan alat saya dan membagi 10 nilai dari alat yang sudah ada agar di dapat angka yang diinginkan, kemudian untuk mengetahui nilai *error* dari sistem yang sudah saya buat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Error Relatif (\%)} = \frac{(a-b)}{b} \times 100\% \quad (1)$$

Di mana:

- a adalah nilai yang diukur atau nilai eksperimental.
- b adalah nilai referensi atau nilai yang benar.

Berikut adalah hasil pengujian nya:

Tabel 4. Pengujian dengan Alat yang Sudah Ada

Pengujian Ke-	Nilai Alat yang saya buat (PPM)	Nilai Air Quality Detector (PPM)	Nilai Error (%)
1	48.8	41.2	18.45
2	49.1	41.1	19.46
3	44.3	40.8	8.58
4	40.2	41.0	1.95
5	35.0	41.3	15.26
6	33.7	41.8	19.14
7	31.6	41.4	23.79
8	51.1	41.3	23.71
9	34.8	41.2	15.53
10	42.1	41.1	2.43
11	30.2	40.8	25.98
12	42.4	40.7	4.19
13	52.4	40.6	29.06
14	52.4	40.5	29.38
15	48.8	41.2	18.45
Nilai Rata-rata error (%)		16.92%	

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka didapatkan rata-rata nilai error dari sistem yang sudah saya buat adalah sebanyak 16,92%, yang berarti nilai akurasinya sebesar 83,8%.

#### 4.5 Pengujian dan Pengambilan Sample Data



Gambar 15. Pengujian dan Pengambilan Sample Data

Pengujian dan pengambilan *sample* data dilakukan di PT. Kawasan Industri Medan tepatnya di bundaran PT. Kawasan Industri Medan. Pengujian dilakukan selama 3 hari dengan lama waktu pengambilan sample selama 1 jam per harinya.

Selama tiga hari pengumpulan data, kualitas udara menunjukkan konsistensi dalam nilai PPM yang sebagian besar berada dalam kategori baik hingga sedang. Pada hari pertama, nilai PPM berkisar dari 49.33 hingga 66.61, menunjukkan peningkatan yang signifikan dari awal hingga akhir pengukuran. Hari kedua menunjukkan pola yang serupa dengan nilai PPM berkisar antara 44.16 hingga 66.41, di mana awal hari dimulai dengan kualitas udara yang baik dan meningkat ke kategori sedang. Hari ketiga menunjukkan fluktuasi nilai PPM dari 50.55 hingga 66.48, tetap dalam kategori sedang sepanjang hari. Pola ini menunjukkan bahwa konsentrasi polutan udara cukup tinggi pada sebagian

besar waktu pengukuran, terutama pada akhir pengukuran di setiap hari, yang dapat disebabkan oleh peningkatan aktivitas manusia atau kondisi lingkungan tertentu.

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahwa kualitas udara berada pada level sedang selama periode pengukuran, dengan nilai PPM yang konsisten di atas 50. Meskipun ada beberapa periode dengan nilai PPM yang mendekati batas aman, sebagian besar nilai tetap menunjukkan adanya polusi udara yang signifikan. Pola fluktuasi nilai PPM ini menandakan adanya sumber polusi yang konsisten, seperti emisi kendaraan atau aktivitas industri.

## 5. KESIMPULAN

Dapat diambil kesimpulan bahwa alat yang dirancang berhasil berfungsi sesuai harapan. Kemudian setelah dilakukan pengujian dengan alat yang sudah ada yaitu Air Quality Detector di dapatkan rata-rata nilai eror dari sistem yang sudah saya buat adalah sebanyak 16,92%, yang berarti nilai akurasi nya sebesar 83,8%. Berdasarkan pengujian dan pengambilan sampel data di PT. Kawasan Industri Medan, sistem yang dikembangkan berhasil mengukur kualitas udara di lokasi tersebut. Pada tiga hari, nilai PPM berkisar antara 49,33 hingga 66,61. Secara keseluruhan, berdasarkan nilai ISPU, angka PPM ini termasuk dalam kategori baik hingga sedang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Febrianti, S. A. Wibowo, and N. Vandyansyah, "Implementasi IoT (internet of things) monitoring kualitas air dan sistem administrasi pada pengelolaan air bersih skala kecil," *\*Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika\**, vol. 5, no. 1, pp. 171-178, 2021.
- [2] B. Harpad, S. Salmon, and R. M. Saputra, "Sistem monitoring kualitas udara di kawasan industri dengan Nodemcu ESP32 berbasis IoT," *\*Jurnal Informatika Wicida\**, vol. 12, no. 2, pp. 39-47, 2022.
- [3] M. S. Novelan, "Sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan menggunakan mikrokontroler dan aplikasi android," *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 4, no. 2, pp. 241-244, 2020.
- [4] A. S. Tunggul, F. Anugroho, and P. G. Ramadhina, "Pemetaan distribusi emisi gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dengan sistem informasi geografis (SIG) pada Kota Blitar," *\*Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan\**, vol. 5, no. 3, pp. 34-42, 2020.
- [5] D. Tiara and A. Syukron, "Perancangan sistem informasi monitoring perkembangan anak berbasis website pada Rumah Pintar Indonesia (RPI) Yogyakarta," *Bianglala Informatika*, vol. 7, no. 2, pp. 130-136, 2019. <https://doi.org/10.31294/bi.v7i2.6691>.
- [6] A. A. Bachtiar, "Rancang bangun sistem informasi monitoring dan evaluasi pelayanan pelanggan pada Paramuda Tour & Transport," *Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya*, 2016. [Online]. Available: <http://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/2044>.
- [7] P. A. Widyatmika, P. W. Indrawati, W. W. Prastya, K. Darminta, G. N. Sangka, and A. A. Saptaka, "Perbandingan kinerja Arduino Uno dan ESP32 terhadap pengukuran arus dan tegangan," *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 319-330, 2021.
- [8] A. Rochmania, I. Sucahyo, and M. Y. Dewi, "Monitoring kandungan CO<sub>2</sub> di udara berbasis IoT dengan NodeMCU ESP8266 dan sensor MQ135," *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, vol. 17, no. 3, pp. 249-259, 2021.
- [9] Ajie, "Mengukur suhu dan kelembaban udara dengan DHT11 dan Arduino," *Saptaji.com*, 2016. [Online]. Available: <http://saptaji.com/2016/08/10/mengukur-suhu-dan-kelembaban-udara-dengan-sensor-dht11-dan-arduino/>.
- [10] I. P. P. Siantika, P. Rahardjo, I. G. A. Putu, and P. Raka, "Embedded berbasis Raspberry Pi (Modul 2: Penerapan sistem sederhana)," *Jurnal Embedded*, vol. 8, no. 2, pp. 202-213, 2021.
- [11] A. Sudianto and M. Sadali, "Penerapan Aplikasi Berbasis Android Untuk Ternak Ayam Petelur Sebagai Wadah Untuk Menghubungkan Pemilik Modal Dengan Calon Peternak," *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, pp. 87-95, 2021, doi: 10.29408/jit.v4i1.2999.
- [12] Instiper Robotics Academy, 2021.
- [13] A. Jauhari, A. Anamisa, D. Rosa, dan F. A. Mufarroha, "Rekayasa Perangkat Lunak," *Media Nusa Creative*, 2022.