

Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet Of Things

Alvino Octaviano¹, Sofa Sofiana^{2,*}, Dion Orlando Agustino³, Perani Rosyani⁴

Fakultas Ilmu Komputer, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia
Email: ¹dosen00397@unpam.ac.id, ^{2,*}dosen00407@unpam.ac.id, ³mailpenelitian@gmail.com, ⁴dosen00837@unpam.ac.id
Email Penulis Korespondensi: dosen00407@unpam.ac.id

Abstrak—Pengendalian kualitas udara sangat penting dilakukan untuk menghindari beberapa penyakit dan meminimalisir efek kerusakan paru-paru bagi penyintas Covid-19 akibat semakin banyaknya pencemaran udara. Hal tersebut membuat masyarakat cukup kesulitan untuk mengetahui kualitas udara. Metode yang digunakan adalah metode research and development yang mencakup desain sistem, pembuatan alat, perancangan aplikasi berbasis web, integrasi alat, dan uji coba sistem. Sensor yang digunakan adalah sensor MQ-7 untuk gas CO, sensor Sharp GP2Y1010AU0F untuk debu, dan sensor DHT11 untuk suhu dan kelembaban. Masing-masing sensor dirangkai menjadi satu dengan mikrokontroler WeMos D1 R2. Hasil pengujian sistem selama tiga hari didapatkan hasil rata-rata suhu 29,18°C, kelembaban 80,01%, CO 3983 µg/m³, dan debu 83,90 µg/m³. sistem monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu dapat memberikan peringatan dini buruknya kualitas udara, sehingga masyarakat di sekitar lokasi peletakan alat dapat lebih waspada dan mengurangi aktivitas di lingkungan tersebut. Data kualitas udara yang didapat dari sensor dapat ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk dan juga tersimpan di server ThingSpeak yang dapat ditampilkan pada aplikasi ThingView dan aplikasi berbasis web.

Kata Kunci: Sistem Monitoring Kualitas Udara; WeMos; MQ-7; GP2Y1010AU0F; DHT11

Abstract—Air quality control is very important to do to avoid several diseases and minimize the effects of lung damage for Covid-19 survivors due to the increasing number of air pollution. This makes it quite difficult for people to know the air quality. The method used is a research and development method that includes system design, tool making, web-based application design, tool integration, and system testing. The sensors used are the MQ-7 sensor for CO gas, the Sharp GP2Y1010AU0F sensor for dust, and the DHT11 sensor for temperature and humidity. Each sensor is assembled into one with the WeMos D1 R2 microcontroller. The results of the system test for three days showed that the average temperature was 29.18°C, humidity was 80.01%, CO was 3983 g/m³, and dust was 83.90 g/m³. air quality monitoring systems for CO gas and dust pollutants can provide early warnings of poor air quality, so that people around the location of equipment placement can be more alert and reduce activities in the environment. Air quality data obtained from sensors can be displayed in real-time through the Blynk application and also stored on the ThingSpeak server which can be displayed on the ThingView application and web-based applications.

Keywords: Air Quality Monitoring System; WeMos; MQ-7; GP2Y1010AU0F; DHT11

1. PENDAHULUAN

Udara merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi setiap makhluk hidup[1]. Namun, saat ini untuk mendapatkan udara yang benar-benar bersih cukup sulit, terutama di wilayah industri dan kotakota besar di mana peningkatan aktivitas industri dan transportasi yang memicu timbulnya pencemaran udara yang berdampak terhadap kesehatan. Dalam udara terdapat beberapa campuran macam-macam gas dan debu seperti oksigen (O₂), karbondioksida (CO₂), ozon (O₃), nitrogen (N₂), particulate matter (PM 10, PM2.5) dan sebagainya[2][3]. Beberapa jenis gangguan kesehatan yang dapat muncul akibat polusi udara adalah infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), asma, pneumonia, bronchopneumonia, dan serangan jantung [4].

Peningkatan aktivitas manusia telah memicu masalah pencemaran udara, sehingga dibutuhkan solusi untuk dapat meminimalisir efek yang dapat mengganggu kesehatan[5][6]. Walaupun pada saat tertentu manusia dapat menggunakan indera untuk memperkirakan jika udara di lingkungan sekitarnya berada pada level normal dan tidak tercemar ataupun sebaliknya, namun untuk melakukan pemantauan secara terus menerus, manusia dibatasi oleh ruang dan waktu[7]. Untuk melakukan pemantauan secara *real-time* dan mendapatkan data mengenai kualitas udara dapat dilakukan dengan membangun suatu perangkat keras yang terhubung dengan sistem pemantauan kualitas udara[8][9].

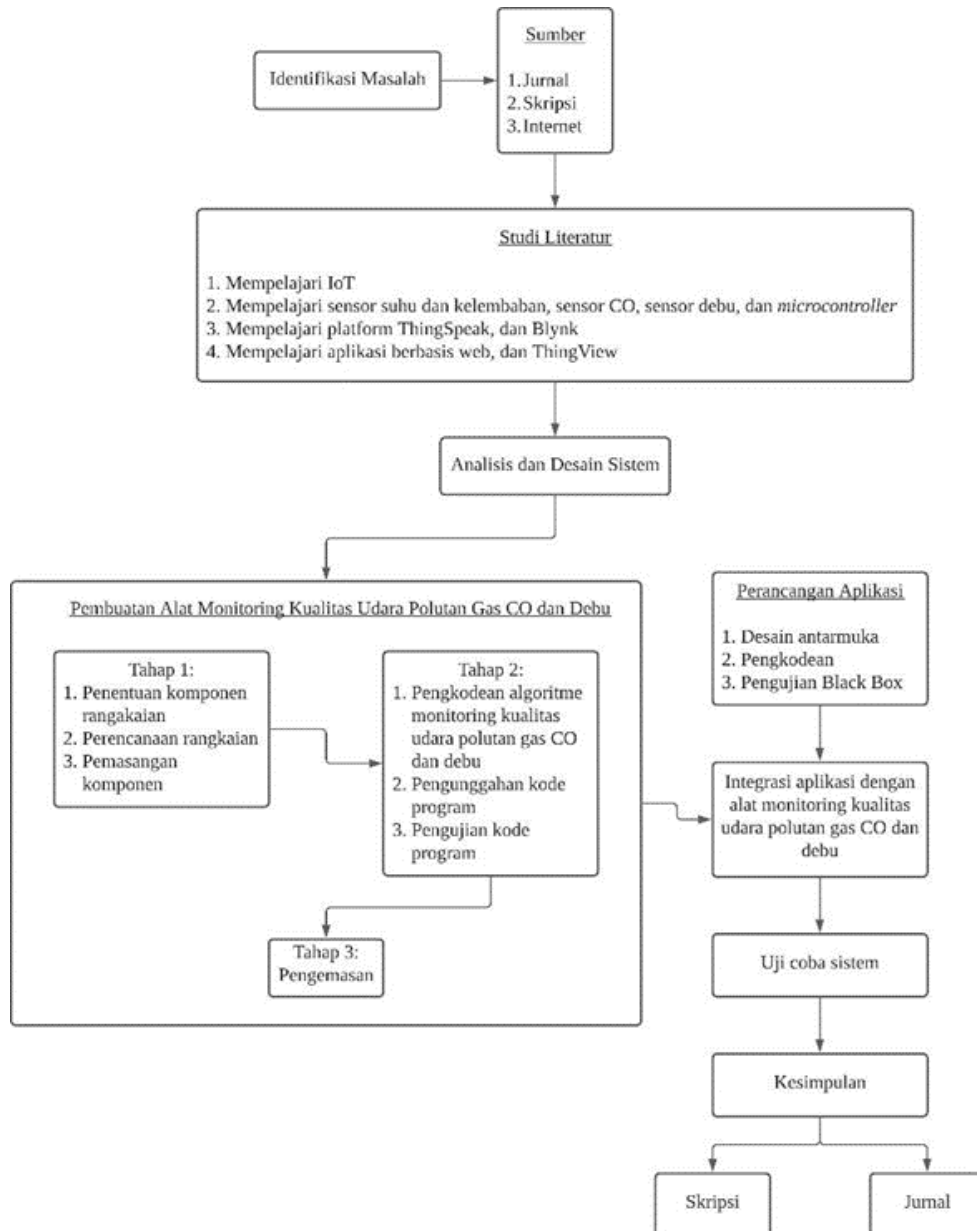
Pada penelitian jacquiline dkk[8] membahas tentang prototipe alat pendeteksi kualitas udara di dalam ruangan dengan menggunakan mikrokontroler Wemos dan sensor MQ135 yang terhubung dengan platform IoT sebagai sistem monitoring dan notifikasi. Modul sensor MQ135 sebagai detektor kualitas udara, mengirimkan sinyal input untuk diproses oleh mikrokontroler Wemos board hasil penelitiannya berhasil mendeteksi kualitas udara melalui internet. Sedangkan didalam penelitian anisa yang memprediksi tingkat zat berbahaya di udara menggunakan algoritma pada sistem kecerdasan buatan untuk meningkatkan nilai akurasi didalam menilai kualitas udara[10][11].

Adanya peningkatan dibidang teknologi khususnya internet. Maka ,kami mencoba membuat model penelitian untuk memonitor kualitas udara menggunakan jaringan *internet of things*. Penelitian kami adalah pembuatan alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu serta pengembangan aplikasi. Sensor yang digunakan adalah sensor MQ-7 untuk gas CO, sensor Sharp GP2Y1010AU0F untuk debu, dan sensor DHT11 untuk suhu dan kelembaban. Masing-masing sensor dirangkai menjadi satu dengan mikrokontroler WeMos D1 R2. Yang bertujuan untuk memonitoring dan menganalisa polutan CO dan debu secara otomatis

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian dan pengembangan (research and development / R&D)[12]. Metode ini memiliki tahapan yang dapat dijadikan acuan untuk penelitian. Tahap ini meliputi pembuatan alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu serta pengembangan aplikasi. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Metode Penelitian dan Pengembangan

2.2 Penjelasan Gambar

Berikut adalah penjelasan mengenai Gambar 2.1.

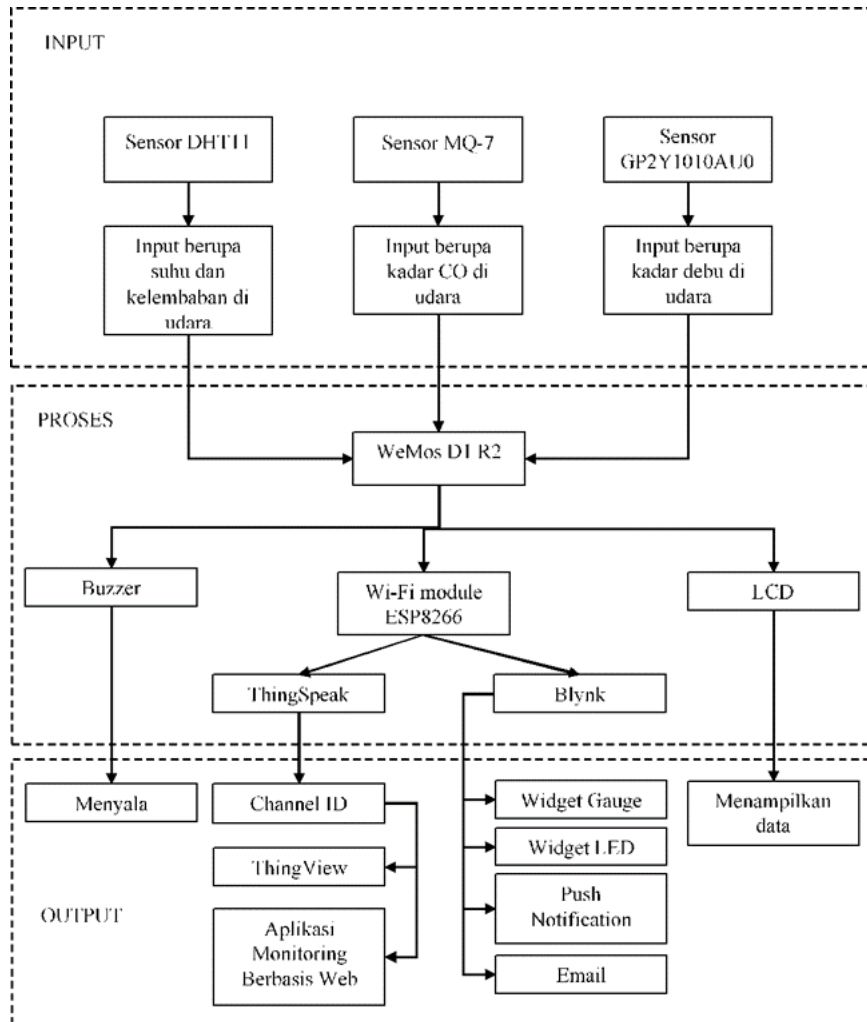
- Identifikasi masalah yang mendasari penelitian ini.
- Dalam penelitian ini, penulis memperoleh sumber dari berbagai jurnal, skripsi, dan artikel di Internet.
- Studi literatur, sebelum melaksanakan penelitian, pertama-tama penulis melaksanakan studi tentang berbagai sumber yang disebutkan di atas: mempelajari IoT, sensor suhu dan kelembaban, sensor CO, sensor debu, dan microcontroller, platform ThingSpeak, dan Blynk, dan juga aplikasi berbasis web, dan ThingView[13].
- Menganalisis kebutuhan sistem, pada tahap ini melakukan analisis terhadap elemen-elemen yang dibutuhkan untuk membangun sistem. Hasil analisis ini akan berguna dalam pengembangan alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu serta jenis aplikasi apa yang akan diterapkan dalam sistem ini. Pada titik ini, berbagai analisis dilakukan pada aplikasi yang akan diinstal dan pada komponen elektronik yang diperlukan untuk mendukung penerapan sistem monitoring kualitas udara ini[14].

- e. Desain sistem akan menjadi rancangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan hasil analisis dari tahap sebelumnya. Setelah komponen-komponen yang dibutuhkan diperoleh, akan dilakukan perancangan sistem yang menggabungkan alat monitoring kualitas udara untuk polutan gas karbon dioksida dan debu dengan aplikasi monitoring kualitas udara. Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, mulai dari perancangan rangkaian yang dipakai pada alat monitoring hingga fungsi-fungsi yang diperlukan dalam aplikasi sistem monitoring[15].
- f. Implementasi, tahap implementasi terdiri dari menerjemahkan proyek ke dalam bahasa yang dapat dikenali oleh komputer. Tahap ini merupakan tahap kerja yang sebenarnya dalam sistem. Dalam arti, komputer akan digunakan sepenuhnya pada tahap ini. Pada penelitian ini, implementasi dilakukan dengan membangun aplikasi berbasis web dan algoritma monitoring kualitas udara untuk sensor polutan gas CO dan debu. Aplikasi memiliki kode yang ditulis untuk mengambil input dari platform dan menyajikannya kepada pengguna dalam format yang mudah dibaca. Saat menjalankan algoritme deteksi, data yang diterima oleh sensor diambil dan dikirim ke platform..
- g. Pembuatan alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu dibagi menjadi 3 tahap, yaitu sebagai berikut.
 1. Tahap pertama adalah perencanaan rangkaian. Langkah pertama adalah menentukan komponen yang diperlukan dalam rangkaian. Komponen-komponen tersebut kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan rangkaian elektronika. Perencanaan ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi Fritzing. Lalu pemasangan komponen dilakukan dengan menggunakan kabel jumper yang dihubungkan ke breadboard.
 2. Tahap kedua, yaitu penambahan program ke microcontroller. Pertama-tama, penulis melakukan penelitian pertama tentang algoritme monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu menggunakan sensor suhu dan kelembaban, sensor CO, dan sensor debu. Kemudian, dari sumber yang diperoleh, penulis menyisipkan penyesuaian pada algoritme agar lebih efisien terhadap akurasi pembacaan yang akan dihasilkan alat tersebut. Pengujian algoritme ini terus bekerja hingga berhasil dikompilasi dan kode program terakhir dimuat ke mikrokontroler yang disertakan dalam rangkaian.
 3. Tahap ketiga pengemasan, merupakan langkah terakhir dalam proses pembuatan alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu ini. Pada tahap ini, penulis memeriksa bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan kemudian mengemasnya dalam wadah akrilik, yang membuat alat lebih mudah untuk diangkut dan digunakan.
- h. Perancangan aplikasi web, perancangan aplikasi ini dilakukan melalui desain, pengkodean dan pengujian. Pada tahap desain menggunakan Framework Bootstrap, dan pada tahap pengkodean menggunakan text editor Visual Studio Code.
 1. Integrasi alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu dengan aplikasi web, proses integrasi ini dihubungkan oleh platform ThingSpeak[16]. Selain itu, integrasi juga dilakukan dengan platform Blynk. Platform ThingSpeak digunakan sebagai alat perantara untuk aplikasi web. Ada kode program di alat ini yang dapat mengirim data ke platform ThingSpeak dan Blynk. Aplikasi web kemudian akan mengekstrak data dari platform ThingSpeak, aplikasi akan mengambil dan memprosesnya, dan kemudian menampilkannya kepada pengguna. Selain itu, terdapat aplikasi ThingView sebagai aplikasi pendukung berbasis android yang berfungsi untuk menampilkan visualisasi dari ThingSpeak pada smartphone. Sedangkan data pada platform Blynk akan langsung di proses dan ditampilkan pada widget yang telah dipilih.
- j. Pengujian sistem dilakukan pada alat monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu dengan melakukan penelitian langsung di lapangan dan melihat perubahan data yang terjadi pada platform akan ditampilkan dalam aplikasi web, ThingView, dan Blynk. Pada tahap uji coba ini akan dilakukan pengujian dengan mencoba meletakkan alat monitoring. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan pada hari Senin, Rabu, dan Sabtu dengan asumsi bahwa Senin dan Rabu merupakan hari kerja dan Sabtu merupakan hari istirahat. Penelitian dilakukan tiga kali sehari pada pagi, siang, dan sore hari. Kemudian periksa apakah input alat monitoring dapat mendeteksi kadar CO dan debu di ketiga titik. Data tersebut kemudian akan ditampilkan kepada pengguna melalui aplikasi berbasis web, ThingView, dan Blynk.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Sistem

Desain sistem adalah alur dari sistem yang di buat dari input, proses hingga output. Penulis menggunakan WeMos D1 R2 sebagai mikrokontroler[17] dalam sistem monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu, secara garis besar berikut adalah alur di dalam sistem tersebut:



Gambar 2. Desain Sistem

3.1.1 Input

Input pada Gambar 2 yang dimaksud adalah data suhu, kelembaban, CO, dan debu yang di dapat dengan cara mendeteksi suhu, kelembaban, CO, dan debu di sekitar sensor DHT11, MQ-7, dan GP2Y1010AUF, dan sensor tersebut akan mengambil data-data yang masuk untuk dikirimkan ke dalam WeMos D1 R2.

3.1.2 Proses

Proses pada Gambar 2 yang dimaksud adalah penerjemahan data yang di dapat oleh sensor yang nantinya akan diolah oleh WeMos D1 R2 agar dapat menghasilkan output.

3.1.3 Output

Output pada Gambar 4.1 yang dimaksud adalah keluaran dari proses terjemahan oleh WeMos D1 R2 berupa perintah untuk masing-masing hasil akhir, yaitu:

- Menyalakan buzzer apabila data yang telah diolah telah melewati ambang batas yang ditentukan.
- Dari data yang diolah dan dikirim ke ThingSpeak, akan menghasilkan sebuah Channel ID yang dapat menampilkan data hasil pemantauan selama 3 hari melalui sebuah aplikasi yang bernama ThingView dan aplikasi monitoring berbasis web.
- Menampilkan data secara langsung melalui LCD, dan aplikasi Blynk yang dapat dilihat melalui widget Gauge, selain itu terdapat indikator LED yang akan menyala apabila kadar polutan yang dideteksi telah melewati ambang batas yang telah ditentukan. Selain itu, apabila kadar tersebut telah melewati ambang batas akan terdapat push notification dan pemberitahuan melalui email.

3.2 Implementasi Alat Monitoring Kualitas Udara

Pada tahap ini mencakup penjelasan mengenai implementasi rangkaian alat, penambahan program pada mikrokontroler, dan pengemasan alat.

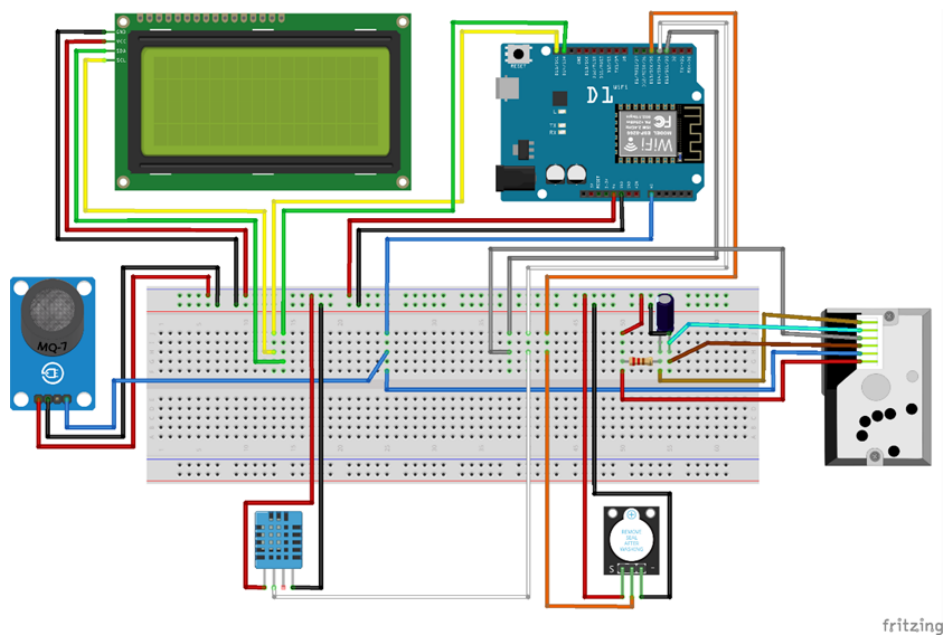
- Implementasi Rangkaian

Rancang bangun sistem monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu ini memanfaatkan sensor Sharp GP2Y1010AU0F, MQ-7, dan DHT11. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi tingkat debu, CO, dan suhu dan kelembaban yang ada di lingkungan SMP PGRI 1 Ciputat. Sensornya terhubung ke mikrokontroler WeMos D1 R2. Penangkapan yang dilakukan oleh WeMos D1 R2 terhubung dengan aplikasi Blynk, ThingView, dan aplikasi berbasis web. Buzzer akan menyala dan LCD akan menampilkan teks pemberitahuan ketika sensor mendeteksi level berdasarkan nilai yang ditetapkan[18].

Pengerjaan sistem dimulai dengan sensor DHT11 yang mendeteksi tingkat suhu dan kelembaban. Selain itu, WeMos D1 R2 akan menangani perintah untuk mengubah nilai digital menjadi tingkat suhu dalam satuan °C dan kelembaban dalam satuan %.

Pengoperasian sistem berlanjut, dan sensor MQ-7 menggunakan nilai analog untuk mendeteksi kadar CO. Selain itu, seperti halnya sensor MQ-7, WeMos D1 R2 bertindak sebagai mikrokontroler untuk menangani perintah dan mengubah nilai analog menjadi kadar CO dalam $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Jika tingkat CO tinggi terdeteksi, WeMos D1 R2 juga akan menginstruksikan LCD untuk menampilkan teks notifikasi dan buzzer. Waktu pemanasan yang diperlukan sebelum menggunakan sensor adalah 60 detik dengan tegangan 5V dan 90 detik dengan tegangan 1,4V sesuai dengan DataSheet MQ-7.

Dan yang terakhir adalah proses kerja sensor Sharp GP2Y1010AU0F yang mendeteksi tingkat debu dengan nilai analog. Juga, seperti sebelumnya, peran WeMos D1 R2 sebagai mikrokontroler adalah menangani perintah yang mengubah nilai analog menjadi kadar debu dalam satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$. WeMos D1 R2 juga akan mengeluarkan perintah pada LCD untuk menampilkan teks notifikasi dan buzzer ketika terdeteksi debu dalam jumlah besar. Wiring diagram sistem alat ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Wiring diagram rangkaian

b. Penambahan Program ke Mikrokontroler

Pada tahap ini penulis menyisipkan penyesuaian pada bagian penghitungankadar CO. Secara bawaan, hasil pembacaan dari sensor MQ-7 akan menghasilkan kadar CO dalam satuan PPM (*Parts Per Million*). Namun, penulis menyisipkan penyesuaian kode untuk mengkonversi kadar CO dalam satuan PPM ke $\mu\text{g}/\text{m}^3$ agar sama dengan satuan yang digunakan dalam Permen LHK No. 14 Tahun 2020 tentang ISPU.

Berikut ini merupakan rumus yang penulis gunakan untuk mengkonversikadar CO dari satuan PPM ke mg/m^3 :
Keterangan:

$$\frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = \text{PPM} \times \frac{M}{22.4} \times \frac{273}{(273 + T)} \times \frac{P}{1013} \quad (1)$$

- M : Berat molekul suatu zat
- 22.4(L) : Volume 1 mol pada 1 tekanan atmosfer pada 0°C
- 273(K) : FK adalah singkatan dari Kelvin, satuan yang digunakan untuk mengukur suhu termodinamika; sebagai 0°C sesuaidengan 273,15K. Untuk mendapatkan suhu dalam Kelvin hanya perlu menambahkan 273 ke nilai Celsius (273+T)
- 1013(hPa) : Satu tekanan atmosfer
- P : P menunjukkan tekanan atmosfer pada titik pengukuran (hPa)

Setelah mendapatkan kadar CO dalam satuan mg/m^3 , selanjutnya lakukan konversi lagi agar mendapatkan satuan $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 1000 \quad (2)$$

c. Pengemasan Alat

Pada tahap ini, penulis memeriksa bahwa semua komponen berfungsi dengan baik dan kemudian mengemasnya dalam wadah, yang akan membuat alat lebih mudah untuk diangkut dan digunakan. Wadah yang digunakan adalah akrilik, dengan panjang 20cm, lebar 11cm, dan tinggi 10cm. Akrilik ini bisa di bongkar pasang karena menggunakan *spacer*, mur, dan baut.



Gambar 4. Pengemasan Alat

3.4 Pengujian Sistem

Pengujian sistem *monitoring* kualitas udara polutan gas CO dan debu oleh peneliti dilakukan pada hari Sabtu tanggal 19 Juni 2021, Senin tanggal 21 Juni 2021, dan Rabu 23 Juni 2021 di lingkungan SMP PGRI 1 Ciputat dengan titik lokasi sebagai berikut:

Tabel 1. Titik Lokasi Validasi Alat

Pukul	Hari		
	Sabtu	Senin	Rabu
07:00 - 07:15	Gerbang	Gerbang	Gerbang
07:20 - 07:35	Lapangan	Lapangan	Lapangan
07:40 - 07:55	Kelas	Kelas	Kelas
13:00 - 13:15	Gerbang	Gerbang	Gerbang
13:20 - 13:35	Lapangan	Lapangan	Lapangan
13:40 - 13:55	Kelas	Kelas	Kelas
16:00 - 16:15	Gerbang	Gerbang	Gerbang
16:20 - 16:35	Lapangan	Lapangan	Lapangan
16:40 - 16:55	Kelas	Kelas	Kelas

3.4 Pengujian Parameter Suhu

Pengujian yang dilakukan ini adalah mengamati kadar suhu yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang dengan menggunakan sensor DHT11. Hasil pengujian parameter suhu alat ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Pengujian Parameter Suhu

No.	Hari	Lokasi	Waktu	Suhu (°C)
1	Sabtu	Gerbang	07:00 - 07:15	27,18
2		Lapangan	07:20 - 07:35	27,34
3		Kelas	07:40 - 07:55	27,34
4		Gerbang	13:00 - 13:15	30,24
5		Lapangan	13:20 - 13:35	31,36
6		Kelas	13:40 - 13:55	30,17
7		Gerbang	16:00 - 16:15	30,38

8		Lapangan	16:20 - 16:35	30,37
9		Kelas	16:40 - 16:55	29,85
10	Senin	Gerbang	07:00 - 07:15	25,93
11		Lapangan	07:20 - 07:35	28,65
12		Kelas	07:40 - 07:55	29,29
13		Gerbang	13:00 - 13:15	32,18
14		Lapangan	13:20 - 13:35	32,02
15		Kelas	13:40 - 13:55	29,55
16		Gerbang	16:00 - 16:15	27,96
17		Lapangan	16:20 - 16:35	27,90
18		Kelas	16:40 - 16:55	27,91
19	Rabu	Gerbang	07:00 - 07:15	25,93
20		Lapangan	07:20 - 07:35	28,78
21		Kelas	07:40 - 07:55	29,30
22		Gerbang	13:00 - 13:15	30,78
23		Lapangan	13:20 - 13:35	31,47
24		Kelas	13:40 - 13:55	32,06
25		Gerbang	16:00 - 16:15	28,04
26		Lapangan	16:20 - 16:35	27,87
27		Kelas	16:40 - 16:55	28,00

Data dari hasil pengamatan kadar suhu dengan alat rancangan dapat menghasilkan data harian yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Dengan ketentuan $mean$ suhu₁ = rata-rata suhu di gerbang, $mean$ suhu₂ = rata-rata suhu di lapangan, dan $mean$ suhu₃ = rata-rata suhu di kelas.

Berdasarkan perhitungan data dari Tabel 2 di atas, didapatkan data suhu harian Sabtu adalah 29,36°C, data suhu harian Senin adalah 29,04°C, dan data suhu harian Rabu adalah 29,14°C. Dengan demikian, data suhu rata-rata selama tiga hari penelitian adalah 29,18°C.

3.5 Pengujian Parameter Kelembaban

Pengujian yang dilakukan ini adalah mengamati kadar kelembaban yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang dengan menggunakan sensor DHT11. Hasil pengujian parameter kelembaban alat ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Pengujian Parameter Kelembaban

No.	Hari	Lokasi	Waktu	Kelembaban (%)
1	Sabtu	Gerbang	07:00 - 07:15	90,41
2		Lapangan	07:20 - 07:35	89,75
3		Kelas	07:40 - 07:55	89,77
4		Gerbang	13:00 - 13:15	75,77
5		Lapangan	13:20 - 13:35	73,90
6		Kelas	13:40 - 13:55	75,12
7		Gerbang	16:00 - 16:15	76,93
8		Lapangan	16:20 - 16:35	77,30
9		Kelas	16:40 - 16:55	78,92
10	Senin	Gerbang	07:00 - 07:15	92,98
11		Lapangan	07:20 - 07:35	83,47
12		Kelas	07:40 - 07:55	79,88
13		Gerbang	13:00 - 13:15	65,03
14		Lapangan	13:20 - 13:35	64,41
15		Kelas	13:40 - 13:55	73,98
16		Gerbang	16:00 - 16:15	86,20
17		Lapangan	16:20 - 16:35	86,16
18		Kelas	16:40 - 16:55	86,28
19	Rabu	Gerbang	07:00 - 07:15	92,97
20		Lapangan	07:20 - 07:35	82,89
21		Kelas	07:40 - 07:55	79,84
22		Gerbang	13:00 - 13:15	68,50
23		Lapangan	13:20 - 13:35	66,04
24		Kelas	13:40 - 13:55	65,17
25		Gerbang	16:00 - 16:15	86,20
26		Lapangan	16:20 - 16:35	86,16
27		Kelas	16:40 - 16:55	86,22

Data dari hasil pengamatan kadar kelembaban dengan alat rancangan dapat menghasilkan data harian yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Dengan ketentuan $mean$ kelembaban₁ = rata-rata kelembaban di gerbang, $mean$ kelembaban₂ = rata-rata kelembaban di lapangan, dan $mean$ kelembaban₃ = rata-rata kelembaban di kelas.

Berdasarkan perhitungan data dari Tabel 3 di atas, didapatkan data kelembaban harian Sabtu adalah 80,87%, data kelembaban harian Senin adalah 79,82%, dan data kelembaban harian Rabu adalah 79,33%. Dengan demikian, data kelembaban rata-rata selama tiga hari penelitian adalah 80,01%.

3.6 Pengujian Parameter CO

Pengujian yang dilakukan ini adalah mengamati kadar CO yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang dengan menggunakan sensor MQ-7. Hasil pengujian parameter CO alat ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.:

Tabel 4. Pengujian Parameter CO

No.	Hari	Lokasi	Waktu	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Sabtu	Gerbang	07:00 - 07:15	3793
2		Lapangan	07:20 - 07:35	4081
3		Kelas	07:40 - 07:55	4084
4		Gerbang	13:00 - 13:15	3367
5		Lapangan	13:20 - 13:35	3384
6		Kelas	13:40 - 13:55	3378
7		Gerbang	16:00 - 16:15	3379
8		Lapangan	16:20 - 16:35	3518
9		Kelas	16:40 - 16:55	3595
10	Senin	Gerbang	07:00 - 07:15	4098
11		Lapangan	07:20 - 07:35	4471
12		Kelas	07:40 - 07:55	4298
13		Gerbang	13:00 - 13:15	4068
14		Lapangan	13:20 - 13:35	3972
15		Kelas	13:40 - 13:55	3656
16		Gerbang	16:00 - 16:15	4175
17		Lapangan	16:20 - 16:35	4374
18		Kelas	16:40 - 16:55	4337
19	Rabu	Gerbang	07:00 - 07:15	4114
20		Lapangan	07:20 - 07:35	4472
21		Kelas	07:40 - 07:55	4300
22		Gerbang	13:00 - 13:15	3815
23		Lapangan	13:20 - 13:35	3881
24		Kelas	13:40 - 13:55	4032
25		Gerbang	16:00 - 16:15	4350
26		Lapangan	16:20 - 16:35	4381
27		Kelas	16:40 - 16:55	4173

Data dari hasil pengamatan kadar CO dengan alat rancangan dapat menghasilkan data harian yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Data Harian} = \frac{\text{mean CO1} + \text{mean CO2} + \text{mean CO3}}{3}$$

Dengan ketentuan *mean CO1* = rata-rata CO di gerbang, *mean CO2* = rata-rata CO di lapangan, dan *mean CO3* = rata-rata CO di kelas.

Berdasarkan perhitungan data dari Tabel 4. di atas, didapatkan data CO harian Sabtu adalah $3620 \mu\text{g}/\text{m}^3$, data CO harian Senin adalah $4161 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan data CO harian Rabu adalah $4169 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan demikian, data CO rata-rata selama tiga hari penelitian adalah $3983 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.7 Pengujian Parameter Debu

Pengujian yang dilakukan ini adalah mengamati kadar debu yang dihasilkan oleh alat yang telah dirancang dengan menggunakan sensor Sharp GP2Y1010AU0F. Hasil pengujian parameter debu alat ini ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Pengujian Parameter Debu

No.	Hari	Lokasi	Waktu	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Sabtu	Gerbang	07:00 - 07:15	87,72
2		Lapangan	07:20 - 07:35	85,96
3		Kelas	07:40 - 07:55	86,45
4		Gerbang	13:00 - 13:15	100,73
5		Lapangan	13:20 - 13:35	104,13
6		Kelas	13:40 - 13:55	105,87

7		Gerbang	16:00 - 16:15	187,07
8		Lapangan	16:20 - 16:35	195,59
9		Kelas	16:40 - 16:55	193,04
10	Senin	Gerbang	07:00 - 07:15	58,23
11		Lapangan	07:20 - 07:35	61,79
12		Kelas	07:40 - 07:55	57,90
13		Gerbang	13:00 - 13:15	68,87
14		Lapangan	13:20 - 13:35	65,71
15		Kelas	13:40 - 13:55	63,57
16		Gerbang	16:00 - 16:15	58,31
17		Lapangan	16:20 - 16:35	59,70
18		Kelas	16:40 - 16:55	59,74
19	Rabu	Gerbang	07:00 - 07:15	58,05
20		Lapangan	07:20 - 07:35	61,55
21		Kelas	07:40 - 07:55	60,38
22		Gerbang	13:00 - 13:15	64,89
23		Lapangan	13:20 - 13:35	68,92
24		Kelas	13:40 - 13:55	67,21
25		Gerbang	16:00 - 16:15	60,87
26		Lapangan	16:20 - 16:35	59,20
27		Kelas	16:40 - 16:55	63,93

Data dari hasil pengamatan kadar debu dengan alat rancangan dapat menghasilkan data harian yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Data Harian} = \frac{\text{mean debu}_1 + \text{mean debu}_2 + \text{mean debu}_3}{3}$$

Dengan ketentuan mean debu_1 = rata-rata debu di gerbang, mean debu_2 = rata-rata debu di lapangan, dan mean debu_3 = rata-rata debu di kelas.

Berdasarkan perhitungan data dari Tabel 5 di atas, didapatkan data debu harian Sabtu adalah $127,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, data debu harian Senin adalah $61,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan data debu harian Rabu adalah $62,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan demikian, data debu rata-rata selama tiga hari penelitian adalah $83,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat diambil kesimpulan bahwa rancangan sistem monitoring kualitas udara polutan gas CO dan debu dapat memberikan peringatan dini buruknya kualitas udara, sehingga masyarakat di sekitar lokasi peletakan alat dapat lebih waspada dan mengurangi aktivitas di lingkungan tersebut. Data kualitas udara yang didapat dari sensor dapat ditampilkan secara real-time melalui smartphone android. Data kualitas udara yang didapat dari sensor dan tersimpan di server dapat ditampilkan pada aplikasi berbasis web dan smartphone android. Berdasarkan penelitian kualitas udara selama tiga hari di didapatkan hasil rata-rata suhu $29,18^\circ\text{C}$, kelembaban $80,01\%$, CO $3983 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan debu $83,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan Permen LHK No. 14 Tahun 2020 tentang ISPU, kadar CO tersebut termasuk dalam kategori baik, dan kadar debu tersebut termasuk dalam kategori sedang.

REFERENCES

- [1] H. Setya et al., "Balancing Robot Roda Dua dengan Metode Rule base Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Balanc. Robot Roda Dua dengan Metod. Rule base Berbas. Mikrokontroler Arduino*, vol. 11, no. 1, pp. 7–11, 2018.
- [2] T. V. Damayanti and R. E. Handriyono, "Monitoring Kualitas Udara Ambien Melalui Stasiun Pemantau Kualitas Udara Wonorejo, Kebonsari Dan Tandes Kota Surabaya," *Environ. Eng. J. ITATS*, vol. 2, no. 1, pp. 11–18, 2022.
- [3] Y. Aprianto, N. Nurhasanah, and I. Sanubary, "Prediksi Kadar Particulate Matter (PM10) untuk Pemantauan Kualitas Udara Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Studi Kasus Kota Pontianak," *Positron*, vol. 8, no. 1, p. 15, 2018.
- [4] Ansori, "PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR 1077/MENKES/PER/V/2011 Title No Title," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, vol. 3, no. April, pp. 49–58, 2015.
- [5] R. D. Ratnani, "Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel," *Momentum*, vol. 4, no. 2, pp. 27–32, 2008.
- [6] A. Sabiq, N. Nurmaya, T. Alfarisi, and Y. A. Pratama, "Purwarupa Sistem Pemantauan Kualitas Udara dan Cuaca Melalui Web Berbasis Wireless Sensor Network," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.)*, vol. 6, no. 2, pp. 248–257, 2017.
- [7] G. C. Rumampuk, V. C. Poekoel, and A. M. Rumagit, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 11–18, 2021.
- [8] J. M. S. Waworundeng and O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara dalam Ruang dengan Platform IoT," *CogITo Smart J.*, vol. 4, no. 1, p. 94, 2018.
- [9] H. Subagiyo, R. Tri Wahyuni, M. Akbar, and F. Ulfa, "Rancang Bangun Sensor Node untuk Pemantauan Kualitas Udara," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 18, no. 1, p. 72, 2021.
- [10] A. Oktaviani and Hustinawati, "Prediksi Rata-Rata Zat Berbahaya Di Dki Jakarta Berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara Menggunakan Metode Long Short-Term Memory," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 26, no. 1, pp. 41–55, 2021.
- [11] M. A. A. Razali, M. Kassim, N. A. Sulaiman, and S. Saaidin, "A ThingSpeak IoT on Real Time Room Condition Monitoring

- System,” 2020 IEEE Int. Conf. Autom. Control Intell. Syst. I2CACIS 2020 - Proc., no. June, pp. 206–211, 2020.
- [12] D. Lederman and W. F. Maloney, “R & D and Development,” *Sci. Technol.*, no. September, p. 38, 2004.
- [13] Y. Setiawan, H. Tanudjaja, and S. Octaviani, “Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik,” *TESLA J. Tek. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 175, 2019.
- [14] Y. Pranatha, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Internet of Things,” *reserchGate*, no. 1, pp. 26–27, 2020.
- [15] G. Kalaivani and P. Mayilvahanan, “Air Quality Prediction and Monitoring using Machine Learning Algorithm based IoT sensor- A researcher’s perspective,” *Proc. 6th Int. Conf. Commun. Electron. Syst. ICCES 2021*, 2021.
- [16] D. Parida, A. Behera, J. K. Naik, S. Pattanaik, and R. S. Nanda, “Real-time environment monitoring system using ESP8266 and thingspeak on internet of things platform,” *2019 Int. Conf. Intell. Comput. Control Syst. ICCS 2019*, no. Iccics, pp. 225–229, 2019.
- [17] M. Sadali, Y. K. Putra, L. Kertawijaya, and I. Gunawan, “Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT,” *Infotek J. Inform. dan Teknol.*, vol. 5, no. 1, pp. 11–21, 2022.
- [18] M. S. Meraz, M. G. J. Gutierrez, and I. M. Juarez, “Air Quality Monitoring in a Smart Campus,” *2020 IEEE Int. Smart Cities Conf. ISC2 2020*, 2020.