

SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DIJALAN RAYA MENGGUNAKAN *PLATFORM INTERNET OF THINGS* (*IOT*)

Abdul Rohit*, Aditya Pratama S.ST., M.T¹, Nurman Hariyanto S.ST., M.T²

¹⁾ Departement of, University/Institution, City, Country

²⁾ Departement of, University/Institution, City, Country

e-mail: firfirstauthor@email.com, secondauthor@email.com, thirdauthor@email.com

Received: xx month year – Revised: xx month year – Accepted: xx month year

ABSTRACT

Keberadaan udara merupakan faktor utama yang menunjang kelangsungan hidup manusia dan seluruh makhluk hidup. Namun, mutu udara yang buruk akibat polusi dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan. Pencemaran udara di kawasan perkotaan terutama disebabkan oleh aktivitas industri, transportasi, dan kebakaran hutan yang menghasilkan berbagai polutan, termasuk gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO). Tujuan dari studi ini adalah untuk mengembangkan sistem berbasis IoT guna memantau kualitas udara dengan mengukur tingkat karbon monoksida (CO) yang terdapat di lingkungan jalan raya dengan memanfaatkan Wemos D1 R1 dan sensor MQ-7. Penelitian ini menjelaskan langkah-langkah dari analisis persyaratan hingga desain, pengembangan, dan pengujian sistem menggunakan teknik Waterfall. Teknologi ini dirancang untuk memberikan informasi kepada publik tentang kadar CO dan untuk terus memantau kualitas udara. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dibuat dapat memantau dan memberikan informasi mengenai kualitas udara secara efektif dan efisien, memberikan solusi inovatif dalam pemantauan udara, serta memberi manfaat dalam upaya menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan..

Kata Kunci: Gas Monoksida, internet of things, sistem monitoring, wemos d1 r1, mq-7.

I. PENDAHULUAN

Udara bersih merupakan salah satu komponen vital dalam menunjang keberlangsungan hidup makhluk hidup di bumi. Komposisi udara terdiri atas berbagai unsur gas seperti oksigen, nitrogen, karbon dioksida, serta senyawa lain yang keberadaannya sangat bergantung pada kondisi suhu, tekanan, dan lingkungan sekitar [1]. Dalam konteks perkotaan, polusi udara menjadi ancaman serius yang disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti industri, transportasi, serta kebakaran hutan, yang secara langsung memengaruhi kualitas udara [2].

Salah satu gas pencemar yang sangat berbahaya dan sulit terdeteksi secara inderawi adalah karbon monoksida (CO). CO merupakan gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa, namun sangat beracun jika terhirup dalam waktu yang lama [3]. Sumber utama gas CO berasal dari hasil pembakaran tidak sempurna, seperti emisi kendaraan bermotor dan asap pabrik. Ketersediaan alat untuk mendeteksi kadar CO di udara menjadi sangat penting dalam rangka melindungi kesehatan masyarakat.

Di Kota Pontianak, sistem pemantauan kualitas udara telah diterapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) melalui penggunaan Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU). Hasil pemantauan menunjukkan bahwa kualitas udara di Pontianak umumnya berada dalam kategori “Baik”, dengan nilai ISPU sebesar 25 AQI dan PM2.5 sebesar 7 µg/m³. Namun demikian, sistem pemantauan tersebut masih memiliki keterbatasan, antara lain keterbatasan cakupan wilayah serta akses data real-time yang hanya dapat diperoleh melalui lokasi SPKU tertentu [4].

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang Internet of Things (IoT), membuka peluang besar untuk mengembangkan sistem monitoring udara yang bersifat portabel, terjangkau, dan mampu menyajikan data secara real-time. IoT memungkinkan integrasi antara sensor gas, mikrokontroler, penyimpanan cloud, dan perangkat aplikasi untuk memberikan informasi secara langsung kepada

pengguna. Dalam konteks ini, pemanfaatan sensor MQ-7 untuk mendeteksi konsentrasi gas CO, mikrokontroler Wemos D1 R1 sebagai pengolah data, dan Firebase sebagai media penyimpanan cloud, memungkinkan pembangunan sistem monitoring udara yang efisien dan dapat diakses masyarakat melalui perangkat Android.

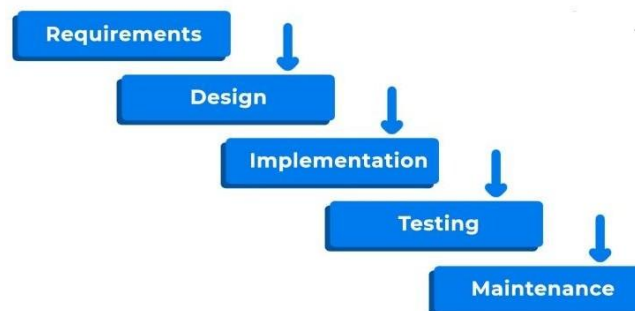
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang mampu memantau konsentrasi gas karbon monoksida (CO) secara real-time, serta menyampaikan informasi tersebut kepada masyarakat secara langsung melalui aplikasi Android..

II.METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga November 2024. Rangkaian kegiatan meliputi penentuan topik, survei lokasi, pelaksanaan penelitian, hingga penyusunan laporan. Lokasi penelitian dipilih di persimpangan Jalan Pahlawan, Kota Pontianak, berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang menyatakan bahwa wilayah tersebut rawan kemacetan dan berpotensi menurunkan kualitas udara..

B. Metode *Waterfall*



Gambar 1.

Metode waterfall, pendekatan tahap demi tahap yang berurutan terhadap SDLC, digunakan dalam penelitian ini. Tahapan utama dalam pendekatan waterfall dalam rekayasa software terdiri dari tahap analisis kebutuhan, perancangan, penerapan, pengujian, dan pemeliharaan sistem.

1. Analisis Kebutuhan

Perangkat Keras: Wemos D1 R1 sebagai mikrokontroler, sensor MQ-7 untuk deteksi gas CO, serta kabel jumper sebagai penghubung.

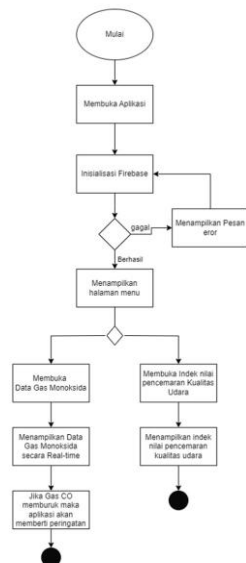
Perangkat Lunak: Arduino IDE, Visual Studio Code (VSC), Platform IO, Firebase Realtime Database, dan Flutter SDK untuk pengembangan aplikasi Android.

Kebutuhan Fungsional: Sistem dirancang untuk memantau gas CO secara real-time, menampilkan informasi ISPU, memberikan notifikasi jika kadar CO tinggi, serta menyimpan data ke Firebase.

2. Desain Sistem

Flowchart diagram

Diagram proses yang juga dikenal sebagai bagan alir merupakan representasi visual yang memperlihatkan keputusan serta langkah-langkah yang harus dilaksanakan untuk mengeksekusi suatu proses pengaplikasian. Tiap proses direpresentasikan secara visual dan saling terhubung melalui garis atau panah sebagai indikator alur kerja. Berikut flochart diagram aplikasi pada gambar 2.

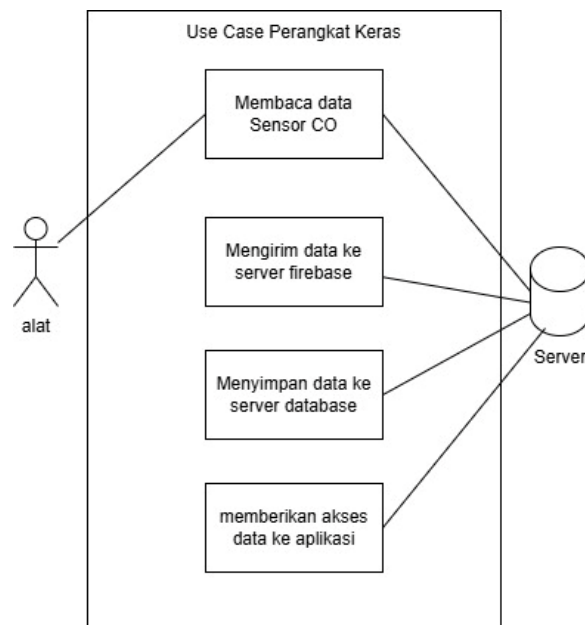


Gambar 2.

Gambar flowchart menggambarkan alur proses kerja sistem aplikasi pemantauan kualitas udara berbasis IoT. Proses diawali dari pengguna yang membuka aplikasi, kemudian dilakukan inisialisasi koneksi ke Firebase. Apabila proses inisialisasi berhasil, aplikasi akan menampilkan halaman menu utama. Pada tahap ini, pengguna dapat memilih untuk melihat data gas monoksida atau indeks pencemaran kualitas udara. Sistem akan menampilkan informasi secara real-time, dan apabila terdeteksi bahwa kadar gas CO berada pada level yang membahayakan, aplikasi secara otomatis akan memberikan peringatan.

Use case diagram

Saat mengembangkan perangkat lunak atau sistem informasi, salah satu taktik yang digunakan untuk memenuhi persyaratan fungsional sistem yang diusulkan adalah use case diagram . Interaksi ditampilkan dalam urutan yang jelas dalam grafik use case. Berikut use case perangkat keras pada gambar 3.

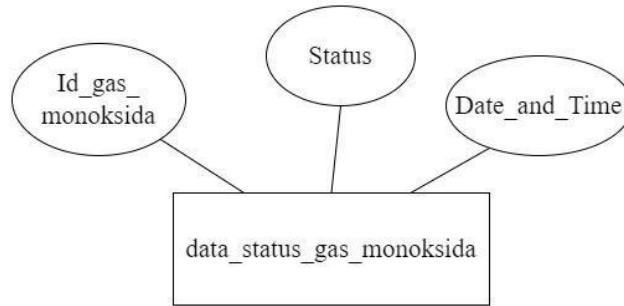


Gambar .3

Entity Relantionship Diagram

Dalam pemodelan data, ERD adalah diagram yang menunjukkan hubungan antara berbagai hal dalam basis data. Dengan menampilkan entitas, properti, dan hubungan di antara semuanya, ERD memfasilitasi desain dan administrasi struktur basis data. Diagram Hubungan Entitas untuk sistem

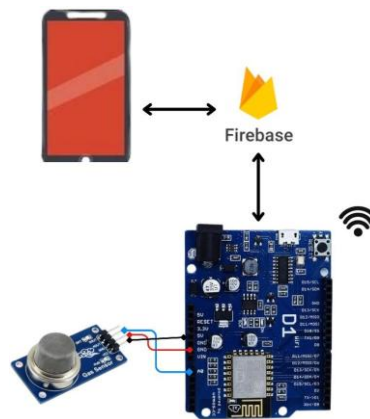
pemantauan kualitas udara dan pencatatan data jalan raya ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4.

Rangkaian Perangkat:

Rangkaian perangkat atau device chain adalah susunan di mana beberapa perangkat terhubung secara berurutan atau dalam jaringan untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Dengan adanya rangkaian ini, perangkat-perangkat tersebut dapat berinteraksi dan bekerja sama dalam melaksanakan fungsi atau tugas yang diinginkan. Berikut gambar 5.



Gambar 5.

Sistem untuk mendeteksi karbon monoksida digambarkan pada tata letak perangkat di atas. Sensor Mq-7 dihubungkan ke Wemos D1 sssr1 melalui pin menggunakan kabel jumper, lalu mengirim data deteksi tersebut ke platform cloud Firebase, dan Firebase akan menampilkan data gas monoksida ke aplikasi.

3. Implementasi

Implementasi Aplikasi Sistem Monitoring Logging Kualitas Udara

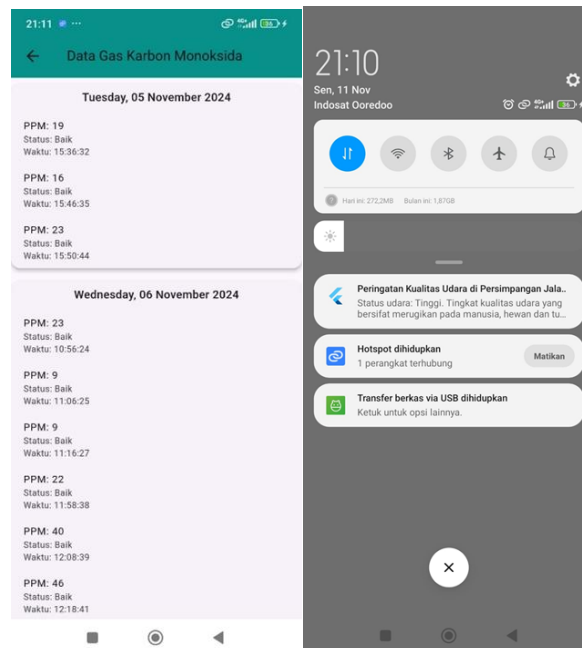
Aplikasi ini dibagi menjadi 3 halaman yang terdiri dari halaman Menu Home, halaman Data gas monoksida dan halaman Indeks nilai pencemaran udara. Berikut tampilan menu home pada gambar 6.



Gambar 6.

Menu Home di aplikasi Gas Monoksida ini berfungsi sebagai tampilan utama yang menampilkan data terbaru tentang kualitas udara di lokasi yang dipantau. Pengguna dapat melihat informasi penting seperti:

Tingkat konsentrasi Gas CO, Status kualitas udara, Waktu pembaruan data dan Notifikasi.
Halaman Aktivitas Data Gas Monoksida dan notifikasi



Gambar 7.

Tampilan data pada halaman Gas Monoksida disusun menggunakan *widget ListView* yang menampilkan informasi dari database Firestore secara real-time. Data ini mencakup tingkat konsentrasi karbon monoksida dalam satuan parts per million (ppm), status kualitas udara, serta waktu pengambilan data.

Halaman Indeks Nilai Pencemaran Kualitas Udara

Pada halaman Indeks Nilai Pencemaran Kualitas Udara atau ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara), aplikasi menampilkan tabel atau daftar yang berisi informasi mengenai kategori kualitas udara beserta tingkatannya, yang dapat digunakan untuk memahami kondisi udara saat ini. Tampilan ini dibuat sebagai referensi bagi pengguna agar dapat mengetahui dampak kualitas udara bagi kesehatan pada rentang nilai tertentu.

The image is a screenshot of a mobile application screen titled 'Indeks Nilai Pencemaran Udara'. It displays a table with three columns: 'Indeks', 'Kategori', and 'Penjelasan'. The table contains five rows of data representing different air quality index ranges and their corresponding health impacts.

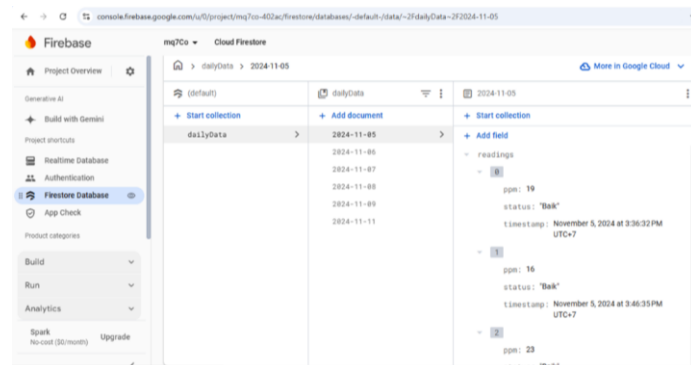
Indeks	Kategori	Penjelasan
1-50	Baik	Tingkat kualitas udara ya memberikan efek negatif
51-100	Sedang	Tingkat kualitas udara mi kesehatan manusia, hewi
101-200	Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara ya manusia, hewan dan tumi
201-300	Sangat Tidak Sehat	Tingkat kualitas udara ya kesehatan pada sejumlah
>300	Berbahaya	Tingkat kualitas udara ya serius pada populasi dan

Gambar 8.

Implementasi Sistem Firebase

Aplikasi ini menggunakan layanan Firebase Database untuk pengolahan dan menyimpan data terkait status udara. Database yang digunakan pada aplikasi ini adalah Firebase Cloud firestore berfungsi sebagai tempat penyimpanan data secara real-time. Pada Cloud Firestore, menggunakan koleksi utama yaitu "dailydata". Didalam koleksi tersebut ada beberapa dokumen dengan Id waktu pengambilan data

saat alat di nyalakan. Setiap dokumen harian, terdapat Field bernama Readings yang bertipe Array. Array readings ini berisi beberapa objek menyimpan data satu kali pengukuran kualitas udara. Setiap pengukuran dilambangkan dengan indeks array yang berbeda, seperti, “0“, “1“, “2“, dan seterusnya, untuk menyimpan pengukuran pada waktu yang berbeda dalam satu hari.



Gambar 9.

Implementasi Rangkaian Perangkat Keras

Implementasi rangkaian perangkat keras merujuk pada proses merancang, membangun dan mengoperasikan komponen-komponen fisik yang saling terhubung dalam sebuah sistem perangkat keras. Pada aplikasi gas monoksida menggunakan komponen utama Mikrokontroler Wemos D1 R1, sensor Mq-7 dan kabel jumper.



Gambar 10.

Gambar diatas menampilkan maka diperoleh rincian rangkaian perangkat keras sistem monitoring logging kualitas udara di jalan raya menggunakan platform iot sebagai berikut:

Mikrokontroler Wemos D1 R1 dihubungkan ke laptop atau Power Bank menggunakan USB untuk memantau proses debugging, Mq-7 dihubungkan ke wemos melalui setiap pin yang digunakan , Pin VCC (Mq-7) di hubungkan ke 5V pada wemos menggunakan kabel jumper warna kuning, Pin GND (Mq-7) di hubungkan ke GND pada wemos menggunakan kabel jumper warna oren, Pin AO (Mq-7) di hubungkan ke AO pada wemos menggunakan kabel jumper warna merah.

4. Pengujian

Setelah semua komponen terpasang, komponen-komponen tersebut kemudian diintegrasikan menjadi satu sistem utuh. Setelah itu, sistem terintegrasi ini melewati proses pengujian ketat yang dikenal sebagai "pengujian sistem" untuk memastikan setiap bagian berfungsi sebagaimana mestinya dan memenuhi persyaratan dan spesifikasi. Pengujian software pada smartphone Android adalah proses untuk memastikan bahwa aplikasi Android memenuhi seluruh fungsi dan fitur yang telah ditentukan dalam dokumen kebutuhan fungsional. Untuk menilai persyaratan fungsional aplikasi Android, pengujian dilakukan dengan memanfaatkan teknik pengujian *Blackbox Testing*. Berikut ini adalah hasil pengujian software aplikasi Gas Monoksida pada smartphone Android dan

Tabel 1 pengujian software aplikasi.

No	Kasus Pengujian	Input	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Monitoring Gas Co	Tekan Icon Gas Co pada Aplikasi	Menampilkan Status Data Gas Co pada Aplikasi	Status Gas Co Berhasil ditampilkan	Berhasil
2	Menampilkan Nilai ISPU di aplikasi	Tekan Icon ISPU pada Aplikasi	Menampilkan keterangan Nilai ISPU pada Aplikasi	Berhasil ditampilkan	Berhasil
3	Integrasi Firebase Firestore	-	Riwayat Status Gas Co Disimpan	Riwayat Status Gas Co berhasil disimpan	Berhasil
4	Notifikasi Status Gas Co	-	Aplikasi Mengirim Notifikasi Status Gas Co	Notifikasi Status Gas Co berhasil dikirimkan	Berhasil

Tabel 2 Pengujian perangkat keras

No	Kasus Pengujian	Input	Hasil yang diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Pembacaan Status Data dari Sensor Mq-7	status data dikirim ke firestore	Status Data Gas Co pada firestore terbaca	Status Gas Co berhasil dibaca	Berhasil
2	Koneksi Wi-Fi	-	Microkontroler Wemos d1 r1 terhubung ke jaringan Wi-Fi	Microkontroler wemos berhasil terhubung ke jaringan wifi	Berhasil
3	Pembacaan Data dari Firestore	-	firestore menerima data dari microkontroler wemos dan mq 7	Data berhasil ditambahkan ke Firestore	Berhasil

III.HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembacaan data dari keseluruhan alat ini dilakukan untuk mengetahui aplikasi sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Proses pengambilan data ini dilakukan secara langsung di Persimpangan jalan Pahlawan. Dilakukan dalam rentang 3 hari pada tanggal 21 November 2024 – 23 November 2024. Data yang diperoleh berupa keluaran nilai ppm yang terbaca dari sensor yang disimpan di *Firestore Cloud Database* dalam bentuk file dengan format Json , dimana terdapat keterangan nilai ppm, status dan waktu secara detail mulai dari bulan , tanggal , tahun, jam hingga detik. Hasil yang diperoleh pada pengukuran data gas CO telah di buat dalam tabel 3.

Tabel 3 hasil pengukuran data gas CO

Tanggal	Waktu Pembacaan Sensor	Gas Co	Status
Kamis 21 November 2024	12.23.51	21 ppm	Baik
	12.33.03	20 ppm	Baik
	12.43.36	24 ppm	Baik
	12.53.18	20 ppm	Baik
	13.03.20	24 ppm	Baik
	13.13.47	22 ppm	Baik
	13.23.38	23 ppm	Baik
	13.43.36	24 ppm	Baik
	13.53.37	25 ppm	Baik
	14.03.50	24 ppm	Baik
Jumat 22 November 2024	09.48.04	20 ppm	Baik
	09.58.06	23 ppm	Baik
	10.08.08	22 ppm	Baik
	10.18.57	24 ppm	Baik
	10.28.12	24 ppm	Baik

	10.38.09	21 ppm	Baik
	10.48.29	19 ppm	Baik
	10.58.42	16 ppm	Baik
	11.08.37	8 ppm	Baik
	11.18.56	14 ppm	Baik
	11.28.15	24 ppm	Baik
	11.38.01	19 ppm	Baik
	12.21.36	21 ppm	Baik
	12.31.27	19 ppm	Baik
	12.41.13	24 ppm	Baik
	12.51.57	27 ppm	Baik
	13.01.35	56 ppm	Sedang
	13.11.49	31 ppm	Baik
Sabtu 23 November 2024	12.04.01	23 ppm	Baik
	12.14.03	22 ppm	Baik
	12.24.06	18 ppm	Baik
	12.34.07	22 ppm	Baik
	12.44.09	22 ppm	Baik
	12.54.12	31 ppm	Baik
	13.04.14	22 ppm	Baik
	13.14.17	18 ppm	Baik
	13.24.19	22 ppm	Baik
	13.34.21	26 ppm	Baik
	13.44.23	18 ppm	Baik
	13.54.26	21 ppm	Baik
	14.04.28	12 ppm	Baik
	14.14.30	21 ppm	Baik

Uraian temuan pengukuran menggunakan sensor MQ-7 di persimpangan Jalan Pahlawan, konsentrasi gas karbon monoksida (CO) menunjukkan perubahan yang bervariasi tergantung waktu pengukuran. Secara keseluruhan, gas CO berada dalam kategori Baik (di bawah 50 ppm), yang mencerminkan gas CO yang aman dan memiliki dampak minimal terhadap kesehatan dan lingkungan sekitar. Namun, terdapat beberapa pengecualian kecil pada waktu-waktu tertentu, pada tanggal 22 November 2024, ketika gas CO meningkat, mencapai 56 ppm, yang masuk kedalam kategori Sedang . Peningkatan gas CO ini dipengaruhi oleh meningkatnya jumlah kendaraan yang melintas di persimpangan jalan pahlawan, yang menyebabkan emisi gas karbon monoksida yang lebih tinggi, terutama saat terjadi kemacetan.

Pada tanggal 21 November 2024, pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi gas CO tetap stabil dalam kategori Baik, dengan nilai antara 20 ppm hingga 25 ppm. Tidak ada lonjakan yang mencolok, yang menunjukkan bahwa lalu lintas berjalan lancar dan emisi karbon monoksida relatif rendah sepanjang hari tersebut.

Pada tanggal 22 November 2024, gas CO sebagian besar berada dalam kategori Baik hingga pukul 13:01:35, sebelum akhirnya meningkat menjadi 56ppm, yang masuk dalam kategori Sedang. Peningkatan ini kemungkinan besar disebabkan oleh kepadatan lalu lintas di persimpangan jalan pahlawan tersebut pada siang hari. Setelah itu, konsentrasi gas CO kembali turun ke kategori Baik, menandakan bahwa kondisi lalu lintas di jalan pahlawan kembali stabil.

Pada tanggal 23 November 2024, hasil pengukuran menunjukkan gas CO yang tetap berada dalam kategori Baik, dengan konsentrasi tertinggi mencapai 31 ppm. Konsentrasi yang tetap stabil ini menunjukan bahwa pada hari tersebut, jumlah kendaraan di persimpangan jalan pahlawan tersebut lebih sedikit. Sehingga gas monoksida tetap pada taraf yang kecil.

IV.KESIMPULAN

Menurut temuan studi, perangkat monitoring kualitas udara berbasis IoT yang dirancang untuk pemantauan kualitas udara di jalan raya telah berhasil diimplementasikan secara efektif dan efisien. penggunaan Wemos D1 R1 yang dijadikan tempat pemrosesan data dari sensor MQ-7 yang mendeteksi gas monoksida (CO) berhasil memberikan sistem yang dapat memantau kualitas udara dengan langsung. Di sisi lain, program ini juga berhasil menyampaikan informasi kualitas udara kepada masyarakat, mengenai risiko kesehatan akibat gas monoksida (CO). Demikian, penelitian ini berhasil memberikan solusi inovatif dalam memantau kualitas udara dan menyampaikan informasi yang berguna kepada masyarakat.

REFERENSI

- [1] Dewi, Windy Cintya, Mursid Raharjo., & Nur Endah Wahyuningsih (2021). Literatur Review: Hubungan Antara Kualitas Udara Ruang Dengan Gangguan Kesehatan Pada Pekerja. Journal: Kesehatan Masyarakat, 8(1), 88-9.
- [2] Mulyawan, Rifqi. (2023). "IOT: Pengertian, Apa itu Internet of Things? Definisi Menurut Ahli, Sejarah, Prinsip, Kelebihan dan Kekurangannya!."
- [3] Prakoso, Alvian Dafa., & Theophilus Wellem. (2022). Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot Menggunakan Wemos D1 Mini dan Android. Journal: Building Of Informatics, Technology and Science, 4(3), 1246-1254.
- [4] Putra, Dedi Purwa, Eti Sulandari., & Said (2022). Analisis Hubungan antara kemacetan dan Polusi Udara di Jalan Sultan Abdurrahman Pontianak. Journal Artikel