

Article history

Received July 20, 2022

Accepted February 15, 2023

RANCANG BANGUNG SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS WEB MEMANFAATKAN MQ-135 DAN ARDUINO**Aan Saputra, Diana**

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bina Darma

email: aanra_marabes@gmail.com¹⁾, diana@binadarma.ac.id²⁾**Abstrak**

Kualitas udara yang baik sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup. Pencemaran udara dapat berdampak buruk bagi kesehatan. Tidak ada informasi dan pengetahuan tentang kualitas udara menyebabkan kita sering mengabaikan permasalahan ini. Sebuah aplikasi yang dapat memberikan informasi berupa ambang batas baik dan buruk dari kualitas udara dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan pencegahan terhadap dampak buruk kualitas udara. Penelitian ini telah mengembangkan sebuah aplikasi monitoring kualitas udara berbasis WEB memanfaatkan MQ-135 dan Arduino. Pada prinsipnya alat ini bekerja dengan inputan dari sensor udara MQ-135 kemudian hasil dari inputan sensor akan dikirim ke mikrokontroler arduino untuk dioleh sesuai program yang dibuat, kemudian inputan yang telah diolah di arduino akan di tampilkan disebuah laman web melalui koneksi jaringan yang terhubung melalui modul nodeMCU ESP8622 sehingga hasil yang ditampilkan dapat dilihat oleh pengguna. Pengujian aplikasi dilakukan sebanyak 4 kali uji coba untuk mengukur besaran kadar CO₂ di udara berdasarkan jarak alat dengan sumber polutan dan arah angin. Hasil pengujian dan realtime pengukuran kadar polutan udara dapat di tampilkan dilaman web sehingga dapat diakses oleh pengguna. Berdasarkan hasil ujicoba diperoleh fakta bahwa nilai kadar CO₂ tertinggi terjadi pada saat jarak sumber polutan dengan alat sejauh 1 meter dan arah angin dari sumber polutan ke alat. Hal ini menunjukkan bahwa alat monitoring berhasil bekerja dengan baik.

Kata Kunci: Monitoring, Kualitas Udara, Berbasis WEB, MQ-135, Arduiono**Abstract**

Good air quality is needed by all living things. Air pollution can be bad for health. The absence of information and knowledge about air quality causes us to often ignore this problem. An application that can provide information in the form of good and bad thresholds of air quality can be used as a reference for preventing the adverse effects of air quality. This research has developed using the MQ-135 and Arduino. In principle, this tools works with the input from the MQ-135 air sensor then the results of this sensor will be sent to the Arduino microcontroller to be obtained according to the program created to then be displayed on a web page via a network connection conneted via the ESP8622 nodeMCU module so that the displayed results can be seen to the user. Application testing was carried out 4 time to measure the amount of CO₂ level in the air based on the distance between the tool and the pollutant source dan wind direction. Test results and real time measurement of air pollutant levels can be displayed on the web so that it can be accessed by user. Based on the test results, it was found that the highest CO₂ levels occurred when the pollutant source was 1 meter away from the pollutance source and the wind direction from the pollutant source to the tool. This shows thad the monitoring tool is working properly.

Keywords: Monitoring, Air Quality, WEB Based, MQ-135, Arduino

1. PENDAHULUAN

Polusi udara luar ruang merupakan ancaman utama bagi kesehatan masyarakat global yang membutuhkan partisipasi yang bertanggung jawab peneliti di semua tingkatan. Terjadi peningkatan dramatis pada jumlah publikasi dalam dekade terakhir [1]. Polusi udara sangat membahayakan secara akut dan kronis. *World Health Organization* menyatakan polusi udara merupakan *silent public health emergency* dengan lebih dari 90% populasi dunia menghirup udara beracun [2]. [3], Salah satu momok terbesar di zaman kita adalah polusi udara, karena tidak hanya berdampak terhadap perubahan iklim tetapi juga berdampak terhadap kesehatan masyarakat dan individu karena meningkatkan morbiditas dan mortalitas

Pencemaran udara dan penurunan kualitas udara di Indonesia disebabkan oleh oleh banyak hal. Negara kita memiliki banyak hutan dan lahan yang pada musim kemarau sangat rawan akan kebakaran hutan dan lahan sehingga menyebabkan kabut asap, selain itu juga perkembangan perkotaan yang semakin maju, pertumbuhan industri, penambahan jumlah kendaraan, aktifitas penambangan, limbah-limbah dan polusi dari asap pabrik juga turut mempengaruhi kualitas udara.. [4], Semua masyarakat agar tetap memperhatikan kondisi lingkungan dan penggunaan sarana transportasi. [5], Pemerintah serta masyarakat untuk bisa melakukan upaya/kegiatan yang menjaga kualitas udara.

Tanpa kita sadari permasalahan diatas menyebabkan berbagai penyakit serta mengganggu kesehatan manusia. [6], Himpunan Respirologi Indonesia pada konferensi pers tahun 2019 menyatakan bahwa polusi udara terburuk berdampak pada kesehatan manusia termasuk sistem pernafasan atau paru, sistem kardiovaskular, sistem serebrovaskular, risiko kanker serta kesehatan wanita dan anak. [7], Gas CO dihasilkan dari kendaraan bermotor, pembakaran sampah pertanian dan pembakaran limbah padat. Dampak peningkatan kadar CO dalam darah adalah CO dapat mengikat kadar oksigen dalam darah dan mengurangi pasokan oksigen ke seluruh tubuh yang dapat menyebabkan rasa pusing bahkan pingsan. [8], Faktor polusi udara tidak dapat diabaikan dalam penurunan fungsi paru pada Polantas. [9], Gas pencemaran udara memiliki dampak yang nyata terhadap kesehatan, hasil pemeriksaan gangguan pernapasan menunjukkan bahwa terdapat 68,4%

responden di wilayah Kalianak Surabaya mengalami penurunan fungsi paru. [10], Udara yang telah tercemar oleh zat-zat polutan bukan saja mempengaruhi kesehatan manusia tetapi seluruh makhluk hidup dan lingkungan juga akan terkena efek dari pencemaran udara tersebut. Pada manusia akan mengakibatkan penyakit berbahaya seperti gangguan pernapasan yang bisa mengakibatkan kematian. [11], Kualitas fungsi paru dan kualitas udara menjadi mutlak dalam menjaga kesehatan tubuh.

Tidak adanya sumber informasi dan pengetahuan tentang berbahayanya pencemaran udara dan buruknya kualitas udara menyebabkan manusia sering mengabaikan sehingga menjadi tidak peduli baik terhadap lingkungan maupun terhadap diri sendiri. Sebuah aplikasi yang dapat memberikan informasi berupa ambang batas baik dan buruk dari kualitas udara sehingga didapatkan sebuah hasil yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk melakukan pencegahan, perbaikan dan melakukan sesuatu agar tidak berdampak buruk terhadap kesehatan manusia. Dalam penelitian ini, penulis membangun sebuah aplikasi sebagai pemantau kualitas udara berbasis web memanfaatkan MQ-135 dan Arduino.

2. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan yang Digunakan

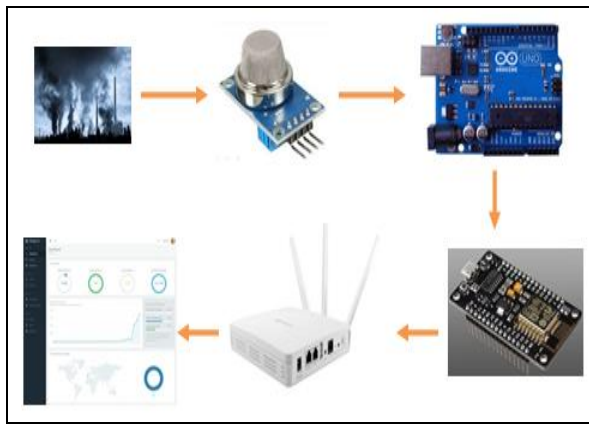
Penelitian ini membutuhkan peralatan berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). *Hardware* yang digunakan berupa laptop, *arduino uno kit*, *WIFI access*, sensor udara MQ-135 dan node MCU (ESP8266). *Software* yang digunakan berupa sketch arduino (ver. 1.8.7), browser dan Thingier.io

Tabel 1. Alat dan Kegunaan

Alat	Kegunaan
Laptop	Alat konfigurasi dan pemograman
Arduino Uno Kit	Alat untuk mengolah data sensor kualitas udara, didalam arduino uno kit ini sudah termasuk kabel, sensor, baterai dan alat pendukung lainnya.
Wifi Access	Penghubung alat yang dibuat dengan web
Sensor Udara MQ-135	Sensor pembaca kualitas udara
NodeMCU ESP8266	Penghubung akses jaringan dari arduino ke jaringan internet.
Sketch Arduino (ver.1.8.7)	Untuk pemograman data arduino
Browser	Membuka website untuk menampilkan hasil data dari alat yang dibuat.

Thingier.io	Platform <i>Internet of Things (IoT)</i> untuk menampilkan hasil data dari alat yang dibuat ke website.
-------------	---

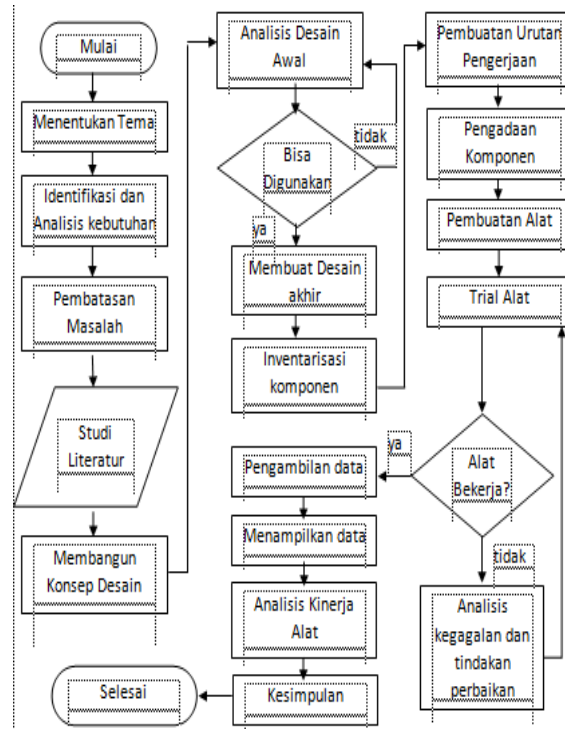
Integrasi *hardware* dan *software* dilakukan agar semua perangkat saling terhubung sehingga dapat menghasilkan keluaran sesuai harapan. Langkah yang dilakukan adalah menginstal *hardware* seperti sensor udara, mikrokontroler arduino, modul nodeMCU dan perangkat jaringan. Selanjutnya, melakukan pemrograman alat menggunakan *software* Sketch Arduino IDE. Pada laman web dilakukan setting *cloud service IoT* Thingier.io untuk dapat mengambil data dari kontroler untuk ditampilkan pada halaman WEB.



Gambar 1. Blok Diagram Alat Monitoring Kualitas Udara

B. Tahapan Pembuatan Sistem Monitoring

Tahapan penelitian menjelaskan tahapan-tahapan dalam membangun alat pemantau kualitas udara agar supaya alat ini dapat berfungsi sesuai harapan. Tahapan awal meliputi menentukan tema, identifikasi dan analisis kebutuhan, pembatasan masalah dan studi literatur. Dilanjutkan ke tahap perancangan meliputi membangun konsep desain, analisis desain awal, membuat desain akhir dan inventarisasi komponen. Selanjutnya ke tahap implementasi meliputi pembuatan urutan pengerjaan, pengadaan komponen dan pembuatan alat. Tahap terakhir adalah pengujian meliputi pengujian alat, analisis kegagalan dan tindakan perbaikan, pengambilan data dan analisis kinerja alat.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

C. Analisis Kinerja Alat

Analisis kinerja alat monitoring kualitas udara dilakukan dengan melakukan pengujian. Pada pengujian ini dilakukan 4 kali uji coba berdasarkan jarak alat dengan sumber polutan dengan memperhatikan arah angin. Adapun tahapan analisis kinerja alat adalah sebagai berikut :

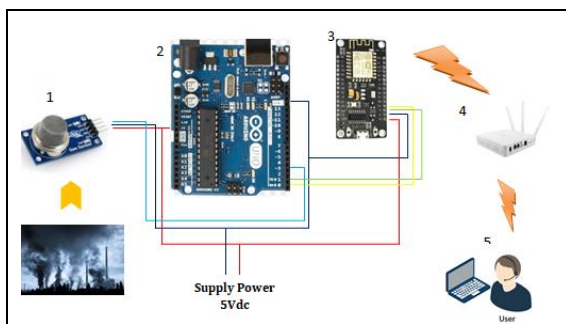
- 1) Alat akan diuji diluar ruangan.
- 2) Jarak antara alat monitoring dengan sumber polutan akan diuji dengan jarak 1 meter, 3 meter, 5 meter dan 10 meter
- 3) Setiap jarak akan diuji selama 10 menit dengan interval pengambilan data setiap 1 menit.
- 4) Pada menit ke-1 sampai ke-3 setiap jarak akan diuji dengan faktor angin dari sumber ke alat (S->A)
- 5) Pada menit ke-4 sampai ke-6 setiap jarak akan diuji dengan faktor angin dari alat ke sumber (A->S)
- 6) Pada menit ke-7 sampai ke-8 setiap jarak akan diuji dengan faktor angin Stabil (S)
- 7) Pada menit ke-9 sampai ke-10 setiap jarak akan diuji dengan faktor angin tidak tentu (TT)
- 8) Hasil dari monitoring akan dicatat sebagai bahan analisa

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Komponen yang saling terhubung pada sistem ini adalah sensor MQ-135, mikrokontroler Arduino, modul nodeMCU ESP8622, perangkat jaringan dan pengguna. MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia (NH₃), natrium-(di)oksida (NO_x), alkohol / ethanol (C₂H₅OH), benzena (C₆H₆), karbon dioksida (CO₂), gas belerang / sulfur-hidroksida (H₂S) dan gas - gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Pada sensor udara MQ-135 terdapat vin vcc dan gnd yang dihubungkan dengan sumber tegangan yang berfungsi untuk mengaktifkan sensor untuk kemudian dapat membaca keadaan udara yang ada disekitarnya. Data ini dikirimkan ke mikrokontroler arduino melalui vin Aout dalam bentuk perubahan tegangan.

Mikrokontroler arduino sering digunakan pada pemantauan suhu udara, [12] menggunakan Arduino UNO R3 pada sistem pemantauan suhu udara pendingin pada motor pompa pendingin utama di PTTGU Tanjung Priok. Pemantauan suhu yang ditampilkan melalui LCD dan GSM Sheild SIM900 akan dikirim Short Message Service (SMS) jika nilai suhu yang diukur melebihi setpoint yang ditentukan, data ini digunakan untuk menganalisa pompa air pendingin utama. Mikrokontroler arduino akan menerima inputan dari sensor melalui vin 3 kemudian akan diolah melalui program yang telah dibuat dengan software Sketch Arduino IDE. Kemudian data yang telah diolah akan ditransmisikan melalui modul nodeMCU ESP8622 ke jaringan melalui vin Rx dan Tx sehingga hasilnya dapat ditampilkan dilaman web dan bisa diakses oleh pengguna untuk mendapatkan informasi.



Gambar 3. Komponen Pendukung Utama Sistem Monitoring Kualitas Udara

Sensor udara, digunakan sebagai sensor pendekteksi gas yang terkandung diudara, kontaminasi gas yang terkandung didalam udara akan mempengaruhi resistor pada sensor dan akan meningkatkan tegangan yang dikirim ke kontroler untuk diolah dan diterjemahkan. Perangkat kontroler, pada perangkat ini semua data inputan yang masuk akan diolah sesuai dengan program yang sudah dibuat, dari hasil pengolahan akan dikirim dan akan menjadi sebuah output yang dapat ditampilkan. Perangkat koneksi jaringan, berfungsi sebagai penghubung antara kontroler dengan laman web sehingga hasil output dapat ditampilkan di laman web. Keluaran yang berupa hasil dari kontroler yang ditampilkan disebuah laman web dan dapat di lihat dan dimengerti oleh pengguna sebagai sebuah informasi. Antarmuka pengguna menggunakan *Cloud IoT Thinger.io* dan merancang, mencoba dan memperbaiki tampilan web yang akan dibuat. Terakhir pada tahap *Implementation* web antarmuka pengguna akan menampilkan informasi berupa informasi nilai, acuan nilai, keterangan, grafik nilai dan suggestion. Pada tampilan laman web atau antarmuka pengguna hasil monitoring ditampilkan secara *realtime* sesuai nilai yang dibaca oleh alat sensor monitoring.

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, konsentrasi gas yang dideteksi dalam ujicoba adalah konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) dengan satuan ppm (*part per milion*). Pengujian dilakukan dengan mendeteksi gas CO₂ dari asap kendaraan bermotor.

Berdasarkan *datasheet* yang diambil dari website Devidegironi Sensor MQ-135 dapat mendeteksi beberapa kandungan udara seperti karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), benzene, alkohol dan lainnya. Acuan untuk kalibrasi sensor MQ135 sesuai kebutuhan untuk mendeteksi kandungan udara dan nilai ppm nya. Nilai ppm diperoleh dari nilai rasio Rs/Ro, dimana Rs adalah nilai resistansi sensor dan Ro adalah tahanan sensor pada udara bersih. Persamaan untuk mencari nilai Rs adalah :

$$R_s = (V_c / V_{RL} - 1) \times R_L \quad (1)$$

Keterangan, nilai V_c adalah tegangan input untuk sensor MQ135, R_L adalah nilai tahanan pada MQ135 yaitu 10K dan V_{RL} adalah nilai tahanan pada R_L. Pada saat udara bersih rasio

bernilai 3,6 sehingga nilai Ro diperoleh menggunakan rumus,

$$Ro = Rs / 3,6 \tag{2}$$

Setelah nilai Rs dan Ro didapatkan selanjutnya dapat menghitung rasio dari sensor. Untuk menghubungkan nilai rasio dengan nilai ppm menggunakan persamaan logaritmik dibawah ini,

$$\text{Log}(y) = m * \text{log}(x) + b \tag{3}$$

y adalah rasio Rs dibagi Ro, x adalah ppm, m adalah kemiringan garis pada grafik dan b adalah titik persimpangan

Berdasarkan *datasheet* grafik karakteristik MQ135 dan *webplotdigitizer* [13], titik point CO2 adalah $x_1 = 14$, $x_2 = 30$, $y_1 = 2$, $y_2 = 1,5$. Menggunakan persamaan (3), diperoleh nilai $m = -0,377$ dan $b = 0,737$. Nilai ppm diperoleh menggunakan rumus,

$$\text{ppm} = (10^{(\text{log}10(\text{rasio}) - b) * m}) \tag{4}$$

```
// Mencari nilai ppm
VRL = sensor*(5.0/1023.0);
RS=((5.0/VRL)-1)*10;
RO=RS/3,6
If (RO>MAX) MAX = RO;
Serial.print("RO=");
Serial.println(MAX);
Delay(1000);
Ratio = RS/Ro; //rumus mencari ratio
ppm = pow*10,(log10(ratio)-b)*m;
```

Gambar 5. Coding Mencari Nilai ppm

Tampilan laman Web monitoring kualitas udara. ketika user mengakses laman web. Pada laman web tersebut pengguna akan mendapatkan informasi berupa nilai ppm kadar polutan diudara, keterangan kondisi udara saat itu, suggestion dan grafik perubahan kualitas udara.



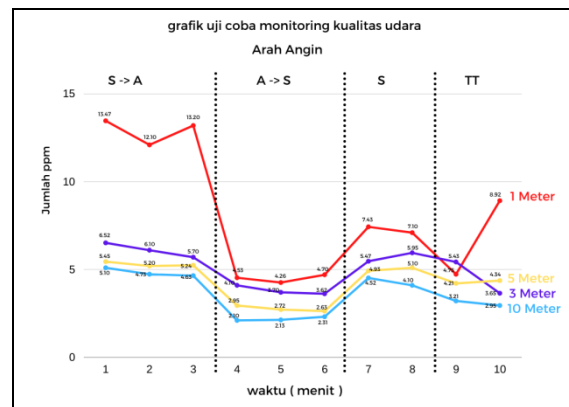
Gambar 6. Tampilan WEB Aplikasi Monitoring Kualitas Udara

Pada laman web informasi nilai ppm polutan di udara ditampilkan secara realtime dan setiap perubahan akan membentuk sebuah grafik. Pengujian alat monitoring kualitas udara ini dilakukan berdasarkan jarak dan arah angin.

Tabel 3. Hasil Ujicoba Aplikasi Monitoring Kualitas Udara Berdasarkan Jarak Polutan dan Arah Angin (Jarak 5 Meter dan 10 Meter)

Waktu (Menit)	Jarak dan Arah Angin							
	5 Meter				10 Meter			
	S->A	A->S	TT	S	S->A	A->S	TT	S
1	5.45				5.10			
2	5.20				4.73			
3	5.24				4.63			
4		2.95				2.10		
5		2.72				2.13		
6		2.63				2.31		
7			4.9				4.52	
8			5.1				4.10	
9				4.21				3.21
10				4.34				2.95

Setiap jarak diuji dengan faktor arah angin yaitu pada menit ke 1-3 dengan faktor angin Sumber ke Alat (S->A), pada menit ke 4-6 dengan faktor angin alat ke sumber (A->S), pada menit ke 7-8 dengan faktor angin Stabil(S) dan menit ke 9-10 dengan faktor angin tidak tentu (TT).



Gambar 7. Grafik Ujicoba Aplikasi Monitoring Kualitas Udara Berdasarkan Jarak dan Arah Angin

Pada pengujian menit ke-1 sampai menit ke-3 dengan faktor arah angin dari sumber ke alat pembacaan sensor monitoring terhadap polutan cukup tinggi terutama pada jarak 1 meter yaitu 13,57 ppm, 12,10 ppm dan 13,20 ppm tapi ketika jarak alat dengan sumber polutan di jauhkan pembacaan alat mengalami penurunan ini terlihat pada jarak 3 meter pembacaan alat monitoring hanya 6,52 ppm, 6,10 ppm, 5,70 ppm. Pada jarak 5 meter 5,45 ppm, 5,20 ppm dan 5,24 ppm kemudian pada jarak 10 meter hanya 5,10 ppm, 4,73 ppm dan 4,63 ppm.

Pada pengujian menit ke-4 sampai menit ke-6 dengan faktor arah angin dari alat ke sumber pembacaan sensor monitoring terhadap polutan mengalami penurunan yang cukup tinggi ini terlihat pada jarak 1 meter pembacaan alat monitoring hanya 4,53 ppm, 4,26 ppm dan 4,70 ppm sedangkan pada jarak 3 meter hanya 4,10 ppm, 3,70 ppm dan 3,62 ppm. Pada jarak 5 meter hanya 2,95 ppm, 2,72 ppm dan 2,63 ppm kemudian pada jarak 10 meter 2,10 ppm, 2,13 ppm dan 2,31 ppm.

Pada pengujian menit ke-7 dan ke-8 dengan faktor arah angin stabil pembacaan alat monitoring terhadap polutan cenderung tidak mengalami perubahan yang signifikan dari setiap jarak yang diuji ini terlihat pada jarak 1 meter pembacaan alat monitoring yaitu 7,54 ppm dan 7,10 ppm kemudian pada jarak 3 meter 5,47 ppm dan 5,95 ppm, kemudian pada jarak 5 meter 4,93 ppm dan 5,10 ppm, kemudian pada jarak 10 meter 4,52 ppm dan 4,10 ppm.

Pada pengujian menit ke-9 dan ke-10 dengan faktor arah angin tidak tentu pembacaan alat monitoring terhadap polutan mengalami perubahan yang fluktuatif ini terlihat pada jarak 1 meter 4,75 ppm dan 8,92 ppm, pada jarak 3 meter 5,43 ppm dan 3,65 ppm, pada jarak 5 meter 4,21 ppm dan 4,34 ppm kemudian pada jarak 10 meter 3,21 ppm dan 2,95 ppm.

Dari 4 tahap pengujian diatas dapat diartikan bahwa faktor arah angin dan jarak antara alat dengan sumber polutan mempengaruhi besarnya ppm pada pembacaan alat monitoring. Hasil pengujian dan realtime pengukuran kadar polutan udara dapat di tampilkan dilaman web sehingga dapat diakses oleh pengguna. Hasil ini bersesuaian dengan pendapat [14], Sistem pemantauan udara berbasis web memudahkan pengguna untuk mengakses informasi tersebut kapanpun dan dimanapun pengguna berada. Berdasarkan hasil ujicoba diperoleh fakta bahwa nilai kadar CO₂ tertinggi terjadi pada saat jarak sumber polutan dengan alat sejauh 1 meter dan arah angin dari sumber polutan ke alat. Hal ini menunjukkan bahwa alat monitoring berhasil bekerja dengan baik.

4. PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu :

- 1) Alat monitoring kualitas udara menggunakan MQ-135 dapat berfungsi dengan baik dan dapat merespon dan

medeteksi kadar polutan yang terkandung di udara.

- 2) Dalam pengukuran kadar polutan diruang terbuka sangat dipengaruhi oleh arah angin dan jarak antara alat monitoring dengan sumber polutan.
- 3) Alat monitoring yang dibuat bisa dijadikan prototype untuk dikembangkan lebih lanjut lagi.
- 4) Dalam menampilkan hasil pembacaan alat ke laman web respon waktu sedikit lebih lambat dipengaruhi kecepatan koneksi internet dan server IoT-nya.

5. REFERENSI

- [1] W. M. Sweileh, S. W. Al-Jabi, S. H. Zyoud, and A. F. Sawalha, "Outdoor air pollution and respiratory health: A bibliometric analysis of publications in peer-reviewed journals (1900 - 2017)," *Multidiscip. Respir. Med.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1186/s40248-018-0128-5.
- [2] mongabay, "Polusi Udara Pembunuh senyap di jabodetabek," *mongabay.co.id*, 2020. .
- [3] I. Manisalidis, E. Stavropoulou, A. Stavropoulos, and E. Bezirtzoglou, "Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review," *Front. Public Heal.*, vol. 8, no. February, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3389/fpubh.2020.00014.
- [4] D. R. Nurmaningsih, "Analisis Kualitas Udara Ambien Akibat Lalu Lintas Kendaraan Bermotor Di Kawasan Coyudan, Surakarta," *Al-Ard J. Tek. Lingkungan.*, vol. 3, no. 2, pp. 46–53, 2018, doi: 10.29080/alard.v3i2.336.
- [5] G. C. Angelia, R. H. Akili, S. S. Maddusa, F. Kesehatan, M. Universitas, and S. Ratulangi, "Analisis Kualitas Udara Ambien Karbon Monoksida (Co) Dan Nitrogen Dioksida (No2) Dibeberapa Titik Kemacetan Di Kota Manado," *Kesmas*, vol. 8, no. 6, pp. 378–387, 2019.
- [6] A. D. Susanto, "Air pollution and human health," *Med. J. Indones.*, vol. 29, no. 1, pp. 8–10, 2020, doi: 10.13181/mji.com.204572.
- [7] A. Gede Sugiarta, "Dampak Bising Dan Kualitas Udara Pada Lingkungan Kota Denpasar," *Bumi Lestari*, vol. 8, no. 2, pp. 162–167, 2008.

- [8] Sandra C, “Pengaruh Penurunan Kualitas Udara terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas Polwiltabes Surabaya,” *J. IKESMA*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2013.
- [9] A. Masito, “Risk Assessment Ambient Air Quality (NO₂ And SO₂) and The Respiratory Disorders to Communities in the Kalianak Area of Surabaya,” *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 10, no. 4, p. 394, 2018, doi: 10.20473/jkl.v10i4.2018.394-401.
- [10] J. Abidin, F. Artauli Hasibuan, K. Kunci, P. Udara, and D. Gauss, “Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara,” in *Prosiding SNFUR-4*, 2019, no. September, pp. 978–979.
- [11] R. Msy, “Polusi Udara dan Kesehatan,” *J. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 11, pp. 5–8, 2016.
- [12] R. S. Kharisma and A. Priati, “Sistem Pemantauan Suhu Udara Pendingin Pada Motor Pompa Pendingin Utama di PLTGU Tanjung Priok Menggunakan ARDUINO UNO R3,” *J. Ilm. DASI*, vol. 18, no. 2, pp. 7–12, 2017.
- [13] apps.automeris, “automaris.io,” *automeris*.
- [14] M. A. Sebayang, “Web Based Quality Air Monitor Station,” *J. Informatics Telecommun. Eng.*, vol. 1, no. 1, 2017.