

Design and Implementation of an Air Pollution Monitoring System in the Campus Area of Politeknik Negeri Lhokseumawe

Indrawati¹, Amir D^{2*}

¹Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer dan Politeknik Negeri Lhokseumawe. Lhokseumawe, 24301, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe. Lhokseumawe, 24301, Indonesia

Informasi Artikel

Diterima : 12 Mei 2025
Revisi : 13 Juni 2025
Publikasi : 20 Juni 2025

Kata Kunci:

Polution
Monitoring
MQ135
MQ7
Sensor

ABSTRAK

Pencemaran udara menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang berdampak langsung terhadap kesehatan manusia, terutama di lingkungan padat aktivitas seperti kawasan kampus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring pencemaran udara secara real-time di kawasan Politeknik Negeri Lhokseumawe. Sistem ini menggunakan sensor MQ135 dan MQ7 untuk mendeteksi kadar gas CO₂ dan CO di lingkungan indoor dan outdoor. Data sensor diproses menggunakan Rasbery dan disimpan dalam data base melalui jaringan WiFi serta ditampilkan melalui antarmuka aplikasi berbasis web untuk memudahkan pemantauan. Pengujian sistem dilakukan dengan mencatat pembacaan sensor dalam berbagai kondisi lingkungan selama interval waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan tingkat polusi antara lingkungan dalam dan luar ruangan, serta memberikan data yang relatif konsisten, stabil, akurat, valid dan logis serta responsif terhadap perubahan kualitas udara. Implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu pihak kampus dalam melakukan pemantauan dan pengendalian kualitas udara di lingkungan kampus secara efektif. Kadar CO₂ indoor kondisi normal adalah 400–800 ppm sedangkan MQ135 menunjukkan 325, hal ini berarti sistem monitoring dapat diterima dan masuk akal. Untuk CO kondisi normal <10 ppm, tetapi MQ7 analog bisa menunjukkan nilai relatif; jika naik turun sesuai tren, bisa diterima sebagai indikator relatif.

ABSTRACT

Air pollution is a significant environmental issue that directly affects human health, especially in high-activity areas such as university campuses. This study aims to design and implement a real-time air pollution monitoring system in the campus area of Politeknik Negeri Lhokseumawe. The system utilizes MQ135 and MQ7 gas sensors to detect CO₂ and CO levels in both indoor and outdoor environments. Sensor data are processed using a microcontroller and displayed through a web-based application interface to facilitate user-friendly monitoring. System testing was conducted by recording sensor readings in various environmental conditions over specific time intervals. The test results show that the system can distinguish pollution levels between indoor and outdoor settings and provides data that are relatively stable and responsive to changes in air quality. The implementation of this system is expected to support the campus in monitoring and managing air quality effectively. The normal indoor CO₂ level is 400–800 ppm while the MQ135 shows 325, which means the monitoring system is acceptable and reasonable. For CO the normal condition is <10 ppm, but the analog MQ7 can show relative values; if it goes up and down according to the trend, it can be accepted as a relative indicator.

This is an open-access article under the [CC BY-SA](#) license



*Penulis Koresponden

Email: amird@pnl.ac.id

Cara sitasi IEEE::

Indrawati, dan A. D, "Design and Implementation of an Air Pollution Monitoring System in the Campus Area of Politeknik Negeri Lhokseumawe," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering (J-AISE)*, vol. 5, no. 2, p. 853-858, Juni 2025. doi:10.30811/jaise.v5i2.7306

1. PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang mengkhawatirkan, terutama di daerah perkotaan dan kawasan industri, pemukiman dan dikawasan kampus [1]. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor, aktivitas industri, serta pembakaran sampah terbuka merupakan penyumbang utama tingginya kadar polutan di udara seperti PM2.5, CO, NO₂, dan SO₂. Paparan jangka panjang terhadap udara yang tercemar dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan, seperti penyakit pernapasan, kardiovaskular, hingga kanker paru-paru [2]. Di sisi lain, upaya pemantauan kualitas udara masih belum merata di banyak daerah, khususnya di kampus kampus, terkhusus kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. Alat-alat pemantauan udara biasanya terpasang dipusat-pusat kota, dikawasan industri dan sulit diakses oleh masyarakat luas. Ini memberi kontribusi penting dalam menyediakan data lingkungan lokal yang aktual, tentang pencemaran polusi dilingkungan kampus, khususnya polusi tentang carbon monoksida dan carbon dioksida yang belum tersedia sebelumnya. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai reflika untuk wilayah kampus yang lainnya. Dalam skala lebih lanjut sistem ini dapat dimanfaatkan oleh pihak kampus untuk pengambilan keputusan, dalam pengelolaan ruang terbuka hijau, manajemen lalu lintas internal kampus, atau kegiatan mahasiswa dalam dan diluar ruangan.

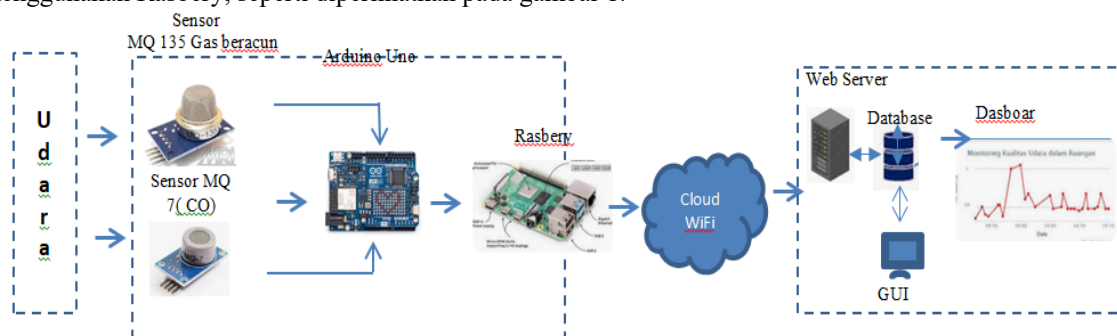
Dalam konteks inilah, pemanfaatan teknologi berbasis Raspberry Pi menjadi solusi yang menjanjikan. Raspberry Pi merupakan komputer mini yang murah, fleksibel, dan mudah diprogram, sehingga sangat cocok digunakan sebagai platform pengembangan sistem monitoring udara yang lebih ekonomis dan portabel. Dengan mengintegrasikan sensor-sensor pencemar udara seperti MQ135, SDS011, atau DHT22 [3][4][5], Raspberry Pi dapat digunakan untuk mengukur dan merekam data kualitas udara secara real-time. Data yang diperoleh dapat ditampilkan melalui antarmuka web atau disimpan ke cloud untuk analisis lebih lanjut. Sistem ini tidak hanya bermanfaat untuk kalangan akademik dan peneliti, tetapi juga dapat digunakan oleh masyarakat umum, sekolah, atau pemerintah daerah untuk meningkatkan kesadaran dan tanggap terhadap isu lingkungan.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring pencemaran udara berbasis Raspberry Pi, yang diharapkan dapat menjadi alternatif solusi monitoring yang murah, efektif, dan dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan. Observasi polusi udara dilakukan dikawasan kampus dengan sampel lokasi pada dua lokasi, yaitu Outdoor dan indoor. Lokasi Outdoor diobservasi disekitar parkir gedung Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer dan lokasi indoor dilakukan didalam ruang lantai II Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer.

2. METODE

2.1 Rancangan dan Impementasi Sistem Monitoring Polusi Udara

Rancang bangun observasi pengamatan polusi udara telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Pada artikel ini akan dijelaskan hasil penelitian rancang bangun dan implementasi sistem monitoring polusi udara menggunakan Rasbery, seperti diperlihatkan pada gambar 1.

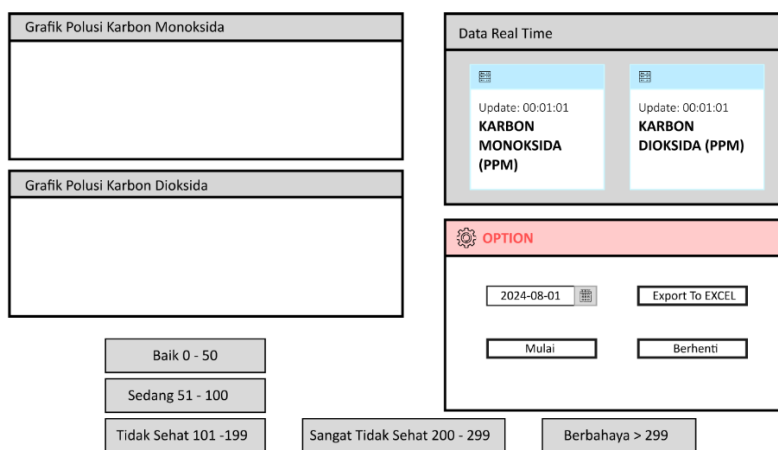


Gambar 1. Sistem monitoring polusi udara

Data lingkungan carbon dioksida (CO₂) dan carbon monoksida (CO) dideteksi dari dua buah sensor, yaitu; sensor MQ135, yang dirancang untuk mendeteksi kadar CO₂, dan sensor MQ7 yang dirancang, untuk mendeteksi polusi CO [6][7]. Data-data tersebut selanjutnya diinputkan ke I/O Arduino Uno sebagai antarmuka antara MQ135 dan MQ 7 dengan Raspberry, Arduino Uno dibangun dari MCU mikrokontroler[8]. Data-data output dari Arduino Uno selanjutnya dikalibrasi oleh Raspberry. Alat ini merupakan komputer mini, yang dimanfaatkan dalam kegiatan komputasi dan Internet of Things (IoT) [9]. Hasil kegiatan komutasi dari Raspberry dikirimkan melalui jaringan Cloud. Jaringan ini memungkinkan data-data hasil monitoring polusi udara sehingga dapat disimpan, diakses, dan dikelola melalui internet [10]. Proses penyimpanan. Pengelolaan dan akses dilakukan di database [1]. Pada bagian ini berisi kumpulan data hasil monitoring polusi udara, yaitu; polusi gas CO₂ dan CO. Data-data ini tersimpan secara otomatis. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan kondisi 5 kategori, yaitu; kategori yang pertama baik, kategori yang kedua sedang, kategori yang ketiga tidak sehat, kategori yang keempat sangat tidak sehat dan terakhir kategori yang kelima berbahaya. Pengelompokan data selanjutnya ditampilkan di Dashboard. Alat ini merupakan tampilan visual yang memudahkan pemantauan dan analisis data terkait kualitas udara. Tampilan memberikan gambaran yang jelas tentang kondisi pencemaran udara menggunakan grafik, tabel untuk menyajikan data kualitas udara secara ringkas dan mudah dipahami. Informasi kualitas udara real time [11].

2.2 Desain User Interface (UI)

UI atau disebut dengan antarmuka pengguna merupakan bagian dari sebuah sistem, aplikasi, atau perangkat lunak yang memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan sistem tersebut. UI adalah apa yang dilihat dan digunakan oleh pengguna, baik itu dalam bentuk tampilan visual di layar maupun elemen-elemen yang interaktif dapat diklik, diketik, atau digeser. Desain interface diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2. Desain interface sistem monitoring polusi udara

Interface pada gambar 2, dibangun menggunakan bahasa PHP dan digabungkan dengan javascript. Tampilan website akan menggunakan template bootstrap sebagai salah satu cara untuk memperindah tampilan dari website sistem monitoring. Pada web juga memberi informasi kualitas udara yang ditandai dengan 5 kategori dimana setiap kategori diwakili oleh satu warna masing-masing sehingga informasi yang di terima lebih dimengerti [12]. Pada interface ini mi, menghasilkan dua tampilan grafik dari informasi polusi CO dan CO₂.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menjelaskan gambaran tentang hasil pengujian prototipe sistem monitoring pencemaran udara yang meliputi; pengujian sensor dan pengujian interface. Lebih jelasnya diuraikan pada sub-bab berikut.

3.1 Pengujian Sensor

Untuk menjamin akurasi dan validasi pembacaan polutan udara pada sistem monitoring deteksi polusi udara, maka pengujian sensor sistem monitoring pencemaran udara dilakukan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan dari hasil monitoring dapat dinyatakan akurat, andal, dan sesuai standar, sehingga sistem tersebut dapat berfungsi secara efektif dalam melindungi kesehatan manusia dan lingkungan. Pengujian sensor dilakukan pada dua lokasi, yaitu dilokasi outdoor, letaknya di parkir gedung Jurusan Teknologi Informasi

dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe dan didalam gedung pada jurusan tersebut. Hasil pengujian sensor tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian sensor MQ 135 dan MQ 7

No.	Tanggal	Waktu	Polusi Indoor		Tanggal	Waktu	Polusi Outdoor	
			MQ135 (CO ₂)	MQ7 (CO)			MQ135(C O ₂)	MQ7 (CO)
1	2024-08-01	12:05:00	240	350	2024-08-02	12:05:00	225	222
2	2024-08-01	12:10:00	236	345	2024-08-02	12:10:00	224	221
3	2024-08-01	12:15_45	232	341	2024-08-02	12:15_45	223	221
4	2024-08-01	12:20_50	226	328	2024-08-02	12:20_50	223	218
5	2024-08-01	12:25_55	221	320	2024-08-02	12:25_55	223	218
6	2024-08-01	12:30_60	217	320	2024-08-02	12:30_60	199	167
7	2024-08-01	12:35_65	214	313	2024-08-02	12:35_65	189	156
8	2024-08-01	12:40_70	213	206	2024-08-02	12:40_70	170	140
9	2024-08-01	12:45_75	208	298	2024-08-02	12:45_75	160	103
10	2024-08-01	12:50_80	207	390	2024-08-02	12:50_80	155	77

Uji akurasi sensor M135 dan MQ7 dilakukan dengan cara perbandingan hasil monitoring polusi di lokasi outdoor dan dilokasi indoor pada jam yang sama. Aktifitas pengukuran dilakukan pada jam sibuk, yang dimulai jam 12.00 Wib. Jam ini diasumsikan manusia maksimum melakukan aktifitas yang menghasilkan polusi secara alami, seperti proses pernapasan dan pembakaran bahan bakar dari kendaraan baik roda dua maupun roda empat dan aktifitas rumah tangga, sementara karbon monoksida (CO) dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna dari zat-zat yang mengandung karbon, seperti bahan bakar gas alam, bensin, minyak. Gas ini juga bisa dihasilkan dari reaksi fotokimia di atmosfer dan proses biologis. Berikut Hasil uji akurasi dari tabel 1 di atas.

3.1.1 Analisis konsistensi

Konsistensi adalah bagian dari validitas dan dapat menunjukkan akurasi relative. Pada data indoor MQ135 dan MQ7 menunjukkan penurunan nilai secara bertahap dari waktu ke waktu, yaitu baris 1–7. Data hasil pengukuran ini logis terjadi, karena sumber polusi berkurang di dalam ruangan, karena pada jam tersebut ruangan dalam kondisi mulai sepi dari aktifitas belajar mengajar atau raung indoor mulai kosong. Penurunan fluktuasi polusi berkurang seiring berkurangnya aktivitas alami manusia di dalam ruang. Nilai MQ135 cenderung stabil. Koefisien variasi (CV) dapat dihitung dengan rata-rata=221.4, standar deviasi sebesar 0.84, koefisien variasinya sebesar 0,26. Dengan hasil ini disebut akurat dan valid.

3.1.2 Analisis perbandingan pola monitoring Indoor vs outdoor

Akurasi dapat juga dianalisis membandingkan, pola antara hasil monitoring dua lingkungan indoor dan outdoor bisa dianalisis. Pada lingkungan outdoor CO₂ (MQ135) menunjukkan nilai stabil di 323–325 yaitu di baris 1–5, pada kondisi ini, lingkungan lagi ramai dengan aktivitas kendaraan diluar ruangan sebagai sumber penghasil polusi. Aktivitas lalu-lintas dikampus bertambah dengan lalu lalangnya kendaraan roda empat dan rada dua keluar kampus, pada jam ini adalah jam istirahat dan jam pulang, dimana jumlah kendaraan yang beroperasi dan menjadi sumber penghasil polusi meningkat. Selanjutnya polusi turun drastis dari 150 ke 155, yaitu pada baris 6–10. Ini tidak umum secara ilmiah, tapi dapat dipertanggung jawabkan, dengan justifikasi bahwa aktifitas manusia di ruang outdoor untuk menghasilkan polutan berkurang di atas jam ini, lalu lintas dari kendaraan roda dua dan kendaraan roda empat sebagai sumber polusi CO₂ dikampus berkurang, karena sebagian telah meninggalkan lokasi, sehingga data hasil pengukuran menurun, hasil monitoringnya dinyatakan valid.

3.1.3 Uji Rasionalitas Logis

Adalah uji membandingkan hasil dengan pengetahuan umum. Secara umum, udara outdoor biasanya lebih bersih dari indoor, terutama untuk CO₂, namun pada baris 1–5, nilai MQ7 indoor lebih besar dari outdoor. Hal ini sesuai dengan rasinalitas atau harapan. Hal ini menunhjukan data memiliki validitas.

3.1.4 Uji Validitas Logis

Berdasarkan data indoor MQ135 (CO₂) dari baris 1–10, Identifikasi Outlier atau anomali Baris 6–10 menunjukkan perubahan nilai yang menurun, CO₂ outdoor tiba-tiba turun dari 223 ke 155, dimana tren turun bertahap, padahal seharusnya polusi udara di outdoor harus semakin besar. Anomali ini bisa dijawab, karena sumber polutan CO₂ yang dihasilkan dari kendaraan roda empat dan roda dua dalam lingkungan kampus

berkurang dengan berkurangnya aktivitas dikampus. Analisis outlier ini mengindikasikan bahwa alat monitoring polusi udara adalah akurat dan logis.

3.2 Pengujian Sistem

Tujuan utama dari pengujian sistem secara keseluruhan adalah untuk melihat bahwa sistem berfungsi sesuai dengan yang telah ditentukan, serta untuk mendeteksi dan memperbaiki kesalahan atau kekurangan sebelum dipergunakan secara luas. Dalam konteks pengujian sensor seperti pada tabel 1 di atas, pengujian sistem dilakukan terhadap 4 kategori, yaitu pengujian konsistensi, pengujian pola perbandingan outdoor dan indoor, pengujian rasionalitas logis dan pengujian validitas logis. Hasilnya dapat dijabarkan lebih spesifik seperti tabel 2. berikut.

Tabel 2. Pengujian sistem

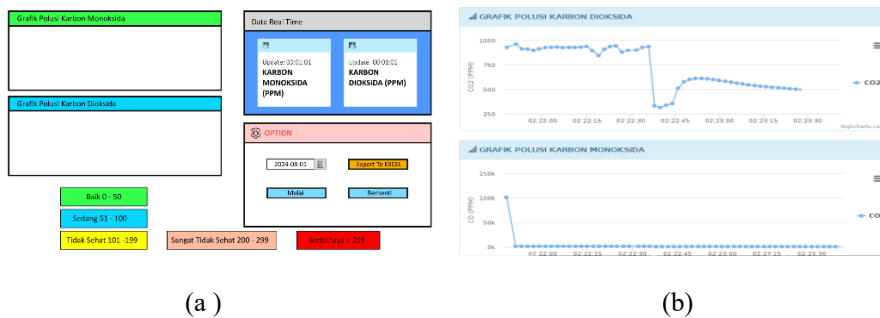
Hasil Uji	Sensor	
	MQ 135	MQ 7
Konsistensi	Konsistensi	Konsisten
Perbandingan	Valid	Valid
Rasionalitas logis	Logis	Logis
Validitas Logis	Valid	Valid

3.3 Pengujian Aplikasi

Pada pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa aplikasi berjalan dengan baik, dapat diandalkan, dan memenuhi kebutuhan pengguna sebelum diterapkan secara luas. Secara keseluruhan, pengujian ini dilakukan untuk:

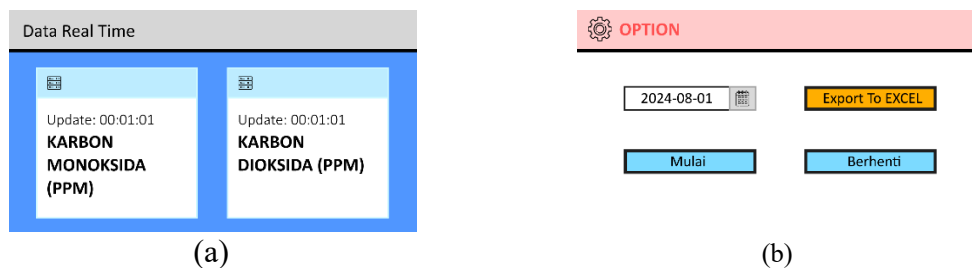
3.3.1 Uji Fungsionalitas

Pada pengujian ini dilakukan untuk menentukan fungsi fungsi semua fitur dari aplikasi tersebut dan menu aplikasi bekerja sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan aplikasi benar-benar menampilkan data sensor dari MQ135 dan MQ7 secara akurat, maka dilakukan pengujian sistem, untuk melihat tampilan grafis secara real time dalam jangka tertentu seperti yang diperlihatkan pada gambar 3(a) dan 3(b). Dalam pengujian ini dilakukan uji tampilan halaman utama. Pengujian fungsionalitas halaman utama dapat menampilkan halaman yang berisi kotak dialog dan berisi tampilan grafik kadar CO dan grafik CO₂ real time.



Gambar 3. Tampilan halaman Utama Web

Tampilan grafik pada gambar 3(b), terdiri dari dua bagian, yaitu; informasi grafik tentang kandungan CO dan CO₂. Pada gambar 4(a) merupakan data real time yang diperoleh dari sensor dan disimpan pada database, monitoring data dilakukan setiap 5 menit.



Gambar 4. (a) Tampilan data real time, (b) kotak dialog pengaturan

Data real time terdiri dua jenis, yaitu; monitoring data CO dan CO₂, yaitu; data karbon dioksida dan data karbon monoksida. Pada gambar 4(b) merupakan data yang dapat diexport ke Excell. Ada dua tombol dalam kolom monitoring, yaitu mulai monitoring dan stop monitoring. Gambar 5 menampilkan informasi mengenai kualitas udara yang diklasifikasikan ke dalam lima kategori, yaitu: kategori baik, kategori sedang, kategori tidak sehat, kategori sangat tidak sehat, dan kategori berbahaya. Tampilan ini berfungsi untuk memonitoring kondisi kualitas udara secara terus menerus atau secara real-time. Jika yang ditampilkan hanya angka, masyarakat akan kesulitan mengetahui bagaimana keadaan udara, sehingga dibutuhkan kategori atau keadaan kondisi udara dalam bentuk kalimat, sehingga masyarakat dapat dengan mudah memahami dan menyesuaikan diri.

Baik 0 - 50	Sedang 51 - 100	Tidak Sehat 101 -199	Sangat Tidak Sehat 200 - 299	Berbahaya > 299
-------------	-----------------	----------------------	------------------------------	-----------------

Gambar 5. Tampilan kualitas udara sesuai dengan ISPU

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem monitoring pencemaran udara menggunakan sensor MQ135 dan MQ7 untuk mendeteksi konsentrasi gas CO₂ dan CO di lingkungan indoor dan outdoor kampus Politeknik Negeri Lhokseumawe. Sistem ini mampu menampilkan data sensor secara real-time melalui antarmuka aplikasi, memudahkan proses pemantauan kualitas udara di lingkungan kampus. Berdasarkan analisis data hasil pengujian, sensor menunjukkan respons terhadap perbedaan lingkungan indoor dan outdoor. Data yang dihasilkan oleh sistem monitoring bersifat logis, konsistensi, akurasi, validit, rasionalitas saat pembacaan dan perubahan fluktuasi pencemaran udara.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini kami tim peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan juga terima kasih khusus disampaikan kepada pihak jurnal JAISE yang telah memberikan kesempatan dalam mempublikasikan artikel penelitian ini.

REFERENSI

- [1] N. A. Z. Putri, "Sistem Pendeteksi Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 5, no. 1, pp. 9–17, 2024.
- [2] Rosatul Umah and Eva Gusmira, "Dampak Pencemaran Udara terhadap Kesehatan Masyarakat di Perkotaan," *Profit J. Manajemen, Bisnis dan Akunt.*, vol. 3, no. 3, pp. 103–112, 2024, Doi: 10.58192/Profit.V3i3.2246.
- [3] M. I. Majiid And A. F. Assomadi, "Rancang Bangun Alat Pemantau Kualitas Udara Dengan Pemanfaatan Iot (Internet Of Things) Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Sensor Mq-135 Dan Mq-136 Pada Wilayah Kabupaten Ponorogo (Parameter Co2 Dan So2)," *J. Purifikasi*, vol. 22, no. 1, pp. 12–19, 2023, doi: 10.12962/j25983806.v22.i1.444.
- [4] F. Tahir, W. Ridwan, and I. Z. Nasibu, "Monitor Kualitas Udara Berbasis Web Menggunakan Raspberry Pi dan Modul Wemos D1," *J. Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 35–44, 2020, doi: 10.37031/jt.v18i1.57.
- [5] A. J. Taufiq *et al.*, "Sistem Monitoring Polusi Udara Berbasis Sensor Mq- 135 Untuk Deteksi Gas Co 2 Dan Co : Studi Kasus Di," vol. 25, no. 2, pp. 131–138, 2024.
- [6] A. A. Rosa, B. A. Simon, and K. S. Lieanto, "Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135," *Ultim. Comput. J. Sist. Komput.*, vol. 12, no. 1, pp. 23–28, 2020, doi: 10.31937/sk.v12i1.1611.
- [7] D. Diel. B.H Fajri and P. Samuel , "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Thingspeak dan Website," vol. 4, no. 1, pp. 88–100, 2023.
- [8] Y. C. Nugroho, A. A. Mahardiko, S. S. Dhelia, A. Nuraini, and P. Harsadi, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Arduino Untuk Mendeteksi Polusi Udara Di Perkotaan," *TIKOMSiN*, vol. 11, no. 2, pp. 45–52, 2023.
- [9] Z. Helman, "Prototype Sistem Pemantau Kualitas Udara Berbasis Raspberry Pi," *Spektral*, vol. 2, no. 2, pp. 58–63, 2021, doi: 10.32722/spektral.v2i2.4127.
- [10] H. Budianto and B. Sumanto, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. List. Instrumentasi, dan Elektron. Terap.*, vol. 5, no. 1, p. 9, 2024, doi: 10.22146/juliet.v5i1.87423.
- [11] G. . C. . Rumampuk, V. . C. . Poekoel, and A. . M. Rumagit, "Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things," *J. Tek. Inform.*, vol. 17, no. Internet of Things-Based Indoor Air Quality Monitoring System Design Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things, pp. 11–18, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/informatika/article/view/34212>
- [12] A. Miranto and E. Reynaldi, "Perancangan Dan Implementasi Antarmuka Pengguna Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Aplikasi Android," *Cybersp. J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 1, p. 46, 2023, doi: 10.22373/cj.v7i1.17491.