


Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan

Haikal Aswaldi

^a Program Studi Informatika, Institut Teknologi Bandung, Kabupaten Jawa Barat, Indonesia

¹ Haikalaswaldi28@gmail.com

* Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Article history Received 31-07-2025 Revised 31-07-2025 Accepted 11-08-2025 Published 20-08-2025</p> <p>Keywords internet of things air quality monitoring environmental sensors real-time systems</p> <p> License by CC-BY-SA Copyright © 2025, The Author(s).</p>	<p>Indoor air quality plays a crucial role in the health and comfort of occupants, especially in enclosed environments such as homes, offices, and public spaces. Decreased air quality can lead to various health problems, including allergies, respiratory problems, and decreased work productivity. With the advancement of technology, the Internet of Things (IoT) has become an innovative solution for real-time air quality monitoring. This research aims to design and implement an IoT-based air quality monitoring system capable of detecting environmental parameters such as temperature, humidity, carbon dioxide (CO₂) concentration, and dust particles (PM_{2.5}). This system consists of environmental sensors integrated with a microcontroller and connected to a cloud platform for online data storage and visualization. Test results show that the system can provide accurate data and is responsive to changes in air conditions. The system is also equipped with an automatic notification feature that alerts users when air quality decreases below normal thresholds. With this approach, users can take early preventative measures against health risks caused by exposure to polluted air. This research shows that the application of IoT in air quality monitoring is very effective and can be applied on a household and commercial scale.</p>
<p>How to cite: Aswaldi, H. (2025). Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan. <i>Journal of Computer Science and Information Technology</i>, Vol1 (2), 39-45. doi: https://doi.org/10.70716/jocsit.v1i2.225</p>	

PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan menjadi aspek penting dalam menjaga kesehatan dan produktivitas manusia. Lingkungan yang tampak bersih secara visual belum tentu memiliki udara yang sehat, karena bisa saja mengandung polutan seperti karbon dioksida (CO₂), partikel debu (PM_{2.5}), serta senyawa organik volatil (Volatile Organic Compounds/VOCs) (Suryantoro, & Kusriyanto, 2023). Polutan tersebut, bila tidak terdeteksi, dapat menimbulkan berbagai masalah kesehatan seperti iritasi saluran pernapasan, alergi, bahkan penyakit kronis jika terpapar dalam jangka waktu panjang.

Dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap kualitas udara dalam ruang meningkat signifikan, terutama setelah pandemi COVID-19 yang menuntut standar kesehatan dan kebersihan udara lebih tinggi di berbagai ruang tertutup (Widhi, Azzakiy, & Khosyatullah, (2025). Berbagai upaya dilakukan, mulai dari sistem ventilasi yang baik, penggunaan air purifier, hingga teknologi monitoring udara secara digital. Pemantauan kualitas udara secara real-time menjadi kebutuhan penting untuk memastikan kondisi udara tetap aman bagi penghuni (Pebralia, Akhsan, & Amri, (2024).

Teknologi Internet of Things (IoT) kini hadir sebagai solusi efektif untuk memantau kualitas udara secara kontinu dan otomatis. IoT memungkinkan integrasi antara perangkat sensor, konektivitas internet, dan platform analisis data, sehingga menghasilkan sistem monitoring yang efisien, responsif, dan dapat diakses kapan saja (Ramadhani, Ningsih, Nurcahya, & Azizah, 2023). Penerapan IoT dalam sistem monitoring kualitas udara memudahkan pengguna dalam mendeteksi perubahan parameter lingkungan yang bersifat dinamis.

Sensor yang digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT biasanya terdiri dari sensor suhu, kelembapan, konsentrasi CO₂, serta sensor partikel debu seperti PM2.5. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan ke platform cloud, kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik atau notifikasi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi udara secara real-time (Muttaqin, Prayitno, Setyaningsih, & Nurbaiti, 2024). Dengan demikian, pengguna memiliki kendali yang lebih baik dalam menjaga kesehatan udara di sekitarnya.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem monitoring udara berbasis IoT memberikan hasil yang akurat dalam mendeteksi polutan udara dalam ruang tertutup. Sistem ini juga lebih hemat biaya dibandingkan alat pemantau udara konvensional yang berharga mahal (Muttaqin, Prayitno, Setyaningsih, & Nurbaiti, 2024). Selain itu, sistem berbasis IoT dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan pengguna, baik untuk rumah tangga, sekolah, perkantoran, maupun rumah sakit.

IoT juga memungkinkan penerapan sistem notifikasi otomatis yang memberikan peringatan jika kualitas udara menurun di bawah ambang batas normal. Fitur ini menjadi nilai tambah yang signifikan, terutama untuk ruangan yang digunakan oleh kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, atau pasien dengan gangguan pernapasan (Rumampuk, G. C., Poekoel, & Rumagit, 2022). Dengan sistem ini, tindakan preventif dapat segera dilakukan untuk mencegah dampak kesehatan yang lebih buruk.

Selain aspek kesehatan, kualitas udara juga berpengaruh pada produktivitas kerja. Lingkungan kerja yang memiliki ventilasi buruk dan kadar CO₂ tinggi dapat menyebabkan kelelahan, sakit kepala, dan menurunnya konsentrasi (Fau, & Buulolo, 2023). Oleh karena itu, penerapan sistem monitoring udara berbasis IoT sangat direkomendasikan dalam ruang kerja modern guna menciptakan ekosistem kerja yang sehat dan produktif.

Berbagai studi telah membuktikan bahwa pengembangan sistem berbasis IoT tidak hanya efisien, tetapi juga memberikan kemudahan dalam instalasi dan pengoperasian. Misalnya, dengan menggunakan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino, serta integrasi dengan platform seperti ThingSpeak atau Blynk, sistem ini dapat dirancang dengan biaya rendah dan performa optimal (Susatyono, & Fitrianto, 2021).

Meningkatnya kesadaran terhadap pentingnya kualitas udara dalam ruang turut mendorong riset dan pengembangan teknologi monitoring. Tantangan terbesar dalam implementasi IoT adalah akurasi sensor, stabilitas koneksi internet, serta keamanan data yang dikirim ke cloud (Wulan, Hadita, Fauzi, Putri, Fitriyani, Astriyani, & Cahyani, 2024). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan sistem yang komprehensif agar implementasi IoT dapat memberikan hasil yang andal dan aman.

Selain teknologi, faktor edukasi masyarakat juga sangat penting. Banyak pengguna belum memahami pentingnya kualitas udara dan manfaat sistem monitoring berbasis IoT. Penyuluhan dan literasi digital menjadi kunci agar masyarakat bisa memanfaatkan teknologi ini secara maksimal (Khofiya, & Sumayya, 2024). Kolaborasi antara akademisi, pemerintah, dan sektor swasta juga diperlukan untuk mendukung adopsi teknologi ini secara lebih luas.

Beberapa penelitian lokal di Indonesia telah mengembangkan prototipe sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT yang dapat bekerja secara mandiri dan terhubung ke perangkat mobile. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem tersebut mampu bekerja optimal dalam mendeteksi fluktuasi suhu dan kelembapan serta perubahan konsentrasi CO₂ (Putri, Ristian, & Hidayati, 2024). Hal ini membuka peluang luas bagi pengembangan lebih lanjut, khususnya dalam konteks smart home dan smart building.

Penerapan IoT dalam pemantauan kualitas udara juga mendukung inisiatif keberlanjutan (sustainability) karena memungkinkan penggunaan energi yang lebih efisien. Sistem dapat dikonfigurasi untuk mengatur otomatisasi ventilasi atau pendingin udara hanya saat diperlukan, sehingga mengurangi konsumsi energi (Irfani, Rahmanto, & Gazazanata, 2025). Ini merupakan langkah kecil namun signifikan dalam mendukung agenda lingkungan hijau.

Transformasi digital di era Industri 4.0 mendorong semua sektor, termasuk bidang kesehatan lingkungan, untuk berinovasi. Sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT menjadi representasi nyata dari integrasi teknologi informasi dengan kebutuhan hidup sehari-hari (Bakirci, 2024). Ke depan, sistem ini diharapkan dapat diintegrasikan pula dengan kecerdasan buatan (AI) untuk analisis prediktif dan pengambilan keputusan otomatis.

Adopsi IoT dalam sistem monitoring juga sejalan dengan visi smart city, di mana seluruh infrastruktur perkotaan terhubung dan dikendalikan secara cerdas. Kota-kota besar di Indonesia mulai menjajaki

penggunaan sensor lingkungan dalam jaringan kota pintar untuk memantau polusi dan meningkatkan kualitas hidup warganya (Sibarani, 2023).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT yang mampu mendeteksi parameter-parameter penting seperti suhu, kelembapan, CO₂, dan partikel debu. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam memberikan notifikasi otomatis saat terjadi penurunan kualitas udara, serta menganalisis potensi penerapan sistem ini dalam skala rumah tangga dan komersial.

Melalui pendekatan ini, diharapkan tercipta inovasi teknologi yang tidak hanya mendukung kesehatan individu, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan teknologi lingkungan yang berkelanjutan. Penelitian ini akan menjadi kontribusi penting dalam upaya menciptakan ruang hidup yang lebih sehat, aman, dan cerdas berbasis teknologi Internet of Things.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis teknologi Internet of Things (IoT). Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengembangkan produk teknologi secara sistematis mulai dari tahap perancangan, pembuatan, hingga evaluasi sistem. Fokus utama penelitian ini adalah pengembangan prototipe sistem yang mampu memantau parameter kualitas udara seperti suhu, kelembapan, konsentrasi karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu (PM_{2.5}) secara real-time dan memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna saat kualitas udara memburuk.

Proses pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengujian langsung terhadap prototipe sistem dalam lingkungan ruangan tertutup, sedangkan data sekunder diperoleh dari literatur jurnal nasional dan internasional yang membahas sistem monitoring udara, spesifikasi sensor, serta standar ambang batas kualitas udara dari WHO dan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Standar ini menjadi acuan dalam menentukan tingkat bahaya dari parameter yang diukur. Selain itu, dilakukan juga studi pustaka terkait pemilihan perangkat keras dan perangkat lunak yang paling sesuai untuk kebutuhan sistem.

Dalam pengembangan sistem, perangkat keras yang digunakan meliputi sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan, sensor MH-Z19 untuk mendeteksi kadar CO₂, serta sensor PMS7003 untuk mengukur partikel debu PM_{2.5}. Semua sensor ini diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki konektivitas Wi-Fi bawaan. Sistem kemudian dikoneksikan ke platform cloud ThingSpeak untuk penyimpanan dan visualisasi data. Visualisasi berupa grafik, angka, dan status kualitas udara dapat diakses melalui antarmuka web atau aplikasi mobile. Platform ini dipilih karena mendukung komunikasi MQTT serta memiliki antarmuka yang ramah pengguna.

Langkah selanjutnya adalah proses pengujian sistem yang dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian fungsionalitas dan akurasi. Pengujian fungsionalitas bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja sesuai spesifikasi dan mampu mengirim data secara real-time ke cloud. Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar sebagai kontrol. Pengukuran dilakukan secara berkala setiap 30 menit selama 7 hari berturut-turut dalam kondisi ruangan yang dikondisikan dan dikontrol secara ketat. Hasilnya dianalisis untuk mengetahui kestabilan, kecepatan pengiriman data, dan keakuratan sensor.

Untuk evaluasi performa sistem, digunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menganalisis data yang dikumpulkan dari sistem monitoring. Parameter yang dianalisis antara lain nilai rata-rata, maksimum, minimum, dan deviasi standar dari masing-masing sensor. Evaluasi juga dilakukan terhadap sistem notifikasi, untuk mengukur waktu respons terhadap perubahan mendadak pada kualitas udara. Selain itu, dilakukan uji ketahanan sistem terhadap koneksi internet yang tidak stabil serta pengaruh suhu tinggi terhadap performa mikrokontroler.

Keseluruhan proses pengembangan dan evaluasi sistem ini bertujuan untuk menghasilkan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan yang andal, murah, dan mudah digunakan. Diharapkan sistem ini dapat menjadi alternatif solusi teknologi lingkungan yang dapat diimplementasikan secara luas di berbagai sektor seperti rumah tangga, pendidikan, layanan publik, dan industri. Dengan pendekatan metodologis yang sistematis ini, penelitian mampu memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kualitas hidup melalui pemanfaatan teknologi Internet of Things.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) menunjukkan keberhasilan dalam melakukan deteksi parameter lingkungan secara real-time. Sistem yang dikembangkan mampu membaca dan mengirimkan data suhu, kelembapan, kadar karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu PM2.5 ke platform cloud ThingSpeak setiap 30 detik secara otomatis. Data yang diperoleh kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik, yang dapat diakses oleh pengguna melalui perangkat berbasis web atau mobile.

Sensor DHT22 yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan deviasi rata-rata $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 3\%$ untuk kelembapan, dibandingkan alat ukur standar. Sensor ini memiliki waktu respon yang cepat terhadap perubahan suhu dan kelembapan, sehingga cocok digunakan dalam sistem monitoring yang membutuhkan pembacaan data dinamis (Susatyono, & Fitrianto, 2021). Data yang ditampilkan melalui ThingSpeak juga mengalami sinkronisasi secara real-time tanpa keterlambatan berarti.

Sensor MH-Z19 yang berfungsi untuk mengukur kadar CO₂ memberikan hasil yang konsisten dalam mendeteksi konsentrasi karbon dioksida dalam ruangan. Dalam pengujian yang dilakukan selama tujuh hari, kadar CO₂ terdeteksi meningkat secara signifikan ketika jumlah penghuni dalam ruangan bertambah atau ventilasi ditutup. Hal ini mendukung temuan sebelumnya bahwa keberadaan manusia dalam ruang tertutup meningkatkan kadar CO₂ (Rumampuk, Poekoel, & Rumagit, 2022). Sensor menunjukkan rentang pembacaan antara 400–2000 ppm, dengan rata-rata 750 ppm dalam kondisi normal.

Sementara itu, sensor PMS7003 untuk partikel debu PM2.5 berhasil mengidentifikasi fluktuasi partikel halus di udara yang berasal dari debu, asap rokok, atau aktivitas memasak. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai PM2.5 meningkat drastis saat dilakukan aktivitas pembakaran lilin dalam ruangan, dengan lonjakan hingga $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh di atas ambang batas aman WHO sebesar $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Rohmah et al. (2021) yang menekankan bahaya PM2.5 terhadap kesehatan pernapasan.

Sistem notifikasi yang dikembangkan menggunakan logika threshold berdasarkan parameter yang telah dikonfigurasi sesuai ambang batas normal. Ketika parameter seperti PM2.5 atau CO₂ melebihi batas aman, sistem secara otomatis mengirim notifikasi ke pengguna melalui email dan aplikasi mobile. Fitur ini terbukti sangat membantu dalam meningkatkan kesadaran pengguna untuk segera melakukan tindakan, seperti membuka ventilasi atau menyalakan alat pembersih udara.

Hasil evaluasi performa menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat respons yang baik terhadap perubahan kondisi udara. Rata-rata waktu respons dari sensor ke tampilan data di ThingSpeak adalah 3–5 detik. Pengiriman data stabil dengan tingkat kegagalan pengiriman di bawah 1% selama masa uji coba. Sistem juga menunjukkan ketahanan operasional yang baik dalam kondisi suhu lingkungan yang bervariasi, antara 24°C hingga 35°C , tanpa mengalami gangguan.

Dari sisi konsumsi daya, sistem ini tergolong hemat energi. Penggunaan mikrokontroler ESP32 yang memiliki efisiensi daya tinggi membuat sistem dapat beroperasi dengan power bank 10.000 mAh selama kurang lebih 15 jam non-stop. Hal ini menjadikan sistem fleksibel untuk ditempatkan di berbagai lokasi tanpa ketergantungan pada sumber listrik tetap (Putri, Ristian, & Hidayati, 2024).

Pengguna yang terlibat dalam pengujian memberikan tanggapan positif terhadap antarmuka visualisasi data. Tampilan dashboard ThingSpeak yang intuitif memudahkan pengguna memahami kondisi udara tanpa harus memahami data teknis secara mendalam. Hal ini penting mengingat sebagian besar pengguna umum memiliki latar belakang non-teknis (Nadziroh, Sa'adah, Aswoyo, Astawa, Puspitorini, Santoso, & Salwadilla, 2025).

Dari hasil analisis data selama pengujian, terlihat adanya pola peningkatan kadar CO₂ dan kelembapan saat malam hari ketika ruangan tertutup dan aktivitas manusia meningkat. Sementara itu, suhu dan PM2.5 cenderung stabil saat tidak ada aktivitas memasak atau pembakaran. Pola ini menunjukkan pentingnya pengendalian ventilasi dan penggunaan teknologi monitoring untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan (Putri & Mahyuddin, 2021).

Data juga menunjukkan bahwa tingkat kualitas udara sangat dipengaruhi oleh jenis aktivitas dalam ruangan. Misalnya, saat dilakukan penyemprotan parfum atau pembersih berbahan kimia, sensor PM2.5 dan

CO₂ menunjukkan lonjakan. Hal ini sesuai dengan hasil studi Pebralia, Akhsan, & Amri, (2024) yang menyebutkan bahwa produk rumah tangga berkontribusi terhadap pencemaran udara dalam ruangan.

Dari sisi teknis, integrasi antar perangkat berjalan baik, terutama dalam komunikasi sensor-mikrokontroler dan konektivitas Wi-Fi ke ThingSpeak. Namun, kendala muncul saat jaringan internet tidak stabil, di mana data sempat tertunda dalam pengiriman. Untuk itu, pengembangan lanjutan dapat mempertimbangkan penyimpanan data lokal sementara sebagai cadangan saat terjadi gangguan koneksi (Wulan, Hadita, Fauzi, Putri, Fitriyani, Astriyani, & Cahyani, 2024).

Sistem ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur prediktif berbasis kecerdasan buatan (AI), sehingga dapat memberikan peringatan dini sebelum terjadi penurunan kualitas udara yang signifikan. Beberapa sistem serupa telah dikembangkan dengan machine learning untuk memprediksi pola kualitas udara berdasarkan data historis (Wicaksono et al., 2020).

Dari sisi biaya, sistem ini relatif murah karena menggunakan perangkat open-source dan sensor yang tersedia di pasaran dengan harga terjangkau. Total biaya pengembangan prototipe hanya sekitar Rp700.000, jauh lebih murah dibandingkan alat pemantau udara profesional yang harganya bisa mencapai jutaan rupiah (Rahmadani et al., 2022).

Keunggulan lain dari sistem ini adalah skalabilitasnya. Sistem dapat dikembangkan menjadi multi-node untuk memantau berbagai ruangan secara bersamaan. Setiap node dapat dikonfigurasi untuk mengirim data ke satu dashboard terpadu, yang memungkinkan pengguna atau manajer fasilitas memantau seluruh gedung secara komprehensif.

Selain itu, sistem ini dapat dikolaborasi dengan perangkat otomasi rumah (smart home), seperti sistem ventilasi otomatis atau pendingin udara yang menyala secara otomatis saat kualitas udara memburuk. Hal ini sesuai dengan konsep smart building yang menekankan pada kenyamanan, efisiensi energi, dan kesehatan penghuni (Irfani, Rahmanto, & Gazazanata, 2025).

Keterbatasan utama dari penelitian ini adalah belum dilakukannya uji jangka panjang untuk melihat stabilitas sensor dalam kondisi ekstrem dan durasi penggunaan yang lama. Selain itu, uji coba dilakukan hanya dalam satu jenis ruangan (tertutup), sehingga belum mewakili variasi kondisi lingkungan lainnya seperti ruang terbuka semi-tertutup atau ruangan ber-AC (Yuliana & Sembiring, 2019).

Namun, hasil yang diperoleh dalam penelitian ini secara umum menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat menjadi alternatif teknologi monitoring udara yang efektif, efisien, dan terjangkau. Sistem ini mampu memenuhi kebutuhan pengguna dalam mendeteksi kualitas udara serta memberikan notifikasi untuk pencegahan dampak kesehatan.

Penerapan sistem ini sangat cocok untuk lingkungan rumah tangga, sekolah, kantor, serta ruang publik lainnya. Dengan perbaikan dan pengembangan lanjutan, sistem ini juga dapat diintegrasikan dalam skala kota untuk mendukung inisiatif smart city dan pengawasan lingkungan.

Dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomis, dan fungsional, sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT ini menjadi langkah nyata dalam pemanfaatan teknologi informasi untuk mendukung kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi parameter penting seperti suhu, kelembapan, karbon dioksida (CO₂), dan partikel debu PM2.5 secara real-time. Sistem menggunakan sensor DHT22, MH-Z19, dan PMS7003 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 dan platform ThingSpeak untuk visualisasi data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan data yang akurat dan responsif terhadap perubahan kondisi udara, serta memberikan notifikasi otomatis ketika kualitas udara menurun di bawah ambang batas normal.

Dari hasil evaluasi, sistem terbukti hemat energi, stabil dalam pengiriman data, dan mudah diakses oleh pengguna melalui antarmuka yang sederhana. Tingkat akurasi dan kecepatan respons sensor juga dinilai sangat baik untuk skala monitoring rumah tangga maupun ruang publik seperti kantor atau sekolah. Selain itu, biaya pengembangan yang relatif rendah menjadikan sistem ini sebagai solusi alternatif yang terjangkau dalam upaya meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat secara umum. Kemampuan integrasi

dengan sistem otomasi rumah dan potensi pengembangan ke arah kecerdasan buatan menambah nilai dari sistem ini dalam mendukung konsep smart living.

Dengan demikian, penerapan teknologi IoT dalam monitoring kualitas udara menunjukkan potensi besar dalam menciptakan lingkungan hidup yang lebih sehat, aman, dan cerdas. Sistem ini tidak hanya memberikan manfaat praktis bagi pengguna individu, tetapi juga dapat dikembangkan secara lebih luas untuk mendukung kebijakan lingkungan, sistem peringatan dini, dan implementasi kota pintar (smart city). Diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji ketahanan sistem dalam jangka panjang, memperluas cakupan pengujian di berbagai kondisi lingkungan, serta integrasi dengan platform prediktif berbasis machine learning agar manfaatnya dapat dioptimalkan secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakirci, M. (2024). Smart city air quality management through leveraging drones for precision monitoring. *Sustainable Cities and Society*, 106, 105390.
- Fau, J. F., & Buulolo, P. (2023). Pengaruh lingkungan kerja terhadap produktivitas kerja pegawai di kantor Samsat kabupaten Nias Selatan. *REMIK: Riset Dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, 7(1), 533-536.
- Irfani, R., Rahmanto, A. A., & Gazazanata, M. E. (2025). Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 9(1), 102-112.
- Irfani, R., Rahmanto, A. A., & Gazazanata, M. E. (2025). Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, 9(1), 102-112.
- Khofiya, N., & Sumayya, S. A. (2024). Analisis Sosial dan Teknologi Informasi dalam Pengelolaan Kualitas Udara Perkotaan: Studi Kasus di Kota Jakarta dan Surabaya. *Jurnal Teknologi dan Komunikasi Pemerintahan*, 6(2), 174-193.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 102-115.
- Muttaqin, R., Prayitno, W. S. W., Setyaningsih, N. E., & Nurbaiti, U. (2024). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 6(2), 102-115.
- Nadziroh, F., Sa'adah, N., Aswoyo, B., Astawa, I. G. P., Puspitorini, O., Santoso, T. B., ... & Salwadilla, I. S. (2025). Sistem monitoring kualitas udara sebagai media edukasi kesadaran lingkungan bagi masyarakat perkotaan. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 8(2), 454-466
- Pebralia, J., Akhsan, H., & Amri, I. (2024). Implementasi Internet of Things (IoT) Dalam Monitoring Kualitas Udara Pada Ruang Terbuka. *Jurnal Kumparan Fisika*, 7(1), 1-8.
- Pebralia, J., Akhsan, H., & Amri, I. (2024). Implementasi Internet of Things (IoT) Dalam Monitoring Kualitas Udara Pada Ruang Terbuka. *Jurnal Kumparan Fisika*, 7(1), 1-8.
- Putri, N. A. Z., Ristian, U., & Hidayati, R. (2024). Sistem Deteksi Dan Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis IoT. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 16(2), 457-468.

- Putri, N. A. Z., Ristian, U., & Hidayati, R. (2024). Sistem Deteksi Dan Pemantauan Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis IoT. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 16(2), 457-468.
- Ramadhani, A. D., Ningsih, N., Nurcahya, A., & Azizah, N. (2023). Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang menggunakan Thingspeak. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, 10(1), 1-5.
- Rumampuk, G. C., Poekoel, V. C., & Rumagit, A. M. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 11-18.
- Rumampuk, G. C., Poekoel, V. C., & Rumagit, A. M. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruang Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 11-18.
- Sibarani, T. T. S. (2023). *Perancangan Prototype Perangkat Keras Dan Perangkat Lunak Monitoring Polusi Udara Di Kota Medan Berbasis Internet Of Things (IOT)* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Suryantoro, H., & Kusriyanto, M. (2023). Sistem Monitoring Partikel (PM2. 5) Air Purifier untuk Mengetahui Kualitas Udara Berbasis Sensor PMS5003 Dan Arduino. *Indonesian Journal of Laboratory*, (3), 88-96.
- Susatyono, J. D., & Fitrianto, Y. (2021). Sistem monitoring kualitas udara dan otomatisasi pemberian pakan ayam berbasis IoT. *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, 9(2), 1-10.
- Susatyono, J. D., & Fitrianto, Y. (2021). Sistem monitoring kualitas udara dan otomatisasi pemberian pakan ayam berbasis IoT. *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, 9(2), 1-10.
- Widhi, E. P., Azzakiy, F. U., & Khosyatullah, M. A. R. A. (2025). Tinjauan Literatur: Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Dalam Pemantauan Kualitas Udara Melalui Inovasi Google Project Air View. *Journal of Software Engineering and Information System (SEIS)*, 9-14.
- Wulan, W., Hadita, H., Fauzi, A., Putri, A. M., Fitriyani, F., Astriyani, R., ... & Cahyani, Y. I. (2024). Tinjauan Ancaman dan Risiko pada Sistem Keamanan Internet of Things, Berbasis Cloud Computing dalam Penggunaan E-Commerce dan Rencana Strategis. *Jurnal Kewirausahaan dan Multi Talenta*, 2(2), 126-137.
- Wulan, W., Hadita, H., Fauzi, A., Putri, A. M., Fitriyani, F., Astriyani, R., ... & Cahyani, Y. I. (2024). Tinjauan Ancaman dan Risiko pada Sistem Keamanan Internet of Things, Berbasis Cloud Computing dalam Penggunaan E-Commerce dan Rencana Strategis. *Jurnal Kewirausahaan dan Multi Talenta*, 2(2), 126-137.