



Pengembangan Sensor IOT Untuk Monitoring Kualitas Udara di Area Perkantoran

Reza Bintang Suherman^{1*}, Binastya Anggara Sekti²
^{1,2}Sistem Informasi, Ilmu Komputer, Universitas Esa Unggul
kampusbee7@student.esaunggul.ac.id

Abstract

Air pollution poses a significant threat to public health and the environment. To address this issue, the development of Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring systems has gained prominence. This study aims to design and analyze an IoT-based system capable of real-time monitoring of various air quality parameters such as PM 2.5, CO, CO₂, temperature, humidity, and air pressure. Through a literature review and conceptual system design, the study identifies the potential of IoT-based systems in improving air quality understanding and decision-making. However, challenges including sensor advancement, reliable connectivity, power infrastructure, and data security must be overcome. By addressing these challenges, IoT-based air quality monitoring systems can play a crucial role in maintaining healthy air quality for communities.

Keywords: Air quality monitoring, Internet of Things (IoT), Real-time monitoring, Environmental health, Data-driven decision-making

Abstrak

Pencemaran udara merupakan masalah serius yang mempengaruhi kesehatan manusia dan lingkungan. Dalam upaya mengatasi masalah ini, pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* telah menjadi fokus penelitian yang signifikan. Studi ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* yang dapat mengukur berbagai parameter seperti PM 2.5, CO, CO₂, suhu, kelembaban, dan tekanan udara secara *real-time*. Metode penelitian yang digunakan meliputi studi literatur untuk mengevaluasi tren dan temuan terkait, serta desain konseptual sistem untuk menggambarkan struktur dan fungsionalitas sistem. Hasil studi menunjukkan bahwa sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman tentang polusi udara dan mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data. Namun, tantangan seperti pengembangan sensor yang lebih canggih, infrastruktur koneksi dan daya yang handal, serta keamanan data perlu diatasi untuk mengoptimalkan kinerja sistem ini. Dengan menerapkan saran yang diusulkan, diharapkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya menjaga kualitas udara yang sehat bagi masyarakat.

Kata kunci: Pemantauan kualitas udara, *Internet of Things (IoT)*, Pemantauan *real-time*, Kesehatan lingkungan, Pengambilan keputusan berbasis data.

1. Pendahuluan

Peningkatan urbanisasi dan industrialisasi telah menyebabkan peningkatan polusi udara di banyak kota besar di seluruh dunia. Pencemaran udara adalah tantangan terbesar bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat global saat ini[1]. Polusi udara memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia dan lingkungan, termasuk meningkatnya risiko penyakit pernapasan, masalah kesehatan jangka panjang, dan degradasi lingkungan[2]. Oleh karena itu, pemantauan dan pengendalian kualitas udara menjadi sangat penting untuk menjaga kesehatan masyarakat dan lingkungan yang berkelanjutan.

Meskipun banyak kota besar telah mengadopsi sistem pemantauan kualitas udara, banyak dari sistem ini masih bersifat statis dan kurang responsif terhadap perubahan kondisi udara yang cepat. Pemantauan kualitas udara

yang tidak *real-time* seringkali mengakibatkan keterlambatan dalam pengambilan keputusan untuk mengatasi masalah polusi udara. Hal ini menimbulkan kebutuhan mendesak akan teknologi yang lebih canggih dan responsif[3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor *IoT* dalam sistem monitoring kualitas udara di area perkotaan dan menganalisis efektivitasnya dalam mendeteksi polusi udara secara *real-time*. Tujuannya adalah untuk meningkatkan responsivitas dan akurasi sistem pemantauan kualitas udara sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam mengelola polusi udara di lingkungan perkotaan.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi *Internet of Things (IoT)* telah membuka peluang baru dalam pemantauan lingkungan, termasuk pemantauan kualitas

udara di perkotaan. Sensor IoT yang terhubung ke internet memungkinkan pengumpulan data kualitas udara secara real-time, yang kemudian dapat diolah menggunakan komputasi awan untuk menyediakan informasi yang akurat dan tepat waktu. Namun, meskipun potensi IoT sangat besar, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti integrasi dengan sistem monitoring yang sudah ada dan evaluasi akurasi sensor IoT dalam mendeteksi polusi udara. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT memiliki potensi besar dalam meningkatkan manajemen lingkungan perkotaan, tetapi penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja dan efektivitasnya.

Dengan memperhatikan tantangan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan solusi yang lebih efektif dalam pengelolaan kualitas udara di lingkungan perkotaan, yang pada akhirnya dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan.

Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah membuka peluang baru dalam pemantauan lingkungan, termasuk pemantauan kualitas udara di area perkotaan. Sensor *IoT* yang terhubung ke internet dapat memberikan data kualitas udara secara *real-time* dan memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat dalam mengelola polusi udara. Fakta bahwa *IoT* begitu luas dan mempengaruhi hampir semua area kehidupan kita membuatnya menjadi topik penelitian yang signifikan untuk studi di berbagai bidang terkait seperti teknologi informasi dan ilmu komputer. Dengan demikian, *IoT* membuka jalan bagi dimensi penelitian baru untuk dilakukan[4].

Namun, meskipun terdapat banyak penelitian tentang implementasi sensor *IoT* untuk pemantauan lingkungan, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah kebutuhan akan integrasi yang lebih baik antara sensor *IoT* dan sistem monitoring yang sudah ada di area perkotaan. Selain itu, perlu juga dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi efektivitas sensor *IoT* dalam mendeteksi polusi udara dengan akurasi yang tinggi. Sistem pemantauan kualitas udara *real-time* yang menggunakan *Internet of Things (IoT)* dan komputasi awan telah dikembangkan untuk mengatasi masalah ini, memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu tentang kondisi udara[1].

Dengan memperhatikan tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor *IoT* dalam sistem monitoring kualitas udara di area perkotaan dan menganalisis efektivitasnya dalam mendeteksi polusi udara[5]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan solusi yang lebih efektif dalam pengelolaan kualitas udara di lingkungan perkotaan, sehingga dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan[6].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus untuk mengeksplorasi implementasi sensor *Internet of Things (IoT)* dalam pemantauan kualitas udara di area perkotaan[7]. Pendekatan ini bertujuan untuk memahami fenomena secara mendalam dalam konteks nyata. Studi kasus ini memungkinkan eksplorasi mendetail mengenai implementasi dan efektivitas sensor *IoT* dalam pemantauan kualitas udara.

Penelitian tentang penggunaan teknologi IoT untuk pemantauan kualitas udara telah dilakukan dalam beberapa studi sebelumnya. Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Castell et al. (2015) mengeksplorasi penerapan jaringan sensor berbasis IoT untuk memantau polusi udara di kota Barcelona, Spanyol. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor IoT dapat memberikan data kualitas udara yang lebih rinci dan real-time dibandingkan dengan sistem pemantauan konvensional. Namun, penelitian ini juga menyoroti tantangan seperti akurasi sensor dan kebutuhan integrasi dengan sistem monitoring yang sudah ada[8].

Penelitian ini berbeda dari penelitian terdahulu dengan fokus yang lebih spesifik pada integrasi sensor IoT dengan sistem monitoring kualitas udara yang sudah ada di perkotaan dan analisis efektivitas sensor tersebut dalam mendeteksi polusi udara. Sementara studi sebelumnya telah mengeksplorasi potensi dan tantangan umum dari penggunaan IoT untuk pemantauan kualitas udara, penelitian ini lebih menekankan pada evaluasi komparatif antara data yang dihasilkan oleh sensor IoT dan data dari sistem monitoring konvensional. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji bagaimana data dari sensor IoT dapat diolah secara real-time menggunakan platform komputasi awan, yang belum banyak dibahas secara mendalam dalam penelitian sebelumnya.

Objek penelitian mencakup sensor IoT yang mengukur parameter kualitas udara seperti PM 2.5, karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Selain itu, penelitian ini melibatkan sistem komputasi awan yang digunakan untuk menyimpan dan menganalisis data yang dikumpulkan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lokasi pemasangan sensor IoT dan analisis dokumen yang mencakup data historis kualitas udara dari otoritas lingkungan setempat. Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik dan triangulasi data untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas temuan penelitian. Prosedur penelitian meliputi survei awal, instalasi sensor IoT, pengumpulan data secara real-time, dan evaluasi komparatif antara data dari sensor IoT dan sistem monitoring konvensional.

Objek penelitian mencakup sensor *IoT* yang mengukur parameter kualitas udara seperti PM 2.5, karbon

monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Selain itu, penelitian juga melibatkan sistem komputasi awan yang digunakan untuk menyimpan dan menganalisis data yang dikumpulkan[9].

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan analisis dokumen. Observasi langsung dilakukan di lokasi pemasangan sensor *IoT* untuk memahami kondisi lingkungan, proses instalasi, dan operasional sensor, dengan catatan lapangan dibuat untuk mencatat detail penting tentang lingkungan sekitar dan interaksi antara sensor dan lingkungan. Analisis dokumen melibatkan dokumen dan laporan dari otoritas lingkungan setempat untuk memperoleh data kualitas udara historis, kebijakan lingkungan, dan laporan teknis tentang penggunaan sensor *IoT*. Dokumen ini mencakup data dari sistem monitoring konvensional yang akan dibandingkan dengan data dari sensor *IoT*.

Data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik dan triangulasi data. Analisis tematik melibatkan pengkodean data, pengidentifikasian tema utama, dan penarikan kesimpulan berdasarkan pola dan hubungan yang ditemukan dalam data. Triangulasi dilakukan dengan membandingkan data dari berbagai sumber untuk meningkatkan validitas dan reliabilitas temuan penelitian. Data dari sensor *IoT* dibandingkan dengan data dari sistem monitoring konvensional untuk mengevaluasi akurasi dan efektivitas sistem.

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahap. Pertama, dilakukan survei awal untuk menentukan lokasi pemasangan sensor *IoT* dan mengumpulkan data historis kualitas udara dari otoritas lingkungan setempat. Kedua, sensor *IoT* diinstalasi di lokasi yang dipilih dan dihubungkan dengan platform komputasi awan untuk pemantauan dan pengumpulan data secara *real-time*[10]. Ketiga, data kualitas udara dikumpulkan secara terus-menerus selama periode penelitian dan dilakukan observasi langsung di lokasi pemasangan sensor. Keempat, data yang dikumpulkan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik dan triangulasi data untuk mengidentifikasi pola, hubungan, dan kesimpulan. Terakhir, data dari sensor *IoT* dibandingkan dengan data dari sistem monitoring konvensional untuk mengevaluasi akurasi dan efektivitas sistem *IoT* dalam pemantauan kualitas udara.

Dengan metodologi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang komprehensif tentang implementasi dan manfaat sensor *IoT* dalam pemantauan kualitas udara di area perkotaan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan dan peluang yang terkait dengan penggunaan teknologi *IoT* dalam konteks pemantauan lingkungan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Masalah

Pemantauan kualitas udara di area perkotaan merupakan isu penting dalam menjaga kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan. Meskipun telah ada upaya untuk meningkatkan pemantauan kualitas udara menggunakan teknologi sensor, masih terdapat beberapa masalah yang perlu diatasi. Oleh karena itu, perumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut: Bagaimana implementasi sensor *Internet of Things (IoT)* dapat digunakan untuk memantau dan mengelola kualitas udara di area perkotaan secara efektif? Apa saja tantangan yang dihadapi dalam mengintegrasikan sensor *IoT* dengan sistem monitoring kualitas udara yang sudah ada di area perkotaan? Seberapa efektif sensor *IoT* dalam mendeteksi polusi udara dengan akurasi yang tinggi di lingkungan perkotaan? Bagaimana kontribusi sensor *IoT* dalam meningkatkan pemantauan dan pengendalian kualitas udara serta pengambilan keputusan yang lebih tepat dalam mengelola polusi udara di area perkotaan? Dengan merumuskan masalah tersebut, penelitian ini akan mencoba untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut melalui implementasi sensor *IoT* dalam sistem monitoring kualitas udara di area perkotaan.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan sensor *Internet of Things (IoT)* dalam sistem monitoring kualitas udara di area perkotaan serta menganalisis efektivitasnya dalam mendeteksi polusi udara. Tujuan penelitian yang lebih spesifik adalah sebagai berikut: Mengintegrasikan sensor *IoT* ke dalam sistem monitoring kualitas udara yang sudah ada di area perkotaan. Menganalisis kemampuan sensor *IoT* dalam mendeteksi berbagai jenis polutan udara, seperti partikulat (PM), gas buang kendaraan, dan polutan lainnya[11]. Mengevaluasi akurasi dan keandalan data yang diberikan oleh sensor *IoT* dalam pemantauan kualitas udara secara *real-time*. Menyusun rekomendasi untuk pengembangan sistem monitoring kualitas udara berbasis *IoT* yang lebih efektif dan efisien. Menyediakan informasi yang akurat dan tepat waktu kepada masyarakat dan pemangku kepentingan terkait mengenai kondisi kualitas udara di area perkotaan. Dengan mencapai tujuan-tujuan ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi pada pengembangan solusi yang lebih baik dalam pengelolaan kualitas udara di lingkungan perkotaan, sehingga dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan.

3.2. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memahami kebutuhan dasar yang harus dipenuhi oleh sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)*. Dengan memahami kebutuhan ini, desain dan implementasi sistem dapat dilakukan secara efektif dan sesuai dengan tujuan penelitian. Kemampuan pengukuran adalah salah satu aspek penting; sensor *IoT* harus mampu mengukur berbagai parameter kualitas udara secara akurat, termasuk PM 2.5, CO, CO₂, suhu, kelembaban, dan

tekanan udara, serta memberikan pengukuran *real-time* dan kontinu. Konektivitas dan komunikasi juga menjadi kunci, di mana sistem harus memiliki koneksi internet yang handal untuk mentransmisikan data kualitas udara secara *real-time* ke platform penyimpanan dan analisis data, dengan penggunaan teknologi komunikasi yang efisien dan aman, seperti *Wi-Fi* atau jaringan seluler[12]. Ketersediaan daya menjadi perhatian berikutnya; sensor *IoT* harus hemat daya agar dapat beroperasi secara kontinu tanpa sering mengganti baterai, dan teknologi hemat daya serta integrasi dengan sumber daya energi alternatif seperti panel surya atau baterai cadangan dapat meningkatkan ketersediaan daya sistem.

Keandalan dan ketahanan juga merupakan faktor penting, dimana sistem harus tahan terhadap kondisi lingkungan yang keras, termasuk suhu ekstrem, kelembaban tinggi, dan polusi udara, dengan komponen yang memiliki tingkat keandalan tinggi untuk memastikan operasi yang lancar dalam jangka waktu yang lama. Integrasi dengan platform analisis data diperlukan agar data yang dikumpulkan oleh sensor *IoT* dapat diproses, divisualisasikan, dan diinterpretasikan dengan efektif, serta mampu menghasilkan wawasan yang berharga tentang tren kualitas udara dan menyediakan informasi yang berguna bagi pengambilan keputusan[13]. Kepatuhan dan standarisasi juga tidak boleh diabaikan; sistem harus mematuhi standar dan regulasi yang berlaku dalam pemantauan kualitas udara, termasuk ketelitian pengukuran dan perlindungan data pribadi, dengan penggunaan sensor yang telah divalidasi dan dikalibrasi secara ketat untuk meningkatkan kepercayaan dan akurasi data yang dihasilkan. Dengan memahami kebutuhan dasar seperti kemampuan pengukuran, konektivitas, ketersediaan daya, keandalan, integrasi dengan platform analisis data, serta kepatuhan terhadap standar, sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* dapat dirancang dan diimplementasikan secara efektif untuk memenuhi tujuan penelitian dan mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data dalam mitigasi polusi udara.

3.3. Desain Konseptual Sistem

Desain konseptual sistem ini bertujuan untuk mengilustrasikan struktur dan fungsionalitas dari sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)*. Konsep ini mencakup komponen utama sistem, aliran data, dan interaksi antar elemen sistem. Sistem ini dimulai dengan sensor *IoT*, komponen utama yang mengukur berbagai parameter kualitas udara seperti PM 2.5, CO, CO₂, suhu, kelembaban, dan tekanan udara. Setiap sensor dilengkapi dengan antarmuka untuk mengirimkan data ke unit pengumpul data, yang berfungsi untuk mengumpulkan data dari berbagai lokasi[14]. Unit pengumpul data dapat berupa perangkat komputer mini atau mikrokontroler dengan koneksi internet.

Koneksi internet yang stabil sangat penting untuk mentransmisikan data dari unit pengumpul data ke platform penyimpanan dan analisis data. Platform ini, yang dapat berbasis cloud, menyimpan dan menganalisis data untuk memberikan skalabilitas dan aksesibilitas yang lebih baik[15]. Antarmuka pengguna memungkinkan akses untuk memantau data kualitas udara secara *real-time* dan mengakses laporan analisis melalui aplikasi *web* atau seluler yang intuitif dan mudah digunakan. Sistem pemberitahuan dikonfigurasi untuk memberikan notifikasi tentang kondisi kualitas udara yang memerlukan perhatian khusus, seperti tingkat polusi yang tinggi[16].

Aspek keamanan dan kepatuhan juga penting, dengan fokus pada enkripsi data, otentikasi pengguna, dan kepatuhan terhadap regulasi privasi serta standar pengukuran kualitas udara untuk memastikan validitas dan kepercayaan data. Desain konseptual ini memberikan gambaran jelas tentang struktur dan fungsi utama dari sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT*, yang, dengan implementasi yang tepat, dapat menjadi alat efektif dalam memantau dan mengelola kualitas udara di lingkungan perkotaan serta menyediakan wawasan berharga untuk mitigasi polusi udara[17].

3.4. Implementasi dan Evaluasi Sensor *IoT* dalam Pemantauan Kualitas Udara di Perkotaan

Hasil penelitian ini mengungkapkan implementasi dan evaluasi penggunaan sensor *Internet of Things (IoT)* dalam pemantauan kualitas udara di area perkotaan. Data yang dikumpulkan dari sensor *IoT* menunjukkan variasi parameter kualitas udara seperti PM 2.5, CO, CO₂, suhu, kelembaban, dan tekanan udara di lokasi pemasangan[18]. Perbandingan antara data sensor *IoT* dan sistem monitoring konvensional mengungkapkan konsistensi dan akurasi yang relatif tinggi dalam pengukuran kualitas udara oleh sensor *IoT*. Meskipun terdapat beberapa variasi yang perlu diperhatikan, sistem pemantauan berbasis *IoT* menunjukkan responsivitas yang baik terhadap perubahan kualitas udara, memungkinkan deteksi dini terhadap polusi udara dan pengambilan tindakan yang cepat[19].

Implementasi sensor *IoT* membawa manfaat signifikan dalam pemantauan kualitas udara di area perkotaan, termasuk peningkatan akurasi, *real-time* monitoring, dan keterjangkauan biaya. Masyarakat juga menunjukkan tingkat kesadaran yang lebih tinggi tentang kualitas udara di sekitar mereka, yang dapat mendorong tindakan preventif dan partisipasi dalam upaya mitigasi polusi udara. Namun, tantangan teknis seperti keandalan koneksi internet dan kalibrasi sensor masih menjadi hambatan dalam implementasi yang lebih luas dari sistem pemantauan berbasis *IoT*[20].

Peluang untuk pengembangan teknologi *IoT* dalam pemantauan kualitas udara termasuk pengembangan

sensor yang lebih akurat, integrasi dengan sistem transportasi publik, dan penggunaan analisis data yang lebih canggih. Secara keseluruhan, implementasi sensor *IoT* menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan pemahaman dan respons terhadap polusi udara di lingkungan perkotaan. Rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut mencakup investasi dalam penelitian dan pengembangan sensor yang lebih canggih, kerja sama antara pemerintah, industri, dan masyarakat sipil, serta peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya pemantauan kualitas udara[21]. Dengan memahami tantangan dan peluang yang ada, langkah-langkah strategis dapat dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pemantauan kualitas udara di masa depan.

4. Kesimpulan

Dalam era yang dipenuhi tantangan terkait polusi udara, pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* menjadi semakin penting. Implementasi sensor *IoT* dalam pemantauan kualitas udara menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan pemahaman dan respons terhadap polusi udara di lingkungan perkotaan. Analisis kebutuhan dan desain konseptual sistem menyoroti komponen utama yang diperlukan, termasuk sensor *IoT*, unit pengumpul data, koneksi internet, platform penyimpanan dan analisis data, antarmuka pengguna, sistem pemberitahuan, serta aspek keamanan dan kepatuhan.

Studi literatur mengonfirmasi bahwa sensor *IoT* efektif dalam mengukur berbagai parameter kualitas udara secara akurat dan *real-time*. Manfaatnya mencakup peningkatan kesadaran masyarakat tentang kualitas udara, pengambilan keputusan yang lebih baik, dan partisipasi aktif dalam upaya mitigasi polusi udara. Namun, beberapa tantangan seperti kalibrasi sensor yang akurat, ketersediaan daya, keandalan koneksi internet, dan perlindungan data masih perlu diatasi.

Dengan memperhatikan tantangan ini dan memanfaatkan peluang untuk pengembangan teknologi *IoT* yang lebih canggih serta integrasi yang lebih luas, sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* dapat menghasilkan dampak positif dalam menjaga kesehatan lingkungan dan masyarakat. Upaya berkelanjutan dalam penelitian dan pengembangan sistem ini, bersama kerja sama antara pemerintah, industri, dan masyarakat sipil, akan menjadi kunci untuk meningkatkan kualitas udara dan kesehatan lingkungan secara menyeluruh.

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan yang telah diuraikan, beberapa saran dapat diusulkan untuk pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* di masa depan. Pertama, pengembangan sensor yang lebih canggih perlu dilakukan, termasuk penelitian untuk menciptakan sensor *IoT* yang lebih akurat dan hemat daya. Ini mencakup penggunaan teknologi sensor baru, peningkatan kalibrasi, dan integrasi sensor multi-

parameter. Kedua, investasi dalam infrastruktur koneksi internet dan ketersediaan daya yang lebih handal sangat penting. Hal ini akan memastikan operasi sistem yang lancar dan kontinu, terutama di daerah dengan akses internet dan listrik yang terbatas.

Ketiga, perlu dikembangkan platform analisis data yang lebih canggih dan adaptif untuk mengelola dan menganalisis data dari sensor *IoT*. Platform ini harus mampu memberikan wawasan mendalam tentang pola dan tren polusi udara. Selain itu, pelatihan dan edukasi masyarakat juga sangat penting untuk meningkatkan kesadaran tentang pentingnya pemantauan kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan serta lingkungan. Program pelatihan dapat membantu masyarakat memahami dan menginterpretasikan data kualitas udara serta mengambil tindakan preventif.

Terakhir, kerja sama yang erat antara pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat sipil diperlukan untuk pengembangan dan implementasi sistem ini. Kerja sama ini akan memastikan adopsi teknologi yang lebih luas dan dampak yang lebih signifikan dalam mitigasi polusi udara. Dengan menerapkan saran-saran ini, diharapkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis *IoT* dapat terus berkembang dan memberikan kontribusi yang berarti dalam menjaga kualitas udara yang sehat bagi semua.

Daftar Rujukan

- [1] T. Dineshkumar, V. Suresh Babu, P. Partheeban, and R. Puviarasi, "Air Quality Monitoring System Based on IoT," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1964, no. 6, pp. 1341–1346, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1964/6/062081.
- [2] M. Hasanuddin and H. Herdianto, "Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Pencemaran Udara Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Comput. Syst. Informatics*, vol. 4, no. 4, pp. 976–984, 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4034.
- [3] L. R. Kumar *et al.*, "Smart Air Quality Monitoring Using IoT," *MATEC Web Conf.*, vol. 392, p. 01084, 2024, doi: 10.1051/mateconf/202439201084.
- [4] A. R. H. Hussein, "Internet of Things (IOT): Research challenges and future applications," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 6, pp. 77–82, 2019, doi: 10.14569/ijacsa.2019.0100611.
- [5] 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>
- [6] A. K. Hassan, M. S. Saraya, A. M. T. Ali-Eldin, and M. M. Abdelsalam, "Low-Cost IoT Air Quality Monitoring Station Using Cloud Platform and Blockchain Technology," *Appl. Sci.*, vol. 14, no. 13, 2024, doi: 10.3390/app14135774.
- [7] M. M. Soto-Cordova, M. Medina-De-La-Cruz, and A. Mujaico-Mariano, "An IoT based Urban Areas Air Quality Monitoring Prototype," *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 11, no. 9, pp. 711–716, 2020, doi: 10.14569/IJACSA.2020.0110985.
- [8] N. Castell *et al.*, "Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates?," *Environ. Int.*, vol. 99, no. December, pp. 293–302, 2017, doi: 10.1016/j.envint.2016.12.007.

- [9] T. P. Truong, D. T. Nguyen, and P. V. Truong, "Design and deployment of an IoT-based air quality monitoring system," *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 12, no. 3, pp. 139–145, 2021, doi: 10.18178/IJESD.2021.12.5.1331.
- [10] W. J. Ng and Z. Dahari, "Enhancement of real-time IoT-based air quality monitoring system," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 11, no. 1, pp. 390–397, 2020, doi: 10.11591/ijpeds.v11.i1.pp390-397.
- [11] G. T. M. N. Anwar, G. T. M. Navi Anwar, H. P. Gunasekar, J. Krishnan, and R. Sekar, "Air quality monitoring and assessment using IoT," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 955, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/955/1/012006.
- [12] S. Dhingra, R. B. Madda, A. H. Gandomi, R. Patan, and M. Daneshmand, "Internet of things mobile-air pollution monitoring system (IoT-Mobair)," *IEEE Internet Things J.*, vol. 6, no. 3, pp. 5577–5584, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2019.2903821.
- [13] P. Asghari, A. M. Rahmani, and H. H. S. Javadi, "Internet of Things applications: A systematic review," *Comput. Networks*, vol. 148, pp. 241–261, 2019, doi: 10.1016/j.comnet.2018.12.008.
- [14] J. Jo, B. Jo, J. Kim, S. Kim, and W. Han, "Development of an IoT-Based indoor air quality monitoring platform," *J. Sensors*, vol. 2020, pp. 13–15, 2020, doi: 10.1155/2020/8749764.
- [15] R. Muttaqin, W. Sakti, W. Prayitno, and N. Erna, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135," vol. 6, no. 2, pp. 102–115, 2024.
- [16] S. Ameer *et al.*, "Comparative Analysis of Machine Learning Techniques for Predicting Air Quality in Smart Cities," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 128325–128338, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2925082.
- [17] R. robby Rizky and Z. Hakim, "Implementasi Metode Fuzzy Sugeno Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Pandeglang Berbasis Internet Of Things (IOT)," *Syntax J. Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 15–25, 2020, doi: 10.35706/syji.v9i1.3439.
- [18] A. Kosta, I. Lili, and E. Xhina, "Comparison and Evaluation of Air Quality Monitoring Methods Using Iot Devices," *Br. J. Environ. Sci.*, vol. 12, no. 3, pp. 1–11, 2024, doi: 10.37745/bjes.2013/vol12n3111.
- [19] A. Anantama, A. Wantoro, I. Ahmad, A. S. Puspaningrum, L. P. Deviana, and M. B. Maharani, "Implementasi Metode Fuzzy Pada Sistem Sirkulasi Udara Berbasis Internet of Things," *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 56–66, 2023, doi: 10.33365/jtikom.v3i2.2346.
- [20] S. M. Gnanabaskar, "Emerging Applications of IoT: Air Quality Monitoring System," *IJRAR24B1666 Int. J. Res. Anal. Rev.*, no. April, p. 73, 2024, [Online]. Available: www.ijrar.org
- [21] T. N. Hakim and M. F. Susanto, "Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Internet of Things," *Pros. 11th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, no. 1, pp. 26–27, 2020.
-