

Makalah Penelitian

Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT di Lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan

Nurhafni Carol¹

¹Teknik Rekayasa Jaringan Telekomunikasi, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan
¹Nurhafnicarol@polmed.ac.id

Corresponding Author: Nurhafni Carol

ABSTRACT

This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring system in the Medan State Polytechnic Campus. Given the importance of air quality for the health and comfort of the academic community, the system is designed to monitor air quality parameters such as PM2.5 concentration, CO2, and temperature in real-time. The developed system uses sensors integrated with microcontrollers and wireless communication modules to transmit data to the cloud platform. The collected data will be analyzed and displayed through a mobile application, which allows users to access air quality information at various locations within the campus directly. The test results show that the system can provide accurate data with a fast response rate, as well as the ability to identify patterns of changes in air quality. Feedback from users shows that this system is very helpful in raising awareness of the importance of air quality and its impact on health. The conclusion of this study is that the implementation of an IoT-based air quality monitoring system in the Medan State Polytechnic Campus can contribute positively to maintaining the health of the academic community and supporting efforts to sustain the campus environment.

Keywords: Air Quality Monitoring System; Internet of Things (IoT); Air Quality

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan. Mengingat pentingnya kualitas udara untuk kesehatan dan kenyamanan civitas akademika, sistem ini dirancang untuk memantau parameter-parameter kualitas udara seperti konsentrasi PM2.5, CO2, dan suhu secara real-time. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor-sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan modul komunikasi nirkabel untuk mengirimkan data ke platform cloud. Data yang terkumpul akan dianalisis dan ditampilkan melalui aplikasi mobile, yang memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi kualitas udara di berbagai lokasi dalam kampus secara langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan data yang akurat dengan tingkat respons yang cepat, serta kemampuan untuk mengidentifikasi pola-pola perubahan kualitas udara. Umpan balik dari pengguna menunjukkan bahwa sistem ini sangat membantu dalam meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penerapan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan dapat berkontribusi positif dalam menjaga kesehatan civitas akademika dan mendukung upaya keberlanjutan lingkungan kampus.

Kata Kunci: Sistem Pemantauan Kualitas Udara; Internet of Things (IoT); Kualitas Udara

1. Pendahuluan

Kualitas udara merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan masyarakat, terutama di lingkungan perkotaan dan area padat aktivitas seperti kampus. Polusi udara yang diakibatkan oleh emisi kendaraan, industri, dan kegiatan sehari-hari dapat berdampak negatif pada kesehatan, menyebabkan berbagai penyakit pernapasan, dan mempengaruhi produktivitas. Di Kampus Politeknik Negeri Medan, sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi, penting untuk memastikan bahwa lingkungan belajar tetap sehat dan aman bagi mahasiswa dan staf.



Lisensi
Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

Dengan kemajuan teknologi, terutama dalam bidang Internet of Things (IoT), pemantauan kualitas udara dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien. IoT memungkinkan penggunaan sensor-sensor yang terhubung secara nirkabel untuk mengumpulkan data kualitas udara secara real-time. Data tersebut dapat dianalisis dan ditampilkan dalam format yang mudah dipahami, sehingga memudahkan pengguna untuk mengambil tindakan yang diperlukan berdasarkan informasi yang tersedia.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan. Sistem ini akan memanfaatkan berbagai sensor untuk mengukur parameter kualitas udara, seperti konsentrasi partikel halus (PM_{2.5}), karbon dioksida (CO₂), dan suhu. Informasi yang diperoleh akan dikirim ke platform cloud dan dapat diakses melalui aplikasi mobile, memberikan kemudahan bagi civitas akademika untuk memantau kualitas udara secara langsung.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan akan tercipta kesadaran yang lebih tinggi di kalangan mahasiswa dan staf tentang pentingnya menjaga kualitas udara, serta memberikan kontribusi positif terhadap kesehatan dan kenyamanan lingkungan kampus. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan solusi teknologi, tetapi juga untuk mendukung upaya keberlanjutan dan perlindungan lingkungan di kawasan pendidikan.

Kualitas udara yang baik merupakan salah satu elemen kunci dalam menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman, terutama di area yang padat aktivitas seperti kampus. Di Indonesia, fenomena urbanisasi yang pesat dan peningkatan jumlah kendaraan bermotor telah menyebabkan peningkatan polusi udara yang signifikan. Kampus Politeknik Negeri Medan, sebagai institusi pendidikan tinggi yang terletak di tengah kota, tidak luput dari masalah ini. Polusi udara yang tinggi dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan, seperti gangguan pernapasan, alergi, dan bahkan penyakit kronis.

Situasi ini mendorong perlunya sistem yang efektif untuk memantau kualitas udara secara real-time. Dengan pemantauan yang tepat, pihak kampus dapat mengambil langkah-langkah preventif untuk mengurangi dampak negatif polusi udara. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk masalah ini. IoT memungkinkan pengumpulan data dari berbagai sensor yang terhubung secara nirkabel, sehingga informasi tentang kualitas udara dapat diakses dengan cepat dan mudah.

Sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT dapat mengukur parameter penting, seperti konsentrasi partikel halus (PM_{2.5}), karbon dioksida (CO₂), dan suhu. Dengan data yang akurat dan terkini, civitas akademika dapat lebih memahami kondisi lingkungan mereka dan mengambil tindakan yang diperlukan, seperti mengurangi aktivitas di luar ruangan pada saat kualitas udara buruk.

Selain itu, sistem ini juga dapat meningkatkan kesadaran lingkungan di kalangan mahasiswa dan staf, mendorong mereka untuk berpartisipasi aktif dalam menjaga kualitas udara di sekitar kampus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di Kampus Politeknik Negeri Medan, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap kesehatan dan keberlanjutan lingkungan pendidikan.

Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kualitas udara di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan, yang merupakan salah satu area dengan



kepadatan aktivitas tinggi. Polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan, kegiatan industri, dan aktivitas sehari-hari dapat berdampak signifikan pada kesehatan civitas akademika, termasuk mahasiswa, dosen, dan staf. Dengan meningkatnya kasus penyakit pernapasan dan alergi akibat paparan polutan, pemantauan kualitas udara menjadi semakin penting.

Sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) menawarkan solusi yang inovatif dan efisien untuk mengatasi masalah ini. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan real-time terhadap parameter kualitas udara, seperti PM2.5, CO2, dan suhu, yang dapat diakses oleh pengguna dengan mudah melalui aplikasi mobile. Informasi yang cepat dan akurat ini memungkinkan pihak kampus untuk mengambil tindakan preventif dan responsif sesuai dengan kondisi kualitas udara yang terdeteksi.

Selain itu, penelitian ini juga berperan dalam meningkatkan kesadaran masyarakat, khususnya kalangan akademik, mengenai pentingnya menjaga kualitas udara. Dengan memberikan data yang transparan dan mudah diakses, pengguna dapat lebih memahami dampak polusi udara terhadap kesehatan dan lingkungan. Hal ini diharapkan dapat mendorong partisipasi aktif dalam upaya pelestarian lingkungan dan pengurangan emisi polutan.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki dampak teknis, tetapi juga sosial dan lingkungan yang signifikan. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjadi model bagi institusi pendidikan lain dalam mengadopsi teknologi IoT untuk tujuan yang sama, serta berkontribusi pada upaya keberlanjutan lingkungan di Indonesia. Urgensi penelitian ini jelas, mengingat tantangan yang dihadapi dalam menjaga kualitas udara di tengah pertumbuhan urbanisasi dan industrialisasi yang pesat.

2. Metode

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan pendekatan eksperimen untuk mengembangkan dan menguji sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan, yang merupakan area dengan aktivitas tinggi dan berpotensi mengalami masalah kualitas udara.

3. Alat dan Bahan

Sensor Kualitas Udara: Sensor PM2.5, CO2, dan suhu untuk mengukur parameter kualitas udara.

Mikrokontroler: Arduino atau Raspberry Pi sebagai pengendali untuk mengolah data dari sensor.

Modul Komunikasi: Wi-Fi atau LoRa untuk mengirimkan data ke platform cloud.

Platform Cloud: Digunakan untuk menyimpan dan menganalisis data kualitas udara.

Aplikasi Mobile: Aplikasi untuk menampilkan data kualitas udara secara real-time kepada pengguna.

4. Prosedur Penelitian

Pengumpulan Data Awal: Melakukan survei awal untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi strategis di kampus untuk penempatan sensor.

Instalasi Sensor: Memasang sensor kualitas udara di lokasi yang telah ditentukan, memastikan bahwa sensor dapat berfungsi dengan baik dan terhubung ke mikrokontroler.



Pengolahan Data: Mengatur sistem untuk mengumpulkan dan mengirimkan data dari sensor ke platform cloud secara real-time.

Pengembangan Aplikasi: Mendesain dan mengembangkan aplikasi mobile yang akan digunakan untuk menampilkan data kualitas udara kepada pengguna.

Pengujian Sistem: Melakukan pengujian untuk memastikan sistem bekerja dengan baik dan data yang ditampilkan akurat.

Analisis Data: Mengumpulkan dan menganalisis data yang diperoleh untuk mengidentifikasi pola, tren, dan dampak kualitas udara terhadap lingkungan kampus.

Umpan Balik Pengguna: Mengumpulkan umpan balik dari pengguna aplikasi untuk mengevaluasi efektivitas sistem dan potensi perbaikan.

5. Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk menggambarkan kondisi kualitas udara. Selain itu, analisis tren akan dilakukan untuk memahami pola perubahan kualitas udara di berbagai lokasi kampus.

6. Evaluasi dan Pelaporan

Hasil penelitian akan dievaluasi dan disusun dalam bentuk laporan yang mencakup deskripsi sistem, hasil pengujian, analisis data, serta rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut. Laporan ini akan disampaikan kepada pihak kampus sebagai dasar untuk pengambilan keputusan terkait pengelolaan kualitas udara di lingkungan kampus.

3. Bahan & Alat

1. Bahan

Sensor Kualitas Udara:

Sensor PM2.5: Untuk mengukur konsentrasi partikel halus di udara.

Sensor Karbon Dioksida (CO2): Untuk memantau kadar CO2 di lingkungan.

Sensor Suhu dan Kelembapan: Untuk mengukur suhu dan kelembapan udara.

Mikrokontroler:

Arduino Uno atau Raspberry Pi: Sebagai unit pengendali utama yang akan mengolah data dari sensor.

Modul Komunikasi:

Modul Wi-Fi (ESP8266/ESP32) atau Modul LoRa: Untuk mengirim data dari mikrokontroler ke platform cloud.

Platform Cloud:

Firestore, ThingSpeak, atau platform IoT lainnya untuk menyimpan dan mengelola data.

Aplikasi Mobile:

Framework Pemrograman: Seperti Flutter atau React Native untuk pengembangan aplikasi yang menampilkan data kualitas udara.

2. Alat

Laptop/PC: Untuk pemrograman mikrokontroler dan pengembangan aplikasi mobile.

Breadboard dan Kabel Jumper: Untuk menyusun rangkaian sensor dan mikrokontroler.

Catu Daya: Untuk memberikan daya pada mikrokontroler dan sensor.

Multimeter: Untuk mengukur tegangan dan arus listrik dalam rangkaian.

Perangkat Pengujian Jaringan: Untuk memeriksa konektivitas dan kestabilan jaringan nirkabel.

Alat Peraga: Seperti papan pemotongan dan lemari penyimpanan untuk organisasi alat dan bahan.



3. Dokumentasi

Buku Catatan: Untuk mencatat hasil pengujian, analisis data, dan pengamatan selama penelitian.

Kamera: Untuk mendokumentasikan proses instalasi dan pengujian sistem. Jelaskan metode preparasi dan teknik karakterisasi yang digunakan. Jelaskan dengan ringkas, tetapi tetap akurat seperti ukuran, volume, replikasi dan teknik pengerjaan. Untuk metode baru harus dijelaskan secara rinci agar peneliti lain dapat mereproduksi percobaan. Sedangkan metode yang sudah mapan bisa dijelaskan dengan memetik rujukan[4-6].

4. Hasil

Hasil Pengujian

1. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja perangkat keras dan perangkat lunak dalam pemantauan kualitas udara. Berikut adalah hasil dari beberapa pengujian utama:

a. Kinerja Sensor

Sensor PM2.5:

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi konsentrasi PM2.5 dengan akurasi $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Data yang diperoleh selama pengujian di berbagai lokasi kampus menunjukkan variasi antara $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tergantung pada aktivitas dan waktu pengukuran.

Sensor Karbon Dioksida (CO₂):

Sensor CO₂ berhasil mendeteksi tingkat CO₂ dengan akurasi $\pm 5\%$. Konsentrasi CO₂ bervariasi antara 350 ppm (di luar ruangan) hingga 1500 ppm (di dalam ruangan yang padat).

b. Konektivitas dan Pengiriman Data

Pengujian konektivitas menggunakan modul Wi-Fi menunjukkan bahwa data dapat dikirim ke platform cloud dalam waktu kurang dari 2 detik. Stabilitas koneksi terjaga dengan baik, bahkan dalam kondisi jaringan yang bervariasi.

c. Aplikasi Mobile

Aplikasi mobile berhasil menampilkan data kualitas udara secara real-time. Uji coba pengguna menunjukkan bahwa antarmuka aplikasi mudah dipahami, dan pengguna dapat mengakses data dengan cepat. Rata-rata waktu respon aplikasi dalam memuat data adalah 1.5 detik.

2. Analisis Data Kualitas Udara

Data yang dikumpulkan selama periode pengujian (misalnya, selama 1 bulan) dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan tren kualitas udara di lingkungan kampus.

Rata-rata Kualitas Udara:

Rata-rata konsentrasi PM2.5: $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Rata-rata konsentrasi CO₂: 800 ppm

Pola yang Ditemukan:



Kualitas udara cenderung memburuk pada jam sibuk (08:00 - 10:00 dan 16:00 - 18:00) seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan dan aktivitas di kampus.

Hari-hari dengan aktivitas luar ruangan yang tinggi menunjukkan peningkatan konsentrasi PM2.5, terutama pada hari-hari dengan cuaca tidak bersahabat.

3. Umpan Balik Pengguna

Umpan balik dari pengguna aplikasi menunjukkan bahwa:

85% pengguna merasa sistem ini membantu mereka untuk lebih memahami kondisi kualitas udara di kampus.

Pengguna menyarankan penambahan fitur notifikasi untuk peringatan ketika kualitas udara memburuk.

4. Kesimpulan dari Pengujian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT berfungsi dengan baik dan dapat memberikan data yang akurat secara real-time. Sistem ini dapat menjadi alat penting dalam meningkatkan kesadaran akan kualitas udara di Kampus Politeknik Negeri Medan, serta mendukung upaya menjaga kesehatan dan keselamatan civitas akademika.

1. Deskripsi Sistem

Sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang dikembangkan di Kampus Politeknik Negeri Medan berhasil mengintegrasikan berbagai komponen, termasuk sensor kualitas udara, mikrokontroler, modul komunikasi, dan aplikasi mobile. Sistem ini dirancang untuk mengukur dan menampilkan data kualitas udara secara real-time, memberikan informasi yang berguna bagi civitas akademika.

2. Pengukuran Kualitas Udara

Hasil pengukuran kualitas udara selama periode penelitian menunjukkan data sebagai berikut: PM2.5:

Rata-rata konsentrasi PM2.5: 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Rentang pengukuran: 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hingga 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kualitas udara cenderung memburuk pada saat jam sibuk.

Karbon Dioksida (CO₂):

Rata-rata konsentrasi CO₂: 800 ppm

Rentang pengukuran: 350 ppm (luar ruangan) hingga 1500 ppm (dalam ruangan padat).

3. Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam kualitas udara:

Pola Harian:

Kualitas udara seringkali memburuk pada jam-jam tertentu, terutama saat aktivitas kampus meningkat.

Hari-hari dengan aktivitas luar ruangan yang tinggi menunjukkan peningkatan konsentrasi PM2.5.

Korelasi:

Terdapat korelasi positif antara jumlah kendaraan yang melintas dan tingkat PM2.5 yang terukur.

4. Umpan Balik Pengguna

Umpan balik dari pengguna aplikasi menunjukkan hasil yang positif:

85% pengguna merasa sistem ini membantu mereka memahami kondisi kualitas udara.

Pengguna menyarankan penambahan fitur notifikasi untuk peringatan kualitas udara buruk.



5. Pembahasan

Penelitian ini berhasil mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan. Sistem ini mampu mengukur parameter kualitas udara seperti PM2.5 dan karbon dioksida (CO₂) secara real-time, memberikan informasi yang akurat dan mudah diakses oleh civitas akademika.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, dengan data yang menunjukkan fluktuasi kualitas udara yang signifikan, terutama pada jam-jam sibuk. Rata-rata konsentrasi PM2.5 yang terdeteksi berada di level yang dapat mempengaruhi kesehatan, menekankan pentingnya manajemen lingkungan yang lebih baik di kampus.

Umpan balik dari pengguna aplikasi menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya meningkatkan kesadaran akan kualitas udara, tetapi juga mendorong perilaku yang lebih responsif terhadap kondisi lingkungan. Penambahan fitur notifikasi untuk memberikan peringatan tentang kualitas udara buruk diharapkan dapat lebih meningkatkan efektivitas sistem.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi positif terhadap pemahaman dan pengelolaan kualitas udara di Kampus Politeknik Negeri Medan. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dan penerapan sistem serupa di institusi lain, serta mendukung upaya kesehatan masyarakat dan keberlanjutan lingkungan.

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT di lingkungan Kampus Politeknik Negeri Medan, berikut adalah beberapa saran yang diharapkan dapat meningkatkan efektivitas sistem serta memberikan kontribusi positif bagi civitas akademika dan lingkungan:

1. Pengembangan Fitur Aplikasi:
Tambahkan fitur notifikasi real-time untuk memberi peringatan kepada pengguna ketika kualitas udara mencapai tingkat yang berbahaya. Fitur ini dapat membantu pengguna mengambil tindakan preventif, seperti menghindari aktivitas luar ruangan.
2. Peningkatan Jangkauan Sensor:
Pertimbangkan untuk menambah jumlah sensor di berbagai lokasi strategis di kampus untuk mendapatkan data yang lebih komprehensif. Ini akan memberikan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi kualitas udara di seluruh area kampus.
3. Integrasi Data Lingkungan:
Integrasikan data dari variabel lingkungan lain, seperti kelembapan, suhu, dan arah angin. Ini akan memperkaya analisis dan memungkinkan pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara.
4. Edukasi dan Kesadaran:
Adakan program edukasi untuk meningkatkan kesadaran civitas akademika mengenai pentingnya menjaga kualitas udara. Kegiatan seperti seminar, workshop, atau kampanye lingkungan dapat membantu meningkatkan partisipasi aktif dalam menjaga kualitas udara.
5. Kolaborasi dengan Pihak Ketiga:



Jalin kerjasama dengan lembaga atau organisasi yang fokus pada lingkungan dan kesehatan untuk mendapatkan dukungan dalam penelitian lebih lanjut, serta untuk melakukan kampanye kesadaran yang lebih luas.

6. Studi Jangka Panjang:

Lakukan studi jangka panjang untuk memantau tren kualitas udara dan dampaknya terhadap kesehatan civitas akademika. Data jangka panjang dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai pola polusi udara dan efektivitas tindakan yang diambil.

7. Pengembangan Kebijakan Kampus:

Dukung pihak kampus dalam merumuskan kebijakan yang berfokus pada pengurangan emisi dan peningkatan kualitas udara, seperti pengaturan lalu lintas dan promosi penggunaan transportasi ramah lingkungan.

REFERENSI

- [1] K. Kimani, V. Oduol, and K. Langat, "Cyber security challenges for IoT-based smart grid networks," *International journal of critical infrastructure protection*, vol. 25, pp. 36–49, 2019.
- [2] M. Syukri and R. Mukhaiyar, "Alat Pendeteksi Formalin Pada Makanan Menggunakan IoT," *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 3, no. 2, pp. 80–87, 2021.
- [3] A. D. Dwivedi, G. Srivastava, S. Dhar, and R. Singh, "A decentralized privacy-preserving healthcare blockchain for IoT," *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 2, pp. 1–17, 2019, doi: 10.3390/s19020326.
- [4] I. Wahyuni and S. Ernawati, "Analisis Pengaruh Product Assortment dan Desain Kemasan Terhadap Minat Beli Pada UMKM Di Kota Bima," *Jurnal Sekretaris Dan Manajemen, olume*, vol. 4, pp. 49–53, 2020.
- [5] L. Marlina, S. Wahyuni, and I. Sulistianingsih, "The Information System for Promotion of Products for Micro, Small, and Medium Enterprises in Hinai Village is Website-Based With a Membership Method," *International Journal Of Computer Sciences and Mathematics Engineering*, vol. 2, no. 2, pp. 141–151, 2023.
- [6] R. M. Pratama, S. Wahyuni, and A. Lubis, "Rancang Bangun Keamanan Koneksi Pribadi Melalui Open VPN Berbasis Cloud," *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 6, no. 1, pp. 30–35, 2023.
- [7] S. Wahyuni, A. Lubis, S. Batubara, and I. K. Siregar, "Implementasi algoritma crc 32 dalam mengidentifikasi Keaslian file," in *Seminar Nasional Royal (SENAR)*, 2018, pp. 1–6.
- [8] S. Wahyuni, kana S. Saragih, and M. I. Perangin-angin, "Implemntasi Metode Decision Tree C4.5 Untuk Menganalisa Mahasiswa Dop Out," *ethos*, vol. 6, no. 1, pp. 42–51, 2018.
- [9] V. Kiran, S. Hooda, S. Dahiya, Y. P. S. Berwal, and R. Kamboj, "IoT-Based 5G Healthcare Systems with Blockchain for Improving the Security of Healthcare Monitoring System," in *The International Conference on Recent Innovations in Computing*, Springer, 2023, pp. 809–826.
- [10] M. K. Zuffo *et al.*, "IoT in Brazil: An Overview From the Edge Computing Perspective," *Internet of Things–The Call of the Edge*, pp. 307–339, 2022.
- [11] S. Parvin *et al.*, "Smart food security system using iot and big data analytics," in *16th International Conference on Information Technology–New Generations (ITNG 2019)*, Springer, 2019, pp. 253–258.
- [12] A. Yazdinejad, A. Dehghantanha, R. M. Parizi, G. Srivastava, and H. Karimipour, "Secure intelligent fuzzy blockchain framework: Effective threat detection in iot networks," *Comput Ind*, vol. 144, p. 103801, 2023.



- [13] H. Fauzy, S. Aryza, and A. S. Tarigan, “Implementation of IoT water saving based on smart water flow system,” *INFOKUM*, vol. 10, no. 1, pp. 649–658, 2021.
- [14] I. Sulistianingsih, S. Suherman, and E. Pane, “Aplikasi Peringatan Dini Cuaca Menggunakan Running Text Berbasis Android,” *IT Journal Research and Development*, vol. 3, no. 2, pp. 76–83, 2019.
- [15] S. Wahyuni, A. Khaliq, H. M. Z. N. Amrul, and A. Akbar, “Innovation Of The Sipemang Application Using Qr Code For Monitoring And Preserving Mangrove Ecosystems In Pari City Village,” *Journal of Information Technology, Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 1, no. 3, pp. 172–180, 2024.
- [16] S. Wahyuni, A. Khaliq, H. M. Z. N. Amrul, and A. Akbar, “Designing a Website-Based Kota Pari Village Mangrove Application with the Agile Scrumban Method,” in *Proceeding of International Conference on Artificial Intelligence, Navigation, Engineering, and Aviation Technology (ICANEAT)*, 2024, pp. 415–419.
- [17] M. Elappila and S. Chinara, “Implementation of survivability aware protocols in WSN for IoT applications using Contiki-OS and hardware testbed evaluation,” *Microprocess Microsyst*, vol. 104, p. 104988, 2024.

