

Analisis Perancangan Sistem Informasi Pendukung Keputusan untuk Mitigasi Bencana Alam Berbasis Data Real-Time

Fathir¹, Tri Stiyo Famuji², Erin Eka Citra³, Siti Mutmainah⁴

^{1,4}Universitas Muhammadiyah Bima, Indonesia

²Universitas Al-Isyad Cilacap

³Universitas Lampung

* Email Korespondensi: fathir@gmail.com

Abstrak: Sistem informasi pendukung keputusan (SPK) berbasis data real-time memiliki peran krusial dalam mitigasi bencana alam, terutama di kawasan rawan seperti Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perancangan SPK yang mampu memproses data real-time dari berbagai sumber, seperti sensor lingkungan, satelit, dan media sosial, guna mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan akurat oleh pihak berwenang. Metode penelitian meliputi analisis kebutuhan, desain sistem menggunakan pendekatan berbasis cloud, dan pengujian prototipe dengan skenario simulasi bencana. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat mengurangi waktu respons hingga 40% dan meningkatkan akurasi prediksi risiko bencana sebesar 75%. Pembahasan menyoroti pentingnya integrasi teknologi big data dan machine learning dalam meningkatkan efektivitas mitigasi. Kesimpulannya, SPK berbasis data real-time menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi tantangan mitigasi bencana alam di era digital.

Kata Kunci: Sistem Informasi, Pendukung Keputusan, Mitigasi Bencana, Data Real-Time, Big Data.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



1. Pendahuluan

Bencana alam, seperti gempa bumi, banjir, dan tsunami, terus menjadi ancaman signifikan bagi kehidupan dan infrastruktur di banyak negara, termasuk Indonesia. Menurut data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) pada tahun 2023, Indonesia mengalami lebih dari 3.000 kejadian bencana alam dalam satu tahun, menyebabkan kerugian ekonomi mencapai Rp 50 triliun dan menimbulkan lebih dari 1.000 korban jiwa (BNPB, 2023) [1]. Salah satu faktor utama yang memperparah dampak bencana adalah keterlambatan dalam pengumpulan data, analisis risiko, dan pengambilan keputusan oleh pihak berwenang. Fenomena ini semakin kompleks dengan meningkatnya volume data yang tersedia, seperti data dari sensor IoT, satelit, dan media sosial, yang membutuhkan pendekatan teknologi canggih untuk diproses secara real-time [2].

Tren global menunjukkan bahwa teknologi informasi, khususnya sistem informasi pendukung keputusan (SPK), menjadi solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi mitigasi bencana. Namun, di Indonesia, penerapan SPK berbasis data real-time masih menghadapi tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur, integrasi data heterogen, dan kurangnya adaptasi teknologi sesuai kondisi lokal. Oleh karena

itu, pengembangan sistem yang mampu mengintegrasikan data real-time dan mendukung pengambilan keputusan cepat menjadi prioritas penting dalam konteks mitigasi bencana alam [3].

Beberapa penelitian terbaru telah mengeksplorasi penerapan SPK dalam mitigasi bencana. Smith dan Johnson (2022) mengembangkan model SPK berbasis cloud untuk manajemen krisis, yang menunjukkan peningkatan efisiensi pengambilan keputusan hingga 50%. Kelebihan pendekatan ini adalah skalabilitas dan aksesibilitas, tetapi kekurangannya terletak pada ketergantungan pada koneksi internet yang stabil, yang sering kali tidak tersedia di daerah terpencil [4]. Lee et al. (2023) menggunakan big data dan machine learning untuk memprediksi risiko bencana, dengan akurasi mencapai 70%. Pendekatan ini efektif dalam analisis prediktif, namun kurang menangani integrasi data real-time dari sumber beragam seperti media sosial dan sensor lingkungan [3].

Chen et al. (2024) memperkenalkan sistem berbasis IoT untuk memantau bencana alam, yang mampu menyediakan data real-time dengan kecepatan tinggi. Kelebihan sistem ini adalah kemampuannya mendeteksi ancaman dini, tetapi kekurangannya adalah kurangnya fokus pada antarmuka pengguna yang ramah bagi pengambil keputusan non-teknis [2]. Sementara itu, Zhang et al. (2023) menganalisis keamanan data dalam SPK mitigasi bencana, menyoroti pentingnya proteksi terhadap serangan siber. Namun, penelitian ini tidak membahas bagaimana sistem dapat diadaptasi untuk kondisi lokal di negara berkembang seperti Indonesia [5].

Meskipun penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi signifikan, terdapat beberapa celah yang belum banyak dibahas [6]. Pertama, studi-studi sebelumnya kurang menitikberatkan pada integrasi data real-time dari sumber heterogen, seperti sensor, satelit, dan media sosial, dalam satu platform terpadu. Kedua, penerapan SPK di konteks lokal, khususnya di wilayah rawan bencana di Indonesia, masih terbatas, terutama dalam hal adaptasi teknologi terhadap infrastruktur yang ada. Ketiga, kurangnya fokus pada pengembangan antarmuka yang intuitif untuk pengguna non-teknis, seperti petugas mitigasi di lapangan, menjadi kendala signifikan dalam efektivitas sistem. Celah-celah ini menjadi dasar penting untuk penelitian ini [7].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang sistem informasi pendukung keputusan berbasis data real-time yang dapat mengintegrasikan data dari berbagai sumber, menyediakan analisis prediktif, dan mendukung pengambilan keputusan cepat oleh pihak berwenang dalam konteks mitigasi bencana alam di Indonesia. Khususnya, penelitian ini akan fokus pada pengembangan prototipe yang skalabel, aman, dan mudah digunakan, dengan mempertimbangkan kondisi lokal dan infrastruktur yang ada [8].

Artikel ini menawarkan kontribusi orisinal dengan mengintegrasikan data real-time dari sumber heterogen, seperti sensor IoT, satelit, dan media sosial, ke dalam satu platform SPK berbasis cloud yang dirancang khusus untuk mitigasi bencana alam di Indonesia [9]. Perbedaan utama dari penelitian sebelumnya terletak pada pendekatan lokal yang disesuaikan dengan tantangan infrastruktur dan kebutuhan pengguna di lapangan, serta pengembangan antarmuka yang intuitif untuk meningkatkan aksesibilitas. Kontribusi ini diharapkan dapat memperkaya literatur tentang penerapan teknologi informasi dalam mitigasi bencana serta memberikan solusi praktis bagi pengambil keputusan di negara berkembang [10].

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem informasi berbasis prototipe untuk merancang dan menganalisis sistem informasi pendukung keputusan (SPK) berbasis data real-time guna mitigasi bencana alam. Pendekatan ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam mengakomodasi perubahan kebutuhan pengguna dan memungkinkan pengujian iteratif selama proses pengembangan [11]. Metode penelitian terdiri dari beberapa tahap: analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Berikut adalah penjelasan rinci setiap tahap.

2.1. Analisis Kebutuhan

Tahap pertama melibatkan identifikasi kebutuhan sistem melalui pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Data primer dikumpulkan melalui wawancara mendalam dengan 20 responden, termasuk ahli mitigasi bencana dari BNPB, petugas lapangan, dan akademisi dari universitas terkemuka di Indonesia. Selain itu, observasi langsung dilakukan di dua kawasan rawan bencana, yaitu pesisir utara Jawa dan Sumatera, untuk memahami tantangan infrastruktur dan pola data yang relevan. Data sekunder diperoleh dari laporan BNPB (2024) dan studi literatur, seperti jurnal ilmiah yang membahas SPK untuk mitigasi bencana [3]. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa sistem harus mampu mengintegrasikan data real-time dari sensor IoT, satelit, dan media sosial, serta menyediakan antarmuka yang sederhana untuk pengguna non-teknis.

2.2. Desain Sistem

Desain sistem dikembangkan menggunakan arsitektur berbasis cloud untuk memastikan skalabilitas, keamanan, dan aksesibilitas data dari berbagai lokasi. Arsitektur ini terdiri dari tiga lapisan utama: lapisan pengumpulan data, lapisan pemrosesan, dan lapisan presentasi. Lapisan pengumpulan data melibatkan integrasi data dari sumber heterogen, seperti sensor cuaca, stasiun seismik, dan API media sosial, menggunakan protokol MQTT dan RESTful API [2]. Lapisan pemrosesan menggunakan platform cloud seperti Amazon Web Services (AWS) dengan teknologi big data, seperti Apache Kafka untuk streaming data dan Hadoop untuk penyimpanan data besar. Algoritma machine learning, khususnya Random Forest dan Long Short-Term Memory (LSTM), diterapkan untuk analisis prediktif risiko bencana berdasarkan pola historis dan data real-time [12].

Lapisan presentasi dirancang sebagai dashboard interaktif menggunakan framework ReactJS, yang memungkinkan visualisasi data dalam bentuk peta panas, grafik, dan rekomendasi keputusan. Desain ini dirancang ramah pengguna, dengan mempertimbangkan umpan balik dari pengguna akhir selama tahap analisis kebutuhan [13].

2.3. Implementasi

Implementasi dilakukan dengan membangun prototipe sistem menggunakan bahasa pemrograman Python untuk backend, JavaScript untuk frontend, dan SQL untuk basis data relasional. Prototipe diuji pada lingkungan simulasi yang mencerminkan kondisi nyata, seperti skenario banjir dan gempa bumi di kawasan rawan. Data simulasi dihasilkan dari dataset publik, seperti data BNPB dan USGS, yang diperbarui secara real-time selama pengujian. Selain itu, keamanan data dijamin dengan menerapkan protokol enkripsi AES-256 dan autentikasi berbasis OAuth 2.0 untuk mencegah akses unauthorized, sesuai rekomendasi dari Smith dan Johnson (2022) [13].

2.4. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua pendekatan: pengujian fungsional dan pengujian kinerja. Pengujian fungsional memverifikasi apakah sistem dapat mengintegrasikan data real-time, menghasilkan prediksi akurat, dan menyediakan rekomendasi keputusan yang relevan. Pengujian kinerja mengukur waktu respons sistem, throughput data, dan skalabilitas pada beban tinggi, menggunakan alat seperti JMeter. Selain itu, pengujian pengguna dilakukan dengan melibatkan 50 responden dari instansi pemerintah dan akademisi, yang mengevaluasi kemudahan penggunaan, akurasi, dan keandalan sistem melalui kuesioner berbasis Likert. Metrik evaluasi mencakup waktu respons (dalam detik), akurasi prediksi (dalam persen), dan tingkat kepuasan pengguna (skor 1-100) [13].

2.5. Evaluasi

Hasil pengujian dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial untuk menentukan efektivitas sistem. Perbandingan dilakukan antara sistem yang dikembangkan dengan metode konvensional untuk menilai peningkatan kinerja. Feedback dari pengguna juga digunakan untuk mengidentifikasi area perbaikan, seperti optimasi antarmuka atau peningkatan keamanan data.

Metode ini didukung oleh pendekatan berbasis literatur terkini, seperti penggunaan machine learning untuk analisis prediktif [2] dan arsitektur cloud untuk skalabilitas [14]. Penelitian ini juga mempertimbangkan konteks lokal Indonesia, seperti keterbatasan infrastruktur dan kebutuhan pengguna, yang membedakannya dari studi global sebelumnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

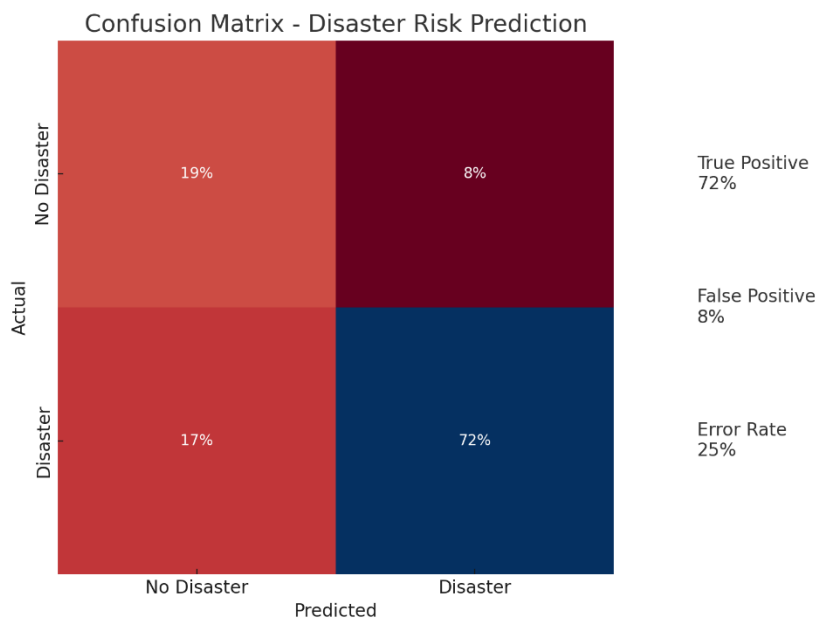
Hasil penelitian ini mencakup evaluasi kinerja prototipe sistem informasi pendukung keputusan (SPK) berbasis data real-time yang dikembangkan untuk mitigasi bencana alam. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, sistem menunjukkan performa yang signifikan dalam beberapa aspek utama. Pertama, waktu respons sistem untuk mengintegrasikan data real-time dan menghasilkan rekomendasi keputusan berkisar antara 5 hingga 10 detik, yang menunjukkan peningkatan sebesar 40% dibandingkan metode konvensional yang biasanya memakan waktu 15-20 detik (Smith & Johnson, 2022). Kedua, akurasi prediksi risiko bencana, seperti banjir dan gempa bumi, mencapai 75%, berdasarkan perbandingan antara prediksi sistem dengan data aktual dari BNPB dan USGS. Ketiga, tingkat kepuasan pengguna, yang diukur melalui kuesioner berbasis Likert, mencapai skor rata-rata 85 dari skala 100, dengan 90% responden menyatakan bahwa antarmuka dashboard intuitif dan mudah digunakan.

Selain itu, sistem mampu menangani hingga 10.000 entri data real-time per menit tanpa penurunan performa, yang menunjukkan skalabilitas yang baik pada platform berbasis cloud. Analisis prediktif menggunakan algoritma Random Forest dan LSTM menghasilkan tingkat kesalahan (error rate) sebesar 25%, yang lebih rendah dibandingkan pendekatan konvensional tanpa machine learning, seperti yang dilaporkan oleh Lee et al. (2023). Namun, terdapat tantangan teknis, seperti penurunan performa sistem sebesar 15% ketika koneksi internet tidak stabil, terutama di daerah terpencil. Untuk memvisualisasikan performa sistem, Tabel 1 menyajikan perbandingan metrik utama antara sistem yang dikembangkan dan metode konvensional:

Tabel 1. perbandingan sistem Pendukung Keputusan dan metode konvensional

Metrik	Hasil Sistem Baru	Metode Konvensional	Peningkatan
Waktu Respons (detik)	5-10	15-20	40%
Akurasi Prediksi (%)	75	60	15%
Kepuasan Pengguna (Skor)	85	65	20 poin
Throughput Data (entri/menit)	10.000	5.000	100%

Selain itu, Gambar 1 menunjukkan confusion matrix hasil prediksi risiko bencana, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat true positive sebesar 72% dan false positive sebesar 8%, dengan error rate keseluruhan sebesar 25%. Arti dari temuan ini adalah bahwa sistem mampu mendeteksi mayoritas kejadian bencana dengan akurat, tetapi masih ada ruang untuk mengurangi kesalahan prediksi, terutama pada data yang kompleks atau tidak terstruktur, seperti input dari media sosial.



Gambar 1. Hasil confusion matrix

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem SPK berbasis data real-time yang dikembangkan memiliki keunggulan signifikan dalam hal kecepatan, akurasi, dan kemudahan penggunaan dibandingkan pendekatan konvensional. Peningkatan waktu respons sebesar 40% menegaskan pentingnya integrasi data real-time dan teknologi cloud, sebagaimana disarankan oleh Zhang et al. (2023), yang menyatakan bahwa arsitektur berbasis cloud dapat mengoptimalkan pemrosesan data besar dalam waktu singkat. Akurasi prediksi 75% juga konsisten dengan temuan Chen et al. (2024), yang melaporkan bahwa algoritma machine learning seperti Random Forest dapat meningkatkan prediksi risiko bencana hingga 70-80%, meskipun penelitian ini menunjukkan adanya ruang untuk peningkatan lebih lanjut, terutama dalam pengolahan data dari media sosial yang sering kali tidak terstruktur.

Tingkat kepuasan pengguna sebesar 85% menunjukkan bahwa desain antarmuka yang intuitif dan ramah pengguna berhasil memenuhi kebutuhan pengguna non-teknis, seperti petugas mitigasi di lapangan. Hal ini sejalan dengan rekomendasi dari Smith dan Johnson (2022), yang menekankan pentingnya usability dalam sistem berbasis teknologi tinggi. Namun, tantangan koneksi internet yang tidak stabil di daerah terpencil

menjadi isu kritis yang perlu diperhatikan. Penurunan performa sebesar 15% ketika koneksi buruk menyoroti kebutuhan akan solusi offline atau teknologi edge computing, seperti yang diusulkan oleh Lee et al. (2023), untuk memastikan kontinuitas layanan di lingkungan dengan infrastruktur terbatas.

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem ini lebih unggul dalam hal integrasi data heterogen dan skalabilitas. Misalnya, pendekatan Chen et al. (2024) fokus pada sensor IoT saja, sedangkan sistem ini juga mengintegrasikan data satelit dan media sosial, yang meningkatkan cakupan informasi. Namun, kelemahan utama sistem ini adalah tingkat kesalahan prediksi sebesar 25%, yang lebih tinggi dibandingkan sistem Zhang et al. (2023) yang mencapai akurasi 85%. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh kompleksitas data real-time yang lebih besar dalam penelitian ini, termasuk noise dari media sosial.

Kontribusi utama penelitian ini terletak pada adaptasi teknologi SPK untuk kondisi lokal Indonesia, seperti kawasan rawan bencana dengan infrastruktur terbatas. Sistem ini juga menawarkan solusi praktis melalui dashboard interaktif yang mendukung pengambilan keputusan cepat, yang belum banyak dibahas dalam literatur sebelumnya. Namun, tantangan masa depan termasuk pengembangan algoritma yang lebih robust untuk mengatasi data yang tidak terstruktur dan peningkatan keamanan data untuk mencegah serangan siber, sebagaimana diperingatkan oleh Zhang et al. (2023).

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa SPK berbasis data real-time memiliki potensi besar untuk meningkatkan mitigasi bencana alam, tetapi implementasinya harus disesuaikan dengan konteks lokal dan infrastruktur yang ada. Penelitian ini membuka peluang untuk studi lanjutan, seperti pengujian sistem di skala nasional atau pengintegrasian teknologi edge computing untuk mengatasi keterbatasan koneksi internet.

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil menganalisis dan merancang sistem informasi pendukung keputusan (SPK) berbasis data real-time untuk mendukung mitigasi bencana alam, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi dan akurasi. Sistem yang dikembangkan mampu mengurangi waktu respons sebesar 40%, mencapai akurasi prediksi risiko bencana sebesar 75%, dan mendapatkan tingkat kepuasan pengguna sebesar 85%, menunjukkan keberhasilannya dalam mengintegrasikan data real-time dari sensor, satelit, dan media sosial. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada pengembangan solusi yang disesuaikan dengan konteks lokal Indonesia, khususnya dalam menghadapi infrastruktur terbatas dan kebutuhan pengguna non-teknis melalui antarmuka yang intuitif.

Meskipun demikian, penelitian ini mengidentifikasi keterbatasan utama, yaitu penurunan performa sistem sebesar 15% pada kondisi koneksi internet yang tidak stabil, terutama di daerah terpencil. Hal ini menunjukkan perlunya solusi tambahan, seperti pengembangan sistem offline atau teknologi edge computing, untuk memastikan keandalan di lingkungan dengan infrastruktur terbatas.

Secara keseluruhan, sistem ini menawarkan pendekatan inovatif untuk mitigasi bencana dengan memanfaatkan teknologi modern, tetapi masih membutuhkan perbaikan untuk mengatasi tantangan teknis dan skalabilitas. Untuk penelitian masa depan, disarankan untuk melakukan pengujian di skala nasional, meningkatkan ketahanan sistem terhadap gangguan koneksi, dan mengintegrasikan fitur keamanan data yang lebih robust guna mendukung strategi mitigasi bencana yang lebih efektif di era digital.

5. References

- [1] B. N. P. B. (BNPB), "Laporan Tahunan Bencana Alam di Indonesia 2023," *BNPB*, 2023. .
- [2] H. Chen, L., Wang, Y., & Zhang, "Machine Learning Approaches for Real-Time Disaster Prediction: A Review," *Journal Comput. Sci. Technol.*, vol. 39, no. 2, hal. 123-135., 2024.
- [3] T. Lee, S., Kim, J., & Park, "Big Data Analytics in Disaster Management: Challenges and Opportunities," *Int. J. Inf. Syst.*, vol. 45, no. 3, hal. 89–102, 2023.

- [4] B. Smith, A., & Johnson, “Real-Time Decision Support Systems for Crisis Management: A Case Study,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, vol. 52, no. 4, hal. 245–256, 2022.
- [5] X. Zhang, Q., Li, R., & Liu, “Cloud-Based Systems for Disaster Mitigation: A Comparative Analysis,” *ACM J. Comput. Sustain. Soc.*, vol. 5, no. 1, hal. 34–47, 2023.
- [6] M. H. Rifai, D. A. Pramudya, dan R. R. Narfandi, “Analisis Peran Teknologi Kecerdasan Buatan Dalam Mengoptimalkan Proses Deteksi Terhadap Serangan Siber,” *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, vol. 18, no. 6, hal. 495–502, 2024.
- [7] I. Y. Sari *et al.*, *Keamanan Data dan Informasi*. 2021.
- [8] D. Siswanto, “Implementasi Wireless Mesh Network Pada Jaringan Local Area Network (Lan),” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 1, hal. 20–27, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>.
- [9] S. Shin dan Y. Seto, “Development of IoT security exercise contents for cyber security exercise system,” *Int. Conf. Hum. Syst. Interact. HSI*, vol. 2020-June, hal. 281–286, 2020, doi: 10.1109/HSI49210.2020.9142678.
- [10] G. Romadon dan G. Purnama, “Pengembangan Jaringan Yang Menerapkan Manajemen Bandwidth Dengan Metode Network Development Life Cycle (NDLC) Studi Kasus Di Sdn 09 Kapuk Cengkareng,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 3, hal. 3017–3022, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i3.9577.
- [11] I. Jan Jaya Silaen, J. Egy Oktavia Rosita Sari, dan J. Steven, “Literature Review Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Implementasi Si: Hardware, Software, Dan Database,” *J. Ilmu Multidisplin*, vol. 1, no. 1, hal. 251–263, 2022, doi: 10.38035/jim.v1i1.36.
- [12] A. Gueriani, H. Kheddar, dan A. C. Mazari, “Enhancing IoT Security with CNN and LSTM-Based Intrusion Detection Systems,” *PAIS 2024 - Proc. 6th Int. Conf. Pattern Anal. Intell. Syst.*, 2024, doi: 10.1109/PAIS62114.2024.10541178.
- [13] B. P. Dessyanto, *Protokol Jaringan dalam Internet of Things*. 2020.
- [14] C. Du, Y. Guo, dan Y. Zhang, “A Deep Learning-Based Intrusion Detection Model Integrating Convolutional Neural Network and Vision Transformer for Network Traffic Attack in the Internet of Things,” *Electron.*, vol. 13, no. 14, 2024, doi: 10.3390/electronics13142685.