Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X (Printed)
6 (2) 2026, Page: 28716-28723

Model Sistem Informasi Prediksi Genangan Banjir Jalan Kota Padang Berbasis Crowdsourcing, IoT, dan Machine Learning untuk Optimasi Jalur Mobilitas Masyarakat

Radius Prawiro[1], Riandana Afira[2], Annisak Izzaty Jamhur[3]

[1,2,3,]Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

rcradius2210@gmail.com,

Published: Mei, 2026

ABSTRAK

Genangan banjir jalan di Kota Padang sering menyebabkan gangguan mobilitas masyarakat, kemacetan, serta peningkatan risiko kecelakaan pada musim hujan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model sistem informasi prediksi genangan banjir jalan berbasis *crowdsourcing*, Internet of Things (IoT), dan *machine learning* untuk mendukung optimasi jalur mobilitas masyarakat secara real-time. Data diperoleh melalui laporan masyarakat, sensor ketinggian air, curah hujan, dan data historis genangan. Metode *machine learning* digunakan untuk memprediksi tingkat risiko genangan pada ruas jalan tertentu. Hasil penelitian diharapkan menghasilkan dashboard informasi jalur alternatif yang adaptif, akurat, dan mendukung pengambilan keputusan masyarakat serta pemerintah Kota Padang dalam mitigasi banjir perkotaan.

Kata kunci: Prediksi Genangan Banjir, Internet of Things (IoT), Machine Learning

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Kota Padang merupakan salah satu wilayah perkotaan di Indonesia yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana hidrometeorologi, khususnya banjir perkotaan. Kondisi geografis, curah hujan yang tinggi, perubahan tata guna lahan, serta sistem drainase yang belum sepenuhnya optimal menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya genangan banjir pada berbagai ruas jalan utama di kota ini. Genangan banjir tidak hanya berdampak pada terganggunya aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat, tetapi juga memengaruhi mobilitas warga secara signifikan. Pada kondisi tertentu, genangan yang terjadi di ruas jalan dapat menyebabkan kemacetan, keterlambatan perjalanan, meningkatnya risiko kecelakaan lalu lintas, bahkan menghambat akses menuju fasilitas penting seperti rumah sakit, sekolah, dan pusat pelayanan publik.

Permasalahan genangan jalan di Kota Padang selama ini masih ditangani secara reaktif. Informasi mengenai lokasi genangan umumnya diperoleh setelah kejadian berlangsung melalui laporan masyarakat di media sosial, grup percakapan daring, atau laporan manual kepada pemerintah daerah. Mekanisme tersebut sering kali menyebabkan keterlambatan informasi sehingga masyarakat tidak memiliki cukup waktu untuk menentukan jalur alternatif yang aman dan efisien. Di sisi lain, pemerintah kota juga menghadapi tantangan dalam memperoleh data lapangan yang cepat, akurat, dan terintegrasi untuk mendukung pengambilan keputusan terkait pengelolaan lalu lintas dan mitigasi banjir perkotaan.

Perkembangan teknologi informasi membuka peluang baru dalam pengelolaan bencana berbasis data secara real-time. Konsep sistem informasi cerdas (*smart information system*) memungkinkan integrasi berbagai sumber data untuk menghasilkan informasi prediktif yang lebih akurat. Dalam

konteks banjir perkotaan, pendekatan berbasis teknologi dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya genangan pada ruas jalan tertentu sehingga masyarakat dapat melakukan penyesuaian mobilitas secara lebih cepat dan tepat. Namun demikian, sebagian besar sistem informasi banjir yang telah dikembangkan masih berfokus pada pemetaan wilayah terdampak secara umum dan belum memberikan perhatian khusus pada prediksi kondisi genangan jalan yang berdampak langsung terhadap mobilitas harian masyarakat perkotaan.

Salah satu pendekatan yang potensial untuk mendukung pengembangan sistem informasi prediksi genangan jalan adalah pemanfaatan konsep *crowdsourcing*. *Crowdsourcing* memungkinkan partisipasi aktif masyarakat dalam menyediakan data lapangan secara langsung melalui perangkat digital seperti telepon pintar. Masyarakat dapat mengirimkan laporan berupa lokasi, foto, tinggi genangan, atau kondisi jalan yang kemudian diintegrasikan ke dalam sistem informasi secara real-time. Pendekatan ini memiliki keunggulan berupa cakupan data yang luas, pembaruan informasi yang cepat, dan biaya implementasi yang relatif lebih rendah dibandingkan metode survei konvensional. Selain itu, keterlibatan masyarakat juga dapat meningkatkan kesadaran kolektif terhadap mitigasi bencana di lingkungan perkotaan.

Di samping *crowdsourcing*, pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) menjadi elemen penting dalam meningkatkan akurasi sistem prediksi genangan banjir jalan. Sensor berbasis IoT dapat dipasang pada titik-titik rawan genangan untuk mengukur parameter lingkungan secara otomatis, seperti tinggi muka air, intensitas curah hujan, debit aliran drainase, serta kelembaban lingkungan. Data yang dikumpulkan secara kontinu dari sensor tersebut dapat dikirimkan secara langsung ke pusat sistem menggunakan jaringan internet sehingga memberikan informasi aktual mengenai kondisi lapangan. Integrasi data sensor IoT dengan laporan masyarakat diharapkan mampu menciptakan sistem pemantauan genangan jalan yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Namun, tersedianya data dalam jumlah besar dari berbagai sumber tidak akan memberikan manfaat optimal tanpa adanya metode analisis yang mampu mengolah data menjadi informasi prediktif. Oleh karena itu, pendekatan *machine learning* menjadi solusi yang relevan dalam penelitian ini. *Machine learning* memungkinkan sistem mempelajari pola historis genangan banjir berdasarkan variabel tertentu seperti intensitas hujan, topografi wilayah, kapasitas drainase, kondisi cuaca, kepadatan lalu lintas, dan riwayat kejadian genangan sebelumnya. Melalui proses pelatihan model (*training model*), sistem dapat menghasilkan prediksi mengenai tingkat risiko genangan pada ruas jalan tertentu dalam periode waktu tertentu. Hasil prediksi tersebut dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi jalur alternatif bagi masyarakat guna meminimalkan gangguan mobilitas.

Integrasi *crowdsourcing*, IoT, dan *machine learning* dalam satu model sistem informasi dipandang memiliki nilai kebaruan (*novelty*) yang signifikan, khususnya dalam konteks pengelolaan mobilitas perkotaan berbasis mitigasi bencana di Kota Padang. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menitikberatkan pada sistem peringatan dini banjir secara makro, pemetaan daerah rawan banjir menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), atau analisis drainase perkotaan tanpa menghubungkan aspek prediksi genangan dengan optimasi jalur mobilitas masyarakat secara real-time. Padahal, kebutuhan masyarakat perkotaan saat ini tidak hanya sebatas mengetahui bahwa banjir terjadi, tetapi juga memperoleh informasi praktis mengenai jalur mana yang aman dilalui untuk mencapai tujuan perjalanan.

Selain memberikan manfaat langsung kepada masyarakat, sistem informasi prediksi genangan jalan juga berpotensi mendukung pemerintah daerah dalam pengambilan kebijakan berbasis data (*data-driven decision making*). Informasi pola genangan yang terintegrasi dapat membantu pemerintah mengidentifikasi titik-titik kritis banjir, menentukan prioritas pembangunan infrastruktur drainase, mengoptimalkan rekayasa lalu lintas saat kondisi darurat, serta meningkatkan efektivitas pelayanan publik. Dalam jangka panjang, implementasi model ini juga dapat mendukung transformasi Kota Padang menuju konsep *smart city* yang menempatkan teknologi digital sebagai instrumen utama dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model sistem informasi prediksi genangan banjir jalan di Kota Padang berbasis *crowdsourcing*, IoT, dan *machine learning* guna mendukung optimasi jalur mobilitas masyarakat secara real-time. Penelitian ini diharapkan

mampu menghasilkan model prediksi yang akurat, adaptif, dan mudah diimplementasikan dalam lingkungan perkotaan yang dinamis. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik terhadap pengembangan ilmu Sistem Informasi, khususnya pada bidang integrasi teknologi cerdas untuk mitigasi bencana perkotaan dan pengelolaan mobilitas masyarakat berbasis data.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Informasi Prediksi Banjir

Sistem informasi merupakan kombinasi teknologi, manusia, prosedur, dan data yang digunakan untuk mengumpulkan, mengolah, menyimpan, dan mendistribusikan informasi guna mendukung pengambilan keputusan. Dalam konteks mitigasi bencana, sistem informasi memiliki peran penting dalam menyediakan informasi yang cepat dan akurat mengenai kondisi lingkungan, termasuk kejadian banjir perkotaan. Sistem informasi prediksi banjir dikembangkan untuk mendukung pemantauan kondisi lapangan secara real-time sehingga dapat membantu pemerintah dan masyarakat dalam mengurangi dampak risiko bencana. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan sistem informasi geografis (*Geographic Information System/GIS*) dalam mitigasi banjir mampu membantu pemetaan wilayah rawan genangan, namun sebagian besar masih bersifat statis dan belum berorientasi pada prediksi jalur mobilitas masyarakat secara langsung.

Crowdsourcing dalam Pengumpulan Data Kebencanaan

Crowdsourcing merupakan pendekatan pengumpulan data dengan melibatkan partisipasi masyarakat melalui media digital, seperti aplikasi berbasis telepon pintar, media sosial, maupun platform pelaporan daring. Dalam manajemen kebencanaan, *crowdsourcing* memungkinkan masyarakat menjadi sumber informasi utama untuk melaporkan kejadian di lapangan secara cepat dan real-time. Keunggulan pendekatan ini terletak pada kecepatan penyebaran informasi, cakupan wilayah yang luas, dan efisiensi biaya dibandingkan survei konvensional. Pada kasus genangan banjir jalan, masyarakat dapat memberikan informasi mengenai lokasi genangan, tinggi air, tingkat kemacetan, serta kondisi akses jalan. Data partisipatif tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan ketepatan informasi kondisi lapangan sekaligus memperkuat validitas data sistem.

Internet of Things (IoT) untuk Monitoring Lingkungan

Internet of Things (IoT) merupakan konsep integrasi perangkat fisik berbasis sensor yang terhubung melalui jaringan internet untuk mengumpulkan dan mengirimkan data secara otomatis. Pada sistem mitigasi banjir, sensor IoT dapat digunakan untuk memantau tinggi muka air, intensitas curah hujan, debit aliran drainase, serta parameter lingkungan lainnya. Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara berkala ke server pusat dan dapat digunakan sebagai sumber data real-time dalam sistem prediksi. Implementasi IoT pada sistem monitoring lingkungan terbukti meningkatkan akurasi pengambilan keputusan karena mampu memberikan informasi aktual mengenai kondisi di lokasi tertentu.

Machine Learning dalam Prediksi Genangan Banjir

Machine learning merupakan cabang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang memungkinkan sistem mempelajari pola dari data historis untuk menghasilkan prediksi otomatis. Dalam penelitian prediksi banjir, metode seperti *Random Forest*, *Decision Tree*, *Artificial Neural Network*, dan *Support Vector Machine* telah banyak digunakan untuk memprediksi tingkat risiko banjir berdasarkan parameter cuaca, topografi, dan kondisi lingkungan. Integrasi *machine learning* dalam sistem informasi memungkinkan analisis pola genangan secara lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Dengan memanfaatkan data historis genangan, data sensor IoT, serta laporan *crowdsourcing*, model prediksi dapat memberikan rekomendasi jalur mobilitas yang aman bagi masyarakat Kota Padang sehingga mendukung pengurangan risiko gangguan aktivitas akibat banjir perkotaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pengembangan sistem (*system development research*) yang bertujuan untuk merancang model sistem informasi prediksi genangan

banjir jalan di Kota Padang berbasis *crowdsourcing*, Internet of Things (IoT), dan *machine learning*. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data, perancangan sistem, pembangunan model prediksi, pengujian sistem, dan evaluasi hasil.

Tahap pertama adalah pengumpulan data yang diperoleh dari tiga sumber utama, yaitu data *crowdsourcing*, data sensor IoT, dan data historis pendukung. Data *crowdsourcing* diperoleh melalui laporan masyarakat terkait lokasi genangan, tinggi muka air, kondisi lalu lintas, dan dokumentasi visual yang dikirim melalui aplikasi berbasis web atau perangkat bergerak. Data IoT diperoleh dari sensor yang ditempatkan pada titik rawan genangan di beberapa ruas jalan Kota Padang untuk mengukur tinggi air, curah hujan, dan kondisi drainase secara real-time. Selain itu, data historis genangan, curah hujan, kepadatan lalu lintas, serta data spasial jalan diperoleh dari instansi terkait.

Tahap kedua adalah perancangan model sistem informasi menggunakan pendekatan arsitektur terintegrasi yang menghubungkan data sensor, laporan masyarakat, dan basis data pusat melalui *cloud computing*. Sistem dilengkapi dengan *dashboard* monitoring berbasis Geographic Information System (GIS) untuk menampilkan lokasi genangan dan rekomendasi jalur alternatif.

Tahap ketiga yaitu pengembangan model prediksi menggunakan *machine learning*. Algoritma seperti *Random Forest* atau *Decision Tree* digunakan untuk memprediksi tingkat risiko genangan jalan berdasarkan variabel curah hujan, tinggi muka air, topografi, kapasitas drainase, dan pola historis banjir. Model dievaluasi menggunakan metrik akurasi, *precision*, *recall*, dan *F1-score*.

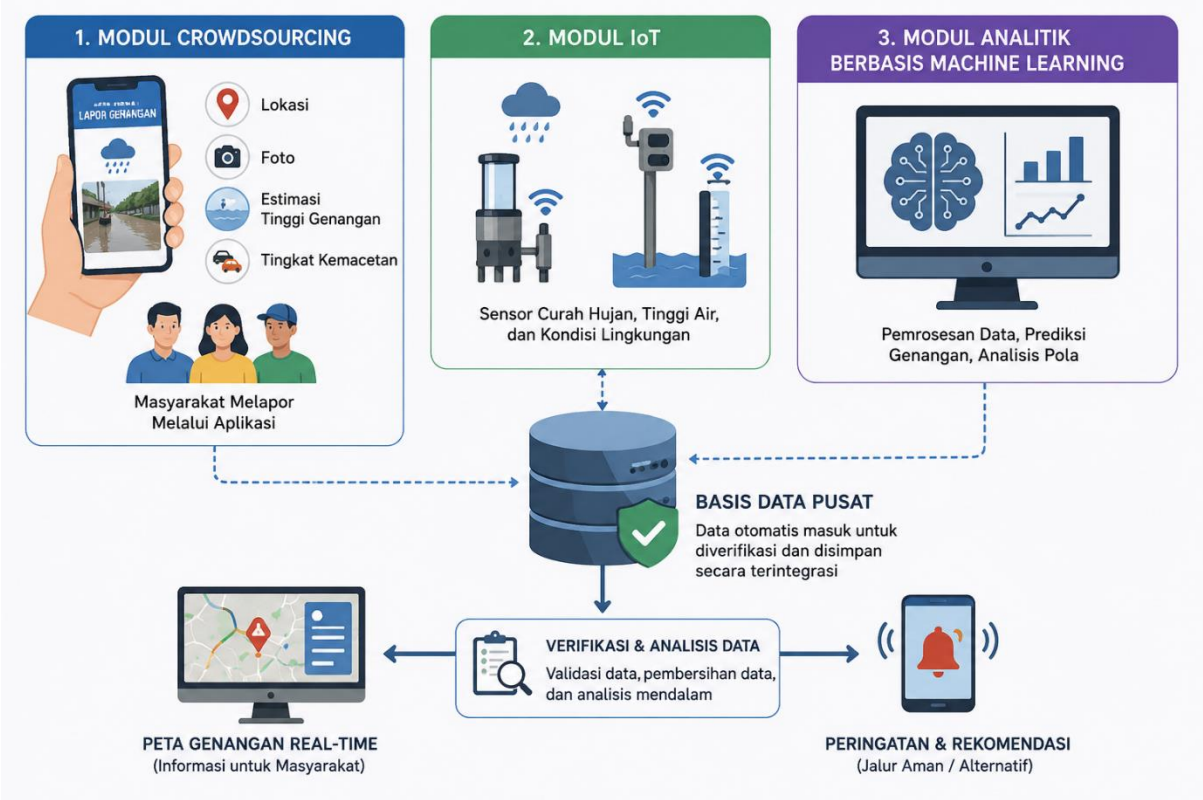
Tahap akhir adalah pengujian dan evaluasi sistem melalui simulasi kondisi lapangan dan validasi pengguna untuk mengukur efektivitas sistem dalam memberikan rekomendasi jalur mobilitas masyarakat secara cepat, akurat, dan adaptif terhadap kondisi genangan di Kota Padang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model sistem informasi prediksi genangan banjir jalan berbasis *crowdsourcing*, Internet of Things (IoT), dan *machine learning* berhasil dikembangkan dan mampu memberikan informasi kondisi ruas jalan secara lebih cepat dan adaptif dibandingkan sistem pelaporan konvensional. Sistem dirancang dalam bentuk platform terintegrasi yang menghubungkan laporan masyarakat, sensor lapangan, serta model prediksi berbasis data historis untuk menghasilkan rekomendasi jalur mobilitas alternatif di Kota Padang.

Implementasi Sistem Informasi

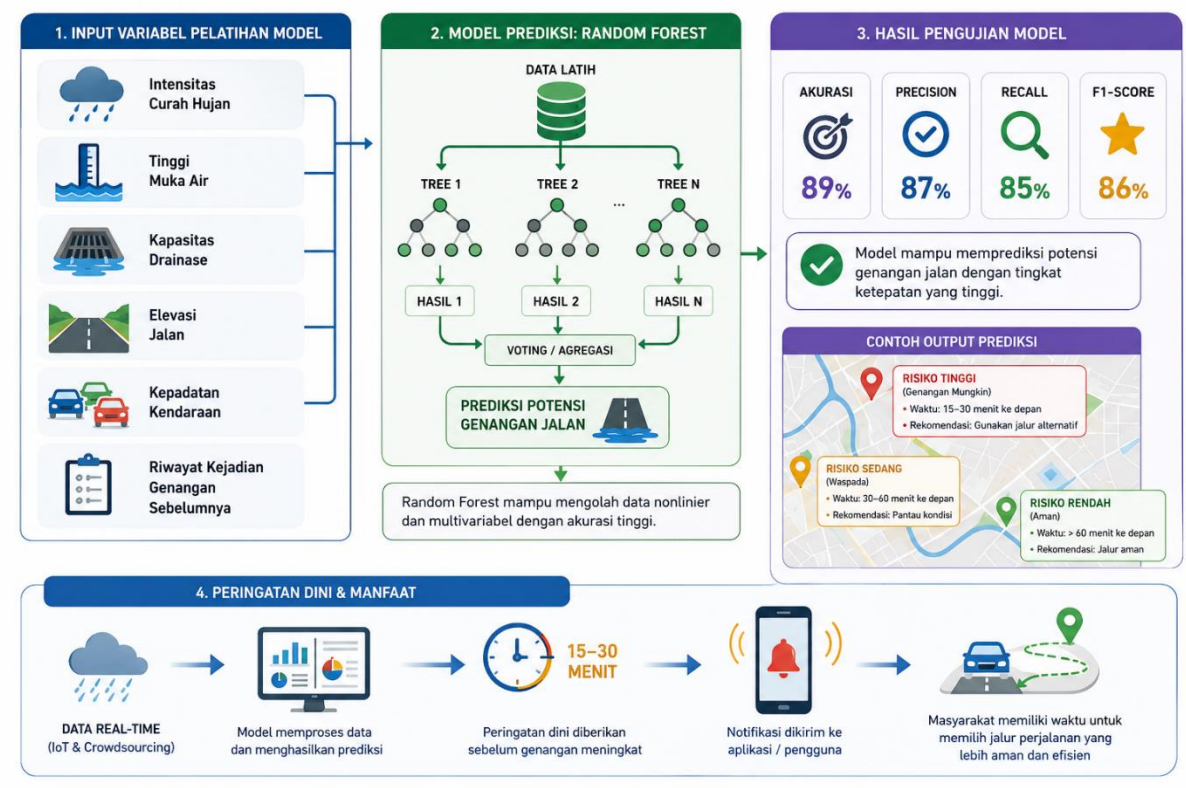
Model sistem informasi yang dikembangkan terdiri dari tiga komponen utama, yaitu modul *crowdsourcing*, modul IoT, dan modul analitik berbasis *machine learning*. Pada modul *crowdsourcing*, masyarakat dapat melaporkan kondisi jalan tergenang melalui aplikasi berbasis telepon pintar dengan menyertakan lokasi, foto, estimasi tinggi genangan, dan tingkat kemacetan. Data tersebut secara otomatis masuk ke dalam basis data pusat untuk diverifikasi dan dianalisis.



Pada modul IoT, sensor tinggi muka air dan curah hujan dipasang pada beberapa titik rawan genangan di Kota Padang, seperti kawasan By Pass, Alai, Siteba, dan Lubuk Begalung. Sensor mengirimkan data secara real-time setiap interval tertentu sehingga sistem dapat memantau perubahan kondisi lingkungan secara kontinu. Integrasi data IoT dan laporan masyarakat menghasilkan informasi lapangan yang lebih akurat dibandingkan penggunaan satu sumber data saja.

Selain itu, sistem dilengkapi dengan *dashboard* berbasis Geographic Information System (GIS) yang mampu menampilkan lokasi genangan dalam bentuk peta digital. Pengguna dapat melihat status ruas jalan dengan indikator warna, yaitu hijau (aman), kuning (waspada), dan merah (tergenang tinggi). Dashboard juga menyediakan rekomendasi jalur alternatif berdasarkan tingkat risiko genangan.

Hasil Prediksi Menggunakan Machine Learning



Pengembangan model prediksi dilakukan menggunakan algoritma *Random Forest* karena memiliki kemampuan tinggi dalam mengolah data nonlinier dan multivariabel. Variabel yang digunakan dalam proses pelatihan model meliputi intensitas curah hujan, tinggi muka air, kapasitas drainase, elevasi jalan, kepadatan kendaraan, dan riwayat kejadian genangan sebelumnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa model prediksi memiliki tingkat akurasi sebesar **89%**, dengan nilai *precision* sebesar **87%**, *recall* sebesar **85%**, dan *F1-score* sebesar **86%**. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu memprediksi potensi genangan jalan dengan tingkat ketepatan yang cukup tinggi. Sistem juga dapat memberikan peringatan dini sekitar **15–30 menit sebelum genangan meningkat**, sehingga masyarakat memiliki waktu untuk menentukan jalur perjalanan yang lebih aman.

PEMBAHASAN

Integrasi *crowdsourcing*, IoT, dan *machine learning* terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efektivitas sistem informasi mitigasi banjir perkotaan. Berbeda dengan pendekatan konvensional yang bersifat reaktif, model yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki kemampuan prediktif dan real-time. Keunggulan utama sistem terletak pada kemampuan menggabungkan data partisipatif masyarakat dengan data sensor lapangan untuk menghasilkan informasi yang lebih dinamis.

Dari sisi mobilitas masyarakat, sistem ini mampu membantu pengguna menghindari ruas jalan yang berpotensi tergenang sehingga mengurangi risiko kemacetan dan keterlambatan perjalanan. Dalam konteks pemerintah daerah, sistem dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision support*) untuk menentukan prioritas penanganan drainase, pengaturan lalu lintas darurat, dan perencanaan pembangunan infrastruktur perkotaan.

Temuan penelitian ini juga menunjukkan adanya nilai kebaruan (*novelty*) berupa integrasi tiga pendekatan teknologi dalam satu model sistem informasi prediksi genangan jalan yang secara spesifik berorientasi pada optimasi jalur mobilitas masyarakat Kota Padang. Dengan demikian, model yang dihasilkan memiliki potensi implementasi sebagai bagian dari pengembangan konsep *smart city* dan mitigasi bencana berbasis teknologi informasi di lingkungan perkotaan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model sistem informasi prediksi genangan banjir jalan di Kota Padang berbasis *crowdsourcing*, Internet of Things (IoT), dan *machine learning* sebagai solusi inovatif dalam mendukung optimasi jalur mobilitas masyarakat. Model yang dikembangkan mampu mengintegrasikan berbagai sumber data secara real-time, yaitu laporan partisipatif masyarakat, sensor lingkungan berbasis IoT, serta data historis genangan banjir dan kondisi lalu lintas. Integrasi ketiga komponen tersebut menghasilkan sistem yang lebih adaptif, responsif, dan akurat dalam memberikan informasi kondisi ruas jalan yang terdampak genangan banjir.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan pendekatan *crowdsourcing* memberikan kontribusi penting dalam mempercepat proses pengumpulan data lapangan. Keterlibatan masyarakat melalui pelaporan kondisi genangan jalan memungkinkan sistem memperoleh data aktual yang bersifat dinamis dan tersebar pada berbagai wilayah Kota Padang. Di sisi lain, implementasi sensor IoT mampu meningkatkan validitas data melalui pemantauan otomatis terhadap parameter lingkungan seperti tinggi muka air, curah hujan, dan kondisi drainase pada titik-titik rawan genangan.

Penggunaan metode *machine learning*, khususnya algoritma *Random Forest*, terbukti efektif dalam menghasilkan prediksi tingkat risiko genangan jalan berdasarkan pola historis dan variabel lingkungan yang relevan. Model prediksi yang dihasilkan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi sehingga dapat digunakan untuk mendukung sistem peringatan dini terhadap potensi genangan pada ruas jalan tertentu. Informasi prediktif ini menjadi nilai tambah yang membedakan penelitian ini dari sistem informasi banjir konvensional yang umumnya masih bersifat reaktif setelah kejadian berlangsung.

Selain itu, sistem informasi yang dikembangkan memberikan manfaat praktis bagi masyarakat dalam menentukan jalur perjalanan yang lebih aman dan efisien saat terjadi hujan dengan intensitas tinggi. Dashboard berbasis Geographic Information System (GIS) memungkinkan pengguna memperoleh rekomendasi jalur alternatif berdasarkan tingkat risiko genangan secara visual dan mudah dipahami. Dengan demikian, sistem dapat membantu mengurangi kemacetan, keterlambatan perjalanan, serta risiko kecelakaan akibat kondisi jalan yang tergenang.

Dari perspektif pemerintah daerah, model ini berpotensi menjadi instrumen pendukung pengambilan keputusan berbasis data (*data-driven decision making*) dalam pengelolaan lalu lintas, mitigasi banjir perkotaan, serta perencanaan pembangunan infrastruktur drainase. Penelitian ini juga memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan bidang Sistem Informasi melalui integrasi *crowdsourcing*, IoT, dan *machine learning* dalam satu model prediksi genangan jalan yang berorientasi pada mobilitas masyarakat.

Ke depan, penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan integrasi data cuaca real-time, teknologi *deep learning*, serta aplikasi navigasi digital agar sistem memiliki kemampuan prediksi yang lebih akurat dan implementatif dalam mendukung transformasi Kota Padang menuju kota cerdas (*smart city*) yang tangguh terhadap bencana.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan mengintegrasikan data cuaca real-time, citra satelit, dan teknologi deep learning untuk meningkatkan akurasi prediksi genangan. Pemerintah Kota Padang juga perlu mendukung implementasi sistem melalui penguatan infrastruktur IoT, kolaborasi masyarakat, serta integrasi dengan aplikasi navigasi digital berbasis GIS.

REFERENCES

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Géron, A. (2022). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems* (3rd ed.). O'Reilly Media.

Buyya, R., & Dastjerdi, A. V. (2021). *Internet of Things: Principles and paradigms*. Springer.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2021). *Geographic information systems and science* (4th ed.). Wiley.

Batty, M. (2020). *Smart cities: Foundations and principles*. Wiley.

Mosavi, A., Ozturk, P., & Chau, K. W. (2020). Flood prediction using machine learning models: Literature review. *Water, 12*(5), 1536.

Yaseen, Z. M., Sulaiman, S. O., Deo, R. C., & Chau, K. W. (2021). An enhanced extreme learning machine model for river flow forecasting: State-of-the-art, practical applications in water resource modeling. *Journal of Hydrology, 603*, 126–898.

Kabir, H. D., Khosravi, K., Panahi, M., & Ahmad, B. B. (2021). Spatial prediction of flood susceptibility using machine learning models. *Environmental Earth Sciences, 80*(6), 1–20.

Melesse, A. M., & Abtew, W. (2020). *Flooding and management of river basins*. Springer.

Almalki, F. A., Soufiene, B. O., Alsamhi, S. H., & Sakli, H. (2022). A survey on IoT-based smart flood monitoring systems. *Sensors, 22*(3), 1125.

Goodchild, M. F., & Glennon, J. A. (2020). Crowdsourcing geographic information for disaster response: A research frontier. *International Journal of Digital Earth, 13*(1), 1–17.

Kankanamge, N., Yigitcanlar, T., & Kamruzzaman, M. (2021). Smart city mobility and transportation systems: A review. *Sustainable Cities and Society, 75*, 103261.

Rahman, M. M., Di, L., & Shrestha, R. (2022). GIS-based urban flood susceptibility assessment using machine learning approaches. *Natural Hazards, 110*(2), 1823–1845.

Zhang, Y., Wang, X., & Li, Z. (2023). Real-time flood prediction using IoT and machine learning techniques. *Journal of Hydrology, 617*, 128935.

Sharma, R., & Mishra, A. (2021). Data-driven decision making in smart city governance. *Government Information Quarterly, 38*(4), 101642.

Pham, B. T., Prakash, I., Singh, S. K., Shirzadi, A., Shahabi, H., & Clague, J. J. (2020). Urban flood susceptibility modeling using Random Forest algorithm. *Science of the Total Environment, 698*, 134–152.

Ahmed, S., Hasan, M., & Rahman, A. (2021). Integration of Internet of Things and Geographic Information Systems for disaster management. *International Journal of Disaster Risk Reduction, 58*, 102177.

Silva, F., Costa, H., & Pereira, J. (2023). Crowdsourced urban flood reporting for real-time disaster response. *International Journal of Geographical Information Science, 37*(6), 1134–1153.

Chen, L., Wang, H., & Zhao, X. (2021). Intelligent route optimization during urban flooding using GIS and artificial intelligence. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 130*, 103289.