



PEMANFAATAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) UNTUK MENINGKATKAN MITIGASI BENCANA BANJIR DI INDONESIA

Lia Sintawati¹, Wulan Rusmeilantikasari², Rohmat Hidayat Maulana³, Siti Hotimah⁴,
Edi Setiawan⁵

¹²³⁴⁵ Program Studi Administrasi Publik, Universitas Sebelas April

ARTICLE INFO

Article history:

Received Juli, 2025

Revised Juli, 2025

Accepted Juli, 2025

Available online Juli, 2025

Email:

sintawatylia@gmail.com

rusmeilantikasariwulan@gmail.com

rohmathm@gmail.com

sitihotimahhotimah455@gmail.com

edisetiawan@unsap.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is among the countries with the highest risk of natural disasters, particularly floods, which frequently impact both urban and rural areas. The increasing intensity and frequency of floods are caused by a combination of poor spatial planning, climate change, and weak early warning systems. This article aims to explore the role of Artificial Intelligence (AI) in enhancing flood disaster mitigation in Indonesia through a qualitative descriptive approach using literature review methods. The findings show that AI can significantly contribute across all disaster management phases pre-disaster, emergency response, and post-disaster by supporting predictive modeling, real-time monitoring, decision support systems, and data-driven reconstruction strategies. The study adopts Decision Support System (DSS) theory by Gorry and Scott-Morton and Technological Determinism theory by McLuhan to analyze how AI not only improves operational capacity but also transforms institutional and policy frameworks for disaster management in Indonesia. The integration of AI into flood mitigation efforts is expected to build a more proactive, adaptive, and responsive disaster management system aligned with national and global disaster risk reduction frameworks.

Kata Kunci: Artificial Intelligence, Flood Disaster, Disaster Mitigation, Decision Support System, Indonesia.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) license.

Copyright © 2025 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

1. INTRODUCTION

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat kerentanan bencana alam yang tinggi, terutama bencana hidrometeorologi seperti banjir yang kerap melanda wilayah perkotaan dan pedesaan. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), banjir menempati urutan tertinggi dalam jenis bencana yang paling sering terjadi setiap tahunnya, dengan dampak luas terhadap kerusakan infrastruktur, kerugian ekonomi, serta korban jiwa. Kondisi geografis, perubahan iklim, tata ruang yang buruk, dan lemahnya sistem peringatan dini menjadi penyebab utama lemahnya mitigasi bencana banjir di berbagai daerah.

Di era revolusi industri 4.0 saat ini, pendekatan konvensional dalam mitigasi bencana perlu dikombinasikan dengan teknologi berbasis data untuk meningkatkan akurasi prediksi dan efektivitas respons. Salah satu pendekatan inovatif yang berkembang pesat saat ini adalah pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam sistem peringatan dini, prediksi banjir, dan pengambilan keputusan kebencanaan. AI memiliki kemampuan untuk menganalisis data dalam

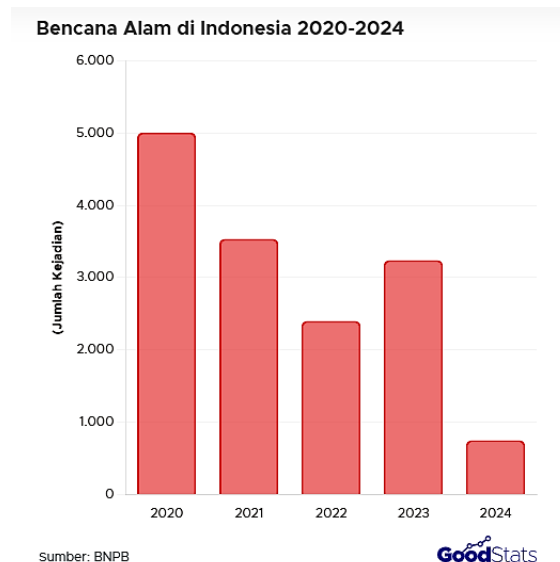
*Corresponding author

E-mail addresses: zukhrufii@gmail.com

jumlah besar (big data) secara cepat dan akurat, yang memungkinkan prediksi bencana yang lebih tepat waktu dan berbasis risiko.

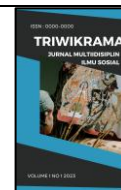
Menurut teori Decision Support System (DSS) yang dikembangkan oleh Gorry dan Scott-Morton (1971), pengambilan keputusan yang efektif dalam konteks kebencanaan membutuhkan sistem yang mampu mengintegrasikan data, model, dan pengetahuan untuk membantu pengambil kebijakan dalam kondisi yang kompleks dan tidak pasti. Teknologi Artificial Intelligence merupakan bentuk modern dari implementasi DSS yang dapat mempercepat proses analisis dan prediksi, sehingga memperkuat sistem mitigasi banjir yang berbasis data dan berorientasi masa depan. Lebih lanjut, teori Technological Determinism yang dikemukakan oleh Marshall McLuhan menyatakan bahwa perkembangan teknologi tidak hanya memengaruhi cara manusia berinteraksi, tetapi juga membentuk struktur sosial dan kebijakan publik. Dalam konteks ini, adopsi Artificial Intelligence (AI) dalam manajemen risiko bencana dapat menjadi pendorong utama perubahan sistem penanggulangan bencana di Indonesia menuju model yang lebih proaktif, adaptif, dan responsif.

Menurut Rizti (2024), selama 5 tahun terakhir, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mencatat telah terjadi 14.930 bencana di Indonesia dengan total korban mencapai 12.988.781 orang, 1.273 di antaranya meninggal dunia. Per Juni 2024, 751 bencana telah terjadi. Bencana tanah longsor punya jumlah kejadian tertinggi (249 kejadian), sedangkan letusan gunung api terendah (1 kejadian). Bulan Maret tercatat sebagai bulan dengan jumlah bencana terbanyak (187 kejadian) dan Juni terendah (38 kejadian). Dilihat dari data korban, sebanyak 198.312 korban terdampak bencana dan 154.106 di antaranya merupakan korban mengungsi. Kerusakan fasilitas terbanyak terjadi pada rumah, total 2.179 kerusakan.



Gambar 1. Data Tren Bencana Alam 5 Tahun Terakhir di Indonesia (2020-2024)

Selain itu, laporan terbaru dari Pusat Pengendalian Operasi Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa dalam 24 jam terakhir, sebagian besar wilayah Indonesia masih dilanda bencana hidrometeorologi. Data yang diterima di Jakarta pada Kamis (22/5/2025) malam menyebutkan bahwa cuaca ekstrem dan perubahan iklim menjadi faktor utama peningkatan risiko bencana. Tercatat 42 kejadian bencana dalam kurun waktu 24 jam, dari jumlah tersebut, 16 di antaranya termasuk kategori serius karena menimbulkan kerusakan signifikan terhadap permukiman warga dan infrastruktur publik.



Dalam Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, penyelenggaraan penanggulangan bencana dibagi menjadi tiga tahap, yaitu prabencana, saat tanggap darurat, dan pascabencana. Upaya pengurangan risiko bencana (PRB), seperti halnya diamanahkan oleh Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) 2015-2030 maupun UU tersebut, sangat memerlukan pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sebagai contoh, perlu pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memahami, mengamati, memprediksi, serta memantau bahaya, kerentanan, dan risiko bencana. Selain itu, diperlukan pula ilmu pengetahuan dan teknologi dalam melakukan upaya peringatan dini, diseminasi informasi, dan pengembangan teknologi baru agar upaya reduksi risiko bencana dapat tercapai secara lebih cepat dan akurat (Riza., et al, 2023: 109).

Dengan memanfaatkan kekuatan analitik dari teknologi digital, khususnya Artificial Intelligence, artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran strategis AI dalam mendukung sistem mitigasi bencana banjir di Indonesia. Fokus utama terletak pada analisis pemanfaatan AI dalam tiga tahapan manajemen bencana: prabencana, tanggap darurat, dan pascabencana, dengan menggunakan pendekatan teori *Decision Support System* dan *Technological Determinism* sebagai landasan konseptual. Diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan kebijakan dan praktik mitigasi bencana berbasis teknologi di masa depan.

2. LITERATURE REVIEW

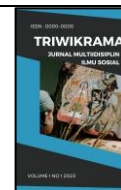
2.1 Artificial Intelligence

Artificial Intelligence (AI), atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai Kecerdasan Buatan, adalah cabang ilmu komputer yang bertujuan untuk mengembangkan sistem dan mesin yang mampu melakukan tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. AI melibatkan penggunaan algoritma dan model matematika untuk memungkinkan komputer dan sistem lainnya untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan yang cerdas. Dalam konteks AI, terdapat beberapa konsep penting seperti machine learning (pembelajaran mesin), neural networks (jaringan saraf tiruan), natural language processing (pemrosesan bahasa alami), dan banyak lagi. Pengembangan AI telah memberikan dampak besar dalam berbagai bidang seperti pengenalan suara, pengenalan wajah, mobil otonom, pengobatan, dan masih banyak lagi (Eriana, 2023: 1).

Oleh karena itu, pemanfaatan Artificial Intelligence dalam konteks mitigasi bencana banjir menjadi sangat signifikan, karena kemampuannya dalam menganalisis big data cuaca, memprediksi pola curah hujan ekstrem, memantau perubahan lingkungan secara real-time, serta memberikan peringatan dini yang akurat guna meminimalkan risiko dan dampak bencana secara efektif.

2.2 Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana adalah salah satu cara atau tindakan untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran serta peningkatan kemampuan dalam menghadapi ancaman bencana (Nursyabani., et al, 2020:83). Upaya mitigasi ini sangat penting terutama dalam konteks bencana hidrometeorologi seperti banjir yang kerap terjadi di berbagai wilayah Indonesia.



Menurut Urbanus., et al (2021: 448), secara sederhana, banjir dapat diartikan datangnya air pada sebuah Kawasan yang luas sehingga menutupi permukaan kawasan tersebut, sehingga menyebabkan tinggi air melebihi batas normal pada sungai atau permukaan, hingga air meluap dan menggenang, penyebabnya antara lain seperti intensitas hujan yang tinggi sehingga drainase atau saluran air tidak mampu menampung gerak aliran air, dengan faktor yang seringkali dilihat yaitu karena penumpukkan sampah, daya serap di kawasan tangkap hujan pada daerah hulu yang berkurang, rendahnya suatu kawasan di pinggir sungai, ataupun kawasan yang membentuk cekungan.

Dengan demikian, mitigasi bencana merupakan upaya yang tidak hanya berfokus pada aspek fisik semata, tetapi juga mencakup pendekatan sosial dan lingkungan melalui edukasi serta peningkatan kapasitas masyarakat dalam menghadapi risiko bencana. Penerapan strategi mitigasi yang adaptif sangat diperlukan untuk menekan potensi kerugian akibat banjir dan mendorong terciptanya ketahanan wilayah terhadap bencana.

3. METHOD

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kepustakaan (library research). Menurut Sugiyono (2017: 224-241), Studi kepustakaan yaitu teknik pengumpulan data dengan mempelajari dan menganalisis beragam literatur baik itu buku-buku ilmiah, dokumen, dan bahan-bahan lainnya yang berhubungan dengan masalah yang diteliti. Pendekatan ini dipilih untuk mengkaji secara mendalam pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam sistem mitigasi bencana banjir di Indonesia, baik dari sisi potensi, tantangan, maupun implementasinya dalam konteks kebijakan dan teknologi.

Data dalam penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber sekunder yang kredibel, seperti jurnal ilmiah nasional dan internasional, buku akademik, laporan resmi lembaga pemerintah (termasuk BNPB dan BMKG), serta publikasi dari organisasi internasional seperti United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) dan World Bank. Kriteria pemilihan sumber mengacu pada relevansi topik, keterkinian data, dan validitas akademik.

Untuk mengelola data hasil studi kepustakaan, peneliti melakukan pengolahan data dengan mengacu pada teknik analisis data model Miles dan Huberman yang dikutip Sugiyono (2023: 134-142) mengemukakan bahwa aktivitas dalam analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung secara terus menerus sampai tuntas, sehingga datanya sudah jenuh. Aktivitas dalam analisis data, yaitu data collection, data reduction, data display, dan conclusion drawing/verification.

4. RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam Mitigasi Bencana Banjir

Banjir merupakan salah satu bencana hidrometeorologi paling dominan di Indonesia, baik dari segi frekuensi kejadian maupun dampak yang ditimbulkan. Berdasarkan data Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB, 2024), banjir telah menjadi penyebab utama lebih dari 40% bencana nasional selama periode 2020-2023, dengan dampak signifikan terhadap sektor pemukiman, pertanian, dan infrastruktur. Peningkatan curah hujan ekstrem akibat perubahan iklim, konversi lahan yang tidak terkendali, serta kurangnya sistem peringatan dini menjadi faktor utama meningkatnya risiko banjir.

Perkembangan teknologi digital pada revolusi industri 4.0 saat ini telah membuka peluang besar dalam transformasi sistem mitigasi bencana di berbagai negara, termasuk Indonesia. Menurut Fahrimal., et al (2019: 132), tidak dapat dipungkiri bahwa revolusi industri 4.0 sebagai hasil dari perkembangan dalam bidang teknologi komunikasi dan informasi yang mengubah kebutuhan dan praktik interaksi sosial manusia (Prasetyo dan Sutopo, 2018). Sejak dicetuskan oleh Kanselir Jerman tahun 2011 dalam kegiatan Hannover Fair terminologi tersebut semakin sering digunakan dan dijadikan sebagai misi pencapaian masa depan pemerintah berbagai negara (Li et al, 2017).

Tabel 1. Perkembangan Revolusi Industri

Fase	Fokus	Tahun	Karakteristik
1.0	Manufaktur	1780	Ditemukannya mesin uap sebagai pemicu industrialisasi secara masif
2.0	Teknologi	1870	Inovasi Baja dalam skala masif dalam bentuk transportasi dan jaringan rel kereta, dan mekanisasi listrik.
3.0	Informasi	1960	Komputerisasi dalam bidang aktivitas ekonomi, Penggunaan teknologi informasi, Internet
4.0	Digital	2000	Penemuan dan pengembangan artificial intelligence, nanoteknologi, big data, mobile internet, computer quantum, dan Internet of Things

Sumber: Schwab (2016) dalam (Fahrimal., et al, 2019: 133)

Salah satu teknologi yang menunjukkan potensi signifikan adalah Artificial Intelligence (AI), khususnya dalam konteks prediksi, pemantauan, dan respons terhadap bencana banjir. AI mampu memproses big data hidrologi, meteorologi, geospasial, dan sosial secara simultan untuk menghasilkan model prediksi yang cepat dan akurat. Menurut Fahrimal., et al (2019: 133), revolusi industri 4.0 akan membuat pengambilan keputusan lebih transparan dan semakin terukur serta dapat diprediksi hasilnya karena dibantu oleh artificial intelligence yang mampu menghimpun berbagai macam informasi bahkan informasi yang sering sekali terabaikan namun berdampak penting.

Sejalan hal tersebut, dalam teori Decision Support System (DSS) yang dikembangkan oleh Gorry dan Scott-Morton (1971), teknologi informasi seperti AI berperan penting dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis data melalui pemodelan dan simulasi yang responsif terhadap dinamika lingkungan. Dalam hal ini, AI berfungsi sebagai bagian dari sistem pendukung keputusan kebencanaan yang berorientasi pada pencegahan dan pengurangan risiko.

Mosavi., et al (2018) dalam (Riza., et al, 2020: 4) juga telah melakukan kajian literatur yang ekstensif serta membuat skema klasifikasi untuk menganalisis literatur yang ada tentang pemodelan pembelajaran mesin untuk prediksi banjir. Lebih dari 6000 artikel telah dikaji dan terdapat 180 artikel yang berpengaruh dan orisinal dimana kemampuan dan akurasi dari sedikitnya dua model pembelajaran mesin telah dibandingkan. Terdapat dua kategori model prediksi yaitu model tunggal dan model hibrid. Hasil yang didapatkan menunjukkan keberhasilan seperti yang ditunjukkan oleh aplikasi metode pembelajaran mesin yang populer yaitu ANNs, SVM, SVR, ANFIS, WNN (Wavelet-based Neural Network) dan DTs (Decision Tree). Mosavi., et al (2018) kemudian menunjukkan bahwa kualitas prediksi banjir dapat ditingkatkan dengan beberapa cara yaitu:

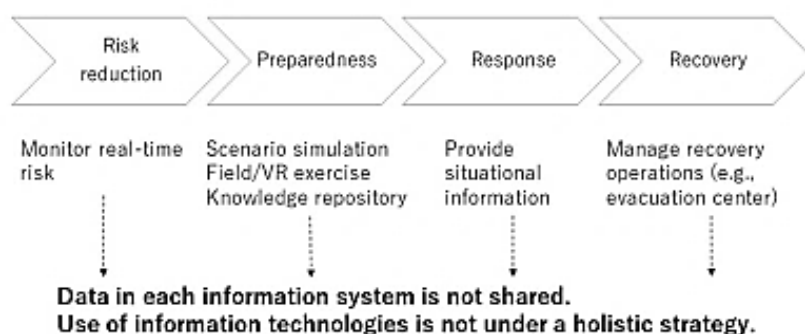
- Melakukan kebaruan dalam hibridisasi, baik melalui integrasi dua atau lebih metode pembelajaran mesin atau integrasi metode pembelajaran mesin dengan cara yang lebih konvensional, dan atau cara komputasi.
- Penggunaan teknik dekomposisi data untuk tujuan meningkatkan kualitas data set, yang sangat berkontribusi dalam meningkatkan akurasi prediksi.
- Penggunaan metode ansambel, yang secara dramatis dapat meningkatkan kemampuan model dan mengurangi ketidakpastian dalam melakukan prediksi.
- Membuat pilihan penambahan algoritma pengoptimal untuk meningkatkan kualitas algoritma pembelajaran mesin, misalnya, dengan memberikan penyesuaian yang lebih baik pada ANNs untuk mencapai arsitektur neuronal yang optimal.

Penemuan ini sejalan dengan Teori Determinisme Teknologis (Technological Determinism) yang dikemukakan oleh Marshall McLuhan (1964), yang menyatakan bahwa perkembangan teknologi menentukan arah perubahan sosial dan institusional. Dalam konteks ini, pemanfaatan AI mendorong transformasi dalam sistem mitigasi banjir dari yang bersifat reaktif menjadi proaktif, berbasis data, dan lebih adaptif terhadap dinamika risiko.

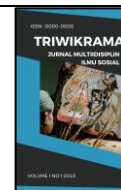
4.2 Implementasi Artificial Intelligence pada Beberapa Tahap Penanggulangan Bencana di Indonesia

Di tengah meningkatnya intensitas dan frekuensi bencana banjir di Indonesia, pemanfaatan teknologi cerdas seperti Artificial Intelligence (AI) menjadi kebutuhan mendesak dalam sistem penanggulangan bencana. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan karakter geografis dan iklim tropis, memiliki lebih dari 6.000 kejadian banjir dalam kurun lima tahun terakhir (BNPB, 2024). Masalah struktural seperti alih fungsi lahan, urbanisasi tanpa mitigasi, serta keterbatasan kapasitas pemantauan manual telah memperparah risiko banjir di banyak daerah. Oleh karena itu, inovasi dalam sistem pengelolaan risiko menjadi sangat penting.

Sakurai dan Murayama (2019) menyatakan bahwa teknologi digital memainkan peran penting dalam mencatat, bertukar, dan memproses informasi dalam sistem besar penanggulangan bencana. Sejalan dengan hal tersebut, Kryvasheyev et al. (2016) memberikan pandangan optimis dari hadirnya teknologi dalam manajemen bencana. Peluang inovasi yang dihasilkan dari AI memainkan peran penting dalam keseluruhan wacana manajemen bencana. Teknologi informasi digital tidak hanya berguna dalam masa tanggap darurat dan pasca-bencana saja, melainkan sangat berguna dalam fase pra-bencana khususnya dalam merancang strategi dan kerangka kesiapsiagaan bencana di masa depan (Fahrimal., et al, 2019: 133). Berikut adalah Peran Sistem Informasi dalam berbagai Tahap Manajemen Bencana dari Sakurai dan Murayama (2019):



Gambar 2. Peran Sistem Informasi dalam berbagai Tahap Manajemen Bencana (Sakurai dan Murayama, 2019)



Sakurai dan Murayama (2019) menegaskan bahwa sistem informasi berperan penting dalam seluruh tahapan manajemen bencana, mulai dari mitigasi hingga rehabilitasi. Pada tahap pra-bencana, sistem ini memungkinkan identifikasi risiko dan penyebaran informasi kesiapsiagaan berbasis data. Ketika bencana berlangsung, sistem informasi berfungsi sebagai sarana koordinasi tanggap darurat yang mendukung pengambilan keputusan secara cepat dan tepat. Sementara itu, pada tahap pasca-bencana, sistem informasi digunakan untuk memetakan kerusakan, menghitung kerugian, dan memantau proses rehabilitasi secara transparan dan terukur (Gambar 2). Dengan demikian, keberadaan sistem informasi menjadi komponen penting dalam membangun tata kelola kebencanaan yang adaptif, responsif, dan terintegrasi.

Hal ini diperkuat oleh Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, yang secara eksplisit membagi sistem penanggulangan bencana ke dalam tiga tahap, yaitu penyelenggaraan penanggulangan bencana dibagi menjadi tiga tahap, yaitu prabencana, saat tanggap darurat, dan pascabencana. Upaya pengurangan risiko bencana (PRB), seperti halnya diamanahkan oleh Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (SFDRR) 2015-2030 maupun UU tersebut, sangat memerlukan pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sebagai contoh, perlu pengkajian dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam memahami, mengamati, memprediksi, serta memantau bahaya, kerentanan, dan risiko bencana. Selain itu, diperlukan pula ilmu pengetahuan dan teknologi dalam melakukan upaya peringatan dini, diseminasi informasi, dan pengembangan teknologi baru agar upaya reduksi risiko bencana dapat tercapai secara lebih cepat dan akurat (Riza., et al, 2023: 109).

Berikut ini akan diuraikan bagaimana implementasi Artificial Intelligence dapat berperan pada masing-masing tahap penanggulangan bencana banjir di Indonesia, dimulai dari tahap pra bencana, saat tanggap darurat, hingga pascabencana.

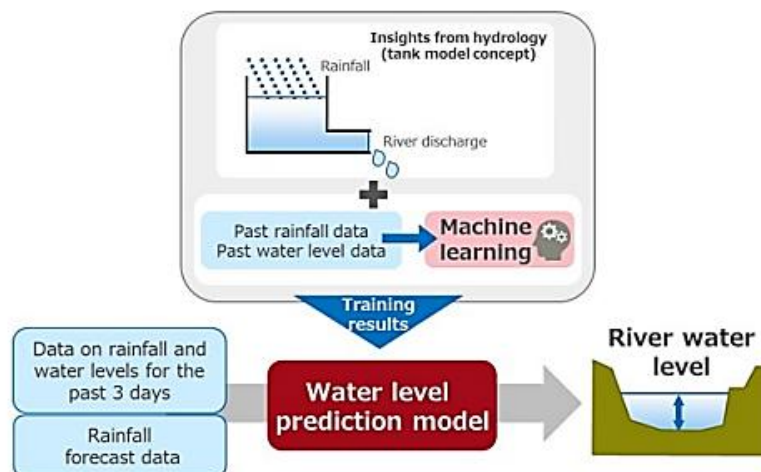
4.2.1 Implementasi Artificial Intelligence pada Tahap Pra Bencana Banjir

Tahap pra bencana merupakan fase krusial dalam siklus manajemen bencana karena mencakup kegiatan pencegahan, mitigasi, kesiapsiagaan, dan sistem peringatan dini (early warning system). Pada tahap ini, Artificial Intelligence (AI) berperan penting dalam menganalisis big data historis dan real-time untuk melakukan prediksi kejadian banjir, memetakan wilayah rawan, dan menyusun skenario risiko yang komprehensif. Menurut Krismantoro., et al (2023: 4397), sesuai dengan namanya, artificial intelligence atau kecerdasan buatan merupakan suatu implementasi pada komputer atau mikro-komputer, seperti gawai, agar dapat meniru kecerdasan manusia dalam memecahkan masalah. Di Indonesia, pemanfaatan AI mulai diterapkan dalam sistem prediksi banjir berbasis curah hujan, kelembaban tanah, dan topografi, seperti yang dilakukan oleh BMKG.

Sejalan hal tersebut, Cahyani et al (2025: 574) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa, AI memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi bencana melalui berbagai aplikasi yang terintegrasi. Salah satu aplikasi utama AI adalah dalam pemodelan dan memprediksi bencana dengan pembelajaran mesin dan algoritma prediktif dapat menganalisis data cuaca dan iklim untuk memprediksi peristiwa seperti badai dan banjir dengan lebih akurat. Penginderaan jarak jauh yang didukung AI juga memungkinkan pemantauan real-time di wilayah yang luas, memberikan peringatan dini dan informasi penting untuk melakukan respons cepat.

Selain itu, AI juga memiliki kemampuan dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya selama bencana. Dengan memprediksi intensitas dan dampak bencana, AI dapat meningkatkan efisiensi penyebaran sumber daya dan personal, yang akhirnya mempercepat waktu respons dan mengurangi dampak bencana. AI juga dapat digunakan untuk mengembangkan simulasi dan skenario bencana, memfasilitasi latihan kesiapsiagaan yang lebih realistis dan efektif bagi masyarakat dan tim tanggap bencana.

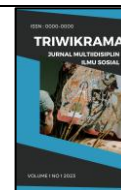
AI memungkinkan pemodelan dan prediksi yang lebih tepat waktu dan akurat, yang sangat penting untuk peringatan dini dan mengurangi dampak bencana. Misalnya, ketika terjadi banjir, AI dapat memprediksi pola curah hujan dan aliran air, sehingga memungkinkan dilakukannya evakuasi dini dan pengelolaan sumber daya yang lebih baik (Cahyani., et al, 2025: 574). Hal ini menandakan bahwa AI bukan hanya sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai elemen strategis dalam penguatan kapasitas adaptif Masyarakat dan Lembaga dalam menghadapi bencana.



Gambar 3. Diagram Ringkas Prediksi Muka Air dengan Artificial Intelligence (Fujitsu dalam Riza., et al, 2020: 4)

Penelitian yang dilakukan oleh Riza., et al (2020: 4) menunjukkan contoh aplikasi kecerdasan artifisial yang dikembangkan Fujitsu (2019), yang dapat memprediksi banjir dengan lebih akurat melalui teknologi dan teknik Fujitsu Human Centric AI Zinrai (Gambar 3). Kecerdasan artifisial yang diterapkan tersebut dapat memprediksi kenaikan muka air sungai secara lebih akurat dari data curah hujan dan muka air sungai. Teknologi ini merupakan langkah penting dalam menyediakan informasi dini yang dapat digunakan oleh pemerintah daerah, relawan, maupun masyarakat untuk mengambil tindakan cepat sebelum banjir benar-benar meluas.

Teknologi ini menggambarkan bagaimana AI tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu teknis, tetapi juga sebagai komponen strategis dalam penguatan kapasitas adaptif masyarakat dan lembaga pemerintah dalam menghadapi ancaman banjir. Melalui pendekatan yang berbasis data, analitik prediktif, dan pengambilan keputusan otomatis, AI mampu mengubah pola penanggulangan bencana di Indonesia dari yang bersifat reaktif menjadi lebih proaktif dan preventif. Ke depan, keberhasilan integrasi AI dalam fase pra bencana akan sangat menentukan efektivitas sistem tanggap darurat dan pemulihan yang menyusul setelahnya.



4.2.2 Implementasi Artificial Intelligence pada Tahap Tanggap Darurat Bencana Banjir

Tahap tanggap darurat merupakan fase kritis dalam siklus penanggulangan bencana, yang menekankan kecepatan dan ketepatan dalam merespons dampak bencana guna menyelamatkan jiwa dan meminimalkan kerugian. Dalam konteks banjir di Indonesia, tantangan utama pada fase ini mencakup keterbatasan akses ke wilayah terdampak, kurangnya data real-time, serta kesulitan dalam koordinasi lintas lembaga dan wilayah. Oleh karena itu, pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) pada tahap ini sangat penting untuk meningkatkan efektivitas respons kebencanaan.

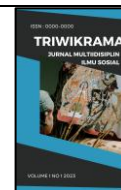
AI telah banyak digunakan dalam sistem tanggap darurat melalui berbagai bentuk teknologi seperti drone berbasis AI untuk pencitraan dan pemetaan wilayah terdampak, sistem pengenalan pola dari citra satelit, serta chatbot cerdas yang memberikan informasi evakuasi secara otomatis kepada masyarakat. Salah satu penerapan penting adalah penggunaan AI untuk analisis citra udara (computer vision) guna memetakan tingkat genangan, kerusakan infrastruktur, dan deteksi korban secara real-time. Teknologi ini memungkinkan tim tanggap darurat mengambil keputusan cepat berbasis data visual yang sebelumnya membutuhkan waktu lama untuk dihimpun dan diverifikasi secara manual.

Dalam hal ini, Teori Situational Awareness (Endsley dalam Suri & Narayanamurthy, 2019) menjadi landasan teoritis yang relevan. Teori ini menjelaskan bahwa efektivitas pengambilan keputusan dalam kondisi krisis sangat bergantung pada kemampuan untuk memahami situasi secara menyeluruh, memproyeksikan kondisi ke depan, dan bertindak secara tepat waktu. AI membantu memperkuat situational awareness dengan memberikan gambaran spasial dan temporal bencana secara instan dan akurat.

Lebih lanjut, studi oleh Imran., et al (2020) menunjukkan bahwa sistem AI seperti social media analytics mampu menyaring informasi darurat yang bersumber dari masyarakat (crowdsourcing) secara real-time. Misalnya, data dari Twitter atau Facebook dapat diproses oleh model NLP (Natural Language Processing) untuk mengidentifikasi lokasi, tingkat keparahan, dan kebutuhan mendesak dari korban banjir. Pendekatan ini terbukti membantu organisasi kemanusiaan dalam memprioritaskan bantuan berdasarkan kebutuhan riil di lapangan.

Sejalan hal tersebut, Zahra et al (2020) telah melakukan penelitian tentang penggunaan Twitter pada saat kejadian bencana dengan bantuan pembelajaran mesin yang hasilnya dapat digunakan untuk keperluan tanggap darurat bencana. Pendekatan yang dilakukan, sukses untuk menggabungkan analisis crowdsourcing dan pembelajaran mesin, dan meningkatkan pemahaman dan kemampuan mengidentifikasi laporan saksi mata yang penting pada saat kejadian bencana (Riza., et al, 2020: 8).

Implementasi AI juga berperan penting dalam logistik tanggap darurat, seperti perencanaan rute distribusi bantuan menggunakan algoritma optimasi yang memperhitungkan kondisi genangan dan kerusakan jalan. Menurut Rahman., et al (2022), sistem logistik bencana berbasis AI mampu meningkatkan efisiensi pengiriman bantuan hingga 30% dibanding metode manual. Dengan demikian, integrasi AI dalam fase tanggap darurat bencana banjir tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat. Hal ini menjadikan AI sebagai komponen penting dalam sistem Disaster Emergency Response Management modern di Indonesia.



4.2.3 Implementasi Artificial Intelligence pada Tahap Pasca Bencana Banjir

Tahap pascabencana merupakan fase kritis dalam siklus penanggulangan bencana, yang mencakup proses pemulihan (recovery), rehabilitasi, dan rekonstruksi baik secara fisik maupun sosial. Dalam konteks banjir di Indonesia, tantangan utama pada tahap ini meliputi keterlambatan distribusi bantuan, kurangnya akurasi dalam penilaian kerusakan, serta lemahnya koordinasi lintas sektor. Untuk itu, pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) semakin diakui sebagai solusi yang dapat mempercepat, mempermudah, dan meminimalkan kesalahan dalam pengelolaan data pascabencana.

Arinta dan Emanuel (2019) dalam (Riza., et al, 2020: 8), mengatakan bahwa penelitian penerapan kecerdasan artifisial pascabencana memang belum banyak dilakukan. Big data dan pembelajaran mesin di bidang ini memang masih sangat jarang. Karena untuk melakukan topik ini, ahli harus benar-benar memeriksa daerah bencana dan melakukan proses infrastruktur dari daerah yang rusak akibat bencana alam.

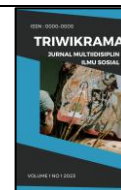
Penelitian mengenai penerapan kecerdasan artifisial untuk pascabencana dilakukan oleh Ghaffarian et al (2019) dimana penelitian tersebut mencoba menginformasikan kerusakan gedung untuk membantu proses rekonstruksi pascabencana, yang memang tidak spesifik pada bencana banjir. Ghaffarian et al (2019) menggunakan metode pembelajaran mendalam atau deep learning dan, khususnya, pendekatan konvolusional berbasis jaringan saraf atau Convolutional Neural Network untuk mengekstrak informasi dari citra satelit, khususnya untuk penilaian kerusakan bangunan (Riza., et al, 2020: 8).

Di Indonesia, penerapan AI telah mulai diujicobakan melalui kolaborasi BNPB dengan UN Global Pulse Lab Jakarta dalam pemantauan wilayah terdampak banjir melalui pemodelan NLP (Natural Language Processing) dari percakapan media sosial menunjukkan adaptasi inovatif AI untuk mengidentifikasi lokasi terdampak (UNGP, 2022). Selain itu, inisiatif startup seperti Dattabot dan Nusantara AI dalam mengembangkan *dashboard* analitik pascabencana berbasis AI yang mengintegrasikan citra *drone*, laporan kerusakan, dan sebaran pengungsi adalah bukti nyata bagaimana AI dapat meningkatkan efisiensi dan transparansi.

Secara praktis, keberadaan AI memungkinkan proses pascabencana berjalan lebih efisien, transparan, dan responsif, terutama dalam konteks wilayah yang sulit dijangkau atau ketika sumber daya manusia terbatas. Dengan pemanfaatan AI, pemerintah dan lembaga kemanusiaan dapat mengambil keputusan lebih cepat dan tepat, sehingga mempercepat pemulihan kondisi masyarakat pascabencana banjir secara menyeluruh.

5. CONCLUSION

Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam mitigasi bencana banjir di Indonesia menunjukkan potensi yang signifikan dalam meningkatkan efektivitas dan efisiensi penanggulangan bencana secara menyeluruh. Melalui kemampuan analisis big data secara real-time, AI mampu mendukung proses prediksi, pemantauan, serta pengambilan keputusan yang cepat dan akurat pada seluruh tahapan manajemen bencana, yaitu tahap prabencana, tanggap darurat, dan pascabencana. Pada tahap prabencana, AI berperan dalam sistem peringatan dini, pemetaan kerentanan wilayah, dan pemodelan risiko banjir secara prediktif. Pada tahap tanggap darurat, AI memungkinkan peningkatan situational awareness melalui analisis citra satelit, pengolahan data media sosial, serta pengoptimalan logistik evakuasi dan distribusi bantuan. Sementara itu, pada tahap pascabencana, AI mendukung proses rehabilitasi dan rekonstruksi melalui pemetaan kerusakan infrastruktur berbasis citra udara dan pengelolaan data korban secara digital dan terintegrasi.



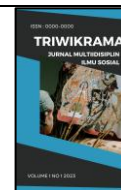
Dengan demikian, integrasi teknologi AI dalam mitigasi bencana banjir di Indonesia tidak hanya merupakan inovasi teknologis, tetapi juga menjadi pendorong perubahan menuju sistem manajemen bencana yang lebih adaptif, prediktif, dan berbasis data. Oleh karena itu, diperlukan dukungan kebijakan yang progresif, penguatan kapasitas kelembagaan, dan kolaborasi lintas sektor untuk memastikan pemanfaatan AI dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dan inklusif dalam upaya pengurangan risiko bencana di masa yang akan datang.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Administrasi Publik, Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Sebelas April Sumedang, khususnya kepada dosen pengampu mata kuliah disaster manajemen atas dukungan akademik yang diberikan selama proses penyusunan artikel ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) atas data dan informasi yang menjadi dasar kajian. Tidak lupa, apresiasi diberikan kepada para penelaah jurnal atas masukan yang konstruktif demi penyempurnaan artikel ini.

REFERENCES

- Antara. (2025). *BNPB Catat 42 Bencana Hidrometeorologi dalam 24 Jam, Banjir dan Longsor Terus Melanda Wilayah Indonesia*. Times Indonesia. Diakses pada 3 Juli 2025, dari: <https://timesindonesia.co.id/peristiwa-nasional/540124/bnpb-catat-42-bencana-hidrometeorologi-dalam-24-jam-banjir-dan-longsor-terus-melanda-wilayah-indonesia>
- BNPB. (2025). *Data Bencana Indonesia*. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Diakses pada 29 Juni 2025, dari: <https://gis.bnpb.go.id/databencana/tabel/pencarian.php>
- Cahyani, K. D., Sari, I. P., & Mulyono, S. (2025). Adaptasi Perubahan Iklim dan Kesiapsiagaan Bencana di Masyarakat Menggunakan Artificial Intelligence. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES" (Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 16(2), 571-576. Diakses pada 5 Juli 2025, dari: <http://www.forikes-ejournal.com/index.php/SF/article/view/5865>
- Eriana, E. S., & Zein, A. (2023). Artificial Intelligence (AI). Diakses pada 3 Juli 2025, dari: <https://repository.penerbiteureka.com/id/publications/567027/artificial-intelligence-ai>
- Fahrimal, Y., Reza, M., & Tjoetra, A. (2019). Revolusi Industri 4.0 Dalam Penguatan Kesiapsiagaan Bencana di Indonesia. *Communication*, 10(2), 128-141. Diakses pada 5 Juli 2025, dari: https://www.academia.edu/download/104637262/pdf_10.pdf
- Gorry, G. A., & Morton, M. S. S. (1989). A framework for management information systems. *MIT Sloan Management Review*, 30(3), 49. Diakses pada 29 Juni 2025, dari: <https://search.proquest.com/openview/1e52189526f99b7a5fcd55b4bc87cdff/1?pq-origsite=gscholar&cbl=26142>
- Imran, M., Castillo, C., Diaz, F., & Vieweg, S. (2020). *Processing Social Media Messages in Mass Emergency: A Survey*. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 52(6), 1-38. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://doi.org/10.1145/3295748>
- Krismantoro, T., Suhendi, A., & Saputra, C. (2023). Analisis Penerapan ANN dan RNN dengan Inisialisasi Nguyen-Widrow pada Aplikasi Monitoring Banjir dan Gempa. *eProceedings of Engineering*, 10(5). Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/download/21274/20549>



- McLuhan, M. (1994). *Understanding media: The extensions of man*. MIT press. Diakses pada 29 Juni 2025, dari: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=4603169387763961023&hl=en&oi=scholar>
- Nursyabani, N., Putera, R. E., & Kusdarini, K. (2020). Mitigasi bencana dalam peningkatan kewaspadaan terhadap ancaman gempa bumi di universitas andalas. *Jurnal Ilmu Administrasi Negara ASIAN (Asosiasi Ilmuwan Administrasi Negara)*, 8(2), 81-90. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <http://jurnal.asian.or.id/index.php/JIANA/article/view/12>
- Rahman, M. M., Ullah, A. M. M. S., & Rahman, M. M. (2022). *AI-Driven Disaster Logistics Optimization: A Systematic Review*. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 71. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102816>
- Republik Indonesia. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Diakses pada 30 Juni 2025, dari: https://bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf
- Riza, H., Santoso, E., Tejakusuma, I., & Prawiradisatra, F. (2023). *Pemanfaatan kecerdasan artifisial untuk meningkatkan mitigasi bencana banjir*. Diakses pada 5 Juli 2025, dari: https://www.researchgate.net/profile/Firman-Prawiradisatra/publication/369842927_Pemanfaatan_Kecerdasan_Artifisial_untuk_Meningkatkan_Mitigasi_Bencana_Banjir/links/64b0f22fb9ed6874a5185a93/Pemanfaatan-Kecerdasan-Artifisial-untuk-Meningkatkan-Mitigasi-Bencana-Banjir.pdf
- Riza, H., Santoso, E. W., & Tejakusuma, I. G. (2020). Utilization Of Artificial Intelligence to Improve Flood Disaster Mitigation Pemanfaatan Kecerdasan Artifisial Untuk Meningkatkan Mitigasi Bencana Banjir. *Jurnal Sains dan Teknologi Mitigasi Bencana*, 15(1). Diakses pada 5 Juli 2025, dari: https://www.researchgate.net/profile/Firman-Prawiradisatra/publication/342597201_UTILIZATION_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_TO_IMPROVE_FLOOD_DISASTER_MITIGATION/links/613692a9c69a4e4879843631/UTILIZATION-OF-ARTIFICIAL-INTELLIGENCE-TO-IMPROVE-FLOOD-DISASTER-MITIGATION.pdf?origin=journalDetail&_tp=eyJwYWdlIjoiam91cm5hbERldGFpbCJ9
- Rizti, F. (2024). *Terkini! Perbandingan Jumlah Bencana Alam di Indonesia 2020-2024*. GoodStats. Diakses pada 3 Juli 2024, dari: <https://data.goodstats.id/statistic/terkini-perbandingan-jumlah-bencana-alam-di-indonesia-2020-2024-lWikM>
- Sakurai, M., & Murayama, Y. (2019). Information technologies and disaster management-Benefits and issues. *Progress in Disaster Science*, 2, 100012. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590061719300122>
- Sugiyono. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: Alfabeta.
- Suri, H., & Narayanamurthy, G. (2019). Enhancing Situational Awareness in Disaster Response Using AI. *Procedia Computer Science*, 152, 110-117. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.05.010>
- UN Global Pulse. (2022). *Using Real-Time Social Media Data for Humanitarian Response in Indonesia: Pulse Lab Jakarta Findings*. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://www.unglobalpulse.org>
- Urbanus, A., Sela, R. L., & Tungka, A. E. (2021). Mitigasi bencana banjir struktural dan non-struktural di Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan. *Spasial*, 8(3), 447-458. Diakses pada 6 Juli 2025, dari: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/spasial/article/view/36350>