

# Pemanfaatan Kecerdasan Buatan untuk Mitigasi Bencana: Analisis Peluang dan Hambatan

Maheswara Padantya Saputra

Politeknik Akbara Surakarta, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia

[mpadantya@gmail.com](mailto:mpadantya@gmail.com)

Diterima : 25 April 2025

Disetujui : 26 Mei 2025

*Abstract*— Kecerdasan buatan (AI) adalah kemampuan sistem komputer untuk meniru proses berpikir manusia dalam menyelesaikan tugas kompleks, seperti analisis data, pengambilan keputusan, dan prediksi. Dalam konteks kebencanaan, AI mulai banyak dimanfaatkan sebagai teknologi pendukung mitigasi bencana karena kemampuannya dalam mengolah big data secara cepat dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi peluang dan tantangan dalam penerapan AI untuk mitigasi bencana, dengan fokus pada variabel peluang penggunaan dan hambatan implementasi. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif melalui studi pustaka terhadap jurnal ilmiah, laporan resmi, serta artikel akademik yang membahas implementasi AI dalam kebencanaan. Analisis dilakukan dengan pendekatan content analysis untuk menggali pola, manfaat, serta kendala utama dalam pemanfaatan AI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI berpeluang besar dalam mendukung prediksi bencana, sistem peringatan dini, serta optimalisasi evakuasi dan distribusi bantuan. Namun, tantangan utama masih terletak pada keterbatasan dan kualitas data, infrastruktur teknologi yang belum merata, serta isu etika dan regulasi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengembangan sistem AI yang lebih efektif dan adaptif di bidang penanggulangan bencana.

*Keywords*— *Artificial Intelligence*, Mitigasi Bencana, Peluang, Peringatan Dini, Tantangan

## I. PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan salah satu tantangan terbesar yang dihadapi oleh umat manusia. Setiap tahunnya, ribuan nyawa melayang dan kerugian ekonomi yang ditimbulkan mencapai miliaran dolar akibat bencana seperti gempa bumi, banjir, tsunami, tanah longsor, serta kebakaran hutan. Menurut laporan *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR), dalam dua dekade terakhir, jumlah bencana alam telah meningkat secara signifikan, yang sebagian besar disebabkan oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia [9]. Indonesia, sebagai salah satu negara yang berada di Cincin Api Pasifik, memiliki tingkat risiko bencana yang sangat tinggi. Data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa Indonesia mengalami lebih dari 2.500 bencana setiap

tahunnya, termasuk gempa bumi, tsunami, banjir, dan tanah longsor [2].

Dalam upaya peningkatan mitigasi bencana, teknologi yang berkembang menjadi sangat penting. Salah satu inovasi yang semakin mendapat perhatian adalah penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) atau kecerdasan buatan. AI memiliki kemampuan untuk mengolah data dalam jumlah besar dengan cepat dan akurat, sehingga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aspek kebencanaan, seperti prediksi bencana, sistem peringatan dini, manajemen respons darurat, serta perencanaan rehabilitasi dan rekonstruksi pascabencana [1], [4], [8].

Salah satu contoh nyata penerapan AI dalam mitigasi bencana adalah penggunaan machine learning dalam pemodelan prediksi banjir. Penelitian yang dilakukan oleh Google dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

(BMKG) Indonesia menunjukkan bahwa AI dapat meningkatkan akurasi prediksi banjir dengan menganalisis data curah hujan, pola aliran sungai, serta elevasi tanah [11]. Selain itu, dalam kasus kebakaran hutan, AI telah digunakan dalam mendeteksi titik api menggunakan citra satelit dan data cuaca *real-time*, yang telah diterapkan di Amazon, Australia, dan Indonesia [7]. AI juga berperan dalam sistem peringatan dini tsunami, seperti yang digunakan di Jepang, yang mengandalkan algoritma *deep learning* untuk mendeteksi potensi tsunami berdasarkan pola gempa yang terdeteksi oleh sensor seismik [6].

Namun, meskipun AI memiliki berbagai potensi dalam mitigasi bencana, penerapannya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu hambatan utama adalah ketersediaan dan kualitas data. AI membutuhkan *big data* yang akurat dan kontinu agar dapat menghasilkan prediksi yang valid. Sayangnya, di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia, data kebencanaan sering kali tidak lengkap, tersebar di berbagai instansi, dan kurang terstandarisasi [3], [5], [13]. Selain itu, biaya implementasi teknologi AI yang masih tinggi juga menjadi kendala, mengingat infrastruktur pendukung seperti sensor, sistem komputasi awan, serta tenaga ahli masih terbatas [6], [10].

Tantangan lainnya adalah dari sisi etika dan regulasi. Penggunaan AI dalam mitigasi bencana harus memperhatikan aspek keamanan data, privasi masyarakat, serta transparansi dalam pengambilan keputusan. Misalnya, dalam kasus penggunaan AI untuk sistem peringatan dini, kesalahan prediksi dapat berdampak besar, seperti kepanikan massal atau justru pengabaian terhadap ancaman bencana yang nyata [14]. Oleh karena itu, pengembangan AI dalam kebencanaan harus diimbangi dengan regulasi yang jelas serta keterlibatan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, akademisi, dan lembaga kemanusiaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, jurnal ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis peluang serta tantangan penggunaan AI dalam mitigasi bencana. Dengan memahami berbagai aspek ini, diharapkan dapat ditemukan solusi inovatif untuk meningkatkan efektivitas

penerapan AI dalam mengurangi risiko bencana di Indonesia dan dunia. Jurnal ini juga diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pemangku kepentingan dalam mengembangkan kebijakan dan teknologi berbasis AI guna memperkuat ketangguhan terhadap bencana di masa depan.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, yang bertujuan untuk menganalisis peluang dan tantangan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam mitigasi bencana. Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari berbagai jurnal ilmiah, laporan resmi dari lembaga terkait seperti BNPB, BRIN, dan UNDRR, serta artikel akademik yang relevan.

Pengumpulan data dilakukan melalui studi kepustakaan (*literature review*), dengan menelusuri berbagai publikasi yang membahas implementasi AI dalam mitigasi bencana, baik di Indonesia maupun secara global. Analisis dilakukan dengan pendekatan *content analysis*, yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola, manfaat, serta kendala utama dalam penerapan AI di bidang kebencanaan [12], [15].

Alur kerja AI dalam mitigasi bencana terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu:

1. Pengumpulan Data  
AI mengumpulkan data dari berbagai sumber, seperti citra satelit, sensor bencana, laporan cuaca, dan media sosial.
2. Analisis Data  
AI memproses data dengan teknik *machine learning* dan *deep learning* untuk mengidentifikasi pola serta potensi risiko bencana.
3. Prediksi dan Simulasi  
AI melakukan pemodelan dan simulasi skenario bencana berdasarkan data yang dianalisis.
4. Pengambilan Keputusan  
Berdasarkan hasil prediksi, sistem AI memberikan rekomendasi tindakan mitigasi kepada pihak terkait, seperti pemerintah atau organisasi kemanusiaan.
5. Evaluasi dan Pembelajaran

AI terus memperbarui modelnya berdasarkan data baru dan efektivitas respons sebelumnya untuk meningkatkan akurasi prediksi.

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai bagaimana teknologi AI dapat dioptimalkan dalam sistem manajemen bencana serta memahami tantangan yang perlu diatasi dalam implementasinya.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Peluang AI dalam Mitigasi Bencana

Pemanfaatan AI dalam mitigasi bencana semakin berkembang dengan berbagai aplikasi yang mencakup prediksi, peringatan dini, serta respons cepat terhadap bencana. Teknologi *machine learning* dan *deep learning* memungkinkan AI untuk menganalisis data historis dan *real-time* guna memprediksi bencana dengan lebih akurat. Sebagai contoh, sistem AI yang dikembangkan oleh Fujitsu dapat memprediksi kenaikan muka air sungai berdasarkan data curah hujan dan tinggi muka air sebelumnya [10].

AI juga berperan dalam mengoptimalkan sistem peringatan dini dengan menggabungkan data dari satelit, drone, serta sensor di lapangan. Sistem berbasis AI dapat mengolah informasi ini dalam waktu nyata dan memberikan peringatan lebih cepat kepada masyarakat [4], [5].

AI juga memainkan peran penting dalam manajemen bencana secara luas, termasuk dalam koordinasi bantuan kemanusiaan dan evakuasi. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dengan mengolah data besar (*big data*) terkait lokasi aman, rute evakuasi terbaik, serta distribusi bantuan secara efisien [6], [14].

Kecerdasan buatan (AI) telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam mitigasi bencana. Dengan kemampuannya dalam menganalisis data secara cepat dan akurat, AI berperan penting dalam membantu mengurangi risiko bencana serta meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Beberapa peluang utama penerapan AI dalam

mitigasi bencana meliputi prediksi dan peringatan dini, pemantauan kondisi lingkungan, optimalisasi evakuasi, serta pengelolaan sumber daya secara efisien [1], [9].

Salah satu keunggulan utama AI adalah kemampuannya dalam prediksi dan peringatan dini. Dengan menganalisis data historis serta data *real-time* yang diperoleh dari berbagai sumber seperti citra satelit, sensor cuaca, dan data seismik, AI mampu mengenali pola serta tren yang dapat menjadi indikasi awal terjadinya bencana. Teknologi ini sangat bermanfaat dalam mendeteksi ancaman seperti gempa bumi, banjir, serta kebakaran hutan sehingga memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih cepat dan efektif [7], [11].

Selain itu, AI juga memiliki kemampuan memantau dan mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk drone, sensor IoT, dan bahkan media sosial. Dengan informasi yang terus diperbarui, sistem berbasis AI dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai perubahan lingkungan serta potensi ancaman yang mungkin terjadi. Misalnya, dalam kasus banjir, AI dapat menganalisis ketinggian air di berbagai titik serta memprediksi daerah yang berisiko tergenang [3], [13].

Lebih lanjut, AI juga memainkan peran penting dalam optimasi evakuasi dan respons darurat. Dengan kemampuannya dalam menganalisis data lalu lintas, kondisi jalan, serta lokasi aman yang tersedia, AI dapat membantu menyusun strategi evakuasi yang lebih efektif. Dalam kondisi darurat, informasi ini sangat berharga untuk meminimalkan risiko bagi penduduk yang terdampak bencana [2], [8], [12].

AI juga dapat digunakan untuk pengelolaan sumber daya yang lebih efisien. Dalam situasi bencana, distribusi bantuan logistik dan tenaga medis menjadi tantangan tersendiri. Dengan analisis berbasis AI, lembaga kemanusiaan dapat lebih mudah menentukan lokasi penempatan bantuan berdasarkan tingkat keparahan bencana, jumlah penduduk terdampak, serta aksesibilitas wilayah [6], [10].

## B. Tantangan Implementasi AI dalam Mitigasi Bencana

Meskipun AI memiliki potensi besar dalam mitigasi bencana, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu kendala utama adalah ketersediaan data yang akurat dan *real-time*. Di beberapa wilayah, terutama negara berkembang, data yang dibutuhkan untuk melatih model AI masih terbatas, sehingga memengaruhi akurasi prediksi [8], [9].

Tantangan lainnya adalah keterbatasan infrastruktur teknologi. AI membutuhkan sistem komputasi yang kuat, jaringan internet yang stabil, serta tenaga ahli yang terlatih dalam pengolahan data dan pengembangan algoritma. Namun, banyak wilayah yang belum memiliki infrastruktur yang memadai untuk mendukung penerapan AI dalam mitigasi bencana [7], [10].

Biaya implementasi yang tinggi juga menjadi hambatan. Pengembangan perangkat lunak berbasis AI, pemeliharaan infrastruktur pendukung, serta pelatihan tenaga kerja memerlukan investasi yang besar. Oleh karena itu, kerja sama antara pemerintah, sektor swasta, serta organisasi non-pemerintah menjadi faktor penting dalam memastikan keberlanjutan penerapan AI dalam mitigasi bencana [6], [9], [14].

Meskipun AI menawarkan banyak peluang dalam mitigasi bencana, penerapannya masih menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diatasi agar teknologi ini dapat digunakan secara maksimal. Salah satu tantangan utama adalah ketersediaan dan kualitas data. AI sangat bergantung pada data untuk dapat menghasilkan prediksi yang akurat. Namun, di beberapa wilayah, terutama di daerah terpencil, data yang tersedia sering kali terbatas atau tidak memiliki kualitas yang memadai. Hal ini dapat mempengaruhi efektivitas sistem AI dalam mendeteksi serta merespons ancaman bencana [8], [9], [13].

Keterbatasan infrastruktur teknologi juga menjadi kendala dalam implementasi AI. Teknologi ini memerlukan sistem komputasi yang canggih, jaringan internet yang stabil, serta tenaga ahli yang memahami cara kerja AI. Di

banyak negara berkembang, tantangan ini masih menjadi hambatan utama dalam penerapan teknologi AI untuk mitigasi bencana [7], [10], [13].

Dari segi biaya, implementasi AI juga memerlukan investasi yang besar. Pengembangan perangkat lunak berbasis AI serta pemeliharaan infrastruktur pendukungnya membutuhkan dana yang tidak sedikit. Oleh karena itu, kerja sama antara pemerintah, sektor swasta, serta organisasi non-pemerintah menjadi krusial untuk memastikan keberlanjutan penerapan AI dalam mitigasi bencana [6], [14].

Aspek lainnya yang tidak kalah penting adalah masalah etika dan regulasi. Penggunaan AI dalam mitigasi bencana sering kali melibatkan pengumpulan data pribadi serta pengambilan keputusan berbasis algoritma. Hal ini menimbulkan berbagai pertanyaan terkait privasi, keamanan data, serta akurasi dalam pengambilan keputusan yang dapat berdampak langsung pada keselamatan masyarakat [14].

## C. Model AI dalam Mitigasi Bencana

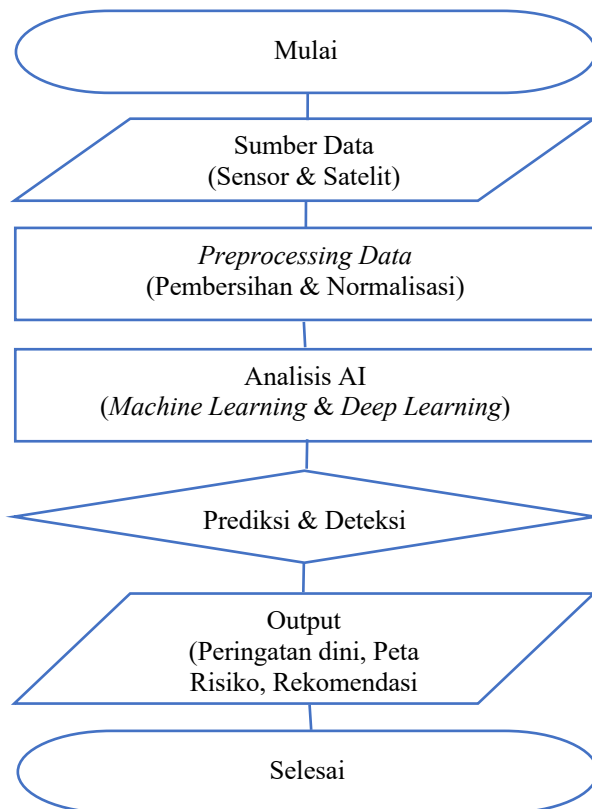
Beberapa model kecerdasan buatan telah digunakan secara luas dalam upaya mitigasi bencana dan dapat dijadikan acuan bagi pengembangan sistem serupa di masa mendatang. Salah satu metode yang umum digunakan adalah algoritma Random Forest, yang efektif dalam memprediksi potensi banjir berdasarkan kombinasi data seperti curah hujan, tinggi muka air, dan kemiringan lahan [4][5]. Selain itu, penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) terbukti akurat dalam mendeteksi kebakaran hutan melalui analisis citra satelit [7][12]. CNN merupakan jenis deep learning yang dirancang khusus untuk mengenali pola visual dari gambar atau peta spasial. Dalam konteks kebencanaan, CNN mampu mengidentifikasi titik panas atau area terdampak dari citra satelit secara otomatis dan cepat.

Sementara itu, untuk prediksi kejadian bencana yang berkaitan dengan waktu seperti gempa bumi atau tsunami, metode Long Short-Term Memory (LSTM) banyak dimanfaatkan [6][13]. LSTM adalah bagian dari Recurrent Neural Network (RNN) yang unggul dalam mengolah data berurutan atau time-series, seperti

data seismik atau gelombang laut. Dengan kemampuan mengingat pola jangka panjang, LSTM dapat mendeteksi perubahan yang mengindikasikan potensi terjadinya bencana dalam waktu dekat. Model-model ini menunjukkan bagaimana AI tidak hanya menjadi alat bantu analisis, tetapi juga berperan sebagai sistem prediktif yang adaptif terhadap kondisi dinamis di lapangan.

D. Diagram Alur Kerja AI dalam Mitigasi Bencana

Untuk lebih memahami bagaimana AI bekerja dalam mitigasi bencana, berikut adalah diagram alur kerja yang menggambarkan tahapan utama dari proses penerapan AI dalam mitigasi bencana:



Gambar 1. Diagram alur kerja sistem kecerdasan buatan (AI) dalam mitigasi bencana

Diagram ini menggambarkan tahapan utama dalam penerapan AI untuk mitigasi bencana. Tahap pertama adalah pengumpulan data, di mana AI mengakses informasi dari berbagai sumber seperti citra satelit, sensor cuaca, data seismik, drone, serta media sosial [5], [12]. Data ini digunakan untuk memahami kondisi

lingkungan serta mendeteksi potensi ancaman bencana sejak dini.

Tahap berikutnya adalah analisis data, di mana AI menggunakan teknik *machine learning* dan *deep learning* untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang mengindikasikan kemungkinan bencana [6], [7]. Proses ini memungkinkan AI untuk mengklasifikasikan tingkat risiko berdasarkan data historis dan *real-time*.

Tahap selanjutnya, AI melakukan prediksi dan simulasi terhadap dampak bencana. Dengan model yang telah dikembangkan, AI dapat memperkirakan jalur penyebaran bencana seperti banjir atau kebakaran serta mengestimasi tingkat kerusakan yang mungkin terjadi di berbagai wilayah [3], [11]. Hasil simulasi ini menjadi dasar untuk perencanaan tanggap darurat yang lebih efektif.

Berdasarkan analisis tersebut, AI memberikan rekomendasi tindakan kepada pihak-pihak terkait, seperti pemerintah, lembaga penanggulangan bencana, dan masyarakat [1], [8], [10]. AI dapat membantu dalam perencanaan evakuasi, alokasi sumber daya, serta penyebaran informasi kepada masyarakat agar mereka dapat bertindak dengan cepat dan tepat.

Tahap terakhir dalam alur kerja AI adalah evaluasi dan pembelajaran berkelanjutan. AI terus memperbarui modelnya berdasarkan data terbaru dan umpan balik dari kejadian sebelumnya [6], [13]. Dengan pembelajaran yang berkelanjutan, AI dapat meningkatkan akurasi prediksi serta efektivitasnya dalam mendukung mitigasi bencana di masa mendatang.

Dengan memahami peluang serta tantangan yang ada, penerapan AI dalam mitigasi bencana dapat terus dikembangkan agar lebih efektif dan memberikan manfaat yang maksimal dalam melindungi masyarakat dari dampak bencana.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kecerdasan buatan (AI) semakin menunjukkan potensinya dalam mitigasi bencana dengan kemampuannya dalam menganalisis data secara cepat dan akurat. Teknologi ini memungkinkan prediksi yang lebih presisi,

peringatan dini yang lebih efektif, serta respons yang lebih terkoordinasi. Melalui integrasi dengan berbagai sumber data, seperti citra satelit, sensor cuaca, dan media sosial, AI dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif dalam upaya mengurangi risiko bencana.

Penerapan AI dalam mitigasi bencana sayangnya masih menghadapi berbagai tantangan. Salah satu hambatan terbesar adalah ketersediaan serta kualitas data yang masih bervariasi, terutama di daerah terpencil. Selain itu, infrastruktur teknologi yang belum merata dan biaya implementasi yang cukup tinggi menjadi faktor lain yang perlu diperhatikan. Tak kalah penting, aspek etika dan regulasi juga harus dipertimbangkan, terutama terkait dengan privasi data serta transparansi dalam pengambilan keputusan berbasis AI.

Meskipun demikian, dengan dukungan yang tepat dari berbagai pihak, AI dapat menjadi solusi yang semakin diandalkan dalam mengurangi dampak bencana. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan masyarakat menjadi kunci utama dalam memastikan bahwa teknologi ini dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan.

#### B. Saran

Agar AI dapat dioptimalkan dalam mitigasi bencana, beberapa langkah strategis perlu dilakukan, di antaranya:

1. Penguatan Infrastruktur Digital  
Pemerintah dan sektor telekomunikasi perlu memperluas akses jaringan internet di daerah rawan bencana agar sistem AI dapat bekerja secara optimal dalam memberikan peringatan dini dan rekomendasi tindakan yang cepat.
2. Peningkatan Kualitas dan Akses Data  
Pengumpulan data yang lebih akurat dan real-time melalui sensor, drone, maupun citra satelit harus ditingkatkan agar AI dapat memberikan prediksi yang lebih andal.
3. Kolaborasi Multi-Sektor  
Sinergi antara akademisi, pemerintah, serta sektor swasta dalam riset dan pengembangan AI harus terus diperkuat

untuk mempercepat inovasi dan adopsi teknologi dalam mitigasi bencana.

4. Pendidikan dan Kesadaran Masyarakat  
Masyarakat perlu diberikan edukasi mengenai cara memahami dan merespons informasi dari sistem AI, sehingga mereka dapat mengambil tindakan yang tepat saat menerima peringatan dini.
5. Pengembangan AI yang Berkelanjutan  
AI mendapatkan informasi dari data yang diberikan manusia. Oleh karena itu, perlu adanya upaya berkelanjutan dalam "mengajarkan" AI dengan data yang lebih berkualitas agar sistem ini semakin berkembang dan dapat memberikan prediksi yang lebih baik di masa depan.

Melalui upaya bersama, AI dapat terus dikembangkan sebagai alat yang andal dalam mitigasi bencana, membantu melindungi lebih banyak nyawa, serta mengurangi dampak bencana secara efektif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). Integrasi AI dan teknologi komunikasi dukung mitigasi bencana alam. Diakses dari <https://brin.go.id/orei/posts/kabar/integrasi-ai-dan-teknologi-komunikasi-dukung-mitigasi-bencana-alam>
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2023). Laporan tahunan penanggulangan bencana di Indonesia 2023. Diakses dari <https://bnpb.go.id/berita/laporan-tahunan-penanggulangan-bencana>
- [3] Handayani, R., & Pratama, A. (2022). Pemanfaatan kecerdasan artifisial untuk meningkatkan mitigasi bencana banjir. ResearchGate. Diakses dari [https://www.researchgate.net/publication/369842927\\_Pemanfaatan\\_Kecerdasan\\_Artifisial\\_untuk\\_Meningkatkan\\_Mitigasi\\_Bencana\\_Banjir](https://www.researchgate.net/publication/369842927_Pemanfaatan_Kecerdasan_Artifisial_untuk_Meningkatkan_Mitigasi_Bencana_Banjir)
- [4] Nugroho, T. (2023). Analisis penerapan AI dalam sistem peringatan dini bencana alam di Indonesia. *International Journal of Smart Engineering*, 8(2), 45-58.
- [5] Puspita, D., & Wibowo, S. (2023). Pemanfaatan data satelit dalam pengembangan sistem mitigasi bencana berbasis kecerdasan buatan. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Komputerisasi Modern*, 12(1), 33-47.
- [6] Susanto, H., & Widodo, B. (2023). AI dalam penanggulangan bencana: Tantangan dan peluang ke depan. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Kebencanaan*, 5(3), 101-115.

- [7] Wijaya, R. (2023). Implementasi machine learning untuk prediksi kebakaran hutan di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Informatika dan Sains Komputasi*, 15(4), 78-92.
- [8] World Bank. (2022). Artificial Intelligence for Disaster Risk Management: Applications and Opportunities. Diakses dari <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/915361635289186376/artificial-intelligence-for-disaster-risk-management-applications-and-opportunities>
- [9] United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2023). AI in Disaster Risk Reduction: A Global Perspective. Diakses dari <https://www.undrr.org/publication/ai-disaster-risk-reduction-global-perspective>
- [10] IBM Research. (2023). Using AI to Improve Disaster Preparedness and Response. Diakses dari <https://www.ibm.com/research/ai-disaster-response>
- [11] Google AI. (2023). How AI is Helping Predict and Mitigate Natural Disasters. Diakses dari <https://ai.googleblog.com/2023/06/how-ai-is-helping-predict-and-mitigate.html>
- [12] European Space Agency. (2023). AI and Satellite Data for Disaster Risk Reduction. Diakses dari [https://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/AI\\_and\\_Satellite\\_Data\\_for\\_Disaster\\_Risk\\_Reduction](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/AI_and_Satellite_Data_for_Disaster_Risk_Reduction)
- [13] Riza, H., Santoso, E. W., Tejakusuma, I. G., Prawiradisastra, F., & Prihartanto. (2023). Pemanfaatan kecerdasan artifisial untuk meningkatkan mitigasi bencana banjir. *Kolaborasi Riset dan Inovasi Industri Kecerdasan Artifisial (KORIKA) & Penerbit BRIN*.
- [14] Abid, S. K., Sulaiman, N., Chan, S. W., Nazir, U., Abid, M., Han, H., Ariza-Montes, A., & Vega-Muñoz, A. (2021). Toward an integrated disaster management approach: How artificial intelligence can boost disaster management. *Sustainability*, 13(12560). [https://doi.org/10.3390/su132212560&#8203;:contentReference\[oaicite:1\]{index=1}](https://doi.org/10.3390/su132212560&#8203;:contentReference[oaicite:1]{index=1}).