DOI: http://dx.doi.org/10.33846/sf16244

Adaptasi Perubahan Iklim dan Kesiapsiagaan Bencana di Masyarakat Menggunakan *Artificial Intelligence*

Kadek Dewi Cahyani
Fakultas Ilmu Keperawatan, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia; k.dewicahyani@gmail.com
Indah Permata Sari
Departemen Keperawatan Komunitas, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia; indahpermata@ui.ac.id (koresponden)
Sigit Mulyono
Departemen Keperawatan Komunitas, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia; sigit@ui.ac.id

ABSTRACT

The increasing frequency and intensity of climate-related disasters require appropriate strategies for disaster response and preparedness, especially in community-based settings. Climate change has led to an increase in the incidence and intensity of natural disasters, posing significant threats to communities worldwide. Current methods are inadequate, and artificial intelligence (AI) technologies such as machine learning, remote sensing, and predictive analytics offer innovative solutions to improve resilience and reduce vulnerability. The purpose of this review Was to examine the role of AI in supporting community-based initiatives for climate change adaptation and disaster preparedness. This study used a literature review methodology, analyzing scientific and industry sources to gather insights into the current state of AI applications in climate change and disaster preparedness. The literature was selected with the inclusion criteria being in English, published in 2020-2025; while the exclusion criteria were literature review and systematic review articles. The literature search was conducted through 3 databases, namely ScienceDirect, Scopus, and PubMed. A total of 1,149 articles were obtained, and 4 articles met the inclusion criteria. Bias analysis was conducted using Joanna Briggs Institute (JBI) Critical Appraisal. From the total articles analyzed, 75% of the studies showed high effectiveness in using AI as an early warning system. Based on the literature, it was concluded that AI can improve disaster preparedness and climate adaptation through efficient and accurate modeling, prediction, and data analysis. AI also supports community initiatives by helping to identify vulnerable areas and develop better policies.
***Keywords**: artificial intelligence; climate change; disaster preparedness, community*

ABSTRAK

Peningkatan frekuensi dan intensitas bencana terkait iklim membutuhkan strategi tepat dalam merespon bencana dan kesiapsiagaan, terutama di lingkungan berbasis komunitas. Perubahan iklim telah menyebabkan peningkatan kejadian dan intensitas bencana alam, yang menimbulkan ancaman signifikan bagi komunitas di seluruh dunia. Metode yang sering dilakukan tidak memadai, dan teknologi *artificial intellegence* (AI) seperti pembelajaran mesin, penginderaan jauh, dan analitik prediktif menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan ketahanan dan mengurangi kerentanan. Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk memeriksa peran AI dalam mendukung inisiatif berbasis komunitas untuk adaptasi perubahan iklim dan kesiapsiagaan bencana. Studi ini menggunakan metodologi tinjauan literatur, menganalisis sumber ilmiah dan industri untuk mengumpulkan wawasan tentang keadaan terkini aplikasi AI dalam perubahan iklim dan kesiapsiagaan bencana. Literatur dipilih dengan kriteria inklusi yaitu berbahasa Inggris, terbit tahun 2020-2025; sedangkan kriteria eksklusi adalah artikel *literature review* dan *systematic review*. Penelusuran literatur dilakukan melalui 3 *database* yaitu ScienceDirect, Scopus, dan PubMed. Didapatkan sebanyak 1.149 artikel, dan 4 artikel sesuai dengan kriteria inklusi. Analisis bias dilakukan menggunakan *Joanna Briggs Institue* (JBI) *Critical Appraisal*. Dari total artikel yang dianalisis menunjukkan sebanyak 75% penelitian memiliki efektivitas yang tinggi dalam penggunaan AI sebagai sistem peringatan dini. Berdasarkan literatur, disimpulkan bahwa AI dapat meningkatkan kesiapsiagaan bencana dan adaptasi iklim melalui pemodelan, prediksi, dan analisis data yang efisien dan akurat. AI juga mendukung inisiatif komunitas dengan membantu mengidentifikasi area rentan dan mengembangkan kebijakan yang lebih baik.
Kata kunci: kecerdasan buatan; perubahan iklim; kesiapsiagaan bencana, komunitas

PENDAHULUAN

Perubahan iklim telah menjadi tantangan global yang meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam. Masyarakat di seluruh dunia memiliki kerentanan terhadap risiko bencana yang disebabkan oleh proses hidrometeorologi, yang semakin diperburuk oleh perubahan iklim.[1,2] Pada tahun 2050, diperkirakan masyarakat di berbagai komunitas akan menghadapi ancaman serius terhadap kehidupan akibat dampak bencana yang dikaitkan dengan perubahan iklim. Masalah utama yang dihadapi masyarakat adalah meningkatknya kerentanan terhadap bahaya alam, seperti degradasi ekosistem, penurunan ketersediaan air dan makanan, serta perubahan mata pencaharian.[3,4] Hal ini memberikan dampak signifikan terhadap kesehatan masyarakat, ketahanan pangan, dan stabilitas sosial.[5] Menurut laporan *World Economic Forum*, diperkirakan akan terjadi sebanyak 14,5 juta kematian dan kerugian mencapai 1,1 triliun dan berdampak pada ekonomi.[6]

Di Asia Tenggara, termasuk Indonesia, frekuensi bencana hidrometeorologi seperti banjir dan badai tropis telah meningkat signifikan dalam dekade terakhir.[3] Hal ini menimbulkan ancaman serius bagi komunitas pesisir dan pedesaan, yang sering kali kurang sumber daya untuk beradaptasi dan pulih dari bencana. Dengan populasi yang padat dan infrastruktur yang rentan, dampak dari bencana ini dapat mempengaruhi kehidupan dan mata pencaharian, serta meningkatkan angka kemiskinan dan ketidakadilan di lingkungan sosial.[7–10] Perubahan iklim telah meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam secara global, menimbulkan ancaman signifikan terhadap kesehatan masyarakat, ketahanan pangan, dan stabilitas sosial.[11,12]

Sistem peringatan dini (EWS) tradisional seringkali memiliki keterbatasan infrastruktur, akses informasi yang tidak merata, dan kapasitas analisis data yang lambat.[13–15] Studi kasus tsunami Palu-Donggala tahun 2018

ketika terjadi bencana mengalami terputusnya jaringan komunikasi akibat mati aliran listrik sehingga terputusnya rantai peringatan dini ke masyarakat.[16] Penelitian Nguyen *et al*.[17] tahun 2024 mengenai kesenjangan akses terhadap teknologi dan informasi di daerah terpencil menyatakan negara berpendapatan rendah dan masyarakat pedesaan seringkali mengalami tantangan dalam pengembangan infrastruktur komunikasi, sehingga membatasi informasi data dan berpengaruh terhadap pengambilan keputusan secara *real-time* ketika terjadi bencana. Padahal kesiapsiagaan bencana perlu dilakukan untuk mempersiapkan diri dan masyarakat dalam menghadapi risiko bencana akibat perubahan iklim. Oleh sebab itu, diperlukan pendekatan inovatif untuk meningkatkan akurasi pemetaan dan mitigasi risiko dengan memanfaatkan teknologi yang canggih.

Teknologi yang sedang berkembang seperti *artificial intellegence* (AI) memainkan peran transformatif untuk meningkatkan pemantauan bahaya dan merespon bencana. AI menawarkan kemampuan untuk memproses data besar (*big data*) secara *real time*, yang tidak dapat dilakukan oleh sistem tradisional, sehingga memungkinkan prediksi dan respons yang lebih cepat dan akurat. Kemampuan AI dalam memproses data dari berbagai sumber termasuk data satelit, sensor lingkungan, dan model iklim memungkinkan pengembangan sistem peringatan dini yang lebih akurat, cepat, dan responsif.[17–19] AI dapat menganalisis pola cuaca kompleks, memprediksi jalur bencana, dan mengidentifikasi populasi yang paling rentan, sehingga memungkinkan intervensi yang tepat waktu dan tertarget. Misalnya, algoritma pembelajaran mesin dapat digunakan untuk memprediksi kemungkinan terjadinya banjir berdasarkan data historis dan kondisi cuaca saat ini, sehingga memberikan waktu yang cukup bagi masyarakat untuk bersiap-siap.[20,21]

Sistem peringatan dini yang didukung AI, yang terintegrasi dengan infrastruktur komunikasi yang memiliki peran yang sangat penting untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana. Sistem ini memungkinkan penyampaian informasi yang tepat waktu dan akurat kepada masyarakat, sehingga memungkinkan masyarakat untuk mengambil tindakan pencegahan yang tepat, seperti evakuasi, perlindungan harta benda, dan persiapan medis.[22] Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menelaah literatur yang ada guna mengeksplorasi potensi AI dalam meningkatkan sistem peringatan dini dalam konteks adaptasi perubahan iklim dan kesiapsiagaan bencana. Dengan memanfaatkan teknologi AI, diharapkan dapat mengatasi tantangan yang dihadapi oleh sistem peringatan dini dengan metode tradisonal dan meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap dampak perubahan iklim yang semakin meningkat.

METODE

Studi ini menerapkan *literature review* untuk mengeksplorasi dan menganalisis potensi kecerdasan buatan (AI) dalam meningkatkan sistem peringatan dini terkait perubahan iklim dan kesiapsiagaan bencana. Metode ini dipilih karena pendekatan yang terstruktur dan sistematis, sehingga memungkinkan proses pengumpulan, analisis, dan sintesis informasi dari berbagai sumber yang relevan secara menyeluruh. Dengan menggunakan *systematic literatur review*, dapat diidentifikasi tren, kesenjangan, dan implikasi dari penelitian yang ada, serta memastikan bahwa semua bukti relevan untuk dijadikan bahan pertimbangan. Proses ini juga melibatkan penggunaan alat PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk melacak artikel yang diidentifikasi, disaring, dan dimasukkan, sehingga memberikan transparasi dan keandalan dalam hasil yang diperoleh.

Proses dimulai dengan identifikasi awal yang diambil dari berbagai database seperti ScienceDirect, Scopus, dan PubMed, selanjutnya jumlah artikel yang diidentifikasi dicatat. Setelah tahap identifikasi, artikel yang tidak relevan atau tidak memenuhi kriteria inklusi disaring dengan membaca judul dan abstrak. Artikel yang sesuai kemudian dievaluasi secara penuh untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria penelitian. Kriteria inklusi artikel penelitian, yaitu penelitian eksperimen maupun non-eksperimen ,berbahasa Inggris, yang ditinjau dari tahun 2020 sampai 2025. Sementara kriteria eksklusi yaitu artikel *literatur review* dan *systematic review*. Artikel yang memenuhi semua kriteria inklusi dimasukkan dalam review. PRISMA *flowchart* disajikan pada Gambar 1, meliputi jumlah identifikasi artikel, yang disaring, dan dimasukkan dalam *review*.

Artikel yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab pertanyaan penelitian, yaitu peran AI dalam meningkatkan adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim. Penggunaan format P (*patient/population/problem)*, I (*intervention/prognostic factor/ exposure*), C (*comparison/control*), O (*outcome*), dan T (*time)*, yang kemudian disingkat menjadi PICOT, untuk mencari artikel sebagai sumber literatur, dengan menentukan kata kunci sehingga memudahkan penelusuran (Tabel 1).

Tabel 1. Format pencarian literatur menggunakan PICOT

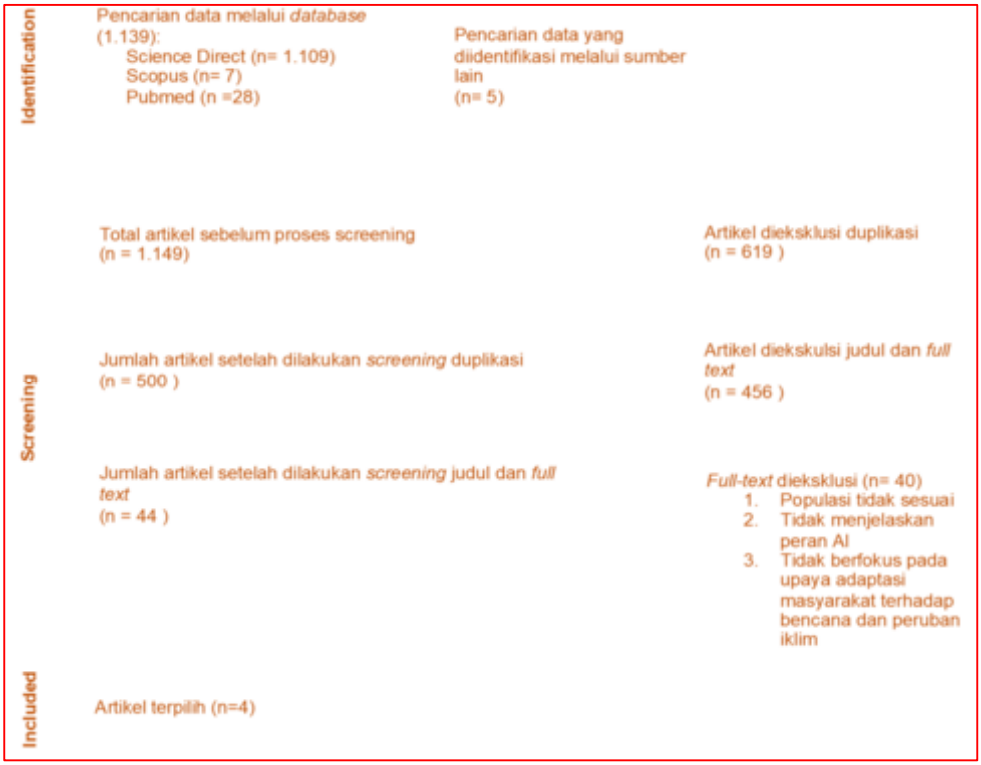
PICOT		Kata Kunci
P (*patient/ population/ problem)*	Perubahan iklim dan bencana	*"Disaster preparedness," OR "Climate change," AND "Artificial intelligence," AND "Community resilience."*
I *(intervention/ prognostic factor/ exposure)*	*Artificial intelligence* (AI)	
C (*comparison/ control)*	-	
O (*outcome*)	Adaptasi dan kesiapsiagaan bencana pada masyarakat	
T (*time*)	-	

Tabel 2. Penilaian kualitas artikel menggunakan JBI *critical appraisal tools*

No.	Peneliti, tahun	JBI *critical appraisal checklist*	Penilaian kualitas
1.	Kesavan *et al*,[23] 2024	87,5 (7/8)	Kuat
2.	Nakhaei *et al*,[24] 2023	100 (8/8)	Kuat
3.	Gupta,[25] 2022	100 (10/10)	Kuat
4.	Saravi,[26] 2019	72,7 (7/11)	Sedang

Kualitas artikel dinilai berbdasarkan beberapa kriteria, termasuk validitas metodologi, relevansi temuan, dan kualitas publikasi. Validitas metodologi menilai apakah metode yang digunakan dalam penelitian tersebut sesuai dan dapat diandalkan, sementara relevansi temuan untuk mengevaluasi apakah hasil penelitian relevan

dengan topik yang diteliti. Kualitas publikasi juga dilakukan dengan berfokus pada artikel yang diterbitkan dalam jurnal yang terakreditasi dan memiliki reputasi baik. Penilaian kualitas dilakukan menggunakan *Joanna Briggs Institute* (JBI) yang membantu dalam menilai kualitas penelitian kualitatif dan kuantitatif. Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat 3 artikel dengan penliaian kuat dan 1 artikel dengan penilaian literatur sedang dengan nilai JBI di atas 70%.



Gambar 1. Pemilihan artikel menggunakan PRISMA *flow diagram*

HASIL

Berdasarkan penelusuran literatur, terdapat 4 artikel yang relevan dengan tahun publikasi dari 2020-2025. Berikut adalah analisis pencarian literatur yang mengidentifikasi studi-studi relevan mengenai efektivitas AI dalam kesiapsiagaan bencana di masyarakat akibat perubahan iklim. Berdasarkan Tabel 3, penelitian berlokasi di India, Iran, dan Inggris. Desain penelitian yang digunakan artikel sebagian besar menggunakan *case study*, retrospektif dan kualitaitf. Temuan dari 4 artikel penelitian menunjukkan bahwa AI berpotensi besar dalam meningkatkan sistem peringatan dini, manajemen risiko, dan kesiapsiagaan bencana akibat perubahan iklim. Namun, efektivitasnya bergantung pada beberapa faktor utama seperti kualitas data, keterjangkauan teknologi, kesiapan infrastruktur, serta keterlibatan masyarakat dan pemangku kepentingan dalam implementasi sistem berbasis AI (Tabel 3).

Tabel 3. Analisis pencarian literatur

No	Judul, penulis	Metode	Desain	Hasil
1.	*AI based urban resilience planning: opportunities and challenges* Kesavan *et al*,[23] 2024 India	Mengeksplorasi pendekatan holistik terhadap mitigasi dampak bencana hiperlokal dengan menggunakan metode teknologi geospasial berbasis AI untuk memprediksi, menilai risko banjir pada skala lokal di masyarakat.	Kuantitatif dengan pendekatan studi kasus	Integrasi Sistem Informasi Geografis (SIG), analisis multi-kriteria untuk pemetaan risiko banjir, pemanfaatan AI dengan menggabungkan keterlibatan masyarakat sebagai bentuk pendekatan holistik dan meningkatkan proses adaptasi lokal masyarakat dalam menghadapi peningkatan risiko banjir. Hal ini dapat menjadi dasar bagi masyarakat pedesaan dan perkotaan agar lebih terinformasi tentang risiko banjir, siap menghadapi potensi bencana, dan menerapkan langkah mitigasi yang efektif.
2.	*Enhancing community resilience in arid regions: A smart framework for flash flood risk assessment* Nakhaei *et al*,[24] 2023 Iran	Mengembangkan kerangka kerja untuk manajemen risiko terpadu di wilayah kering dengan menggabungkan pemodelan banjir bandang, penggunaan data statistik, AI (*Support Vector Machine)* (SVM); *Artificial Neural Network* (ANN); dan *Nearest Neghbours Classification* (NNC), evaluasi geografis, analisis risiko, dan modul pengambilan keputusan dalam meningkatkan ketahanan masyarakat.	Kuantitatif dengan pendekatan studi kasus	Model geostatistik dan platform GIS-WMS sangat akurat dalam memberikan nilai aliran bajir bandang, yang digunakan untuk memberikan informasi pada bank data dengan sistem berbasis AI.
3.	*Artificial intelligence and cloud-based collaborative platforms for managing disaster,*	Mengembangkan kerangka kerja terbaru (4-AIDE) menggunaan AI dan platform cloud dalam situasi bencana, cuaca ekstrem, dan keadaan darurat.	Kualitatif	Integrasi AI dan *platform cloud* adalah salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi dua arah berbasis algoritma, analisis, dan merancang strategi manajemen yang efektif untuk situasi bencana

No	Judul, penulis	Metode	Desain	Hasil
	extreme weather and emergency operations Gupta,[25] 2022 Tidak tersedia informasi lokasi penelitan			dan cuaca ekstrem. Masyarakat dapat lebih Tangguh dan menerima data ke AI dan platform berbasis *cloud* sehingga dapat membantu pembuat kebijakan untuk mengidentifikasi titik kritis dan memandu administrasi pada saat menghadapi keadaan darurat dan cuaca ekstrem.
4.	*Use of artificial intelligence to improve resilience and preparedness against adverse flood events* Saravi,[26] 2019 Inggris	Mengeksplorasi penerapan AI dalam bencana alam khususnya banjir untuk meningkatkan ketahanan dan kesiapsiagaan banjir. Pendekatan *Machine Learning* (ML) digunakan pada *big data* yang dikumpulkan dari kejadian banjir dari masa lalu untuk mengekstrasi pola informasi dan peningkatan ketahanan, mencegah kerusakan, dan meningkatkan keselamatan.	Retrospektif	*Machine Learning* (ML) dapat digunakan untuk menganalisis kumpulan data dari bencana di masa lalu dan memprediksi kemungkinan bencana yang terjadi dimasa mendatang. Efektivitas data bergantung pada kualitas dan ketepatan data untuk membangun model prediktif untuk meningkatkan ketahanan dan manajemen bencana.

PEMBAHASAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa intervensi yang diterapkan memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan kesiapsiagaan masyarakat terhadap perubahan iklim. Dari total artikel yang dianalisis, ditemukan bahwa 75% penelitian menunjukkan efektivitas yang tinggi dalam penggunaan kecerdasan buatan (AI) untuk sistem peringatan dini. Selain itu, analisis juga mengungkapkan adanya pola positif dalam penerapan metode yang berbeda, di mana pendekatan berbasis teknologi terbukti lebih efektif dibandingkan metode tradisional. Temuan ini mendukung tujuan penelitian untuk mengeksplorasi peran AI dalam meningkatkan adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim, serta menyoroti pentingnya integrasi teknologi dalam strategi mitigasi bencana. Dengan demikian, hasil analisis ini memberikan bukti yang kuat untuk rekomendasi kebijakan dan praktik yang lebih baik dalam menghadapi tantangan perubahan iklim. Sejalan dengan teori adaptasi perubahan iklim,[27] teknologi seperti AI dapat memainkan peran kunci dalam meningkatkan kapasitas adaptif komunitas melalui prediksi dan perencanaan yang lebih baik dalam meningkatkan kepsiapsiagaan dan mitigasi bencana.

Dalam beberapa penelitian tentang penggunaan AI untuk manajemen bencana, terdapat beberapa kesamaan dan perbedaan yang penting. Banyak studi yang menujukkan bahwa AI dapat secara signifikan meningkatkan sistem peringatan dini dengan menganalisis data dari berbagai sumber, seperti citra satelit, statisun meteorologi, dan media sosial. Sistem AI dapat memberikan informasi secara reeal time dan respons cepat yang dibutuhkan saat terjadi bencana.[28] Namun, ada juga perbedaan dalam pendekatan yang digunakan. Beberapa penelitian berfokus menggunakan pemodelan pembelajaran mendalam, seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN), untuk menganalisis citra satelit.[29] Selain itu beberapa penelitian menyoriti penggunaan integrasi *Artificial Intelligence Foundation Models* (AI FMs) dan *Large Multi-Modal Models* (LMMs) untuk mengembangkan sistem peringatan dini yang komperhensif.[30] Selain itu studi lain menyoroti masalah privasi data, kesetaraan dalam akses ke sumber daya digital, dan kebutuhan akan transparansi model AI.[31] Sehingga pentingnya kolaborasi interdisipliner dan keterlibatan pemangku kepentingan untuk mengatasi tantangan ini. Lebih lanjut, beberapa studi berkonsentrasi pada jenis bencana tertentu, seperti banjir dan gempa bumi, dan mengembangkan sistem AI yang disesuaikan dengan kejadian bencana. Dalam pendekatan AI sebaiknya digunakan dalam mengelola berbagai bencana termasuk bencana alam, angin topan, kebakaran hutan, dan tsunami.[32,33]

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.[25,26,34] 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.[28,35] Selain itu, AI juga memiliki kemampuan dalam mengoptimalkan alokasi sumber daya selama bencana.(36) Dengan memprediksi intensitas dan dampak bencana, AI dapat meningkatkan efisiensi penyebaran sumber daya dan personal, yang akhirnya mempercepat waktu respons dan mengurangi dampak bencana.[37] AI juga dapat digunakan untuk mengembangkan simulasi dan skenario bencana, memfasilitasi latihan kesiapsiagaan yang lebih realistis dan efektif bagi masyarakat dan tim tanggap bencana.[26,38]

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.[39] Penelitian Bari *et al*.[18] tentang potensi pemanfaatan AI dalam manajemen bencana dan kesehatan darurat menyatakan bahwa teknologi AI dapat memberikan manfaat positif dengan meminimalkan dampak bencana dan memberikan informasi kepada petugas kesehatan tentang risiko kesehatan lingkungan, sehingga meningkatkan layanan kesehatan saat terjadi bencana. AI juga mendukung inisiatif komunitas dengan membantu mengidentifikasi area yang rentan terhadap bencana. Melalui analisis data yang mendalam, AI dapat mengungkap faktor risiko yang mungkin tidak terlihat jika menggunakan metode konvensional. Hal ini sejalan dengan penelitian Jain *et al*.[40] yang menunjukkan bahwa AI dapat digunakan untuk beradaptasi terhadap perubahan iklim melalui analisis iklim dan citra satelit, memberikan informasi untuk pengambilan keputusan dan kesiapsiagaan dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Penelitian Cowls *et al*. (2023)[41] dan Bari *et al*. (2023)[18] tentang penggunaan AI dalam perubahan iklim dan pengurangan risiko bencana menujukkan bahwa AI tidak hanya meningkatkan respons kesehatan tetapi juga berkontribusi pada perencanaan mitigasi bencana. AI juga dapat meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam mengatasi perubahan iklim melalui tindakan kolektif dengan memprediksi atau memvisualisasikan risiko perubahan iklim dan berkontribusi terhadap pengambilan keputusan dengan memantau bencana cuaca ekstrem

secara *real-time*.[42,43] Integrasi AI dalam sistem peringatan dini dan manajemen bencana memberikan peluang besar untuk meningkatkan efektivitas respons terhadap bencana, mengurangi risiko, meningkatkan sistem peringatan dini sehingga dapat berkontribusi dalam mempercepat proses pemulihan yang lebih efektif dan efisien.

Meskipun penelitian ini menyoroti berbagai manfaat dan tantangan penerapan AI dalam mitigasi bencana, terdapat beberapa keterbatasan penelitian. Cakupan literatur yang digunakan dalam penelitian ini mungkin masih terbatas pada sumber-sumber yang tersedia, sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi global. Selain itu masih terdapat keterbatasan data empiris yang secara langsung mengevaluasi efektivitas AI dalam skenario kejadian bencana karena sebagian besar studi masih berbasis simulasi atau model prediktif. Lebih lanjut, sebagian besar penelitian yang dibahas berfokus pada aspek tenknis sementara aspek sosial, ekonomi, dan etika penerapan AI dalam bencana masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian di masa depan perlu menekankan pada pendekatan holistic yang mencakup faktor teknis dan sosial untuk mengeksplorasi bahwa AI dapat diterapkan secara inklusif dan berkelanjutan dalam manajemen bencana.

KESIMPULAN

Berdasarkan tinjauan literatur, disimpulkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana dan adaptasi iklim melalui pemodelan, prediksi, dan analisis data yang efisien dan akurat. AI mendukung inisiatif komunitas dengan membantu mengidentifikasi area rentan dan mengembangkan kebijakan yang lebih baik. Meskipun menghadapi beberapa tantangan, mengintegrasikan teknologi AI ke dalam strategi kesiapsiagaan bencana sangat penting untuk meningkatkan ketahanan masyarakat terhadap perubahan iklim dan bencana alam. Dengan pendekatan yang inklusif dan berkelanjutan, AI dapat menjadi alat yang ampuh untuk melindungi kehidupan dan penghidupan di era perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wen J, Wan C, Ye Q, Yan J, Li W. Disaster risk reduction, climate change adaptation and their linkages with sustainable development over the past 30 years: a review. Int J Disaster Risk Sci. 2023;14(1):1–13.
2. Restrepo-Mieth A, Perry J, Garnick J, Weisberg M. Community-based participatory climate action. Glob Sustain. 2023 Jan;6:e14.
3. Flanagan BE, Hallisey EJ, Adams E, Lavery A. Measuring community vulnerability to natural and anthropogenic hazards: the centers for disease control and prevention's social vulnerability index. J Environ Health. 2018 Jun;80(10):34-36. PMID: 32327766; PMCID: PMC7179070.
4. Reilly AC, Guikema SD, Zhu L, Igusa T. Evolution of vulnerability of communities facing repeated hazards. PLoS One. 2017 Sep 27;12(9):e0182719. doi: 10.1371/journal.pone.0182719.
5. Wolkin A, Patterson JR, Harris S, Soler E, Burrer S, McGeehin M, Greene S. Reducing Public Health Risk During Disasters: Identifying Social Vulnerabilities. J Homel Secur Emerg Manag. 2015 Dec;12(4):809-822.
6. World Economic Forum. Climate crisis may cause 14.5 million deaths by 2050 [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 10]. Available from: https://www.weforum.org/press/2024/01/wef24-climate-crisis-health/
7. Hernández-Delgado EA. Coastal restoration challenges and strategies for small island developing states in the face of sea level rise and climate change. Coasts. 2024;4(2):235–86.
8. Cinner JE, Caldwell IR, Thiault L, Ben J, Blanchard JL, Coll M, et al. Potential impacts of climate change on agriculture and fisheries production in 72 tropical coastal communities. Nat Commun. 2022 Jul 5;13(1):3530.
9. Widyananto PA, Badriana MR, Oktaviani DF, Radjawane IM. Preliminary study of marine environmental parameters in the southeastern coastal area of Bali, Indonesia. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2024 Nov;1410(1):012050.
10. Atkinson CL, Atkinson AM. Impacts of climate change on rural communities: vulnerability and adaptation in the global south. Encyclopedia. 2023 Jun;3(2):721–9.
11. Bellizzi S, Lane C, Elhakim M, Nabeth P. Health consequences of drought in the WHO Eastern Mediterranean Region: hotspot areas and needed actions. Environ Health. 2020 Nov 12;19(1):114.
12. Mani ZA, Khorram-Manesh A, Goniewicz K. Global health emergencies of extreme drought events: historical impacts and future preparedness. Atmosphere. 2024 Sep;15(9):1137.
13. Šakić Trogrlić R, van den Homberg M, Budimir M, McQuistan C, Sneddon A, Golding B. Early warning systems and their role in disaster risk reduction. In: Golding B, editor. Towards the “perfect” weather warning: bridging disciplinary gaps through partnership and communication. Cham: Springer International Publishing; 2022
14. World Meteorological Organization. Early warning system [Internet]. 2023 [cited 2025 Feb 10]. Available from: https://wmo.int/topics/early-warning-system
15. Kusumawati HI, Sutono S, Setyarini S, Achmad BF, Ariningtyas ADH, Widyanita I, et al. Is the forum of disaster risk reduction ready?: Disaster preparedness in a community setting. J Community Empower Health. 2021 Dec 6;4(3):189–95.
16. UNDRR, UNESCO-IOC. Keterbatasan dan tantangan sistem peringatan dini studi kasus tsunami Palu-Donggala 28 September 2018. Jakarta: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), Regional Office for Asia and the Pacific, and the Intergovernmental Oceanographic Commission of United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IOC Technical Series N° 150).;
17. Nguyen DN, Usuda Y, Imamura F. Gaps in and opportunities for disaster risk reduction in urban areas through international standardization of smart community infrastructure. Sustainability. 2024 Jan;16(21):9586.
18. Bari LF, Ahmed I, Ahamed R, Zihan TA, Sharmin S, Pranto AH, et al. Potential use of artificial intelligence (ai) in disaster risk and emergency health management: a critical appraisal on environmental health. Environ Health Insights. 2023 Jan 1;17:11786302231217808.

19. Liu J, Lee J, Zhou R. Review of big-data and AI application in typhoon-related disaster risk early warning in Typhoon Committee region. Trop Cyclone Res Rev. 2023 Dec 1;12(4):341–53.
20. Ikram A, Mehmood H, Arshad MT, Rasheed A, Noreen S, Gnedeka KT. Applications of artificial intelligence (AI) in managing food quality and ensuring global food security. CyTA - J Food. 2024 Dec 31;19476337.
21. Gau G, Singh M. Using machine learning to determine the efficacy of socio-economic indicators as predictors for flood risk in London. Revue Internationale de Geomatique. 2024;33(0):427-443.
22. Mehryar S, Yazdanpanah V, Tong J. AI and climate resilience governance. iScience. 2024 Jun 21;27(6):109812.
23. Kesavan H, Choudhary S, Khan S, R S, Sharma A. AI based urban resilience planning: opportunities and challenges. J Environ Earth Sci. 2024 Jul 25;6(2):200–14.
24. Nakhaei M, Nakhaei P, Gheibi M, Chahkandi B, Wacławek S, Behzadian K, et al. Enhancing community resilience in arid regions: A smart framework for flash flood risk assessment. Ecol Indic. 2023 Sep 1;153:110457.
25. Gupta S, Modgil S, Kumar A, Sivarajah U, Irani Z. Artificial intelligence and cloud-based collaborative platforms for managing disaster, extreme weather and emergency operations. Int J Prod Econ. 2022 Dec 1;254:108642.
26. Saravi S, Kalawsky R, Joannou D, Rivas Casado M, Fu G, Meng F. Use of artificial intelligence to improve resilience and preparedness against adverse flood events. Water. 2019 May;11(5):973.
27. Neil Adger W, Arnell NW, Tompkins EL. Successful adaptation to climate change across scales. Glob Environ Change. 2005 Jul 1;15(2):77–86.
28. Meshram N, Mandve P, Vitankar T, Motghare S, Patil S, Katole D. Disaster management system: a machine learning approach to forecasting floods and earthquakes. Int J Sci Technol Eng. 2024;12(12):1192–9.
29. Andrae S. Artificial intelligence in disaster management: sustainable response and recovery. Httpsservicesigi-Glob-8-3693-7483-2ch004. 2025;73–114.
30. Reichstein M, Frank D, Benson V, Camps-Valls G, Denzler J, Kornhuber K, et al. Early warning of complex climate risk with integrated artificial intelligence. Research Square; 2024;1:rs-4248340
31. Xu C, Xue Z. Applications and challenges of artificial intelligence in the field of disaster prevention, reduction, and relief. Nat Hazards Res. 2024 Mar 1;4(1):169–72.
32. Alotaibi E, Nassif N. Artificial intelligence in environmental monitoring: in-depth analysis. Discov Artif Intell. 2024 Nov 18;4(1):84.
33. Ghaffarian S, Taghikhah FR, Maier HR. Explainable artificial intelligence in disaster risk management: Achievements and prospective futures. Int J Disaster Risk Reduct. 2023 Nov 1;98:104123.
34. Leal Filho W, Wall T, Rui Mucova SA, Nagy GJ, Balogun AL, Luetz JM, et al. Deploying artificial intelligence for climate change adaptation. Technol Forecast Soc Change. 2022 Jul 1;180:121662.
35. Rathod P, Pandey M, Gupta A. Artificial intelligence-based fully scalable real-time early flood warning system. Springer Nat. 2023;407–16.
36. Baryannis G, Validi S, Dani S, Antoniou G. Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. Int J Prod Res. 2019 Apr 3;57(7):2179–202.
37. Singh V, Agnihotri A. Addressing environmental challenges through artificial intelligence (AI)-powered natural disaster management. Int J Appl Sci Res. 2024 May 31;2(5):485–96.
38. Sun W, Bocchini P, Davison BD. Applications of artificial intelligence for disaster management. Nat Hazards. 2020 Sep 1;103(3):2631–89.
39. Saleh MdA, Rasel HM, Ray B. A comprehensive review towards resilient rainfall forecasting models using artificial intelligence techniques. Green Technol Sustain. 2024 Sep 1;2(3):100104.
40. Jain H, Dhupper R, Shrivastava A, Kumar D, Kumari M. AI-enabled strategies for climate change adaptation: protecting communities, infrastructure, and businesses from the impacts of climate change. Comput Urban Sci. 2023 Jul 17;3(1):25.
41. Cowls J, Tsamados A, Taddeo M, Floridi L. The AI gambit: leveraging artificial intelligence to combat climate change—opportunities, challenges, and recommendations. Ai Soc. 2023;38(1):283–307.
42. Huntingford C, Jeffers ES, Bonsall MB, Christensen HM, Lees T, Yang H. Machine learning and artificial intelligence to aid climate change research and preparedness. Environ Res Lett. 2019 Nov;14(12):124007.
43. Alemany S, Beltran J, Perez A, Ganzfried S. Predicting hurricane trajectories using a recurrent neural network. Proc AAAI Conf Artif Intell. 2019 Jul 17;33(01):468–75.