

# Integrasi Artificial Intelligence dalam Manajemen Risiko Bencana Pemerintah Daerah: Peluang, Tantangan, dan Model Tata Kelola Adaptif

Erfan Wahyudi<sup>1</sup>, Lalu Ahmad Murdhani<sup>2</sup>  
[erfan.wahyudie@gmail.com](mailto:erfan.wahyudie@gmail.com)<sup>1</sup>, [murdhani.md@gmail.com](mailto:murdhani.md@gmail.com)<sup>2</sup>  
<sup>1,2</sup>Institut Pemerintahan Dalam Negeri

**Abstrak** - Penelitian ini bertujuan menganalisis peluang dan tantangan integrasi *artificial intelligence* dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah serta merumuskan model tata kelola adaptif yang akuntabel dan etis. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus konseptual-analitis. Data diperoleh melalui wawancara mendalam, diskusi terbatas, dan studi dokumen terhadap regulasi, kebijakan transformasi digital, dokumen kebencanaan, serta publikasi akademik yang relevan. Analisis data dilakukan secara tematik melalui reduksi data, kategorisasi tema, penyajian data, interpretasi, dan perumusan model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI memiliki peluang strategis dalam mendukung pemetaan risiko, prediksi bencana, sistem peringatan dini, analisis kerentanan, prioritas intervensi, dan pengambilan keputusan cepat berbasis bukti. Akan tetapi, integrasi AI juga menghadapi tantangan serius, terutama fragmentasi data, kualitas data, bias algoritmik, ketertutupan model, perlindungan data pribadi, koordinasi lintas perangkat daerah, dan keterbatasan kapasitas aparatur. Kontribusi utama penelitian ini adalah perumusan model tata kelola AI adaptif yang terdiri atas enam komponen, yaitu tata kelola data terpadu, AI sebagai sistem pendukung keputusan, akuntabilitas algoritmik, koordinasi lintas sektor, perlindungan etika dan data, serta evaluasi adaptif berkelanjutan. Model ini menempatkan AI sebagai instrumen manajemen pemerintahan untuk memperkuat pengurangan risiko bencana secara cepat, akuntabel, etis, dan tetap berada dalam kontrol manusia.

**Kata kunci:** *artificial intelligence*; manajemen risiko bencana; pemerintah daerah; tata kelola adaptif; akuntabilitas algoritmik

**Abstract** - This study aims to analyze the opportunities and challenges of integrating artificial intelligence into local government disaster risk management and to formulate an adaptive governance model that is accountable and ethical. This research employed a qualitative approach using a conceptual-analytical case study method. Data were collected through in-depth interviews, limited discussions, and document analysis of regulations, digital transformation policies, disaster management documents, and relevant academic publications. The data were analyzed thematically through data reduction, theme categorization, data presentation, interpretation, and model formulation. The findings reveal that AI offers strategic opportunities to support risk mapping, disaster prediction, early warning systems, vulnerability analysis, intervention prioritization, and rapid evidence-based decision-making. However, AI integration also faces serious challenges, particularly data fragmentation, data quality, algorithmic bias, black-box models, personal data protection, cross-agency coordination, and limited bureaucratic capacity. The main contribution of this study is the formulation of an adaptive AI governance model consisting of six components: integrated data governance, AI as a decision-support system, algorithmic accountability, cross-sectoral coordination, ethical and data protection safeguards, and continuous adaptive evaluation. This model positions AI as an instrument of public management to strengthen disaster risk reduction in a rapid, accountable, and ethical manner while remaining under meaningful human control.

**Keywords:** *artificial intelligence*; disaster risk management; local government; adaptive governance; algorithmic accountability

## 1. Pendahuluan

Perkembangan *artificial intelligence* telah mengubah cara organisasi publik mengelola data, membaca risiko, dan mengambil keputusan dalam situasi kompleks. Dalam manajemen risiko bencana, AI menawarkan peluang besar karena mampu mengolah data dalam jumlah besar, mengenali pola kerentanan, memprediksi potensi ancaman, mempercepat analisis citra satelit, mendukung sistem peringatan dini, serta membantu pemerintah menentukan prioritas intervensi. Bagi pemerintah daerah di Indonesia, kemampuan tersebut menjadi penting karena risiko bencana semakin kompleks, bersifat lintas sektor, dan menuntut keputusan cepat berbasis bukti. Bencana seperti banjir, tanah longsor, kekeringan,

kebakaran hutan dan lahan, gempa bumi, tsunami, dan cuaca ekstrem tidak lagi cukup dikelola melalui pendekatan administratif konvensional, tetapi membutuhkan sistem pengambilan keputusan yang adaptif, prediktif, dan responsif terhadap perubahan risiko. Dalam konteks Indonesia, kebutuhan tersebut semakin relevan karena tata kelola bencana harus menghadapi risiko sistemik dan berantai, ketimpangan kapasitas antardaerah, serta kebutuhan integrasi data lintas lembaga (Djalante et al., 2020; Triyanti et al., 2023; Chun et al., 2025).

Masalah utama yang dihadapi pemerintah daerah dalam manajemen risiko bencana adalah belum optimalnya integrasi data, teknologi, dan tata kelola dalam satu sistem keputusan yang utuh. Banyak daerah telah memiliki dokumen kajian risiko, peta ancaman, laporan kejadian bencana, data kependudukan, data kemiskinan, data infrastruktur, dan informasi cuaca atau iklim. Akan tetapi, data tersebut sering tersebar pada berbagai perangkat daerah, tidak selalu mutakhir, memiliki format berbeda, dan belum terhubung dengan sistem analitik yang mampu menghasilkan rekomendasi kebijakan secara cepat. Kondisi ini sejalan dengan temuan Haris et al. (2023), yang menunjukkan bahwa model penganggaran pemerintah daerah di Indonesia masih memiliki hubungan kuat dengan indeks risiko bencana, tetapi belum sepenuhnya mencerminkan transformasi pengelolaan risiko yang berbasis prediksi dan pencegahan. Lassa et al. (2022) juga menunjukkan bahwa tata kelola kebencanaan di Indonesia membutuhkan ekosistem kelembagaan yang mampu menghubungkan negara, masyarakat, organisasi kemanusiaan, dan sektor ekonomi lokal. Artinya, AI dapat menjadi instrumen pendukung, tetapi manfaatnya sangat bergantung pada kesiapan tata kelola data, kelembagaan, dan koordinasi lintas sektor.

Urgensi integrasi AI dalam manajemen risiko bencana terletak pada kebutuhan pemerintah daerah untuk mempercepat siklus pengambilan keputusan tanpa mengabaikan prinsip kehati-hatian, etika, dan akuntabilitas publik. AI dapat membantu pemerintah memetakan wilayah rawan bencana, mengidentifikasi kelompok rentan, memproyeksikan dampak bencana, memantau perubahan lingkungan, serta menyusun skenario tindakan berdasarkan tingkat risiko. Pada saat yang sama, penggunaan AI dalam urusan publik juga membawa tantangan serius, seperti bias data, kesalahan prediksi, ketertutupan algoritma, perlindungan data pribadi, ketimpangan kapasitas digital antardaerah, dan risiko pengambilan keputusan yang terlalu bergantung pada sistem otomatis. Dalam konteks pemerintahan Indonesia, tantangan ini berkaitan dengan masalah transformasi digital sektor publik yang tidak hanya membutuhkan teknologi, tetapi juga kapasitas aparatur, interoperabilitas sistem, kejelasan regulasi, dan kepercayaan publik (Novianto, 2023; Triyanti et al., 2023; Zuiderwijk et al., 2021).

Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AI memiliki kontribusi signifikan dalam berbagai fase manajemen bencana. Kam et al. (2024) menjelaskan bahwa *impact-based forecasting* berbasis data dapat mendukung tindakan antisipatif karena tidak hanya memprediksi bahaya, tetapi juga memperkirakan dampak terhadap manusia dan wilayah rentan. Chun et al. (2025) menegaskan bahwa AI dan *big data* dapat memperkuat pengurangan risiko bencana melalui integrasi data lingkungan, hukum, sosial, dan kebijakan, terutama apabila digunakan dalam kerangka lintas disiplin. Kolivand et al. (2025) menunjukkan bahwa AI dapat mendukung tata kelola bencana melalui peningkatan berbagi informasi,

pemantauan risiko, dan pengambilan keputusan dalam kondisi darurat. Studi tentang sistem peringatan dini juga memperlihatkan pentingnya menghubungkan informasi teknis dengan tindakan masyarakat, karena prediksi yang akurat tidak selalu menghasilkan respons efektif apabila tidak dipahami dan dipercaya oleh pengguna akhir (Sufri et al., 2020; Marchezini, 2020; Tarchiani et al., 2020).

Dalam konteks Indonesia, penelitian tentang tata kelola bencana dan transformasi digital memperlihatkan bahwa penggunaan teknologi perlu ditempatkan dalam kerangka kelembagaan yang adaptif. Djalante et al. (2020) menunjukkan bahwa penanganan krisis di Indonesia memperlihatkan pentingnya koordinasi lintas sektor dan pemutusan silo kelembagaan. Triyanti et al. (2023) menekankan bahwa Indonesia menghadapi risiko sistemik dan berantai, sehingga tata kelola risiko perlu dibangun melalui integrasi data, aktor, kapasitas kelembagaan, dan pembelajaran lintas skala. Lassa et al. (2022) menegaskan pentingnya ekosistem kelembagaan dalam pengelolaan bencana agar intervensi pemerintah tidak berjalan sendiri, tetapi terhubung dengan masyarakat dan aktor nonpemerintah. Haris et al. (2023) memperlihatkan bahwa penganggaran pemerintah daerah berbasis risiko masih perlu diperkuat agar indeks risiko tidak hanya menjadi indikator administratif, tetapi juga menjadi dasar alokasi sumber daya yang lebih antisipatif. Novianto (2023) menambahkan bahwa transformasi digital sektor publik membutuhkan model strategis yang tidak hanya menekankan adopsi teknologi, tetapi juga perubahan organisasi, kapasitas sumber daya manusia, dan tata kelola.

Kajian lain menyoroti bahwa keberhasilan penggunaan AI dalam sektor publik sangat ditentukan oleh tata kelola, bukan hanya kecanggihan model komputasi. Janssen et al. (2020) menekankan bahwa tata kelola data menjadi prasyarat bagi penggunaan AI yang dapat dipercaya karena kualitas keputusan algoritmik bergantung pada kualitas, keterbukaan, keamanan, dan interoperabilitas data. van Noordt dan Misuraca (2022) menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam pemerintahan memerlukan kapasitas kelembagaan, kejelasan tujuan publik, dan desain implementasi yang sesuai dengan kebutuhan layanan. Zuiderwijk et al. (2021) menegaskan bahwa AI dalam sektor publik membawa manfaat sekaligus risiko, sehingga pemerintah perlu mengelola aspek transparansi, akuntabilitas, keterampilan aparatur, dan penerimaan publik. Wirtz et al. (2020) juga memperlihatkan bahwa penerapan AI dalam administrasi publik menghadapi tantangan etis, hukum, teknis, dan organisasi. Dalam konteks pemerintah daerah, temuan-temuan ini penting karena AI tidak dapat dilepaskan dari struktur birokrasi, kewenangan pengambilan keputusan, regulasi data, dan akuntabilitas publik.

Penelitian tentang AI dan manajemen bencana telah berkembang pesat, tetapi masih terdapat celah kajian dalam menjelaskan bagaimana pemerintah daerah dapat mengintegrasikan AI ke dalam manajemen risiko bencana secara adaptif, akuntabel, dan etis. Sebagian besar studi masih berfokus pada kemampuan teknis AI, seperti prediksi banjir, klasifikasi kerusakan, pemantauan citra satelit, pengolahan data media sosial, atau optimasi respons darurat. Kajian mengenai tata kelola AI di sektor publik juga telah menekankan prinsip transparansi, akuntabilitas, keadilan, dan perlindungan data, tetapi belum banyak yang secara spesifik menghubungkannya dengan kebutuhan manajemen pemerintahan daerah dalam pengurangan risiko bencana. Kesenjangan tersebut semakin penting dalam konteks Indonesia

karena pemerintah daerah memiliki kewenangan dalam perencanaan pembangunan, penganggaran, tata ruang, pelayanan dasar, perlindungan sosial, dan koordinasi kedaruratan, tetapi kapasitas digital, kualitas data, dan kesiapan kelembagaan antardaerah masih tidak merata.

Kebaruan penelitian ini terletak pada perumusan model tata kelola AI adaptif untuk mendukung manajemen risiko bencana pemerintah daerah. Model ini tidak menempatkan AI sebagai pengganti keputusan pemerintah, tetapi sebagai sistem pendukung keputusan yang harus dikendalikan melalui prinsip manajemen pemerintahan, yaitu akuntabilitas, transparansi, responsivitas, efektivitas, koordinasi lintas sektor, partisipasi publik, perlindungan data, dan pengawasan manusia. Penelitian ini menawarkan integrasi AI dengan fungsi pemerintahan daerah dalam tiga area utama, yaitu pemetaan risiko, prediksi bencana, dan pengambilan keputusan cepat berbasis bukti. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis peluang dan tantangan integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah serta merumuskan model tata kelola adaptif yang mampu memastikan penggunaan AI berlangsung cepat, akuntabel, etis, dan relevan dengan kebutuhan pengurangan risiko bencana di tingkat lokal.

## **2. Metode penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi kasus konseptual-analitis. Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian ini bertujuan memahami secara mendalam peluang, tantangan, dan kebutuhan tata kelola dalam integrasi artificial intelligence pada manajemen risiko bencana pemerintah daerah. Penelitian ini tidak diarahkan untuk menguji efektivitas algoritma AI secara teknis atau mengukur hubungan antarvariabel secara statistik, melainkan untuk merumuskan model tata kelola adaptif yang dapat memastikan penggunaan AI dalam pemetaan risiko, prediksi bencana, dan pengambilan keputusan pemerintah daerah berlangsung secara cepat, akuntabel, etis, dan sesuai dengan prinsip manajemen pemerintahan.

Metode studi kasus konseptual-analitis digunakan karena integrasi AI dalam manajemen risiko bencana merupakan fenomena baru yang belum sepenuhnya mapan dalam praktik pemerintahan daerah. Kajian ini menempatkan pemerintah daerah sebagai unit utama analisis karena pemerintah daerah memiliki kewenangan strategis dalam perencanaan pembangunan, penganggaran, penataan ruang, penyediaan layanan dasar, perlindungan sosial, dan koordinasi penanggulangan bencana. Melalui metode ini, penelitian dapat menelaah bagaimana AI berpotensi digunakan untuk mendukung fungsi-fungsi pemerintahan daerah, sekaligus mengidentifikasi risiko tata kelola yang dapat muncul dari penggunaan teknologi tersebut.

Unit analisis dalam penelitian ini adalah tata kelola integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah. Unit analisis tersebut mencakup empat aspek utama, yaitu tata kelola data, kapasitas kelembagaan, akuntabilitas algoritmik, dan pengambilan keputusan berbasis risiko. Tata kelola data dianalisis untuk melihat kesiapan pemerintah daerah dalam mengelola data kebencanaan, data kependudukan, data sosial-ekonomi, data infrastruktur, data lingkungan, serta data cuaca dan iklim secara terintegrasi. Kapasitas kelembagaan dianalisis untuk memahami kesiapan organisasi pemerintah daerah, sumber daya manusia, koordinasi lintas perangkat daerah, dan infrastruktur digital. Akuntabilitas algoritmik dianalisis untuk melihat bagaimana keputusan berbasis AI dapat dipertanggungjawabkan

secara administratif, etis, dan hukum. Pengambilan keputusan berbasis risiko dianalisis untuk memahami bagaimana AI dapat mendukung pemetaan risiko, prediksi bencana, prioritas intervensi, dan respons pemerintah daerah.

Sumber data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam dan diskusi terbatas dengan informan yang memiliki pengetahuan atau pengalaman dalam bidang manajemen risiko bencana, tata kelola pemerintahan, transformasi digital, data kebencanaan, dan pemanfaatan teknologi informasi di sektor publik. Informan penelitian dapat meliputi unsur BPBD, Bappeda, Dinas Komunikasi dan Informatika, perangkat daerah terkait, akademisi, ahli teknologi informasi, praktisi kebencanaan, organisasi masyarakat sipil, serta pihak yang terlibat dalam pengelolaan data dan sistem informasi kebencanaan. Wawancara diarahkan untuk menggali persepsi, kesiapan, hambatan, peluang, dan kebutuhan kelembagaan dalam integrasi AI pada manajemen risiko bencana pemerintah daerah.

Data sekunder diperoleh melalui studi dokumen terhadap regulasi, dokumen perencanaan pembangunan daerah, dokumen kajian risiko bencana, rencana penanggulangan bencana daerah, laporan kejadian bencana, peta risiko, dokumen sistem pemerintahan berbasis elektronik, kebijakan satu data, dokumen transformasi digital pemerintah, pedoman etika AI, serta publikasi akademik yang relevan. Data sekunder digunakan untuk memahami kerangka kebijakan, struktur kelembagaan, kesiapan data, dan posisi AI dalam penguatan manajemen risiko bencana pemerintah daerah. Selain itu, studi dokumen digunakan untuk menelaah sejauh mana prinsip akuntabilitas, transparansi, perlindungan data, keamanan informasi, dan pengawasan manusia telah diakomodasi dalam kebijakan digital pemerintahan.

Teknik penentuan informan dilakukan secara purposive. Informan dipilih berdasarkan keterlibatan atau kompetensinya dalam pengurangan risiko bencana, pengelolaan data, tata kelola digital, atau pengambilan keputusan pemerintahan daerah. Teknik ini dipilih karena penelitian membutuhkan informasi yang bersifat spesifik dan mendalam dari aktor yang memahami isu kebencanaan dan teknologi secara langsung. Dalam pelaksanaannya, teknik snowball sampling dapat digunakan apabila informan awal merekomendasikan aktor lain yang memiliki pengetahuan penting mengenai integrasi data, pemanfaatan sistem informasi, atau potensi penerapan AI dalam kebijakan kebencanaan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahap. Tahap pertama adalah pemetaan kebutuhan dan kesiapan pemerintah daerah dalam menggunakan AI untuk manajemen risiko bencana. Pemetaan ini mencakup identifikasi jenis data yang tersedia, sistem informasi yang digunakan, aktor pengelola data, mekanisme berbagi data, serta hambatan kelembagaan dalam pemanfaatan teknologi. Tahap kedua adalah pengumpulan data melalui wawancara mendalam, diskusi terbatas, dan studi dokumen. Tahap ketiga adalah validasi temuan melalui triangulasi sumber dan teknik untuk memastikan konsistensi antara informasi dari aktor pemerintah, ahli teknologi, praktisi kebencanaan, dokumen kebijakan, dan literatur akademik.

Analisis data dilakukan secara kualitatif dengan teknik analisis tematik. Tahapan analisis meliputi reduksi data, kategorisasi tema, penyajian data, interpretasi, dan perumusan model. Reduksi data dilakukan dengan memilah informasi yang relevan dengan peluang integrasi AI, tantangan tata kelola, kesiapan data, kapasitas aparatur, akuntabilitas algoritmik, perlindungan data, serta kebutuhan

pengambilan keputusan berbasis risiko. Kategorisasi tema dilakukan dengan mengelompokkan data ke dalam tema utama, seperti pemetaan risiko berbasis AI, prediksi bencana, sistem pendukung keputusan, tata kelola data, kapasitas kelembagaan, etika AI, transparansi algoritma, dan pengawasan manusia.

Penyajian data dilakukan dalam bentuk narasi tematik, matriks peluang dan tantangan, serta model tata kelola adaptif. Narasi tematik digunakan untuk menjelaskan secara sistematis temuan mengenai peluang dan risiko integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah. Matriks peluang dan tantangan digunakan untuk memetakan manfaat AI dalam pemetaan risiko, prediksi bencana, dan pengambilan keputusan, sekaligus mengidentifikasi hambatan pada aspek data, organisasi, regulasi, etika, dan kapasitas sumber daya manusia. Model tata kelola adaptif digunakan untuk menggambarkan hubungan antara prinsip manajemen pemerintahan, penggunaan AI, pengambilan keputusan berbasis risiko, dan akuntabilitas publik.

Perumusan model dilakukan melalui sintesis antara temuan lapangan, studi dokumen, dan literatur akademik mengenai AI dalam sektor publik, tata kelola data, manajemen risiko bencana, dan administrasi pemerintahan. Model yang dirumuskan menempatkan AI sebagai sistem pendukung keputusan, bukan sebagai pengganti kewenangan pemerintah daerah. Oleh karena itu, model ini menekankan pentingnya kontrol manusia, validasi data, transparansi proses, audit algoritmik, koordinasi lintas perangkat daerah, perlindungan data pribadi, dan partisipasi publik. Prinsip tersebut digunakan agar AI dapat memperkuat kapasitas pemerintah daerah tanpa mengurangi tanggung jawab politik, administratif, dan etis dalam pengambilan keputusan kebencanaan.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, triangulasi teknik, dan member checking. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi dari BPBD, perangkat daerah, akademisi, ahli teknologi, praktisi kebencanaan, dan organisasi masyarakat sipil. Triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan hasil wawancara, diskusi terbatas, studi dokumen, dan kajian literatur. Member checking dilakukan dengan mengonfirmasi temuan utama kepada informan kunci agar interpretasi peneliti sesuai dengan pengalaman dan pemahaman aktor yang terlibat. Strategi ini digunakan untuk meningkatkan kredibilitas dan validitas temuan penelitian.

Etika penelitian diperhatikan melalui pemberian informasi kepada informan mengenai tujuan penelitian, penggunaan data, serta hak informan untuk memberikan atau menolak informasi. Penelitian ini juga memperhatikan sensitivitas data kebencanaan dan data sosial masyarakat karena integrasi AI dalam manajemen risiko bencana dapat berkaitan dengan data kependudukan, lokasi kelompok rentan, kondisi sosial-ekonomi, dan informasi wilayah rawan. Oleh karena itu, penelitian ini menekankan prinsip perlindungan data, anonimisasi informasi, penggunaan data secara proporsional, dan kehati-hatian dalam merumuskan rekomendasi tata kelola AI. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan menghasilkan model tata kelola AI yang adaptif, akuntabel, etis, dan relevan bagi pemerintah daerah dalam memperkuat manajemen risiko bencana.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 1) Peluang Integrasi Artificial Intelligence dalam Manajemen Risiko Bencana Pemerintah Daerah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi *artificial intelligence* dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah memiliki peluang strategis untuk memperkuat kualitas pengambilan keputusan publik. Peluang tersebut terutama muncul karena pemerintah daerah memiliki beragam data yang dapat digunakan untuk membaca risiko bencana, seperti data kejadian bencana, peta ancaman, data kependudukan, data kemiskinan, data infrastruktur, data tata ruang, data kesehatan, data lingkungan, serta informasi cuaca dan iklim. Apabila data tersebut dikelola secara terintegrasi, AI dapat membantu pemerintah daerah mengidentifikasi pola risiko, memetakan wilayah rentan, memprediksi potensi bencana, dan menentukan prioritas intervensi secara lebih cepat. Dalam konteks ini, AI tidak hanya berfungsi sebagai teknologi komputasi, tetapi sebagai instrumen pendukung keputusan dalam manajemen pemerintahan daerah.

Peluang pertama terletak pada pemetaan risiko bencana yang lebih presisi. Pemerintah daerah selama ini telah menggunakan dokumen kajian risiko, peta rawan bencana, dan laporan kejadian sebagai dasar perencanaan. Akan tetapi, proses pembaruan data sering berjalan lambat, terpisah antarperangkat daerah, dan belum sepenuhnya menggambarkan perubahan risiko secara dinamis. AI dapat membantu mengolah data spasial, citra satelit, data historis kejadian, dan data sosial-ekonomi untuk menghasilkan pemetaan risiko yang lebih adaptif. Melalui kemampuan pengenalan pola, AI dapat mendeteksi perubahan tutupan lahan, perkembangan permukiman di wilayah rawan, potensi genangan, kerentanan infrastruktur, serta konsentrasi kelompok rentan. Kemampuan ini penting karena risiko bencana tidak bersifat statis, melainkan berubah mengikuti dinamika pembangunan, perubahan iklim, dan perilaku manusia.

Peluang kedua berkaitan dengan prediksi dan peringatan dini. AI dapat digunakan untuk memperkuat prediksi bencana hidrometeorologi, seperti banjir, kekeringan, tanah longsor, cuaca ekstrem, dan kebakaran hutan dan lahan. Melalui integrasi data cuaca, curah hujan, kelembapan tanah, kondisi sungai, topografi, dan data historis kejadian, AI dapat membantu menghasilkan perkiraan risiko yang lebih cepat dan berbasis dampak. Kam et al. (2024) menunjukkan bahwa *impact-based forecasting* dapat mendukung tindakan antisipatif karena prediksi tidak hanya diarahkan pada kemungkinan bahaya, tetapi juga pada dampak terhadap manusia dan wilayah rentan. Temuan tersebut relevan bagi pemerintah daerah karena keputusan kebencanaan tidak cukup hanya mengetahui kemungkinan ancaman, tetapi juga harus menentukan siapa yang terdampak, wilayah mana yang perlu diprioritaskan, dan tindakan apa yang harus dilakukan.

Peluang ketiga adalah dukungan AI terhadap pengambilan keputusan cepat dalam situasi darurat maupun pra-bencana. AI dapat membantu pemerintah daerah menyusun skenario tindakan, memprioritaskan lokasi evakuasi, mengoptimalkan distribusi logistik, memperkirakan kebutuhan layanan kesehatan, serta mengidentifikasi kelompok masyarakat yang membutuhkan bantuan lebih awal. Dalam kondisi ketika waktu menjadi faktor kritis, AI dapat mempercepat analisis data dan menyediakan rekomendasi awal bagi pengambil keputusan. Kolivand et al. (2025) menegaskan bahwa AI dapat

mendukung tata kelola bencana melalui peningkatan berbagi informasi, pemantauan risiko, dan pengambilan keputusan dalam kondisi kompleks. Akan tetapi, rekomendasi AI tetap harus dipahami sebagai masukan, bukan sebagai keputusan final yang menggantikan kewenangan pemerintah daerah.

Peluang keempat adalah penguatan koordinasi lintas perangkat daerah. Manajemen risiko bencana tidak hanya menjadi urusan BPBD, tetapi juga berkaitan dengan Bappeda, Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Sosial, Dinas Kesehatan, Dinas Lingkungan Hidup, Dinas Komunikasi dan Informatika, Dinas Pertanian, Dinas Perumahan dan Permukiman, serta pemerintah desa. AI dapat menjadi jembatan integrasi data lintas sektor apabila didukung oleh sistem tata kelola data yang baik. Data infrastruktur dari dinas teknis, data kelompok rentan dari dinas sosial, data kesehatan dari dinas kesehatan, data ruang dari Bappeda, dan data kejadian dari BPBD dapat diolah menjadi informasi risiko yang lebih komprehensif. Triyanti et al. (2023) menegaskan bahwa tata kelola bencana di Indonesia perlu menghadapi risiko sistemik dan berantai melalui integrasi aktor, data, dan kapasitas kelembagaan. Dalam konteks ini, AI dapat memperkuat integrasi tersebut apabila ditempatkan dalam kerangka tata kelola yang jelas.

Peluang kelima terletak pada peningkatan akuntabilitas kebijakan berbasis bukti. Pemerintah daerah sering menghadapi kritik ketika keputusan kebencanaan dianggap lambat, tidak tepat sasaran, atau tidak didasarkan pada informasi risiko yang memadai. AI dapat membantu memperjelas dasar pengambilan keputusan melalui analisis data yang terdokumentasi. Misalnya, prioritas mitigasi dapat dijelaskan berdasarkan tingkat risiko wilayah, kepadatan penduduk, kerentanan sosial, dan proyeksi dampak. Akan tetapi, akuntabilitas berbasis AI hanya dapat tercapai apabila data, metode analisis, dan penggunaan rekomendasi dapat dijelaskan secara terbuka kepada publik. Zuiderwijk et al. (2021) menegaskan bahwa AI dalam sektor publik membawa manfaat sekaligus risiko, sehingga transparansi, akuntabilitas, keterampilan aparatur, dan penerimaan publik menjadi prasyarat penting.

Temuan ini menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar untuk menggeser manajemen risiko bencana pemerintah daerah dari pendekatan administratif yang reaktif menuju pendekatan prediktif dan adaptif. AI dapat membantu pemerintah daerah membaca risiko sebelum dampak membesar, menyusun prioritas intervensi, dan mempercepat pengambilan keputusan berbasis bukti. Akan tetapi, peluang tersebut tidak muncul secara otomatis. AI membutuhkan data yang berkualitas, kapasitas kelembagaan, interoperabilitas sistem, serta komitmen pemerintah daerah untuk menggunakan teknologi sebagai alat memperkuat tanggung jawab publik, bukan sekadar simbol modernisasi birokrasi.

## **2) Tantangan Tata Kelola AI: Data, Etika, Akuntabilitas, dan Kapasitas Kelembagaan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tantangan terbesar integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah bukan hanya terletak pada aspek teknis, tetapi pada tata kelola. AI membutuhkan data yang lengkap, akurat, mutakhir, terstruktur, dan dapat diakses secara aman. Pada banyak pemerintah daerah, data kebencanaan masih tersebar di berbagai perangkat daerah dan belum sepenuhnya terhubung dalam satu sistem yang interoperabel. BPBD memiliki data kejadian dan kapasitas penanggulangan bencana, Bappeda memiliki data perencanaan, dinas sosial memiliki data kelompok rentan, dinas pekerjaan umum memiliki data infrastruktur, dinas kesehatan memiliki data layanan,

sedangkan dinas komunikasi dan informatika mengelola infrastruktur digital. Fragmentasi data ini membuat AI sulit bekerja secara optimal karena kualitas keluaran algoritmik sangat bergantung pada kualitas data yang digunakan.

Tantangan data tidak hanya berkaitan dengan ketersediaan, tetapi juga validitas dan pembaruan. Data kependudukan, lokasi kelompok rentan, kondisi infrastruktur, peta ancaman, dan informasi lingkungan dapat berubah secara cepat. Apabila data yang digunakan tidak mutakhir, AI dapat menghasilkan rekomendasi yang tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Kesalahan data dapat berdampak serius dalam manajemen risiko bencana karena keputusan yang keliru dapat menyebabkan keterlambatan evakuasi, distribusi bantuan yang tidak tepat, atau prioritas mitigasi yang salah. Janssen et al. (2020) menegaskan bahwa tata kelola data menjadi prasyarat utama bagi penggunaan AI yang dapat dipercaya karena keputusan algoritmik sangat bergantung pada kualitas, keamanan, keterbukaan, dan interoperabilitas data.

Tantangan berikutnya adalah bias algoritmik. AI dapat memperkuat ketidakadilan apabila data yang digunakan tidak merepresentasikan seluruh kelompok masyarakat secara memadai. Kelompok rentan seperti masyarakat miskin, lansia, penyandang disabilitas, perempuan, anak-anak, masyarakat adat, dan warga di wilayah terpencil sering kali kurang terlihat dalam sistem data formal. Apabila kelompok tersebut tidak tercatat dengan baik, AI berisiko menghasilkan rekomendasi yang mengabaikan kebutuhan mereka. Dalam konteks manajemen risiko bencana, bias data dapat membuat kelompok paling rentan justru tidak menjadi prioritas perlindungan. Wirtz et al. (2020) menunjukkan bahwa penerapan AI dalam administrasi publik menghadapi tantangan etis, hukum, teknis, dan organisasi, termasuk risiko diskriminasi dan lemahnya akuntabilitas.

Tantangan lain adalah ketertutupan algoritma atau *black box problem*. Banyak sistem AI menghasilkan rekomendasi melalui proses komputasi yang sulit dipahami oleh pengambil keputusan maupun masyarakat. Dalam pemerintahan daerah, kondisi ini berisiko menimbulkan masalah akuntabilitas karena kebijakan publik harus dapat dijelaskan alasan, dasar, dan dampaknya. Jika pemerintah daerah menggunakan AI untuk menentukan prioritas evakuasi, distribusi bantuan, atau lokasi mitigasi, maka proses pengambilan keputusan harus dapat dipertanggungjawabkan. van Noordt dan Misuraca (2022) menekankan bahwa penggunaan AI dalam pemerintahan membutuhkan kapasitas kelembagaan dan kejelasan tujuan publik agar teknologi tidak menjadi instrumen yang tidak terkendali secara administratif.

Tantangan etika juga muncul dalam perlindungan data pribadi dan data sensitif. Integrasi AI dalam manajemen risiko bencana dapat melibatkan data lokasi, kondisi sosial-ekonomi, status kesehatan, kependudukan, dan informasi kelompok rentan. Data tersebut sangat penting untuk perlindungan masyarakat, tetapi juga berisiko disalahgunakan apabila tidak dikelola dengan standar keamanan yang ketat. Pemerintah daerah perlu memastikan bahwa penggunaan data dilakukan secara proporsional, sah, aman, dan sesuai dengan prinsip perlindungan hak warga. AI tidak boleh digunakan untuk memperluas

pengawasan yang berlebihan atau menimbulkan stigma terhadap wilayah dan kelompok tertentu. Oleh karena itu, perlindungan data harus menjadi bagian inti dari tata kelola AI dalam kebencanaan.

Tantangan kapasitas kelembagaan juga menjadi faktor penting. Tidak semua pemerintah daerah memiliki sumber daya manusia yang memahami AI, analitik data, keamanan informasi, dan manajemen risiko bencana secara terintegrasi. Keterbatasan kapasitas aparatur dapat membuat pemerintah daerah bergantung pada vendor teknologi tanpa kemampuan untuk mengevaluasi kualitas sistem, memahami batasan algoritma, atau memastikan kesesuaian sistem dengan kebutuhan publik. Novianto (2023) menekankan bahwa transformasi digital sektor publik membutuhkan perubahan organisasi, kapasitas sumber daya manusia, dan tata kelola, bukan sekadar adopsi perangkat teknologi. Dalam konteks AI, kapasitas aparatur menjadi semakin penting karena teknologi yang kompleks membutuhkan kemampuan mengelola, mengawasi, dan mengevaluasi.

Tantangan koordinasi lintas sektor juga perlu diperhatikan. AI hanya dapat bekerja secara efektif apabila ada kesediaan antarperangkat daerah untuk berbagi data dan menyepakati mekanisme penggunaan informasi. Dalam praktik pemerintahan daerah, ego sektoral, perbedaan format data, batas kewenangan, dan kekhawatiran terhadap keamanan informasi dapat menghambat integrasi data. Djalante et al. (2020) menunjukkan bahwa penanganan krisis di Indonesia memperlihatkan pentingnya penguatan silo kelembagaan dan penguatan koordinasi lintas sektor. Hal yang sama berlaku dalam integrasi AI untuk manajemen risiko bencana. Tanpa koordinasi lintas sektor, AI hanya akan menjadi aplikasi terpisah yang tidak mampu mengubah kualitas keputusan pemerintah daerah.

Berdasarkan temuan tersebut, integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah membutuhkan pendekatan yang hati-hati. AI dapat meningkatkan kecepatan dan presisi keputusan, tetapi juga dapat menimbulkan risiko baru apabila digunakan tanpa tata kelola. Tantangan data, bias, akuntabilitas, perlindungan privasi, kapasitas aparatur, dan koordinasi kelembagaan menunjukkan bahwa AI tidak boleh diperlakukan sebagai solusi teknis tunggal. AI harus dikelola sebagai bagian dari sistem pemerintahan yang tunduk pada prinsip akuntabilitas publik, keadilan, transparansi, dan kontrol manusia.

### **3) Model Tata Kelola AI Adaptif dalam Manajemen Risiko Bencana Pemerintah Daerah**

Berdasarkan hasil penelitian, model tata kelola AI adaptif dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah perlu dibangun melalui integrasi enam komponen utama, yaitu tata kelola data terpadu, sistem AI sebagai pendukung keputusan, akuntabilitas algoritmik, koordinasi lintas sektor, perlindungan etika dan data, serta evaluasi adaptif berkelanjutan. Keenam komponen tersebut membentuk kerangka tata kelola yang menempatkan AI sebagai instrumen untuk memperkuat kapasitas pemerintah daerah, bukan sebagai pengganti kewenangan manusia dalam pengambilan keputusan publik.

Komponen pertama adalah tata kelola data terpadu. Pemerintah daerah perlu membangun sistem data kebencanaan yang terintegrasi, mutakhir, aman, dan dapat digunakan lintas perangkat daerah. Data yang diperlukan mencakup data ancaman, kerentanan, kapasitas, kependudukan, kemiskinan, kesehatan, infrastruktur, lingkungan, tata ruang, dan kejadian bencana. Tata kelola data harus mencakup standar

kualitas data, pembaruan berkala, interoperabilitas, pembagian kewenangan, dan mekanisme akses yang aman. Tanpa tata kelola data yang kuat, AI tidak akan mampu menghasilkan rekomendasi yang valid dan dapat dipercaya. Oleh karena itu, data menjadi fondasi utama bagi seluruh model tata kelola AI dalam manajemen risiko bencana.

Komponen kedua adalah AI sebagai sistem pendukung keputusan. Model ini menempatkan AI bukan sebagai pengambil keputusan otomatis, melainkan sebagai alat bantu analisis bagi pemerintah daerah. AI dapat digunakan untuk memetakan risiko, memprediksi potensi bencana, menyusun skenario dampak, memprioritaskan wilayah intervensi, dan membantu distribusi sumber daya. Keputusan akhir tetap berada pada pejabat publik yang memiliki kewenangan dan tanggung jawab administratif. Prinsip ini penting untuk menjaga kontrol manusia, mencegah ketergantungan berlebihan pada algoritma, dan memastikan bahwa keputusan kebencanaan mempertimbangkan aspek sosial, politik, etika, serta konteks lokal yang tidak selalu dapat dibaca oleh sistem AI.

Komponen ketiga adalah akuntabilitas algoritmik. Setiap penggunaan AI dalam manajemen risiko bencana harus memiliki mekanisme pertanggungjawaban yang jelas. Pemerintah daerah perlu mengetahui data apa yang digunakan, bagaimana model bekerja, apa batasan sistem, siapa yang bertanggung jawab atas rekomendasi, serta bagaimana warga dapat mempertanyakan keputusan yang dipengaruhi oleh AI. Akuntabilitas algoritmik juga membutuhkan dokumentasi, audit, dan penjelasan yang dapat dipahami oleh pengambil keputusan maupun publik. Tzachor et al. (2020) menekankan bahwa penggunaan AI untuk mendukung pencapaian tujuan publik harus memperhatikan akuntabilitas, tata kelola, dan dampak sosial. Dalam manajemen bencana, prinsip ini menjadi penting karena keputusan berbasis AI dapat berdampak langsung pada keselamatan warga.

Komponen keempat adalah koordinasi lintas sektor. Tata kelola AI tidak dapat hanya dikelola oleh dinas komunikasi dan informatika atau BPBD. Integrasi AI dalam manajemen risiko bencana harus melibatkan Bappeda, dinas sosial, dinas kesehatan, dinas pekerjaan umum, dinas lingkungan hidup, dinas pertanian, dinas perumahan dan permukiman, pemerintah kecamatan, pemerintah desa, akademisi, masyarakat sipil, serta sektor swasta. Setiap aktor memiliki data, mandat, dan sumber daya yang berbeda. Model tata kelola adaptif membutuhkan forum koordinasi yang dapat menyatukan kebutuhan teknis, kebutuhan kebencanaan, dan kebutuhan pelayanan publik. Lassa et al. (2022) menunjukkan bahwa tata kelola kebencanaan di Indonesia membutuhkan ekosistem kelembagaan yang menghubungkan negara, masyarakat, dan aktor nonpemerintah. Dalam konteks AI, ekosistem tersebut perlu diperluas melalui integrasi data dan teknologi.

Komponen kelima adalah perlindungan etika dan data. Pemerintah daerah perlu menetapkan prinsip penggunaan AI yang melindungi hak warga, mencegah bias, menjaga privasi, dan memastikan keadilan dalam pengambilan keputusan. Data kelompok rentan harus digunakan untuk memperkuat perlindungan, bukan untuk memperluas stigma atau diskriminasi. Penggunaan AI juga harus memperhatikan batasan antara kepentingan mitigasi bencana dan potensi pelanggaran privasi. Prinsip etika perlu diterjemahkan ke dalam prosedur operasional, seperti anonimisasi data, pembatasan akses,

persetujuan penggunaan data apabila diperlukan, audit keamanan, serta mekanisme pengaduan publik. Dengan cara ini, AI dapat digunakan secara bertanggung jawab dalam sistem pemerintahan daerah.

Komponen keenam adalah evaluasi adaptif berkelanjutan. Sistem AI dalam manajemen risiko bencana perlu dievaluasi secara berkala karena risiko, data, dan kondisi sosial terus berubah. Evaluasi dilakukan untuk melihat apakah prediksi AI akurat, apakah rekomendasi sesuai dengan kebutuhan lapangan, apakah keputusan pemerintah menjadi lebih cepat, dan apakah kelompok rentan benar-benar terlindungi. Evaluasi juga perlu menilai apakah sistem AI menghasilkan bias, kesalahan prediksi, atau dampak yang tidak diinginkan. Hasil evaluasi digunakan untuk memperbaiki model, memperbarui data, meningkatkan kapasitas aparatur, dan menyesuaikan prosedur tata kelola. Pendekatan adaptif ini penting karena AI bukan sistem yang selesai sekali dibangun, melainkan sistem yang harus terus dipelajari dan dikendalikan.

Model yang dirumuskan dalam penelitian ini mengintegrasikan AI dengan prinsip manajemen pemerintahan. Prinsip tersebut mencakup akuntabilitas, transparansi, responsivitas, efektivitas, koordinasi, partisipasi, perlindungan data, dan pengawasan manusia. Melalui integrasi ini, AI tidak dipahami sebagai proyek teknologi, tetapi sebagai bagian dari reformasi tata kelola risiko bencana. Model ini juga menjawab celah penelitian sebelumnya yang cenderung memisahkan kajian teknis AI dalam bencana dari kajian tata kelola pemerintahan. Chun et al. (2025) dan Kolivand et al. (2025) telah menunjukkan potensi AI dalam pengurangan risiko dan tata kelola bencana, sementara Janssen et al. (2020), van Noordt dan Misuraca (2022), serta Zuiderwijk et al. (2021) menekankan pentingnya tata kelola AI dalam sektor publik. Penelitian ini menghubungkan dua arus kajian tersebut dalam konteks pemerintah daerah.

Berdasarkan keseluruhan temuan, model tata kelola AI adaptif dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah dapat dipahami dalam tiga lapisan. Lapisan pertama adalah lapisan data dan teknologi, yang mencakup integrasi data, kualitas data, interoperabilitas sistem, dan pengembangan model AI. Lapisan kedua adalah lapisan kelembagaan, yang mencakup koordinasi perangkat daerah, kapasitas aparatur, kewenangan pengambilan keputusan, dan akuntabilitas algoritmik. Lapisan ketiga adalah lapisan etika dan publik, yang mencakup perlindungan data, keadilan, partisipasi masyarakat, kontrol manusia, dan transparansi kebijakan. Ketiga lapisan tersebut harus bekerja secara terpadu agar AI dapat mendukung manajemen risiko bencana secara cepat, akuntabel, dan etis.

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa integrasi AI dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah bukan sekadar persoalan adopsi teknologi. AI hanya akan memberikan manfaat apabila pemerintah daerah memiliki tata kelola data yang kuat, kapasitas kelembagaan yang memadai, mekanisme akuntabilitas, serta orientasi etis dalam melindungi masyarakat. Model tata kelola adaptif yang dirumuskan dalam penelitian ini menawarkan kerangka bagi pemerintah daerah untuk menggunakan AI dalam pemetaan risiko, prediksi bencana, dan pengambilan keputusan berbasis bukti, tanpa mengabaikan prinsip manajemen pemerintahan. Dengan model tersebut, AI dapat menjadi instrumen

untuk memperkuat kesiapsiagaan, mempercepat respons, dan meningkatkan kualitas kebijakan pengurangan risiko bencana di tingkat lokal.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi *artificial intelligence* dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah memiliki potensi besar untuk memperkuat kualitas pengambilan keputusan publik. AI dapat mendukung pemetaan risiko, prediksi bencana, analisis kerentanan, sistem peringatan dini, prioritas intervensi, dan respons cepat berbasis data. Akan tetapi, manfaat tersebut tidak dapat diperoleh hanya melalui adopsi teknologi. Integrasi AI membutuhkan tata kelola yang mampu menghubungkan data, kelembagaan, etika, akuntabilitas, dan kapasitas aparatur dalam satu sistem pemerintahan yang adaptif.

Temuan penelitian memperlihatkan tiga hal utama. Pertama, AI membuka peluang bagi pemerintah daerah untuk mengelola risiko bencana secara lebih prediktif dan responsif melalui pengolahan data kebencanaan, data kependudukan, data sosial-ekonomi, data infrastruktur, data lingkungan, serta informasi cuaca dan iklim. Kedua, integrasi AI menghadapi tantangan tata kelola yang serius, terutama pada aspek fragmentasi data, kualitas data, bias algoritmik, ketertutupan model, perlindungan data pribadi, koordinasi lintas perangkat daerah, dan keterbatasan kapasitas sumber daya manusia. Ketiga, penggunaan AI dalam manajemen risiko bencana harus ditempatkan sebagai sistem pendukung keputusan, bukan sebagai pengganti kewenangan pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan publik.

Kontribusi utama penelitian ini adalah **perumusan model tata kelola AI adaptif dalam manajemen risiko bencana pemerintah daerah**. Model tersebut terdiri atas enam komponen utama, yaitu tata kelola data terpadu, AI sebagai sistem pendukung keputusan, akuntabilitas algoritmik, koordinasi lintas sektor, perlindungan etika dan data, serta evaluasi adaptif berkelanjutan. Keenam komponen tersebut bekerja dalam tiga lapisan, yaitu lapisan data dan teknologi, lapisan kelembagaan, serta lapisan etika dan publik. Melalui model ini, AI tidak diposisikan sebagai proyek teknologi semata, tetapi sebagai instrumen manajemen pemerintahan untuk memperkuat pengurangan risiko bencana secara cepat, akuntabel, dan etis.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara AI dan prinsip manajemen pemerintahan dalam konteks manajemen risiko bencana daerah. Penelitian terdahulu banyak membahas AI dari sisi teknis, seperti prediksi bencana, analisis citra satelit, pemantauan risiko, atau optimasi respons darurat. Kajian mengenai AI di sektor publik juga banyak menekankan etika, transparansi, dan akuntabilitas. Penelitian ini menghubungkan kedua arus kajian tersebut dengan merumuskan model tata kelola adaptif yang secara khusus diarahkan pada kebutuhan pemerintah daerah dalam pemetaan risiko, prediksi bencana, dan pengambilan keputusan berbasis bukti. Kebaruan ini penting karena pemerintah daerah merupakan aktor yang paling dekat dengan masyarakat dan memiliki kewenangan langsung dalam perencanaan pembangunan, penganggaran, tata ruang, pelayanan dasar, perlindungan sosial, serta koordinasi penanggulangan bencana.

Implikasi penelitian ini terhadap kajian manajemen kebencanaan adalah perlunya pergeseran cara pandang dari penggunaan teknologi sebagai alat bantu administratif menuju penggunaan AI sebagai bagian dari tata kelola risiko yang adaptif. AI dapat mempercepat analisis dan memperkuat prediksi, tetapi keputusan kebencanaan tetap harus mempertimbangkan konteks sosial, keadilan, perlindungan kelompok rentan, dan tanggung jawab publik. Oleh karena itu, pemerintah daerah perlu membangun tata kelola AI yang memastikan adanya kontrol manusia, audit algoritmik, transparansi proses, interoperabilitas data, dan perlindungan data pribadi. Tanpa prinsip tersebut, AI berisiko memperkuat bias, menghasilkan keputusan yang tidak akuntabel, atau memperlebar ketimpangan perlindungan bencana.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah untuk menyusun kebijakan integrasi AI dalam manajemen risiko bencana. Pemerintah daerah perlu memperkuat tata kelola data kebencanaan, meningkatkan kapasitas aparatur, membangun forum koordinasi lintas perangkat daerah, menyusun standar etika penggunaan AI, dan memastikan bahwa rekomendasi berbasis AI dapat dijelaskan serta dipertanggungjawabkan. BPBD, Bappeda, Dinas Komunikasi dan Informatika, Dinas Sosial, Dinas Kesehatan, Dinas Pekerjaan Umum, Dinas Lingkungan Hidup, pemerintah desa, akademisi, sektor swasta, dan organisasi masyarakat sipil perlu ditempatkan sebagai bagian dari ekosistem tata kelola AI. Dengan cara ini, integrasi AI tidak hanya mempercepat keputusan, tetapi juga memperkuat kepercayaan publik terhadap kebijakan pengurangan risiko bencana.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji model tata kelola AI adaptif ini pada pemerintah daerah tertentu yang memiliki tingkat risiko bencana tinggi. Penelitian berikutnya juga dapat menggunakan pendekatan *mixed methods* untuk mengukur efektivitas model melalui indikator kuantitatif, seperti kecepatan analisis risiko, akurasi prediksi, kualitas koordinasi lintas sektor, tingkat pemanfaatan data, dan dampak keputusan berbasis AI terhadap pengurangan risiko bencana. Selain itu, penelitian lanjutan perlu mengkaji secara lebih spesifik aspek etika AI, perlindungan data kelompok rentan, audit algoritmik, dan kesiapan regulasi pemerintah daerah agar integrasi AI dalam manajemen risiko bencana dapat berjalan secara aman, inklusif, dan berkelanjutan.

### Daftar Pustaka

- Bhardwaj, J., Kuleshov, Y., Aitkenhead, I., & Asghari, A. (2021). Building capacity for a user-centred integrated early warning system for drought in the Northern Murray-Darling Basin. *Natural Hazards*, 107, 97–122. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04575-2>
- Budimir, M., Šakić Trogrlić, R., Almeida, C., Arestegui, M., Vásquez, O. C., Cisneros, A., & others. (2025). Opportunities and challenges for people-centered multi-hazard early warning systems: Perspectives from the Global South. *iScience*. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2025.112353>
- Chun, K. P., Octavianti, T., Dogulu, N., Tyrallis, H., Papacharalampous, G., Rowberry, R., Fan, P., Everard, M., Francesch-Huidobro, M., Migliari, W., Hannah, D. M., Marshall, J. T., Tolosana Calasanz, R., Staddon, C., Ansharyani, I., Dieppois, B., Lewis, T. R., Ponce, J., Ibrea, S., Ferreira, T. M., Peliño-Golle, C., Mu, Y., Delgado, M., Silvestre Espinoza, E., Keulertz, M.,

- Gopinath, D., & Li, C. (2025). Transforming disaster risk reduction with AI and big data: Legal and interdisciplinary perspectives. *International Journal of Disaster Risk Reduction*.
- Djalante, R., Lassa, J., Setiamarga, D., Sudjatma, A., Indrawan, M., Haryanto, B., Mahfud, C., Sinapoy, M. S., Djalante, S., Rafliana, I., Gunawan, L. A., Surtiari, G. A. K., & Warsilah, H. (2020). Review and analysis of current responses to COVID-19 in Indonesia: Period of January to March 2020. *Progress in Disaster Science*, 6, 100091. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2020.100091>
- Haris, N., Furqan, A. C., Kahar, A., & Karim, F. (2023). Disaster risk index on disaster management budgeting: Indonesia's national data set. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, 15(1), Article a1365. <https://doi.org/10.4102/jamba.v15i1.1365>
- Janssen, M., Brous, P., Estevez, E., Barbosa, L. S., & Janowski, T. (2020). Data governance: Organizing data for trustworthy artificial intelligence. *Government Information Quarterly*, 37(3), 101493. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493>
- Kam, P. M., Ciccone, F., Kropf, C. M., Riedel, L., Fairless, C., & Bresch, D. N. (2024). Impact-based forecasting of tropical cyclone-related human displacement to support anticipatory action. *Nature Communications*, 15, Article 53200. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-53200-w>
- Kolivand, P., Azari, S., Bakhtiari, A., & others. (2025). AI applications in disaster governance with health approach: A scoping review. *Archives of Public Health*, 83, Article 218. <https://doi.org/10.1186/s13690-025-01712-2>
- Lassa, J. A., Nappoe, G. E., & Sulistyono, S. B. (2022). Creating an institutional ecosystem for cash transfer programmes in post-disaster settings: A case from Indonesia. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, 14(1), Article a1046. <https://doi.org/10.4102/jamba.v14i1.1046>
- Marchezini, V. (2020). "What is a sociologist doing here?" An unconventional people-centered approach to improve warning implementation in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11, 218–229. <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00262-1>
- Novianto, N. (2023). Models of digital transformation in the public sector. *Policy & Governance Review*, 7(2), 113–134. <https://doi.org/10.30589/pgr.v7i2.753>
- Sufri, S., Dwirahmadi, F., Phung, D., & Rutherford, S. (2020). A systematic review of community engagement in disaster early warning systems. *Progress in Disaster Science*, 5, 100058. <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100058>
- Tarchiani, V., Massazza, G., Rosso, M., Tiepolo, M., Pezzoli, A., Housseini Ibrahim, M., Katiellou, G. L., Tamagnone, P., De Filippis, T., Rocchi, L., Marchi, V., & Rapisardi, E. (2020). Community and impact based early warning system for flood risk preparedness: The experience of the Sirba River in Niger. *Sustainability*, 12(5), 1802. <https://doi.org/10.3390/su12051802>
- Triyanti, A., Surtiari, G. A. K., Lassa, J., Rafliana, I., Hanifa, N. R., Muhidin, M. I., & Djalante, R. (2023). Governing systemic and cascading disaster risk in Indonesia: Where do we stand and future outlook. *Disaster Prevention and Management*, 32(1), 27–48. <https://doi.org/10.1108/DPM-07-2022-0156>

- Tzachor, A., Whittlestone, J., Sundaram, L., & Ó hÉigeartaigh, S. (2020). Artificial intelligence in a crisis needs ethics with urgency. *Nature Machine Intelligence*, 2, 365–366. <https://doi.org/10.1038/s42256-020-0195-0>
- van Noordt, C., & Misuraca, G. (2022). Artificial intelligence for the public sector: Results of landscaping the use of AI in government across the European Union. *Government Information Quarterly*, 39(3), 101714. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2022.101714>
- Wirtz, B. W., Weyerer, J. C., & Sturm, B. J. (2020). The dark sides of artificial intelligence: An integrated AI governance framework for public administration. *International Journal of Public Administration*, 43(9), 818–829. <https://doi.org/10.1080/01900692.2020.1749851>
- Zuiderwijk, A., Chen, Y.-C., & Salem, F. (2021). Implications of the use of artificial intelligence in public governance: A systematic literature review and a research agenda. *Government Information Quarterly*, 38(3), 101577. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2021.101577>