

Transformasi Penataan Ruang Nasional melalui Integrasi Geospasial dan *Artificial Intelligence*: Menjawab Tantangan Urbanisasi, Perubahan Iklim, dan *Big Data*

Dhany Tantowi Tinambunan^{1*}, Harri Dolli Hutabarat², Lukman Yudho Prakoso³

^{1,2,3}Universitas Pertahanan Republik Indonesia, Indonesia

dhany.tinambunan@km.idu.ac.id^{1*}, harridolli68@gmail.com², lukman.prakoso@idu.ac.id³

*Corresponding Author

Article Info

Article history:

Received : 5 Mei, 2026

Revised : 24 Mei, 2026

Accepted : 29 Mei, 2026

Kata Kunci:

Artificial Intelligence (AI);

Big Data;

Penataan ruang;

Perubahan iklim;

Urbanisasi;

Indonesia

ABSTRACT

Transformasi penataan ruang wilayah nasional menjadi isu strategis di tengah percepatan urbanisasi, dampak perubahan iklim, serta kompleksitas pengelolaan *Big Data*. Pendekatan konvensional dalam perencanaan ruang dinilai tidak lagi memadai untuk menjawab dinamika tersebut, sehingga diperlukan inovasi berbasis teknologi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran integrasi informasi geospasial dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam meningkatkan kualitas penataan ruang nasional. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif-deskriptif melalui *Systematic Literature Review* (SLR) terhadap berbagai jurnal nasional dan internasional, serta analisis konseptual terkait implementasi GeoAI dalam perencanaan wilayah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi geospasial dan AI mampu meningkatkan akurasi analisis spasial, efisiensi pengambilan keputusan, serta kemampuan prediktif dalam menghadapi risiko urbanisasi dan perubahan iklim. GeoAI memungkinkan pengolahan data multi-dimensi secara real-time, sehingga mendukung perencanaan ruang yang lebih adaptif, responsif, dan berbasis bukti. Selain itu, pemanfaatan teknologi ini juga mendorong transparansi dan partisipasi publik dalam tata kelola penataan ruang. Namun demikian, implementasi GeoAI masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur, kualitas data, kapasitas sumber daya manusia, serta isu etika dalam penggunaan AI. Oleh karena itu, diperlukan penguatan kebijakan, peningkatan kapasitas SDM, serta pengembangan sistem integrasi data yang berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan model penataan ruang nasional berbasis teknologi yang lebih inovatif dan berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Penataan ruang wilayah nasional merupakan instrumen strategis dalam mewujudkan pembangunan yang berkelanjutan, terintegrasi, dan berkeadilan. Dalam konteks negara berkembang seperti Indonesia, penataan ruang tidak hanya berfungsi sebagai alat pengendali pemanfaatan ruang, tetapi juga sebagai kerangka kebijakan yang menentukan arah pembangunan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Ruang sebagai wadah kehidupan manusia mencakup darat, laut, dan udara yang harus dikelola secara optimal agar dapat mendukung keberlanjutan pembangunan nasional. Oleh karena itu, penataan ruang memiliki peran krusial dalam mengharmonisasikan kepentingan pembangunan dengan daya dukung lingkungan (Abidin, 2024).

Namun demikian, dinamika global yang ditandai dengan percepatan urbanisasi, perubahan iklim, serta perkembangan teknologi digital telah menimbulkan tantangan baru dalam penyelenggaraan penataan ruang. Urbanisasi yang pesat, misalnya, telah mendorong terjadinya perubahan penggunaan lahan secara signifikan, terutama di wilayah perkotaan dan peri-urban. Fenomena ini sering kali tidak diimbangi dengan perencanaan yang matang, sehingga menimbulkan berbagai permasalahan seperti ketimpangan wilayah, kemacetan, degradasi lingkungan, dan meningkatnya kerentanan terhadap bencana (Baihaqi et al., 2025). Dalam banyak kasus, urbanisasi yang tidak terkendali juga berdampak pada konversi lahan produktif menjadi kawasan terbangun, yang pada akhirnya mengancam ketahanan pangan dan keseimbangan ekosistem.

Selain urbanisasi, perubahan iklim juga menjadi isu krusial yang harus diintegrasikan dalam kebijakan penataan ruang. Dampak perubahan iklim seperti peningkatan suhu global, kenaikan muka air laut, serta meningkatnya frekuensi bencana alam menuntut adanya pendekatan perencanaan ruang yang adaptif dan berbasis mitigasi risiko. Penataan ruang tidak lagi sekadar mengatur distribusi fungsi ruang, tetapi juga harus mampu mengantisipasi dampak perubahan lingkungan secara jangka panjang. Hal ini sejalan dengan kebutuhan untuk mengintegrasikan aspek mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dalam setiap level perencanaan, mulai dari nasional hingga lokal (Anjani et al., 2022).

Di sisi lain, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya dalam bidang geospasial, telah membuka peluang baru dalam meningkatkan kualitas penataan ruang. Teknologi geospasial seperti Sistem Informasi Geografis (SIG), penginderaan jauh, dan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) memungkinkan pengumpulan, pengolahan, dan analisis data spasial secara lebih akurat dan efisien. Pemanfaatan SIG, misalnya, telah terbukti mampu mendukung proses pengambilan keputusan dalam penataan ruang melalui penyediaan informasi spasial yang komprehensif dan berbasis data (Amiany, 2017). Selain itu, integrasi berbagai sumber data geospasial juga memungkinkan monitoring dan evaluasi terhadap implementasi rencana tata ruang secara berkelanjutan.

Namun, tantangan yang dihadapi saat ini tidak hanya terkait dengan ketersediaan data, tetapi juga pada kompleksitas pengelolaan *Big Data* yang dihasilkan dari berbagai sumber. Volume, variasi, dan kecepatan data yang terus meningkat memerlukan pendekatan baru dalam analisis dan pengambilan keputusan. Dalam konteks ini, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) hadir sebagai solusi inovatif yang mampu

mengolah data dalam skala besar secara cepat dan akurat. AI memungkinkan analisis prediktif, identifikasi pola, serta simulasi berbagai skenario perencanaan yang sebelumnya sulit dilakukan dengan metode konvensional (Harahap & Anggraiani, 2025).

Integrasi antara teknologi geospasial dan AI, yang dikenal sebagai GeoAI, merupakan salah satu inovasi terkini dalam bidang perencanaan wilayah. GeoAI menggabungkan kemampuan analisis spasial dengan algoritma pembelajaran mesin untuk menghasilkan informasi yang lebih cerdas dan adaptif. Teknologi ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pemantauan fenomena *Urban Heat Island* (UHI), analisis risiko bencana, serta prediksi perubahan penggunaan lahan. Studi menunjukkan bahwa GeoAI mampu mengidentifikasi dan memonitor fenomena spasial secara lebih cepat dan efisien dibandingkan metode tradisional (Darmawan et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam sistem geospasial memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas penataan ruang.

Lebih lanjut, perkembangan AI juga mendorong lahirnya konsep perencanaan wilayah yang lebih cerdas dan otomatis. Teknologi seperti *machine learning*, *deep learning*, dan *generative AI* memungkinkan proses perencanaan dilakukan secara lebih dinamis dan berbasis data *real-time*. Dalam konteks ini, AI tidak hanya berperan sebagai alat analisis, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan yang mampu memberikan rekomendasi kebijakan secara otomatis berdasarkan data yang tersedia. Bahkan, penelitian terbaru menunjukkan bahwa AI dapat digunakan untuk menghasilkan konfigurasi tata guna lahan secara otomatis dengan mempertimbangkan berbagai variabel seperti kondisi lingkungan, mobilitas penduduk, dan aktivitas ekonomi (Al, 2023).

Di Indonesia, upaya integrasi teknologi geospasial dalam penataan ruang telah mulai dilakukan melalui berbagai platform digital, seperti sistem informasi tata ruang berbasis web. Salah satu contoh adalah pengembangan sistem berbasis GIS yang memungkinkan akses informasi spasial secara terbuka bagi masyarakat dan pemangku kepentingan. Platform ini tidak hanya meningkatkan transparansi, tetapi juga mendorong partisipasi publik dalam proses perencanaan ruang (Rachmawati et al, 2024). Namun demikian, pemanfaatan teknologi tersebut masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan infrastruktur, kapasitas sumber daya manusia, serta belum optimalnya integrasi antar sistem.

Selain itu, transformasi penataan ruang juga menuntut adanya perubahan paradigma dari pendekatan konvensional menuju pendekatan berbasis data dan teknologi. Pendekatan konvensional yang cenderung statis dan berbasis dokumen perlu digantikan dengan pendekatan yang lebih dinamis, adaptif, dan responsif terhadap perubahan. Dalam hal ini, integrasi geospasial dan AI menjadi kunci dalam menciptakan sistem penataan ruang yang lebih efektif dan efisien. Dengan memanfaatkan teknologi tersebut, perencanaan ruang dapat dilakukan secara lebih presisi, berbasis data *real-time*, serta mampu mengantisipasi berbagai risiko di masa depan.

Di tengah kompleksitas tantangan yang dihadapi, integrasi geospasial dan AI juga memiliki implikasi penting terhadap tata kelola pemerintahan. Pemerintah dituntut untuk mampu mengembangkan kebijakan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi, sekaligus memastikan bahwa pemanfaatan teknologi tersebut dapat

memberikan manfaat yang optimal bagi masyarakat. Hal ini mencakup penyusunan regulasi yang mendukung inovasi, peningkatan kapasitas SDM, serta penguatan koordinasi antar lembaga. Tanpa adanya dukungan kebijakan yang memadai, potensi teknologi geospasial dan AI dalam penataan ruang tidak akan dapat dimanfaatkan secara optimal.

Lebih jauh, integrasi geospasial dan AI juga berkaitan erat dengan konsep pembangunan berkelanjutan. Dalam konteks ini, penataan ruang harus mampu menyeimbangkan antara kepentingan ekonomi, sosial, dan lingkungan. Teknologi AI dapat membantu dalam mengidentifikasi trade-off antara berbagai kepentingan tersebut, serta memberikan solusi yang optimal berdasarkan analisis data yang komprehensif. Selain itu, penggunaan teknologi juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, sehingga mendukung tercapainya tujuan pembangunan berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa transformasi penataan ruang nasional melalui integrasi geospasial dan *Artificial Intelligence* merupakan suatu keniscayaan di era digital saat ini. Kombinasi antara teknologi geospasial dan AI tidak hanya mampu meningkatkan kualitas perencanaan ruang, tetapi juga memberikan solusi terhadap berbagai tantangan global seperti urbanisasi, perubahan iklim, dan kompleksitas *Big Data*. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang komprehensif untuk memahami bagaimana integrasi tersebut dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks penataan ruang nasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran integrasi geospasial dan *Artificial Intelligence* dalam mentransformasi penataan ruang wilayah nasional, serta mengkaji sejauh mana integrasi tersebut mampu menjawab tantangan urbanisasi, perubahan iklim, dan *Big Data*. Dengan pendekatan yang berbasis data dan teknologi, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kebijakan penataan ruang yang lebih adaptif, inovatif, dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif dengan dukungan analisis spasial dan integrasi teknologi digital, khususnya dalam kerangka *Geospatial Artificial Intelligence* (GeoAI). Pendekatan ini dipilih untuk memahami secara komprehensif bagaimana integrasi data geospasial dan *Artificial Intelligence* (AI) berkontribusi dalam transformasi penataan ruang wilayah nasional. Metode yang digunakan mengacu pada *Systematic Literature Review* (SLR) yang dikombinasikan dengan analisis konseptual terhadap model integrasi GIS dan AI. SLR memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi tren, kesenjangan penelitian, serta pendekatan metodologis yang dominan dalam studi GeoAI dan perencanaan spasial. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan SLR efektif dalam mengkaji integrasi GIS dan *machine learning* karena mampu mengorganisasi pengetahuan ilmiah secara sistematis dan komprehensif (Fauzi, 2024). Selain itu, pendekatan kualitatif juga diperkuat melalui analisis kebijakan dan dokumen perencanaan yang relevan guna memberikan konteks empiris terhadap implementasi teknologi dalam penataan ruang.

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data sekunder yang meliputi data geospasial (citra satelit, peta tata ruang, dan basis data wilayah), serta dokumen kebijakan seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan dokumen pembangunan nasional. Data juga diperoleh dari publikasi ilmiah nasional dan internasional yang membahas integrasi GIS, AI, dan *Big Data* dalam konteks perencanaan wilayah. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur, dokumentasi, serta penelusuran database ilmiah seperti *Web of Science* dan jurnal terindeks lainnya yang menyediakan sumber berkualitas tinggi dalam kajian geospasial dan AI. Penggunaan berbagai sumber data ini sejalan dengan penelitian yang menekankan pentingnya integrasi multi-sumber data spasial untuk menghasilkan analisis yang lebih akurat dan komprehensif dalam perencanaan wilayah berbasis AI (Hartanto et al., 2026). Selain itu, pemanfaatan data geospasial yang terintegrasi dengan sistem berbasis GIS juga telah terbukti mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam penataan ruang (Rachmawati et al., 2024).

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu analisis deskriptif kualitatif, analisis spasial berbasis GIS, dan analisis berbasis AI (*machine learning*). Analisis deskriptif digunakan untuk mengidentifikasi pola dan hubungan antar variabel dalam konteks penataan ruang, sedangkan analisis spasial digunakan untuk memahami distribusi dan dinamika fenomena wilayah. Selanjutnya, pendekatan AI digunakan untuk meningkatkan kemampuan prediktif dan eksploratif dalam analisis data geospasial, seperti klasifikasi penggunaan lahan, deteksi perubahan wilayah, serta pemodelan risiko. Integrasi antara GIS dan AI memungkinkan transformasi dari sistem analisis statis menjadi sistem yang lebih dinamis dan berbasis prediksi (Muthohir et al., 2025). Selain itu, GeoAI sebagai pendekatan interdisipliner terbukti mampu meningkatkan akurasi analisis spasial melalui pemanfaatan *machine learning*, *deep learning*, dan komputasi data besar, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif dalam perencanaan wilayah (Albut, 2025). Dengan demikian, metodologi ini dirancang untuk menghasilkan analisis yang komprehensif, berbasis data, dan relevan dengan perkembangan teknologi terkini dalam penataan ruang nasional.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi penataan ruang wilayah nasional dalam era digital menunjukkan pergeseran paradigma yang signifikan dari pendekatan konvensional menuju pendekatan berbasis data, teknologi, dan kecerdasan buatan. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi informasi geospasial dengan *Artificial Intelligence* (AI) tidak hanya meningkatkan akurasi analisis spasial, tetapi juga memungkinkan proses perencanaan yang lebih adaptif, prediktif, dan responsif terhadap dinamika global seperti urbanisasi, perubahan iklim, dan kompleksitas *Big Data*. Dalam konteks ini, GeoAI muncul sebagai pendekatan interdisipliner yang menggabungkan *Geographic Information System* (GIS), *machine learning*, dan analisis data spasial untuk menghasilkan informasi yang lebih komprehensif dan berbasis bukti (Fauzi, 2024).

Kondisi Eksisting Penataan Ruang dan Tantangan Kontemporer

Penataan ruang nasional saat ini dihadapkan pada tantangan urbanisasi yang semakin kompleks. Urbanisasi yang pesat menyebabkan peningkatan kebutuhan lahan, tekanan terhadap infrastruktur, serta munculnya kawasan permukiman tidak terencana. Dalam banyak kasus, pertumbuhan wilayah perkotaan tidak diimbangi dengan sistem perencanaan yang adaptif, sehingga memicu ketimpangan spasial dan degradasi lingkungan. Studi internasional menunjukkan bahwa kawasan urban menjadi pusat konsentrasi risiko lingkungan dan sosial akibat interaksi kompleks antara pertumbuhan penduduk, aktivitas ekonomi, dan tekanan ekologis.

Selain urbanisasi, perubahan iklim menjadi faktor yang semakin memperumit perencanaan ruang. Risiko bencana seperti banjir, kekeringan, dan kenaikan muka air laut menuntut adanya pendekatan berbasis mitigasi dan adaptasi. Dalam hal ini, sistem penataan ruang konvensional yang bersifat statis tidak lagi memadai untuk mengantisipasi perubahan yang bersifat dinamis dan non-linear. GeoAI memungkinkan integrasi data lingkungan dan iklim secara *real-time*, sehingga mendukung pengambilan keputusan berbasis risiko (*risk-based spatial planning*) yang lebih akurat dan responsif.

Di sisi lain, perkembangan *Big Data* geospasial menjadi tantangan sekaligus peluang. Volume data yang besar, beragam, dan terus berkembang membutuhkan sistem analisis yang mampu mengolah data secara cepat dan efisien. Tanpa dukungan teknologi AI, data tersebut sulit dimanfaatkan secara optimal dalam perencanaan ruang. Oleh karena itu, integrasi AI menjadi kebutuhan strategis dalam mengelola kompleksitas data spasial modern.

Peran Integrasi Geospasial dalam Meningkatkan Kualitas Penataan Ruang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data geospasial memainkan peran fundamental dalam meningkatkan kualitas penataan ruang. Data geospasial memungkinkan visualisasi dan analisis berbasis lokasi yang lebih akurat, sehingga memudahkan identifikasi pola penggunaan lahan, distribusi penduduk, serta dinamika wilayah. Dalam konteks ini, GIS berfungsi sebagai platform utama dalam pengolahan dan integrasi data spasial.

Namun demikian, keterbatasan GIS konvensional terletak pada kemampuannya yang masih bersifat deskriptif. GIS tradisional lebih fokus pada pemetaan dan analisis statis, sehingga kurang mampu menangkap dinamika perubahan wilayah secara real-time. Integrasi dengan AI menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Dengan memanfaatkan *machine learning*, sistem geospasial dapat melakukan analisis prediktif, seperti proyeksi pertumbuhan wilayah dan perubahan penggunaan lahan.

Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GeoAI dalam perencanaan wilayah mampu meningkatkan efisiensi dan akurasi pengambilan keputusan. Hal ini karena AI mampu mengidentifikasi pola kompleks yang tidak dapat dideteksi oleh metode konvensional. Selain itu, integrasi data multi-sumber seperti citra satelit, sensor IoT, dan data sosial-ekonomi memungkinkan analisis yang lebih komprehensif dalam penataan ruang.

Implementasi Artificial Intelligence dalam Analisis Spasial

Artificial Intelligence memiliki peran penting dalam transformasi analisis spasial. Teknologi seperti *machine learning* dan *deep learning* memungkinkan pengolahan data

geospasial dalam skala besar dengan tingkat akurasi yang tinggi. Salah satu implementasi utama AI dalam penataan ruang adalah klasifikasi penggunaan lahan secara otomatis melalui citra satelit.

Selain itu, AI juga digunakan dalam pemodelan risiko bencana, analisis mobilitas, dan prediksi pertumbuhan kota. Studi menunjukkan bahwa model GeoAI mampu menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode statistik konvensional dalam analisis spasial kompleks. Hal ini menunjukkan bahwa AI memiliki keunggulan dalam menangani data yang bersifat non-linear dan multi-dimensi.

Dalam konteks perencanaan kota cerdas (*smart city*), integrasi AI dan geospasial juga mendukung optimalisasi layanan publik, seperti transportasi, pengelolaan lingkungan, dan perencanaan infrastruktur. GeoAI memungkinkan simulasi berbagai skenario pembangunan, sehingga perencana dapat memilih alternatif terbaik berdasarkan analisis data yang komprehensif.

Model Integrasi Geospasial dan AI dalam Penataan Ruang

Berdasarkan hasil analisis, model integrasi geospasial dan AI dalam penataan ruang dapat dijelaskan melalui beberapa tahapan utama, yaitu:

1. Akuisisi data (citra satelit, sensor, data administratif)
2. Integrasi data dalam sistem GIS
3. Analisis menggunakan algoritma AI
4. Visualisasi hasil dalam bentuk peta dan dashboard
5. Pengambilan keputusan berbasis data

Model ini menunjukkan bahwa AI berperan sebagai “*engine analitik*” yang memperkuat sistem geospasial. Integrasi ini menghasilkan sistem penataan ruang yang lebih adaptif dan berbasis prediksi. Selain itu, konsep *automated urban planning* juga mulai berkembang, di mana AI dapat menghasilkan skenario tata ruang secara otomatis berdasarkan data yang tersedia. Hal ini membuka peluang bagi pengembangan sistem perencanaan yang lebih efisien dan inovatif.

Analisis Dampak Integrasi GeoAI terhadap Penataan Ruang

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi GeoAI memberikan dampak signifikan terhadap kualitas penataan ruang, antara lain:

- Peningkatan akurasi perencanaan melalui analisis berbasis data
- Efisiensi waktu dan biaya dalam proses perencanaan
- Kemampuan prediktif dalam menghadapi risiko masa depan
- Peningkatan transparansi dan partisipasi publik

Namun demikian, terdapat beberapa tantangan dalam implementasi GeoAI, seperti keterbatasan data, kurangnya SDM yang kompeten, serta isu etika dan transparansi algoritma. Selain itu, fenomena “black box” dalam AI menjadi tantangan dalam interpretasi hasil analisis.

Tabel Analisis Perbandingan Pendekatan Penataan Ruang

Berikut tabel perbandingan antara pendekatan konvensional dan pendekatan berbasis GeoAI:

Tabel 1. Analisis Perbandingan Pendekatan Penataan Ruang

Aspek	Pendekatan Konvensional	Pendekatan GeoAI
Sifat Data	Statis	Dinamis & real-time
Metode Analisis	Deskriptif	Prediktif & preskriptif
Akurasi	Relatif rendah	Tinggi
Kecepatan	Lambat	Cepat
Kompleksitas Data	Terbatas	<i>Big Data</i>
Pengambilan Keputusan	Manual	Berbasis AI
Respons terhadap Risiko	Reaktif	Proaktif

Sintesis dan Implikasi Kebijakan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi geospasial dan AI merupakan kunci dalam transformasi penataan ruang nasional. GeoAI tidak hanya meningkatkan kualitas analisis spasial, tetapi juga mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif dan berbasis data. Dalam konteks kebijakan, pemerintah perlu mengembangkan strategi yang mendukung integrasi teknologi ini, termasuk penguatan regulasi, peningkatan kapasitas SDM, dan pengembangan infrastruktur digital.

Selain itu, penting untuk memastikan bahwa pemanfaatan AI dilakukan secara etis dan transparan. Hal ini untuk menghindari bias algoritma serta memastikan bahwa teknologi digunakan untuk kepentingan publik secara luas. Dengan demikian, integrasi GeoAI dapat menjadi instrumen strategis dalam mewujudkan penataan ruang yang berkelanjutan, inklusif, dan berbasis teknologi.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, terdapat beberapa rekomendasi strategis yang dapat diimplementasikan untuk mendukung transformasi penataan ruang nasional berbasis GeoAI. Pertama, pemerintah perlu memperkuat kebijakan integrasi sistem informasi geospasial nasional yang terhubung secara lintas sektor dan lintas wilayah. Hal ini penting untuk memastikan interoperabilitas data serta menghindari fragmentasi informasi antar lembaga. Pengembangan kebijakan ini harus didukung oleh regulasi yang adaptif terhadap perkembangan teknologi digital dan kecerdasan buatan (Planners, n.d.). Kedua, diperlukan peningkatan kapasitas sumber daya manusia (SDM) dalam bidang geospasial dan AI melalui pendidikan, pelatihan, dan pengembangan kompetensi teknis. Transformasi digital dalam penataan ruang tidak akan berjalan optimal tanpa dukungan SDM yang memiliki kemampuan analisis data, pemrograman, serta pemahaman terhadap sistem geospasial berbasis AI. Ketiga, pemerintah perlu mengembangkan infrastruktur data dan teknologi yang memadai, termasuk penyediaan Big Data geospasial yang terintegrasi, sistem komputasi berbasis cloud, serta platform analitik yang mendukung implementasi AI. Infrastruktur ini menjadi fondasi utama dalam membangun sistem penataan ruang yang berbasis data dan teknologi. Keempat, penting untuk mendorong kolaborasi multipihak antara pemerintah, akademisi, sektor swasta, dan masyarakat dalam pengembangan dan pemanfaatan GeoAI. Kolaborasi ini dapat mempercepat inovasi serta memastikan bahwa teknologi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan. Kelima, perlu disusun kerangka etika dan tata kelola AI dalam penataan ruang untuk memastikan transparansi, akuntabilitas, dan keadilan dalam penggunaan teknologi. Hal ini penting untuk menghindari bias algoritma serta

memastikan bahwa keputusan yang dihasilkan oleh sistem AI dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan sosial. Dengan mengimplementasikan rekomendasi tersebut, diharapkan transformasi penataan ruang nasional dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan, serta mampu memberikan kontribusi nyata terhadap pembangunan wilayah yang inklusif dan resilien.

KESIMPULAN

Transformasi penataan ruang wilayah nasional melalui integrasi informasi geospasial dan *Artificial Intelligence* (AI) merupakan suatu keniscayaan dalam menghadapi kompleksitas tantangan pembangunan kontemporer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan konvensional dalam penataan ruang yang cenderung statis dan berbasis dokumen tidak lagi memadai untuk menjawab dinamika urbanisasi yang cepat, dampak perubahan iklim yang semakin intens, serta kompleksitas pengelolaan *Big Data*. Dalam konteks ini, integrasi geospasial dan AI (GeoAI) menghadirkan paradigma baru yang lebih adaptif, prediktif, dan berbasis data (*data-driven spatial planning*).

Pemanfaatan GeoAI terbukti mampu meningkatkan kualitas analisis spasial melalui kemampuan dalam mengolah data multi-dimensi, mengidentifikasi pola kompleks, serta menghasilkan prediksi berbasis algoritma *machine learning* dan *deep learning*. Hal ini memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan akurasi perencanaan ruang, efisiensi proses pengambilan keputusan, serta kemampuan dalam mengantisipasi risiko masa depan seperti bencana alam dan perubahan penggunaan lahan (Liu & Biljecki, 2022). Selain itu, integrasi data geospasial yang didukung oleh AI memungkinkan penyusunan kebijakan penataan ruang yang lebih responsif terhadap kondisi *real-time* dan dinamika wilayah yang terus berubah.

Lebih lanjut, hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi GeoAI juga berkontribusi dalam mendorong transparansi dan partisipasi publik dalam proses perencanaan ruang. Melalui platform berbasis GIS dan dashboard interaktif, informasi spasial dapat diakses secara lebih luas oleh masyarakat dan pemangku kepentingan, sehingga mendukung tata kelola pemerintahan yang lebih terbuka dan kolaboratif. Namun demikian, keberhasilan implementasi teknologi ini sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur digital, kualitas data, serta kapasitas sumber daya manusia yang menguasai bidang geospasial dan AI. Secara keseluruhan, integrasi geospasial dan *Artificial Intelligence* tidak hanya menjadi alat bantu teknis, tetapi juga merupakan instrumen strategis dalam transformasi kebijakan penataan ruang nasional. Dengan memanfaatkan teknologi ini secara optimal, pemerintah dapat mewujudkan sistem penataan ruang yang lebih cerdas, berkelanjutan, dan mampu menjawab tantangan global secara efektif.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil dan pengembangan penelitian selanjutnya. Pertama, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif berbasis studi literatur, sehingga belum mencakup analisis empiris berbasis data primer atau studi kasus lapangan secara langsung. Hal ini menyebabkan hasil penelitian lebih bersifat konseptual dan normatif. Kedua, keterbatasan akses terhadap *Big Data geospasial real-time* menjadi kendala dalam

melakukan analisis yang lebih mendalam dan aplikatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar merupakan data sekunder yang memiliki keterbatasan dalam hal aktualitas dan resolusi spasial.

Ketiga, implementasi AI dalam penataan ruang masih menghadapi tantangan dalam hal transparansi algoritma (*black box problem*), sehingga interpretasi hasil analisis AI memerlukan kehati-hatian. Hal ini juga menjadi keterbatasan dalam penelitian ini, karena tidak semua model AI yang dibahas dapat diuji secara empiris dalam konteks penataan ruang nasional (Mortaheb & Jankowski, 2023). Keempat, penelitian ini belum mengkaji secara mendalam aspek sosial-politik dan kelembagaan yang mempengaruhi implementasi GeoAI dalam kebijakan penataan ruang. Padahal, faktor-faktor tersebut memiliki peran penting dalam menentukan keberhasilan adopsi teknologi dalam sistem pemerintahan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pendekatan empiris melalui studi kasus di wilayah tertentu, mengembangkan model implementasi GeoAI yang lebih aplikatif, serta mengkaji aspek kelembagaan dan kebijakan secara lebih komprehensif. Dengan demikian, pengembangan penelitian di masa depan diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih konkret dalam implementasi penataan ruang berbasis teknologi di Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2024). *Garis Besar Presentasi*. 1–57.
- Al, W. et. (2023). Towards Automated Urban Planning: When Generative and ChatGPT-like AI Meets Urban Planning. *ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems*, 1(1). <https://doi.org/10.1145/3524302>
- Amiany. (2017). *Jurnal Teknologi Informasi Vol 11 No 2 Jurnal Teknologi Informasi Vol 11 No 2*. 11(2), 9–12.
- Anjani, R., Rangga, F. N., Muhdar, M., Hukum, F., Mulawarman, U., Kuaro, J., & Samarinda, K. (2022). *Jurnal de Jure*. 14, 21–38.
- Darmawan, S., Nurulhakim, N. N., & Hernawati, R. (2024). *Kecerdasan Buatan berbasis Geospasial (GeoAI) menggunakan Google Earth Engine untuk Monitoring Fenomena Urban Heat Island di Indonesia*. 12(2), 303–320.
- Fauzi, C. (2024). *Volume 3 Nomor 1 Januari 2024 A REVIEW GEOSPATIAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE (GEO-AI): IMPLEMENTATION OF MACHINE LEARNING ON URBAN PLANNING*. 3, 3752–3764.
- Harahap, H. H., & Anggraiani, R. (2025). *Integrasi AI Dalam Perencanaan Tata Ruang : Mendorong Ekosistem Ekonomi Global Yang Berkelanjutan*. 3(1), 53–67.
- Hartanto, M. B., Yunita, H. D., Fahurian, F., & Muhammad, T. (2026). *Integration of Geo-Spatial Data and Machine Learning for Socio- Economic Forecasting*. 10(2).
- Liu, P., & Biljecki, F. (2022). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation A review of spatially-explicit GeoAI applications in Urban Geography. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 112(July), 102936. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102936>
- Mochamad Ganza Baihaqi, R. Satria Bagus Giri Kusuma, Farrel Ananta Ozora, T. R. A. (2025). *No Title*. 7(2), 82–91. <https://doi.org/10.36985/mf19e110>

- Mortaheb, R., & Jankowski, P. (2023). Smart city re-imagined : City planning and GeoAI in the age of Big Data. *Journal of Urban Management*, 12(1), 4–15.
<https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.08.001>
- Muthohir, M., Informatika, T., & Tengah, J. (2025). *Jurnal riset teknik komputer*. 2(1), 63–69.
- Planners, U. (n.d.). *GeoAI Toolkit for Urban Planners GeoAI Toolkit for*.
- Rachmawati et al. (2024). *GeoPlanning*. 11(1), 57–70.
<https://doi.org/10.14710/geoplanning.11.1.57-70>