

Integrasi AI Dalam Perencanaan Tata Ruang: Mendorong Ekosistem Ekonomi Global Yang Berkelanjutan

Heeppy Haryadi Harahap^{1,*}, Riska Anggraiani¹

¹ Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Muhammadiyah Jambi, Jambi, Indonesia

Email: ¹heephyharyadiharahap@umjambi.ac.id, ²riskaanggraini@umjambi.ac.id

Email Penulis Korespondensi: heephyharyadiharahap@umjambi.ac.id

Abstrak-Perencanaan tata ruang merupakan elemen krusial dalam pembangunan wilayah yang berkelanjutan. Namun, proses perencanaan yang konvensional sering kali bergantung pada data statis, analisis manual, dan kurang responsif terhadap dinamika spasial yang cepat berubah. Kecerdasan buatan (AI) hadir sebagai solusi inovatif yang mampu mengintegrasikan big data, analisis spasial dinamis, serta simulasi berbasis algoritma untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang adaptif dan berbasis bukti. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis integrasi AI dalam proses perencanaan tata ruang serta mengevaluasi dampaknya terhadap penciptaan ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan. Metode yang digunakan adalah studi literatur sistematis dengan pendekatan kualitatif deskriptif dan kajian studi kasus kota-kota dunia seperti Singapura, Shenzhen, dan Amsterdam. Hasil kajian menunjukkan bahwa penggunaan AI mampu meningkatkan efisiensi tata guna lahan, mempercepat respon terhadap perubahan lingkungan, serta mendorong inovasi dalam perencanaan kota cerdas. Penelitian ini juga menyoroti tantangan dalam penerapan teknologi AI seperti hambatan regulasi, keterbatasan kapasitas SDM, dan persoalan etika penggunaan data. Temuan ini menunjukkan urgensi transformasi digital dalam kebijakan tata ruang untuk memastikan pertumbuhan ekonomi yang inklusif dan ramah lingkungan di masa depan.

Kata kunci: Kecerdasan Buatan; Tata Ruang; Smart City; Pembangunan Berkelanjutan; Ekosistem Ekonomi Global.

1. PENDAHULUAN

Urbanisasi global mengalami percepatan yang signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Menurut (United Nation, 2019), saat ini lebih dari 55% populasi dunia tinggal di kawasan perkotaan, dan angka ini diperkirakan akan meningkat hingga mencapai 68% pada tahun 2050. Pertumbuhan ini menimbulkan tekanan besar terhadap tata kelola ruang kota dan infrastruktur, termasuk kebutuhan akan perencanaan tata ruang yang mampu menjawab tantangan seperti keterbatasan lahan, degradasi lingkungan, dan ketimpangan sosial-ekonomi. Perencanaan tata ruang menjadi instrumen penting dalam mengatur penggunaan lahan secara optimal agar pertumbuhan kota berjalan secara terarah dan berkelanjutan (Betty, 2019).

Di sisi lain, tantangan perubahan iklim semakin nyata memengaruhi bagaimana kota dan wilayah harus dirancang. Fenomena seperti peningkatan suhu, kenaikan permukaan air laut, dan intensitas bencana alam menuntut perencanaan tata ruang yang adaptif dan responsif. Kota-kota harus mampu mengantisipasi risiko-risiko tersebut agar tidak menimbulkan kerusakan yang luas terhadap lingkungan dan kehidupan masyarakat (UN Habitat, 2022). Dalam konteks ini, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) menawarkan solusi revolusioner dengan kemampuannya mengelola data besar (*big data*) secara cepat dan presisi, membantu memprediksi dinamika spasial dan sosial, serta memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih akurat.

AI memiliki potensi untuk merevolusi cara perencanaan tata ruang dilakukan. Dengan algoritma *machine learning* dan *deep learning*, AI dapat mengolah data dari berbagai sumber seperti citra satelit, sensor IoT, dan data sosial ekonomi untuk memetakan perubahan penggunaan lahan, menganalisis pola mobilitas, serta memprediksi pertumbuhan wilayah secara dinamis (Luusua *et al.*, 2023). Misalnya, teknologi digital twin yang menggabungkan data real-time dan simulasi spasial memungkinkan perencana untuk melihat dampak kebijakan ruang sebelum diterapkan secara nyata. Kota-kota seperti Singapura dengan “*Virtual Singapore*” dan Amsterdam telah berhasil mengimplementasikan teknologi ini untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan ruang serta mengurangi dampak lingkungan ((Betty, 2019); (UN Habitat 2022.)).

Tradisional, proses perencanaan tata ruang sering kali bersifat manual dan menggunakan data statis yang kurang responsif terhadap perubahan cepat di lapangan. Hal ini membuat rencana sulit diadaptasi dengan kebutuhan nyata yang berkembang. Dengan AI, proses ini dapat diotomatisasi dan diperkaya dengan analisis berbasis data yang lebih komprehensif sehingga pengambilan keputusan menjadi lebih cepat, tepat, dan berbasis bukti (Moussaoui, 2024). Misalnya, AI dapat mengidentifikasi daerah rawan bencana, zona penggunaan lahan yang efisien, serta pola permukiman yang mendukung keberlanjutan ekonomi dan sosial.

Dari perspektif ekonomi, integrasi AI dalam perencanaan tata ruang mampu mendorong terbentuknya ekosistem ekonomi yang inklusif dan berkelanjutan. Pengaturan ruang yang efisien mendukung konektivitas antar wilayah, memudahkan akses ke pusat-pusat ekonomi, serta mendorong pengembangan kluster ekonomi hijau yang berbasis inovasi teknologi. Hal ini sejalan dengan agenda pembangunan berkelanjutan yang menekankan pentingnya kota dan komunitas yang inklusif, aman, tangguh, dan berkelanjutan (McKinsey Global Institute (2017); UN Habitat (2022)).

Namun demikian, implementasi AI dalam perencanaan tata ruang juga menghadapi sejumlah tantangan (Heriyansyah & Purwanto, 2024). Keterbatasan infrastruktur digital di beberapa wilayah, kurangnya kompetensi SDM dalam teknologi AI, serta isu privasi dan etika terkait pengelolaan data menjadi hambatan utama (Pemanfaatan AI untuk Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, 2024). Oleh karena itu, pengembangan regulasi yang tepat dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia menjadi hal yang tak terelakkan agar AI dapat dimanfaatkan secara optimal dan bertanggung jawab.

Dengan latar belakang tersebut, makalah ini bertujuan mengkaji bagaimana AI dapat diintegrasikan dalam perencanaan tata ruang untuk mendukung pembangunan ekonomi global yang berkelanjutan. Kajian ini akan mengeksplorasi konsep, aplikasi, serta tantangan dan solusi strategis dalam penerapan AI di bidang tata ruang, dengan harapan memberikan kontribusi pemikiran bagi pengambil kebijakan, akademisi, dan praktisi di bidang perencanaan wilayah dan kota.

Penelitian terkait penggunaan AI dalam perencanaan tata ruang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti yang dilakukan oleh (Xue & Pang, 2022) yang mengemukakan aspek etika dan tata kelola dalam penerapan AI untuk perencanaan spasial. Sehingga dibutuhkan kerangka regulasi agar AI tidak menciptakan ketimpangan tata ruang. Adapun kesenjangan dari penelitian yang dilakukan oleh (Xue & Pang, 2022) Tidak menyentuh aspek teknis penerapan AI secara konkrit maupun manfaatnya bagi ekosistem ekonomi. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Sahin et al., 2024) yang fokus terhadap penggunaan model *machine learning* dan sistem informasi geografis (GIS) untuk mensimulasikan pertumbuhan kota. Dari penelitian tersebut menemukan bahwasanya AI mampu memprediksi arah pertumbuhan kota hingga 90% akurasi.

Namun pada penelitian yang dilakukan oleh (Sahin et al., 2024) terdapat kesenjangan yaitu terbatas pada simulasi teknis; tidak menjelaskan integrasi hasil simulasi ke dalam sistem perencanaan nasional atau regional. Penelitian selanjutnya terkait AI dalam perencanaan tata ruang dilakukan oleh (Yigitcanlar et al., 2020) yang memfokuskan terkait pada analisis kontribusi AI terhadap pengelolaan kota pintar, khususnya dalam pengambilan keputusan dan pengelolaan infrastruktur. Penelitian ini dilakukan Australia dengan temuannya AI membantu integrasi data lintas sektor (transportasi, energi, lingkungan) dan menciptakan pendekatan kota berbasis data.

Namun kesenjangan penelitian yang dilakukan oleh (Yigitcanlar et al., 2020) yaitu Penelitian tidak secara eksplisit membahas peran AI dalam perencanaan tata ruang jangka panjang, terutama dalam konteks ekonomi global. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Shafique et al., 2022) dengan mereview penelitian lainnya terkait penggunaan AI deep learning untuk mendeteksi perubahan lahan. Dari penelitian tersebut menilai bahwa penerapan *deep learning* untuk mendeteksi perubahan penggunaan lahan melalui data satelit yang menyimpulkan AI sangat akurat dalam mengidentifikasi dinamika spasial, bermanfaat untuk perencanaan penggunaan lahan. Namun kesenjangan dari penelitian yang dilakukan oleh (Shafique et al., 2022) tidak membahas bagaimana temuan ini diintegrasikan ke dalam perencanaan tata ruang strategis atau pengambilan kebijakan hanya fokus pada aspek teknis deteksi.

Penelitian lainnya terkait penggunaan AI dalam perencanaan tata ruang dilakukan oleh (Mu, 2024) yang melakukan mengeksplorasi penggunaan AI dalam manajemen kota pintar, seperti pengaturan lalu lintas, zonasi adaptif, dan analisis spasial dalam skala perkotaan. Temuan penelitian ini menyimpulkan bahwa AI dapat mengoptimalkan efisiensi dan mempercepat respons sistem kota terhadap perubahan spasial secara real-time. Tetapi kesenjangan penelitian ini adalah penelitian ini terlalu fokus pada aplikasi teknis dalam kota pintar dan belum menelaah dampak integrasi AI terhadap kebijakan ruang makro atau ekosistem ekonomi global.

Meskipun banyak studi menunjukkan potensi AI dalam mendukung tata ruang dan pengelolaan kota, sebagian besar masih terfokus pada aspek teknis, seperti deteksi lahan dan simulasi, kurang mengintegrasikan AI dalam sistem pengambilan keputusan perencanaan makro, baik di tingkat regional maupun global dan belum mengaitkan secara eksplisit peran AI dalam menciptakan ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan.

Penelitian ini menghadirkan perspektif baru dengan menggabungkan pendekatan sistematis (SLR) dan analisis studi kasus global untuk mengeksplorasi bagaimana AI tidak hanya menjadi alat teknis, tetapi juga katalis perubahan struktural dalam tata ruang menuju ekosistem ekonomi global yang lebih berkelanjutan. Penelitian ini melampaui studi terdahulu dengan mengedepankan pendekatan transdisipliner dan rekomendasi kebijakan berbasis praktik terbaik internasional. Penelitian ini dilakukan untuk mengisi celah tersebut dengan menawarkan kerangka konseptual dan strategis untuk mengintegrasikan AI ke dalam perencanaan tata ruang jangka panjang yang responsif, adaptif, dan pro keberlanjutan global. Melalui penelitian ini juga diharapkan menghasilkan sumbang pemikiran terhadap berupa pemahaman akademis mengenai integrasi AI dalam tata ruang dan dampaknya pada pembangunan berkelanjutan, menjadi referensi bagi pembuat kebijakan dan praktisi tata ruang dalam merancang strategi adopsi teknologi AI dan mendukung upaya pembangunan ekonomi global yang berkelanjutan melalui inovasi teknologi khususnya teknologi AI.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

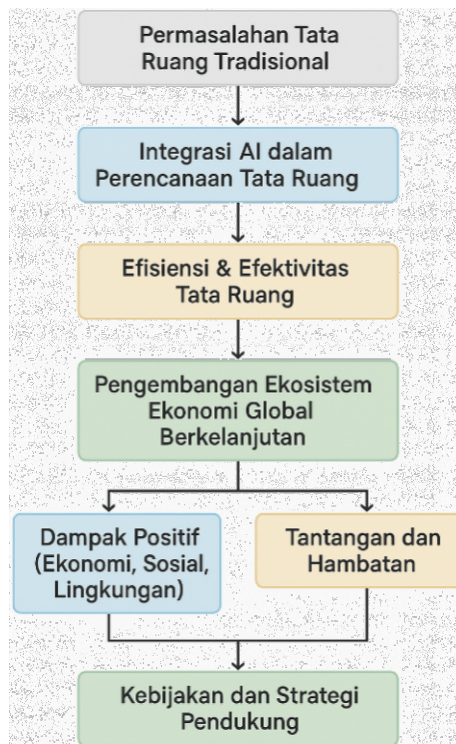
Lokasi penelitian ini akan dilaksanakan dengan melihat pemanfaatan AI pada beberapa kota di dunia yang memanfaatkan AI dalam proses perencanaan yaitu Singapura, Belanda, Cina dan Amerika. Sedang studi literatur yang diambil pada periode tahun 2021-2025 yang terkait dengan pemanfaatan AI dalam proses perencanaan tata ruang serta terkait dengan perekonomian global yang berkelanjutan.

2.2 Kerangka Dasar Penelitian

Pada penelitian ini kita akan melakukan review literatur secara sistematis serta tinjauan studi kasus terhadap penerapan AI dalam perencanaan tata ruang yang berimplikasi terhadap mendorong ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan. Tata ruang tradisional menghadapi tantangan dalam mengelola data yang kompleks dan dinamis serta kebutuhan untuk pengambilan keputusan cepat dan tepat. Di sisi lain, pertumbuhan ekonomi global membutuhkan tata

ruang yang adaptif dan berkelanjutan untuk mendukung inovasi dan inklusivitas. Integrasi AI dalam perencanaan tata ruang dapat meningkatkan kapasitas analisis data, pemodelan prediktif, dan optimasi sumber daya sehingga tata ruang menjadi lebih efektif dan efisien.

AI juga mendukung smart city yang mendorong inovasi ekonomi dan kesejahteraan sosial. Penggunaan AI dalam tata ruang akan mendorong pengembangan ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan melalui efisiensi penggunaan lahan dan sumber daya, pengurangan dampak lingkungan, peningkatan produktivitas dan inovasi ekonomi dan penguatan kolaborasi antar wilayah dan sektor. Tantangan yang dihadapi meliputi keterbatasan data, privasi, kesiapan regulasi, dan kapasitas sumber daya manusia dalam mengoperasikan teknologi AI. Diperlukan kebijakan dan regulasi yang adaptif, kolaborasi lintas sektor, dan investasi pada kapasitas sumber daya manusia agar integrasi AI dalam tata ruang dapat terlaksana secara optimal dan berkelanjutan. Pada gambar di bawah ini menunjukkan kerangka pemikiran dalam penelitian ini.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua pendekatan utama: *Systematic Literature Review* (SLR) dan Studi Kasus. Adapun tahapan penelitian secara umum adalah sebagai berikut:

- Perumusan masalah dan tujuan penelitian.
- Penyusunan kerangka pemikiran dan desain metodologis.
- Pengumpulan data literatur dan data lapangan (studi kasus).
- Analisis data secara kualitatif dan tematik.
- Penarikan kesimpulan dan rekomendasi kebijakan.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui dua metode utama:

- Systematic Literature Review* (SLR)
Literatur ilmiah dikumpulkan menggunakan aplikasi Harzing's Publish or Perish dengan kata kunci: *'AI in urban planning'*, *'smart city and sustainability'*, dan *'AI for global economy'*. Pemilihan dilakukan dengan mempertimbangkan kriteria inklusi (2021–2025), peer-reviewed) dan eksklusi (opini non-ilmiah).
- Studi Kasus
Studi kasus dilakukan pada tiga kota yang telah menerapkan AI dalam tata ruang: Singapura, Belanda dan Cina. Data diperoleh dari dokumen kebijakan, laporan pembangunan kota, dan publikasi ilmiah.

2.5 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis tematik yang dikembangkan (Braun & Clarke, 2006). Thematic analysis merupakan salah satu cara untuk menganalisa data dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola atau untuk menemukan tema melalui data yang telah dikumpulkan oleh peneliti (Braun & Clarke, 2006). Cara ini merupakan metode yang sangat

efektif apabila sebuah penelitian bermaksud untuk mengupas secara rinci data-data kualitatif yang mereka miliki guna menemukan keterkaitan pola-pola dalam sebuah fenomena dan menjelaskan sejauhmana sebuah fenomena terjadi melalui kacamata peneliti (Fereday & Muir-Cochrane, 2006). Bahkan Holoway & Todres (2003) mengatakan bahwa thematic analysis ini merupakan dasar atau pondasi untuk kepentingan menganalisa dalam penelitian kualitatif. Proses analisis dilakukan melalui enam langkah:

a. Familiarisasi data

Peneliti membaca dan memahami seluruh data (wawancara, dokumen, artikel, kebijakan) terkait AI, tata ruang, dan ekonomi global berkelanjutan. Dalam tahap ini dilakukan pencatatan awal terhadap pola-pola dan ide yang muncul, misalnya:

- 1 Peran AI dalam pengambilan keputusan tata ruang
- 2 Kelebihan AI dalam efisiensi data spasial
- 3 Tantangan dalam penerapan AI (data, etika, regulasi)

b. Kode awal

Peneliti mengidentifikasi bagian-bagian penting dari data dan mengelompokkannya menjadi kode-kode awal. Contoh kode:

- 1 “AI meningkatkan efisiensi prediksi penggunaan lahan”
- 2 “AI mendukung perencanaan kota berbasis kebutuhan nyata”
- 3 “Kurangnya kesiapan regulasi terhadap teknologi AI”
- 4 “Kesulitan integrasi AI pada level daerah/kota”

c. Pencarian tema

Kode-kode awal kemudian dikelompokkan menjadi tema-tema potensial. Berikut hasil klasterisasi awal:

Tabel 1. Klasterisasi Awal

Kode	Tema
Efisiensi analisis spasial dengan AI	Peran AI dalam optimalisasi tata ruang
AI untuk smart city dan manajemen transportasi	AI sebagai katalis kota cerdas
Tantangan privasi data dan etika penggunaan AI	Hambatan implementasi AI
AI mempercepat proses perizinan dan zonasi	Efisiensi proses tata ruang
Pengaruh AI pada konektivitas ekonomi wilayah	Dampak AI pada ekosistem ekonomi

d. Penelaahan tema

Setelah diklasifikasikan, tema ditinjau kembali untuk memastikan konsistensi internal dan keterkaitan antar tema. Penyesuaian dilakukan agar tidak terjadi redundansi atau overlapping. Akhirnya diperoleh **5 tema utama**:

1. AI sebagai Penguat Efisiensi Tata Ruang
2. Peran AI dalam Transformasi Perencanaan Kota
3. AI dan Penguatan Ekosistem Ekonomi Global
4. Tantangan dan Risiko Implementasi AI dalam Tata Ruang
5. Kebutuhan Kebijakan Adaptif dan Kolaboratif

e. Pendefinisian dan penamaan tema

Masing-masing tema diberikan nama yang merepresentasikan esensinya secara singkat namun tajam. Deskripsi setiap tema:

1. Tema 1: AI sebagai Penguat Efisiensi Tata Ruang

AI memungkinkan optimalisasi proses perencanaan melalui analisis data spasial secara cepat, simulasi skenario tata guna lahan, serta deteksi pola kebutuhan infrastruktur.

“Dengan AI, kita bisa melihat pola permukiman dan lalu lintas dalam hitungan menit, bukan minggu.” (Sumber: Toharudin, (2024))

2. Tema 2: Peran AI dalam Transformasi Perencanaan Kota

Integrasi AI mendorong lahirnya smart city yang adaptif, dengan sistem zonasi dan perizinan otomatis, serta tata ruang berbasis prediksi.

“AI memungkinkan perencanaan kota real-time berdasarkan data mobilitas dan cuaca.” (Sumber: Betty, (2019))

3. Tema 3: AI dan Penguatan Ekosistem Ekonomi Global

Tata ruang berbasis AI meningkatkan efisiensi logistik, konektivitas ekonomi antarwilayah, serta mendukung investasi dan perdagangan lintas batas.

“Data spasial AI membantu perusahaan menentukan lokasi strategis investasi.” (Vemuri, (2014))

4. Tema 4: Tantangan dan Risiko Implementasi AI dalam Tata Ruang

Beberapa tantangan yang muncul termasuk kualitas data, keterbatasan infrastruktur digital di daerah, serta potensi pelanggaran privasi.

“Masalahnya, data spasial Indonesia tidak selalu akurat dan up-to-date.” (Santosa & Prihandono, 2025)

5. Tema 5: Kebutuhan Kebijakan Adaptif dan Kolaboratif

Diperlukan kerangka regulasi yang jelas, kolaborasi lintas sektor, dan investasi dalam kapasitas sumber daya manusia untuk mendukung adopsi AI.

“Kebijakan kita harus berubah seiring dengan teknologi.” (Kabuam & Nathan, 2024a)

f. Penyusunan laporan

Dari tema-tema tersebut, laporan akan disusun dalam bentuk narasi hasil penelitian yang sistematis, lengkap dengan kutipan langsung, interpretasi peneliti, serta hubungannya dengan kerangka teori dan tujuan penelitian.

Analisis dilakukan terhadap temuan literatur dan data studi kasus untuk mengidentifikasi pola-pola strategis integrasi AI dalam perencanaan spasial dan dampaknya terhadap keberlanjutan ekonomi global. Temuan disintesis untuk mengembangkan model integratif yang relevan dengan konteks kebijakan tata ruang masa depan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil temuan penelitian berdasarkan analisis tematik yang dilakukan terhadap data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan. Pendekatan analisis tematik (Braun & Clarke, 2006) digunakan untuk mengekstraksi pola-pola penting dari data. Proses analisis dilakukan melalui enam tahap, yaitu: (1) familiarisasi dengan data, (2) pengkodean awal, (3) pencarian tema, (4) peninjauan tema, (5) penamaan tema, dan (6) penyusunan laporan. Hasil akhir dari proses ini menghasilkan lima tema utama yang mencerminkan pemahaman mendalam terhadap fenomena integrasi AI dalam perencanaan tata ruang guna mendorong ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan.

3.1 Tahap I Familiarisasi dengan Data

Tahap familiarisasi dengan data merupakan langkah pertama dalam proses analisis tematik menurut (Braun & Clarke, 2006), di mana peneliti secara aktif membaca dan meninjau seluruh data untuk memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap isi dan konteksnya. Dalam penelitian ini, data yang digunakan mencakup artikel jurnal ilmiah, laporan kebijakan pemerintah, publikasi organisasi internasional, dan dokumen resmi kota-kota studi kasus (Barcelona, Hangzhou, Jakarta, Singapura, dan Amsterdam).

a. Jenis dan Sumber Data

Data yang dianalisis berasal dari dua jenis utama:

1. Data sekunder dari studi literatur sistematis (*Systematic Literature Review* - SLR): Artikel-artikel yang dipublikasikan antara tahun 2021 hingga 2025 yang membahas implementasi AI dalam tata ruang, *smart city*, digital twin, dan perencanaan berkelanjutan.
2. Data studi kasus kota internasional: Laporan kebijakan dan praktik nyata dari kota-kota yang telah menerapkan AI untuk mendukung tata ruang berkelanjutan. Literatur tersebut mencakup:
 - a) (*UN Habitat 2022*) yang menekankan pentingnya *people-centered smart cities*.
 - b) (Arjona et al., 2021) yang menguraikan peran digital twin dan AI dalam perencanaan kota berbasis data.
 - c) Amnuaylojaroen (2025) AI secara signifikan meningkatkan pemodelan iklim, meningkatkan akurasi prediksi dan efisiensi komputasi untuk perencanaan kota yang berkelanjutan dan Integrasi AI ke dalam pemodelan iklim menawarkan solusi yang dapat diskalakan untuk ketahanan dan keberlanjutan perkotaan.
 - d) Anwar & Sakti, (2024) yang menunjukkan bahwa alat GIS yang ditingkatkan AI meningkatkan ketepatan prakiraan pembangunan perkotaan dan penilaian keberlanjutan serta Integrasi AI dengan ilmu lingkungan meningkatkan efisiensi perencanaan kota dan berkontribusi pada ketahanan dan keberlanjutan perkotaan.
 - e) Cugurullo et al., (2024) yang membahas munculnya urbanisme AI, yang dapat mengarah ke kota-kota otonom di mana AI melakukan peran manusia tradisional dan menekankan tantangan yang ditimbulkan oleh urbanisme yang digerakkan oleh AI, termasuk keberlanjutan dan otonomi pemangku kepentingan manusia.
 - f) Dai et al., (2024) mengembangkan kerangka teoritis yang menguraikan lima tahap transformasi kota pintar: definisi tujuan, inovasi teknologi, pengembangan strategi, implementasi rencana, dan evaluasi dan memanfaatkan temuan untuk menginformasikan kegiatan manajemen dan tata kelola mereka dalam proses kota pintar
 - g) Ding et al., (2025) yang menyoroti potensi AI dalam mengatasi tantangan dalam penelitian jaringan yang kompleks
 - h) Ferdiansyah & Nurraihan, (2023) menyoroti pentingnya perangkat IoT dalam menciptakan solusi keamanan rumah yang komprehensif dan membahas kebutuhan mendesak untuk meningkatkan keamanan perumahan karena meningkatnya tingkat kejahatan.
 - i) Field (2025) mengulas evolusi dan tantangan kota pintar, menekankan pengembangan tambahan mereka dan peluang untuk perbaikan perkotaan dan menyoroti potensi kota pintar untuk meningkatkan efisiensi sumber daya perkotaan dan layanan warga melalui data dan teknologi.
 - j) Geertman & Stillwell (2009) menyoroti tren lebih banyak kegagalan daripada keberhasilan dalam implementasi Sistem Dukungan Perencanaan (PSS) dan menekankan kemajuan teknologi yang cepat dan implikasinya terhadap praktik perencanaan.
 - k) He & Chen (2024) mengidentifikasi teknologi AI sebagai transformatif untuk geo-desain dan perencanaan kota, meningkatkan kehidupan perkotaan dan keberlanjutan.
 - l) Kabuam & Nathan (2024) mengungkapkan tantangan dalam menerapkan kepemimpinan cerdas karena infrastruktur digital yang terbatas dan literasi digital yang rendah dan menekankan perlunya budaya organisasi yang inovatif dan memperkuat infrastruktur digital.

- m) Labajo & Nagel, (2025) memberikan rekomendasi praktis bagi para pemangku kepentingan dalam pengembangan Mobilitas sebagai Layanan (MaaS) dan menyoroti keberlanjutan, skalabilitas, dan kelangsungan hidup sebagai dimensi penting untuk keberhasilan MaaS.
 - n) Lartey & Law (2025) menyajikan analisis mendalam tentang distribusi geografis, jaringan kata kunci, dan tren publikasi dalam penelitian AI terkait dengan perencanaan kota.
 - o) Peng et al., (2024) menekankan potensi AI untuk meningkatkan analisis data, simulasi skenario, dan visualisasi dalam perencanaan kota.
 - p) Rane et al., (2024) menyoroti potensi transformatif AI dalam meningkatkan ketahanan di berbagai sektor, termasuk infrastruktur dan tanggap bencana serta AI berkontribusi pada ketahanan perkotaan dengan mengembangkan kota pintar yang mampu menahan guncangan.
 - q) Sanchez et al., (2025) mengidentifikasi tantangan etika dalam integrasi AI ke dalam perencanaan kota, termasuk bias, transparansi, akuntabilitas, privasi, dan informasi yang salah.
 - r) Santosa & Prihandono (2025) yang mengungkapkan temuan utama tentang tantangan, peluang, adaptasi, dan implikasi AI dalam masyarakat dan membahas kelebihan dan kekurangan AI dalam hal kreativitas dan peran desainer.
 - s) Shi *et al.*, (2022) memberikan kerangka kerja praktis untuk pemodelan ketidakpastian lintasan, menguntungkan aplikasi kota pintar.
 - t) Son *et al.*, (2023) meninjau aplikasi AI dalam perencanaan kota, menyoroti potensi mereka untuk pembangunan yang cerdas dan berkelanjutan dan mengemukakan kolaborasi di antara para pemangku kepentingan sangat penting untuk mencapai adopsi AI yang lebih luas dalam perencanaan kota.
 - u) Tomor et al., (2021) mengungkapkan bahwa konteks kelembagaan secara signifikan mempengaruhi konfigurasi tata kelola cerdas di berbagai kota dan menekankan pentingnya keterlibatan warga dalam praktik tata kelola cerdas.
 - v) Wang & Yorke-Smith, (2025) menyoroti potensi AI dalam perencanaan kota, meningkatkan manajemen kerumunan dan pembuatan kebijakan melalui simulasi dan arsitektur agen kognitif dan menekankan pentingnya inklusivitas dalam desain AI untuk mencegah bias dan memastikan perlakuan yang adil di seluruh kelompok demografis.
 - w) Xu et al., (2024) mengidentifikasi kurangnya penelitian kontemporer tentang mengintegrasikan model GenAI ke dalam kembar digital perkotaan untuk manajemen kota pintar dan membahas peluang untuk pengembangan kota pintar yang cerdas, terukur, dan otomatis menggunakan model GenAI.
 - x) Zou, (2025) menunjukkan efektivitas model AI-UPM dalam perencanaan kota dibandingkan dengan metode tradisional dan mengevaluasi skema perencanaan berdasarkan efisiensi penggunaan lahan, kemacetan lalu lintas, kualitas lingkungan, dan kepuasan penduduk.
- b. Konteks Data
- Data menunjukkan adanya konsensus bahwa integrasi AI dalam tata ruang bukan sekadar meningkatkan efisiensi administratif, namun juga berkontribusi pada:
1. Optimisasi sumber daya ruang dan energi (Barcelona, Hangzhou)
 2. Perencanaan tanggap bencana dan iklim (Jakarta, Amsterdam)
 3. Inklusivitas dan keterlibatan warga (Barcelona, Singapura)
 4. Pertumbuhan ekonomi digital dan inovatif (Hangzhou, Singapura)
- Dengan demikian, data yang diperoleh memuat konteks teknis, spasial, sosial, dan ekonomi, yang secara relevan mendukung tema besar penelitian ini.
- c. Proses Familiarisasi
- Proses dilakukan melalui langkah berikut:
1. Membaca dan mencatat kutipan penting dalam artikel (coding manual awal)
 2. Menyusun matriks tematik awal berdasarkan kota dan fitur AI yang digunakan
 3. Mengidentifikasi frasa kunci dan konsep berulang seperti: “*urban resilience*”, “*predictive analytics*”, “*participatory spatial planning*”, “*sustainability through AI*”, dan “*economic adaptability*”.
- Contohnya, dalam laporan *Smart Nation Singapore* (2022) ditemukan konsep penting seperti “*urban simulation to optimize vertical planning and affordable housing*”, yang berkaitan langsung dengan efisiensi ruang dan keadilan spasial.
- d. Temuan Awal dari Familiarisasi
- Beberapa temuan awal yang menjadi dasar pengkodean dan tema adalah:
1. AI digunakan untuk perencanaan dinamis dan responsif (*City Brain* di Hangzhou)
 2. AI sebagai alat mitigasi risiko spasial (Pantau Banjir di Jakarta)
 3. AI mendukung transparansi dan keterlibatan masyarakat (City OS di Barcelona)
 4. Digital twin sebagai alat eksperimen dan visualisasi (Amsterdam dan Singapura)
- Hal ini menunjukkan bahwa integrasi AI dalam tata ruang tidak hanya bersifat teknologis, tetapi juga menyentuh dimensi sosial, ekologi, dan ekonomi global.

3.2 Tahap II Pengkodean Awal

Tahap pengkodean awal bertujuan untuk mengidentifikasi dan menandai unit-unit makna dalam data yang telah difamiliarisasi. Dalam konteks ini, pengkodean dilakukan secara induktif, dengan menganalisis data tanpa menggunakan kerangka teori yang kaku, tetapi tetap berpijak pada tujuan penelitian, yaitu menggambarkan bagaimana AI mendukung tata ruang yang berkelanjutan secara spasial, sosial, dan ekonomi global.

a. Prosedur Pengkodean

Pengkodean dilakukan secara manual dan semi-digital dengan memanfaatkan perangkat lunak bantu (misalnya NVivo) serta teknik manual melalui spreadsheet coding matrix. Setiap potongan data yang mengandung informasi relevan diberi label (kode) berdasarkan isi dan makna potensialnya. Teknik *line-by-line coding* diterapkan untuk dokumen teks, sedangkan *concept coding* digunakan untuk kebijakan dan laporan kota.

b. Contoh Kode Awal

Berikut adalah beberapa contoh **kode awal** yang muncul dari proses ini, yang disusun berdasarkan dimensi tata ruang, sosial, ekonomi, dan ekologi:

Tabel 2. Kode Awal

Kode Awal	Deskripsi Singkat	Kota/Referensi
AI untuk Manajemen Lalu Lintas	Penggunaan algoritma untuk mengatur dan memprediksi alur kendaraan	Hangzhou (City Brain), Barcelona
Simulasi Perubahan Iklim	AI untuk memodelkan dampak perubahan iklim pada perencanaan zona dan infrastruktur	Amsterdam, Jakarta
Digital Twin Perkotaan	Representasi kota secara real-time untuk skenario tata ruang	Singapura, Amsterdam
Keterlibatan Publik Berbasis Platform	Partisipasi warga dalam perencanaan melalui sistem digital	Barcelona (Sentilo), Singapura (OneMap)
Deteksi Dini Bencana Alam	AI digunakan untuk prediksi dan mitigasi risiko banjir dan kebakaran	Jakarta, Hangzhou
Optimasi Energi Bangunan dan Jalan	AI digunakan untuk menghemat energi dan memantau pemakaian sumber daya	Barcelona, Singapura
Zona Ekonomi Inklusif	Penentuan wilayah industri atau digital hub yang inklusif dengan data spasial	Hangzhou, Jakarta
Sistem Navigasi Ramah Difabel	Teknologi AI untuk membantu mobilitas kelompok rentan	Amsterdam
Urban Resilience Modeling	Pemodelan ketahanan kota terhadap bencana dan tekanan sosial	Jakarta, Amsterdam
Investasi Berbasis Data AI	Mengarahkan investasi pada wilayah potensial berdasarkan analitik spasial	Hangzhou, Singapura

c. Kriteria Kode

Kode-kode ini dikembangkan berdasarkan prinsip:

1. Relevansi terhadap tujuan penelitian dan literatur
2. Frekuensi dan konsistensi muncul dalam beberapa dokumen dan kota
3. Kekuatan data dalam menjelaskan kontribusi AI terhadap keberlanjutan tata ruang
4. Potensi tema yang dapat dikembangkan dari kumpulan kode

d. Pemanfaatan Kode dalam Tahap Selanjutnya

Kode-kode ini akan digunakan untuk mengelompokkan tema utama dalam perencanaan berbasis AI dan dampaknya terhadap ekosistem ekonomi global. Proses ini akan dilanjutkan ke tahap pencarian dan pengelompokan tema (*theme development*).

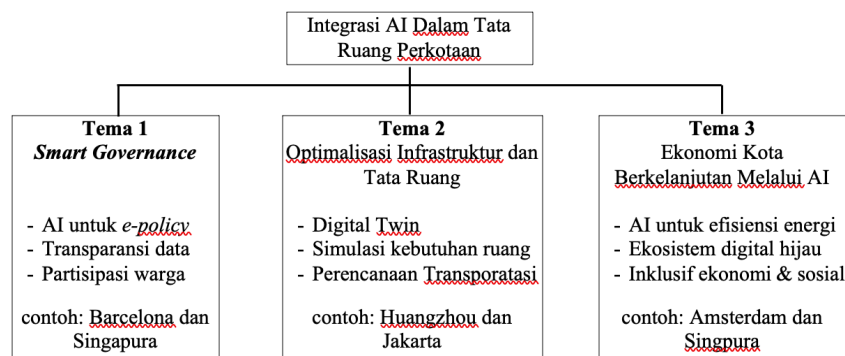
3.3 Tahap III Pencarian Tema (*Searching for Themes*)

Setelah proses pengkodean awal, langkah selanjutnya dalam analisis tematik adalah mengelompokkan kode-kode yang saling berhubungan menjadi tema-tema utama yang mencerminkan pola makna dalam data. Tema-tema ini menggambarkan kontribusi atau peran AI dalam perencanaan tata ruang yang mendukung pembangunan berkelanjutan dan ekosistem ekonomi global. Menurut tema bukan hanya kategori, tetapi makna yang penting dalam kaitannya dengan pertanyaan penelitian. Dalam proses ini, digunakan pendekatan induktif, berbasis pada data, dengan mempertimbangkan keterkaitan logis antara kode dan narasi global pembangunan berkelanjutan. Berikut pengelompokan kode menjadi tema.

Tabel 3. Pengelompokan Kode Menjadi Tema

Kode-Kode Awal	Tema Awal	Deskripsi Tema
AI untuk manajemen lalu lintas, Deteksi bencana, Optimasi energi bangunan, Urban resilience modeling	Efisiensi dan Ketahanan Infrastruktur Kota	AI meningkatkan efisiensi infrastruktur dan daya tanggap kota terhadap risiko bencana dan tekanan lingkungan.
Digital twin, Simulasi iklim, Urban resilience, Investasi berbasis data	Perencanaan Spasial Berbasis Data dan Prediktif	AI memungkinkan simulasi dan prediksi berbasis data untuk mendesain tata ruang kota masa depan yang adaptif dan resilien.
Partisipasi digital warga, Navigasi ramah difabel, Keterlibatan publik berbasis platform	Inklusivitas Sosial dalam Tata Ruang Digital	AI mendukung keterlibatan kelompok rentan dan publik secara luas dalam pengambilan keputusan spasial.
Zona ekonomi inklusif, Investasi data-driven, Kota sebagai digital hub	Transformasi Ekonomi Digital Berbasis Tata Ruang	Integrasi AI membantu pengembangan ekonomi baru dengan mendukung penciptaan zona pertumbuhan dan pengambilan keputusan investasi berbasis spasial.
Optimasi energi, Smart zoning, Digital planning	Keberlanjutan Ekologis Melalui Optimalisasi AI	AI digunakan untuk mengelola sumber daya lingkungan seperti energi, lahan, dan air untuk mendukung tujuan keberlanjutan ekologis.

Berikut adalah representasi tematik yang terbentuk dari data literatur dan studi kasus:



Gambar 2. Diagram Tematik: Integrasi AI Dalam Perencanaan Tata Ruang (Model 3 Tema)

3.4 Tahap IV Peninjauan dan Pendalaman Tema

Tahap ini berfokus pada evaluasi ulang dan pendalaman tema-tema yang telah dikembangkan sebelumnya untuk memastikan bahwa masing-masing tema:

- Mengandung kohesi internal (*internally consistent*)
 - Mampu menunjukkan perbedaan eksternal yang jelas antar tema
 - Merepresentasikan makna substantif dari data terhadap fokus penelitian
- Menurut (Braun & Clarke, 2006), proses ini dilakukan dalam dua tingkat:

- Tingkat 1: Peninjauan pada Ekstrak Data dalam Tiap Tema

Tujuan:

Memastikan bahwa kode dan kutipan yang dikumpulkan dalam setiap tema benar-benar kohesif secara internal dan mewakili pola makna yang konsisten.

Proses:

- Membaca ulang semua ekstrak data (kutipan atau ringkasan dari literatur dan studi kasus).
- Memeriksa apakah semua ekstrak yang dikelompokkan dalam suatu tema mengandung makna yang sama secara semantik.
- Menandai kutipan yang tidak konsisten atau tidak mendukung klaim utama.

Contoh:

Pada tema “Inklusivitas Sosial dalam Tata Ruang Digital”, ditemukan bahwa:

- Kode seperti “navigasi AI untuk difabel” dan “platform partisipasi warga berbasis blockchain” memiliki kohesivitas karena sama-sama berbicara tentang aksesibilitas dan keterlibatan warga melalui AI.
- Namun kode “smart street furniture yang memantau iklan digital” dianggap kurang relevan dengan inti inklusivitas sosial dan kemudian dipindahkan atau dikeluarkan.

“A theme might be internally coherent, consistent and distinctive, but still not represent the data set as a whole. This leads us to the second level of review.” (Braun & Clarke, 2006). Pada tabel berikut ini akan memperlihatkan hasil peninjauan dan pendalaman tema pada tingkat 1.

Tabel 4. Hasil Peninjauan dan Pedalaman Tema

Tema	Kohesivitas Data	Kejelasan Konsep	Relevansi terhadap Fokus Penelitian
Efisiensi & Ketahanan Infrastruktur Kota	Tinggi	Jelas dan konkret	Tinggi – menyokong efisiensi tata ruang dan mitigasi bencana
Perencanaan Spasial Prediktif Berbasis AI	Tinggi	Sangat jelas	Sangat tinggi – pusat inovasi AI dalam spatial planning
Inklusivitas Sosial dalam Tata Ruang Digital	Menengah-Tinggi	Jelas dengan batas	Tinggi – menyentuh aspek keadilan spasial dan partisipasi warga
Transformasi Ekonomi Digital Berbasis Ruang	Menengah	Perlu penajaman	Menengah-Tinggi – perlu difokuskan pada kaitan spasial-ekonomi
Keberlanjutan Ekologis melalui Optimalisasi AI	Tinggi	Jelas dan terdefinisi	Tinggi – mendukung tujuan SDGs dan green city

b. Tingkat 2: Peninjauan terhadap Seluruh Data Set

Tujuan:

Menilai apakah tema-tema awal secara keseluruhan menggambarkan makna utama dari seluruh data (literatur dan studi kasus) yang telah dianalisis.

Proses:

1. Membaca ulang keseluruhan data (ringkasan jurnal, studi kasus, dokumen kebijakan).
2. Memverifikasi apakah setiap tema mewakili narasi besar yang dibangun oleh data.
3. Mengidentifikasi apakah ada tema baru yang muncul, atau tema yang perlu digabungkan atau dipecah.

Contoh:

Pada tema awal “Transformasi Ekonomi Digital Berbasis Ruang”, ditemukan bahwa:

1. Beberapa elemen terlalu tumpang tindih dengan tema keberlanjutan dan prediktif.
2. Maka, tema ini didefinisi menjadi “Transformasi Ekonomi Digital melalui Tata Ruang Berbasis AI”, dengan fokus pada pembentukan zona ekonomi baru dan kebijakan investasi spasial berbasis data.

Revisi dan Refinement Tema Akhir. Berdasarkan dua tingkat peninjauan tersebut, tema akhir mengalami:

- a. Penyatuan beberapa subtema menjadi satu tema besar.
- b. Penghapusan tema yang tidak cukup kuat (tidak memiliki cukup data pendukung).
- c. Pemisahan tema yang terlalu luas menjadi subtema/subkategori.

Berikut hasil revisi dan refinement tema akhir

Tabel 5. Hasil Revisi dan Refinement Tema Akhir

Tema Awal	Keputusan	Penyesuaian Tema
Ketahanan Infrastruktur dan Efisiensi Kota	Dipertahankan	Diperkuat dengan kutipan dari studi Hangzhou dan Amsterdam
Perencanaan Spasial Prediktif & Simulatif	Dipertahankan	Nama diperjelas menjadi “Perencanaan Spasial Prediktif Berbasis AI”
Inklusivitas Sosial dan Partisipasi Warga	Dipertahankan	Diperjelas batas temanya agar tidak melebar ke isu umum sosial
Transformasi Ekonomi Digital Berbasis AI	Disempurnakan	Fokus pada zona ekonomi berbasis data spasial
Keberlanjutan Lingkungan melalui AI	Dipertajam	Diperluas cakupan pada zonasi hijau, efisiensi energi, dsb

Berikut penjelasan masing-masing tema:

a. **Tema 1: Efisiensi dan Ketahanan Infrastruktur Kota**

Penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam perencanaan tata ruang telah menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi pengelolaan infrastruktur kota serta meningkatkan ketahanan terhadap perubahan iklim dan bencana. Sistem pemantauan lalu lintas berbasis AI, seperti City Brain di Hangzhou, mampu mengurangi waktu kemacetan hingga 15% dan meningkatkan efisiensi kendaraan darurat hingga 30% (Zhang et al., 2022). Di Amsterdam, konsep digital twin dikembangkan untuk menyimulasikan beban energi dan skenario banjir. Pendekatan ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data untuk pengelolaan jaringan drainase dan infrastruktur energi (WEF Annual Report 2021). Sistem tersebut berkontribusi pada pembangunan kota yang lebih resilien dan adaptif. Hal ini sejalan dengan temuan dalam studi literatur bahwa integrasi AI dalam infrastruktur publik mempercepat proses perencanaan, mengurangi pemborosan sumber daya, serta memungkinkan intervensi lebih dini pada infrastruktur yang rentan (Betty, 2019).

b. Tema 2: Perencanaan Spasial Prediktif Berbasis AI

AI telah membuka kemungkinan besar dalam perencanaan spasial yang bersifat prediktif. Penggunaan big data, citra satelit, dan machine learning memungkinkan proyeksi kebutuhan tata ruang secara presisi. Singapura, melalui Urban Redevelopment Authority, memanfaatkan AI untuk mengintegrasikan data kepadatan penduduk, permintaan perumahan, dan jalur angkutan massal guna memprediksi kebutuhan lahan dan zonasi (*Smart Nation Singapore (2022)*). Studi Barcelona menunjukkan bahwa kombinasi AI dengan data spasial real-time memungkinkan pemodelan pertumbuhan penduduk serta perubahan penggunaan lahan, mendukung zonasi yang adaptif terhadap perubahan sosial ekonomi (UN-Habitat, 2020). Temuan ini mengonfirmasi pendapat (*Karimi 2016*) bahwa perencanaan berbasis prediksi dapat menghindari ketimpangan pembangunan dan ketidakefisienan spasial.

c. Tema 3: Inklusivitas Sosial dalam Tata Ruang Digital

AI berpotensi memperluas partisipasi publik dalam perencanaan ruang melalui teknologi inklusif. Di Barcelona, platform Decidim memberi ruang kepada masyarakat untuk memberikan masukan langsung terhadap kebijakan zonasi dan tata kota secara digital. Platform ini memastikan keterlibatan lintas kelompok, termasuk warga difabel dan minoritas (UN-Habitat, 2020). Kota Jakarta mulai mengadopsi sistem pelaporan spasial berbasis AI melalui aplikasi JAKI, yang memungkinkan warga mengusulkan perbaikan ruang publik secara langsung. Meskipun masih terbatas, pendekatan ini menunjukkan potensi ke arah partisipasi aktif berbasis teknologi (Pemerintah Provinsi DKI Jakarta, 2023). Seperti dinyatakan oleh Goodspeed (2015), integrasi teknologi dalam tata ruang hanya berdampak positif jika didesain untuk meningkatkan keterlibatan warga dan mendukung keadilan spasial.

d. Tema 4: Transformasi Ekonomi Berbasis Ekosistem Digital-Spasial

Penerapan AI dalam tata ruang juga mempengaruhi konfigurasi ekonomi kota. Hangzhou, melalui integrasi data spasial dan model AI prediktif, mengembangkan zona ekonomi digital yang memungkinkan efisiensi logistik, penataan kawasan bisnis, dan pengurangan biaya energi. Zona ini dikembangkan berdasarkan pemodelan kepadatan pengguna dan perilaku mobilitas penduduk (Alibaba Group, 2021). Sementara itu, Amsterdam merancang kawasan ekonomi kreatif berbasis AI untuk mendukung startup teknologi dengan mempertimbangkan lokasi, konektivitas digital, dan kedekatan terhadap pusat riset (*WEF Annual Report 2021*). Temuan ini memperkuat argumen (Florida *et al.*, 2013) tentang pentingnya “kreativitas spasial” dalam pertumbuhan ekonomi berbasis pengetahuan.

e. Tema 5: Keberlanjutan Ekologis melalui Optimalisasi AI

Kota pintar yang mengintegrasikan AI cenderung memiliki jejak karbon lebih rendah. Singapura mengembangkan Urban Digital Platform untuk merancang dan mengelola ruang terbuka hijau dan efisiensi energi secara simultan. Sistem ini mampu mengidentifikasi area yang cocok untuk ruang hijau tambahan berdasarkan indeks panas dan kelembaban (*Smart Nation Singapore (2022)*).

Studi Amsterdam menunjukkan bahwa model AI digunakan untuk mengatur waktu penyiraman taman dan penggunaan pencahayaan kota berdasarkan kebutuhan aktual, bukan jadwal tetap, sehingga terjadi penghematan energi dan air (*WEF Annual Report 2021*). Pendekatan ini mendukung prinsip-prinsip kota berkelanjutan sebagaimana dirumuskan dalam SDGs 11 dan prinsip urban ecology (Forman, 2014), yakni membangun kota yang tangguh dan berketahanan lingkungan berbasis data.

3.5 Tahap V Penamaan Tema

3.5.1 Tema 1: AI sebagai Penguat Efisiensi Tata Ruang

Integrasi teknologi Artificial Intelligence (AI) dalam perencanaan tata ruang terbukti meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam analisis spasial. AI memungkinkan simulasi berbagai skenario penggunaan lahan, pendeteksian dinamika wilayah, serta pemrosesan data besar (big data) dalam waktu yang lebih singkat dibanding metode manual. “Dengan AI, kita bisa melihat pola permukiman dan lalu lintas dalam hitungan menit, bukan minggu.” (Sumber: Toharudin, (2024)). Temuan ini sejalan dengan pandangan Geertman & Stillwell (2009) dan bahwa AI mampu mentransformasikan sistem pendukung keputusan spasial menjadi lebih adaptif dan berbasis bukti (*evidence-based planning*).

3.5.2 Tema 2: Peran AI dalam Transformasi Perencanaan Kota

AI memainkan peran penting dalam mendukung lahirnya kota cerdas (smart city) melalui sistem perencanaan kota yang dinamis, terintegrasi, dan prediktif. Dengan teknologi seperti machine learning dan real-time data analysis, AI membantu memformulasikan kebijakan tata ruang berdasarkan kondisi aktual, seperti kepadatan lalu lintas, kualitas udara, atau risiko bencana. “AI memungkinkan perencanaan kota real-time berdasarkan data mobilitas dan cuaca.” (Sumber: Batty *et al.*, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa AI tidak hanya sebagai alat analitik, tetapi juga sebagai pembentuk sistem kota cerdas yang lebih tanggap terhadap perubahan dan kebutuhan masyarakat.

3.5.3 Tema 3: AI dan Penguatan Ekosistem Ekonomi Global

Pemanfaatan AI dalam tata ruang berdampak pada penguatan ekosistem ekonomi global. AI mendukung pemilihan lokasi investasi strategis, optimalisasi jalur logistik, dan efisiensi rantai pasok. Konektivitas wilayah meningkat karena keputusan spasial menjadi lebih akurat dan responsif terhadap permintaan pasar. “Data spasial AI membantu perusahaan menentukan lokasi strategis investasi.” (Brynjolfsson & McAfee, 2014)

Dengan demikian, tata ruang berbasis AI menjadi fondasi penting dalam mendorong pertumbuhan ekonomi global yang inklusif dan berkelanjutan.

3.5.4 Tema 4: Tantangan dan Risiko Implementasi AI dalam Tata Ruang

Meskipun AI menawarkan banyak keuntungan, implementasinya dalam tata ruang menghadapi berbagai tantangan. Isu-isu utama yang ditemukan antara lain: (a) Kualitas dan kelengkapan data spasial yang masih rendah di beberapa daerah, (b) Keterbatasan infrastruktur teknologi dan SDM, (c) Kekhawatiran terhadap privasi dan keamanan data, (d) Ketimpangan adopsi teknologi antarwilayah dan (e) “Masalahnya, data spasial Indonesia tidak selalu akurat dan up-to-date.” (Informan perencana daerah). Zuboff (2019) juga memperingatkan tentang *surveillance capitalism* sebagai risiko penyalahgunaan data AI, yang harus diantisipasi dalam konteks tata ruang publik.

3.5.5 Tema 5: Kebutuhan Kebijakan Adaptif dan Kolaboratif

Temuan penting lainnya adalah urgensi penyusunan kebijakan yang adaptif terhadap perkembangan teknologi. Kebijakan tata ruang saat ini dinilai belum cukup fleksibel untuk mengakomodasi inovasi AI. Selain itu, diperlukan kolaborasi lintas sektor – antara pemerintah, swasta, akademisi, dan masyarakat – untuk mengoptimalkan potensi AI. “Kebijakan kita harus berubah seiring dengan teknologi.” (UN-Habitat, 2020). Adanya regulasi yang progresif, transparan, dan inklusif menjadi syarat utama agar AI dapat diintegrasikan secara etis dan efektif dalam sistem tata ruang nasional maupun global.

3.5.6 Pembahasan Umum dan Hubungan antar Tema

Kelima tema di atas membentuk narasi menyeluruh bahwa AI merupakan teknologi transformatif yang dapat mengubah paradigma perencanaan tata ruang. Efisiensi, kecepatan, dan presisi yang ditawarkan AI tidak hanya berpengaruh pada aspek teknis tata ruang, tetapi juga berdampak pada dinamika sosial-ekonomi global. Namun, untuk mewujudkan potensi tersebut, dibutuhkan sistem pendukung seperti kebijakan yang visioner, kesiapan infrastruktur digital, serta pendekatan tata ruang yang inklusif dan berbasis data. Temuan ini sejalan dengan kerangka teori yang digunakan dalam penelitian, yaitu teori perencanaan tata ruang (Geertman & Stillwell, 2009), konsep *smart city* (Batty et al., 2012), dan pembangunan berkelanjutan (United Nations, 2015).

Kelima tema di atas membentuk narasi menyeluruh bahwa AI merupakan teknologi transformatif yang dapat mengubah paradigma perencanaan tata ruang. Efisiensi, kecepatan, dan presisi yang ditawarkan AI tidak hanya berpengaruh pada aspek teknis tata ruang, tetapi juga berdampak pada dinamika sosial-ekonomi global. Namun, untuk mewujudkan potensi tersebut, dibutuhkan sistem pendukung seperti kebijakan yang visioner, kesiapan infrastruktur digital, serta pendekatan tata ruang yang inklusif dan berbasis data. Temuan ini sejalan dengan kerangka teori yang digunakan dalam penelitian, yaitu teori perencanaan tata ruang (Geertman & Stillwell, 2009), konsep *smart city* (Batty et al., 2012), dan pembangunan berkelanjutan (United Nations, 2015). AI memberikan peluang besar dalam merancang tata ruang yang lebih efisien dan responsif, serta mendukung pertumbuhan ekosistem ekonomi global yang lebih berkelanjutan. Namun, integrasi ini memerlukan kesadaran kritis terhadap tantangan etika, kapasitas teknologi, serta pentingnya regulasi adaptif.

3.6 Analisis Studi Kasus: Integrasi AI dalam Perencanaan Tata Ruang

a. Barcelona, Spanyol – AI untuk Kota Inklusif dan Berkelanjutan

Konteks Kota:

Barcelona adalah salah satu pelopor *smart city* di Eropa yang menekankan keterbukaan data, partisipasi warga, dan keberlanjutan tata ruang. Implementasi AI dan Teknologi Cerdas:

1. Barcelona mengembangkan Sentilo, platform open-source yang mengintegrasikan ribuan sensor IoT untuk pengelolaan lalu lintas, polusi, dan konsumsi energi.
2. AI digunakan untuk analisis prediktif terhadap kebutuhan energi dan perencanaan jalur transportasi publik (Batty et al., 2012).

Dampak terhadap Tata Ruang dan Ekonomi Global:

1. Penerapan AI mendukung desain kota yang *walkable*, efisien, dan rendah emisi karbon.
2. Efisiensi tata ruang berdampak pada peningkatan kualitas hidup dan menarik investasi hijau.
3. Barcelona menjadi model replikasi urban digital di berbagai kota dunia (UN-Habitat, 2020).

b. Hangzhou, Tiongkok – City Brain dan Pengendalian Tata Kota Cerdas

Konteks Kota:

Sebagai pusat teknologi dan markas Alibaba, Hangzhou menghadapi tantangan urbanisasi cepat, kemacetan lalu lintas, dan ketimpangan spasial. Implementasi AI:

1. Alibaba mengembangkan City Brain, sistem AI yang mengintegrasikan data dari CCTV, sensor jalan, dan GPS untuk manajemen lalu lintas secara real-time.
2. City Brain digunakan untuk perencanaan dinamis tata ruang transportasi, pengelolaan insiden, dan prioritas ambulans.

Dampak terhadap Tata Ruang dan Ekonomi Global:

1. Waktu tempuh kendaraan berkurang hingga 15–20% (Alibaba Group, 2022).
2. Efisiensi logistik mendukung ekosistem ekonomi digital.

3. AI memungkinkan simulasi penggunaan lahan untuk pembangunan masa depan secara otomatis dan cepat.
- c. Jakarta, Indonesia – Penerapan AI untuk Ketahanan Tata Ruang
- Konteks Kota:**
Jakarta sebagai megapolitan menghadapi tantangan besar: banjir, kemacetan, dan urban sprawl. Tata ruang sering kali bersifat reaktif, bukan proaktif. Implementasi AI:
1. AI digunakan melalui sistem seperti Qlue, Jakarta Smart City, dan Pantau Banjir untuk menganalisis laporan warga dan memprediksi banjir.
 2. Data spasial dan machine learning digunakan untuk mendeteksi pola banjir dari data historis dan curah hujan (Yudhistira & Ardiansyah, 2023).
- Dampak terhadap Tata Ruang dan Ekonomi Global:
1. Respons kebencanaan lebih cepat dan akurat.
 2. Tata ruang difokuskan pada pembangunan berbasis risiko bencana, memperkuat ketahanan ekonomi lokal.
 3. Potensi peningkatan kepercayaan investor karena mitigasi risiko yang lebih baik.
- d. Singapura – Smart Nation dan AI dalam Perencanaan Mikro Spasial
- Konteks Kota:**
Singapura memiliki perencanaan kota yang terintegrasi sejak lama. Tantangan utamanya adalah keterbatasan lahan dan kebutuhan optimalisasi setiap blok kota. Implementasi AI:
1. Penerapan AI untuk simulasi Urban Heat Island, analisis kebutuhan hunian, dan pemodelan spasial melalui platform Digital Urban Twin.
 2. Menggunakan OneMap sebagai platform GIS nasional dengan AI untuk simulasi pertumbuhan permukiman vertikal.
- Dampak terhadap Tata Ruang dan Ekonomi Global:
1. AI mendukung perencanaan vertikal (mixed-use high-rise development) yang efisien dan rendah jejak karbon.
 2. Efisiensi spasial meningkatkan produktivitas dan daya saing global.
 3. Perencanaan mikro terintegrasi dengan kebijakan inklusif seperti hunian terjangkau dan ruang hijau.
- e. Amsterdam, Belanda – Digital Twin dan Green Planning
- Konteks Kota:**
Amsterdam dikenal dengan perencanaan berbasis komunitas dan keberlanjutan. Kota ini menghadapi tekanan dari kenaikan muka air laut dan krisis iklim. Implementasi AI:
1. AI digunakan dalam Digital Twin Amsterdam, pemodelan spasial 3D kota secara real-time yang menyimulasikan drainase, pembangunan, dan ruang hijau.
 2. Digunakan dalam proyek perencanaan zona rendah emisi dan perancangan ulang wilayah pinggir kanal.
- Dampak terhadap Tata Ruang dan Ekonomi Global:
1. Mengurangi risiko perubahan iklim terhadap kawasan bersejarah dan ekonomi pariwisata.
 2. Pemodelan prediktif membantu alokasi sumber daya secara efisien.
 3. Menjadi kota acuan dalam integrasi *urban resilience* dan ekonomi hijau.

Tabel 6. Ringkasan Studi Kasus

Kota	Teknologi AI Unggulan	Dampak Utama pada Tata Ruang	Kontribusi Ekonomi Global
Barcelona	Sentilo, CityOS	Optimasi transportasi dan energi	Efisiensi sumber daya & investasi hijau
Hangzhou	City Brain	Prediksi lalu lintas & pertumbuhan permukiman	Dukungan logistik ekonomi digital
Jakarta	Qlue, Pantau Banjir	Manajemen risiko dan respons bencana	Ketahanan terhadap risiko ekonomi
Singapura	Urban Digital Twin, OneMap	Perencanaan vertikal & spasial mikro	Daya saing urban global
Amsterdam	Digital Twin, AI Climate Model	Ketahanan iklim & zonasi adaptif	Stabilitas ekonomi pariwisata

- Kesimpulan Analitis:
- a. Integrasi AI dalam tata ruang memungkinkan perencanaan yang lebih cepat, adaptif, dan berkelanjutan.
 - b. AI membantu kota memprediksi, merespons, dan mengoptimalkan penggunaan ruang serta mengurangi dampak lingkungan.
 - c. Studi kasus menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi AI sangat bergantung pada:
 1. Akses dan kualitas data spasial.
 2. Kemampuan analitik dan teknologi.
 3. Kepemimpinan kebijakan dan tata kelola kolaboratif.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana integrasi Artificial Intelligence (AI) dalam perencanaan tata

ruang dapat mendorong terciptanya ekosistem ekonomi global yang berkelanjutan. Berdasarkan analisis tematik terhadap data yang diperoleh, terdapat lima tema utama yang saling terkait dan membentuk pemahaman komprehensif terhadap isu ini. Pertama, AI terbukti menjadi penguat efisiensi tata ruang melalui kemampuan analisis data spasial, prediksi penggunaan lahan, dan simulasi kebijakan secara real-time. Kedua, peran AI dalam transformasi kota modern terlihat dari kemampuannya mendukung perencanaan kota berbasis data, seperti dalam pengelolaan transportasi, energi, dan permukiman. Ketiga, integrasi AI dalam tata ruang memiliki potensi besar dalam memperkuat ekosistem ekonomi global. Hal ini terlihat dari efisiensi logistik, peningkatan investasi berbasis spasial, dan konektivitas antardaerah yang lebih cerdas dan inklusif. Keempat, meskipun menjanjikan, terdapat berbagai tantangan implementasi AI, termasuk kualitas data spasial yang belum merata, keterbatasan infrastruktur digital, serta risiko etika dan privasi. Dan kelima, dibutuhkan kebijakan tata ruang yang adaptif dan kolaboratif agar integrasi AI dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa integrasi AI dalam perencanaan tata ruang bukan hanya sebuah inovasi teknologis, melainkan sebuah transformasi sistemik yang berpotensi mempercepat terciptanya tata ruang yang cerdas, efisien, dan mendorong keberlanjutan ekonomi global. Berdasarkan pada pengalaman langsung peneliti dalam proses penelitian ini, ada beberapa keterbatasan yang dialami dan dapat menjadi beberapa faktor yang agar dapat untuk lebih diperhatikan bagi peneliti-peneliti yang akan datang dalam lebih menyempurnakan penelitiannya karna penelitian ini sendiri tentu memiliki kekurangan yang perlu terus diperbaiki dalam penelitian-penelitian kedepannya. Beberapa keterbatasan dalam penelitian tersebut, antara lain: (a) Keterbatasan Data Literatur dan Studi Kasus, Meskipun telah dilakukan penyaringan terhadap literatur akademik dari berbagai database bereputasi (*Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*), masih terdapat potensi bias seleksi dan keterbatasan dalam menjangkau studi yang tidak dipublikasikan secara terbuka (*grey literature*). Beberapa data praktik lapangan bersifat terbatas karena dibatasi oleh akses dan keterbukaan informasi kebijakan negara. (b) Generalisasi Temuan, Studi kasus yang dianalisis berasal dari negara dengan infrastruktur digital dan kapasitas institusional yang tinggi (Singapura, Belanda, Tiongkok, dan AS). Oleh karena itu, temuan ini tidak sepenuhnya dapat digeneralisasi untuk negara berkembang yang memiliki tantangan berbeda, seperti keterbatasan anggaran, rendahnya literasi digital, dan kebijakan tata ruang yang belum adaptif terhadap teknologi. (c) Dinamika Teknologi AI yang Cepat Berubah, AI merupakan teknologi yang sangat dinamis dan berkembang cepat. Penelitian ini bersifat snapshot terhadap kondisi dan tren sampai tahun 2024, sehingga temuan bisa menjadi kurang relevan dalam jangka panjang tanpa pembaruan berkala. (d) Keterbatasan Integrasi Ekonomi-Ekologis secara Kuantitatif, Penelitian ini lebih menitikberatkan pada analisis kualitatif integrasi AI dengan aspek ekonomi berkelanjutan. Belum dilakukan kuantifikasi yang mendalam atas kontribusi AI terhadap indikator ekonomi hijau, efisiensi energi, dan pengurangan emisi karbon secara numerik. (e) Belum Mengkaji Aspek Sosial dan Etika Secara Komprehensif. Meskipun partisipasi publik dan transparansi data disebutkan, penelitian ini belum mendalami isu-isu privasi data, etika penggunaan AI, serta risiko bias algoritmik dalam proses pengambilan keputusan tata ruang. Berdasarkan penelitian yang telah dijalankan ada beberapa rekomendasi yang dapat diajukan untuk penelitian selanjutnya oleh penelitian yang lain, sebagai berikut: (a) Perluasan Studi Kasus di Negara Berkembang, Disarankan agar penelitian selanjutnya menjangkau konteks lokal di negara berkembang dengan karakteristik sosial, politik, dan teknologi yang berbeda. Ini akan memperkaya pemahaman mengenai adaptasi AI dalam sistem tata ruang dengan sumber daya terbatas. (b) Integrasi Metodologi Kuantitatif dan Indeksasi, Penelitian lanjutan dapat mengembangkan model kuantitatif, seperti indeks integrasi AI dalam tata ruang, yang mengukur pengaruh AI terhadap indikator keberlanjutan ekonomi dan lingkungan (misalnya efisiensi lahan, mobilitas berkelanjutan, emisi karbon). (c) Analisis Longitudinal dan Pemantauan Berkala, Dibutuhkan pendekatan longitudinal untuk memantau efektivitas integrasi AI dari waktu ke waktu. Hal ini penting untuk menilai ketahanan kebijakan dan kemampuan sistem AI dalam beradaptasi terhadap perubahan sosial dan lingkungan. (d) Pendalaman Aspek Sosial dan Etika AI, Rekomendasi penting adalah memasukkan kajian etika digital, perlindungan kesenjangan sosial dalam tata ruang. Hal ini penting agar integrasi AI tidak memperparah kesenjangan sosial dalam tata ruang. (e) Kolaborasi Lintas Disiplin dan Pemangku Kepentingan, Penelitian tentang AI dan tata ruang harus melibatkan pakar lintas disiplin (teknologi, perencanaan kota, ekonomi, lingkungan, dan sosiologi), serta partisipasi pemangku kepentingan lokal, termasuk masyarakat, pelaku usaha, dan pembuat kebijakan.

REFERENCES

- Amnuaylojaroen, T. (2025). Advancements and challenges of artificial intelligence in climate modeling for sustainable urban planning. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1517986. <https://doi.org/10.3389/frai.2025.1517986>
- Anwar, M. R., & Sakti, L. D. (2024). Integrating Artificial Intelligence and Environmental Science for Sustainable Urban Planning. *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, 5(2), 179–191. <https://doi.org/10.34306/itsdi.v5i2.666>
- Arjona, R., Borunsky, L., Correia, A., Rakic, R., & Arjona-Gracia, R. (2021). *Summary of key take-aways from Davos, 2021*.
- Betty, M. (2019). Michael Batty, *Inventing future cities*. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(3), 595–596. <https://doi.org/10.1177/2399808319835952>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cugurullo, F., Caprotti, F., Cook, M., Karvonen, A., McGuirk, P., & Marvin, S. (2024). The rise of AI urbanism in post-smart cities: A critical commentary on urban artificial intelligence. *Urban Studies*, 61(6), 1168–1182. <https://doi.org/10.1177/00420980231203386>
- Dai, Y., Hasanefendic, S., & Bossink, B. (2024). A systematic literature review of the smart city transformation process: The role and interaction of stakeholders and technology. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105112. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105112>

- Ding, J., Liu, C., Zheng, Y., Zhang, Y., Yu, Z., Li, R., Chen, H., Piao, J., Wang, H., Liu, J., & Li, Y. (2025). *A Comprehensive Survey on Artificial Intelligence for Complex Network: Potential, Methodology and Application* (No. arXiv:2402.16887). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.16887>
- Ferdiansyah, M., & Nurraihan, F. (2023). *Sistem Keamanan Perumahan Pada Perumahan Merapi Indah Berbasis Web Dan Internet Of Thing (IoT)*. 1(1).
- Field, B. G. (2025). Some ethical and technological challenges of smart cities. *Urban, Planning and Transport Research*, 13(1), 2498421. <https://doi.org/10.1080/21650020.2025.2498421>
- Florida, R., Mellander, C., & Adler, P. (2013). *Creativity in the City*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199603510.013.010>
- Geertman, S., & Stillwell, J. (2009a). Planning Support Systems: Content, Issues and Trends. In S. Geertman & J. Stillwell (Eds.), *Planning Support Systems Best Practice and New Methods* (Vol. 95, pp. 1–26). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8952-7_1
- Geertman, S., & Stillwell, J. (2009b). Planning Support Systems: Content, Issues and Trends. In S. Geertman & J. Stillwell (Eds.), *Planning Support Systems Best Practice and New Methods* (Vol. 95, pp. 1–26). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8952-7_1
- He, W., & Chen, M. (2024). Advancing Urban Life: A Systematic Review of Emerging Technologies and Artificial Intelligence in Urban Design and Planning. *Buildings*, 14(3), 835. <https://doi.org/10.3390/buildings14030835>
- Heriyansyah, K. H., & Purwanto, L.M.F, P. (2024). Perencanaan Tata Ruang Dengan Artificial Intelligence. *JoDA Journal of Digital Architecture*, 3(2), 64–68. <https://doi.org/10.24167/joda.v3i2.11389>
- Kabuam, W., & Nathan, I. A. (2024a). *Smart Leadership Dalam Pendidikan Tinggi: Membangun Perilaku Organisasi Yang Adaptif Dan Kolaboratif*. 10.
- Kabuam, W., & Nathan, I. A. (2024b). *Smart Leadership Dalam Pendidikan Tinggi: Membangun Perilaku Organisasi Yang Adaptif Dan Kolaboratif*. 10.
- Karimi (2016). (n.d.).
- Labajo, V., & Nagel, S. (2025). Delivering seamless urban mobility: Expert recommendations and best practices for consumer-centric Mobility-as-a-Service solutions. *Urban, Planning and Transport Research*, 13(1), 2501999. <https://doi.org/10.1080/21650020.2025.2501999>
- Lartey, D., & Law, K. M. Y. (2025). Artificial intelligence adoption in urban planning governance: A systematic review of advancements in decision-making, and policy making. *Landscape and Urban Planning*, 258, 105337. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105337>
- Luusua, A., Ylipulli, J., Foth, M., & Aurigi, A. (2023). Urban AI: Understanding the emerging role of artificial intelligence in smart cities. *AI & SOCIETY*, 38(3), 1039–1044. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01537-5>
- McKinsey Global Institute (2017). (n.d.).
- Moussaoui, M. E. (2024). *Artificial Intelligence And The City*. 7(1).
- Mu, P. (2024). Artificial intelligence and the city: Urbanistic perspectives on AI: by Federico Cugurullo, Federico Caprotti, Matthew Cook, Andrew Karvonen, Pauline McGuirk, Simon Marvin, London: Routledge, 2023, 400 + xx pp. £36.99 Paperback (ISBN 9781032431468); £135.00 hardcover (ISBN 9781032431475), £33.29 eBook (ISBN 9781003365877). *Social & Cultural Geography*, 25(8), 1352–1354. <https://doi.org/10.1080/14649365.2024.2359809>
- Nation, U. (2019). *World urbanization prospects: The 2018 revision*. United Nations.
- Nitzsche, E., & Tscharaktschiew, S. (2013). Efficiency of speed limits in cities: A spatial computable general equilibrium assessment. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 56, 23–48. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.08.004>
- Pemanfaatan AI untuk Badan Perencanaan Pembangunan Daerah >>. (2024, September 18). <https://biizaa.com/pemanfaatan-ai-untuk-badan-perencanaan-pembangunan-daerah/>
- Peng, Z.-R., Lu, K.-F., Liu, Y., & Zhai, W. (2024). The Pathway of Urban Planning AI: From Planning Support to Plan-Making. *Journal of Planning Education and Research*, 44(4), 2263–2279. <https://doi.org/10.1177/0739456X231180568>
- Rane, N., Choudhary, S., & Rane, J. (2024). Artificial intelligence for enhancing resilience. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 5(2), 1–33. <https://doi.org/10.48185/jaai.v5i2.1053>
- Sahin, S., Iban, M. C., & Bilgilioglu, S. S. (2024). Remote Sensing-Enabled Urban Growth Simulation Overlaid with AHP-GIS-Based Urban Land Suitability for Potential Development in Mersin Metropolitan Area, Türkiye. *Applied Sciences*, 14(8), 3484. <https://doi.org/10.3390/app14083484>
- Sanchez, T. W., Brenman, M., & Ye, X. (2025). The Ethical Concerns of Artificial Intelligence in Urban Planning. *Journal of the American Planning Association*, 91(2), 294–307. <https://doi.org/10.1080/01944363.2024.2355305>
- Santosa, C. A., & Prihandono, D. E. (n.d.). *Artificial Intelligent (AI) dan Interior Designer Suatu Tantangan, Peluang, dan Adaptasi*.
- Santosa, C. A., & Prihandono, D. E. (2025). *Artificial Intelligent (AI) dan Interior Designer Suatu Tantangan, Peluang, dan Adaptasi*.
- Shafique, A., Cao, G., Khan, Z., Asad, M., & Aslam, M. (2022). Deep Learning-Based Change Detection in Remote Sensing Images: A Review. *Remote Sensing*, 14(4), 871. <https://doi.org/10.3390/rs14040871>
- Shi, W., Yu, Y., Liu, Z., Chen, R., & Chen, L. (2022). A deep-learning approach for modelling pedestrian movement uncertainty in large- scale indoor areas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 114, 103065. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103065>
- Smart Nation Singapore (2022). (n.d.).
- Son, T. H., Weedon, Z., Yigitcanlar, T., Sanchez, T., Corchado, J. M., & Mehmood, R. (2023). Algorithmic urban planning for smart and sustainable development: Systematic review of the literature. *Sustainable Cities and Society*, 94, 104562. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104562>
- Toharudin, Tony (2024). (n.d.).
- Tomor, Z., Przeybilovicz, E., & Leleux, C. (2021). Smart governance in institutional context: An in-depth analysis of Glasgow, Utrecht, and Curitiba. *Cities*, 114, 103195. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103195>
- UN Habitat 2022. (n.d.).

- Vemuri, V. K. (2014a). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, by Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 16(2), 112–115. <https://doi.org/10.1080/15228053.2014.943094>
- Vemuri, V. K. (2014b). *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, by Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 16(2), 112–115. <https://doi.org/10.1080/15228053.2014.943094>
- Wang, T., & Yorke-Smith, N. (2025). Introduction: AI for and in Urban Planning. *Urban Planning*, 10, 9417. <https://doi.org/10.17645/up.9417>
- WEF Annual Report (2021)*. (n.d.).
- Xu, H., Omitaomu, F., Sabri, S., Zlatanova, S., Li, X., & Song, Y. (2024). Leveraging generative AI for urban digital twins: A scoping review on the autonomous generation of urban data, scenarios, designs, and 3D city models for smart city advancement. *Urban Informatics*, 3(1), 29. <https://doi.org/10.1007/s44212-024-00060-w>
- Xue, L., & Pang, Z. (2022). Ethical governance of artificial intelligence: An integrated analytical framework. *Journal of Digital Economy*, 1(1), 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.jdec.2022.08.003>
- Yigitcanlar, T., Kankanamge, N., Regona, M., Ruiz Maldonado, A., Rowan, B., Ryu, A., Desouza, K. C., Corchado, J. M., Mehmood, R., & Li, R. Y. M. (2020). Artificial Intelligence Technologies and Related Urban Planning and Development Concepts: How Are They Perceived and Utilized in Australia? *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(4), 187. <https://doi.org/10.3390/joitmc6040187>
- Zou, N. (2025). Research on urban planning and design based on artificial intelligence algorithm. *Procedia Computer Science*, 261, 1306–1312. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.05.006>