

Mewujudkan Transformasi Digital Berkelanjutan untuk Evolusi Kota Cerdas: Tinjauan Literatur Sistematis

Hariyadi¹✉, Waradzi Mustaqim², Dwi Pratiwi Wulandari³

¹Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Indonesia

²Universitas Teknologi Nusantara, Indonesia

³Universitas Negeri Padang, Indonesia

✉Corresponding Author: hariefamily@yahoo.co.id

ABSTRAK

Di era saat ini, perkembangan teknologi informasi yang berkelanjutan menjadi katalis utama dalam mengubah kota-kota modern menjadi pusat kota cerdas. Transformasi digital yang berkelanjutan sangat penting untuk memandu kota-kota cerdas menuju masa depan yang ditandai oleh efisiensi dan keberlanjutan. Artikel ini mengeksplorasi konsep transformasi digital berkelanjutan dalam konteks evolusi kota cerdas, menekankan perannya dalam meningkatkan efisiensi sumber daya, mengurangi emisi karbon, dan meningkatkan layanan publik. Integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT), analisis data besar, dan kecerdasan buatan (AI) membentuk fondasi kota cerdas yang berkelanjutan. Keberlanjutan tidak hanya mencakup aspek lingkungan tetapi juga dimensi sosial dan ekonomi, yang menekankan inklusivitas dan partisipasi masyarakat. Namun, tantangan, termasuk integrasi sistem yang kompleks, kendala keuangan, dan kebutuhan akan langkah-langkah keamanan yang kuat, harus diatasi untuk transformasi digital berkelanjutan yang sukses. Tujuan penelitian ini meliputi melakukan investigasi mendalam melalui tinjauan literatur sistematis, dengan fokus pada manfaat, peran, dan tantangan. Studi ini memberikan wawasan berharga untuk mendorong diskusi tentang arah masa depan transformasi digital berkelanjutan untuk kota-kota cerdas, yang bertujuan untuk mendukung pengembangan kota-kota yang cerdas dan berkelanjutan. Tinjauan pustaka sistematis mengikuti metode PRISMA, yang merumuskan pertanyaan penelitian untuk mengeksplorasi manfaat, peran, dan tantangan transformasi digital berkelanjutan. Temuan tersebut menyoroti potensi transformatif praktik digital berkelanjutan, yang menekankan perlunya mengatasi tantangan demi keberhasilan evolusi kota pintar.

Kata Kunci: kota cerdas, digital, keberlanjutan, transformatik

A. Pendahuluan

Di era ini, perkembangan teknologi informasi menjadi pendorong utama dalam mengubah wajah kota modern menjadi pusat kota cerdas [1]. Transformasi digital yang berkelanjutan menjadi kunci dalam mengarahkan evolusi kota cerdas menuju masa depan yang berkelanjutan dan efisien [2]. Konsep kota cerdas menjadi sorotan utama dalam bidang perkotaan, yang mengintegrasikan teknologi informasi untuk meningkatkan kualitas hidup warganya. Dalam perkembangannya, transformasi digital yang berkelanjutan diperlukan agar kota cerdas dapat terus beradaptasi dengan perubahan lingkungan dan kebutuhan masyarakat [3]. Penerapan teknologi berkelanjutan dalam transformasi digital kota cerdas berdampak positif pada efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan emisi karbon, dan peningkatan layanan publik [4]. Inovasi seperti Internet of Things (IoT), analisis big data, dan kecerdasan buatan (AI) menjadi komponen utama dalam membentuk fondasi kota cerdas yang berkelanjutan [5]. Keberlanjutan dalam konteks transformasi digital tidak hanya terbatas pada efisiensi energi atau pengelolaan limbah, tetapi juga melibatkan aspek sosial dan ekonomi [6,7]. Inklusivitas dan partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan menjadi landasan untuk memastikan keberlanjutan kota cerdas dalam jangka panjang [8].

Salah satu tantangan utama dalam mewujudkan transformasi digital berkelanjutan adalah integrasi sistem yang kompleks [9]. Sistem kota pintar perlu dirancang dan dikelola dengan cermat untuk memastikan interoperabilitas antara platform dan mendukung pertumbuhan berkelanjutan [10–12]. Kolaborasi antara sektor publik dan swasta merupakan elemen kunci dalam menciptakan ekosistem transformasi digital yang berkelanjutan. Keterlibatan sektor swasta tidak hanya membantu dalam pembiayaan proyek, tetapi juga membawa inovasi dan keahlian yang dibutuhkan untuk memajukan kota pintar [13,14]. Pentingnya keamanan dalam lingkungan digital semakin menjadi perhatian utama dalam transformasi kota pintar [15]. Perlindungan data, keamanan jaringan, dan keamanan siber merupakan aspek penting yang harus diperhatikan untuk menjaga integritas sistem dan melindungi hak privasi warga negara [16,17]. Dalam konteks keberlanjutan, energi terbarukan dan efisiensi energi menjadi fokus utama dalam transformasi digital kota pintar. Memanfaatkan teknologi untuk pemantauan dan pengelolaan sumber daya energi yang cerdas dapat memberikan kontribusi besar dalam mengurangi jejak karbon kota [18].

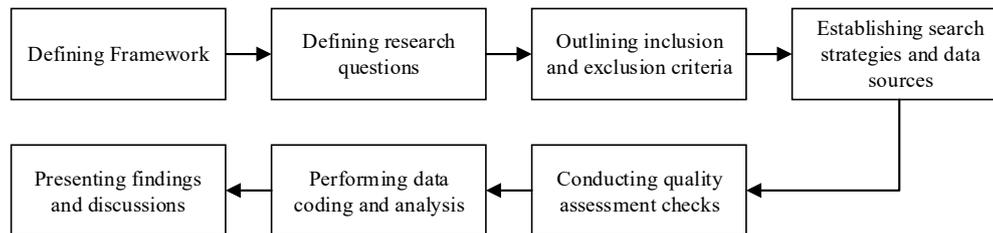
Edukasi dan kesadaran masyarakat merupakan elemen penting dalam menghadapi perubahan menuju kota pintar yang berkelanjutan. Pemahaman masyarakat terhadap manfaat transformasi digital dalam kehidupan sehari-hari dapat mendorong adopsi teknologi dan mendukung keberlanjutan kota. [19]Terwujudnya transformasi digital berkelanjutan untuk evolusi kota pintar bukanlah tujuan akhir, tetapi perjalanan berkelanjutan untuk membangun kota yang adaptif, inklusif, dan ramah lingkungan. Visi ini menuntut kolaborasi berkelanjutan, inovasi berkelanjutan, dan komitmen untuk menciptakan kota pintar yang tidak hanya cerdas, tetapi juga berkelanjutan untuk generasi mendatang [20].

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk melakukan investigasi mendalam dan menyusun pemahaman komprehensif tentang konsep transformasi digital berkelanjutan dalam konteks evolusi kota pintar. Dengan mengadopsi metode tinjauan pustaka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Penelitian ini bertujuan untuk mendorong diskusi yang lebih mendalam tentang tantangan, peluang, dan arah penelitian masa depan di bidang transformasi digital untuk kota pintar yang berkelanjutan. Kesimpulan yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan wawasan berharga dan mendukung pengembangan kota pintar yang tidak hanya cerdas tetapi juga berkelanjutan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memahami bagaimana transformasi digital dapat diimplementasikan secara berkelanjutan dalam evolusi kota pintar.

B. Metode

Melakukan telaah pustaka sistematis (SLR) merupakan langkah awal yang krusial dalam proses penelitian, yang menyediakan landasan bagi sintesis pengetahuan dan membantu dalam mengidentifikasi kesenjangan penelitian dalam studi yang ada [21]. Metode ini melibatkan perumusan pertanyaan penelitian yang eksplisit, pemeriksaan studi yang relevan untuk penerapannya [22], dan evaluasi kualitasnya berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Dalam artikel telaah ini, telaah sistematis dilakukan dengan menggunakan protokol telaah [23]. Protokol ini terdiri dari tujuh fase berbeda, yang meliputi pendefinisian kerangka kerja, pendefinisian pertanyaan penelitian, penggarisan kriteria inklusi dan eksklusi,

penetapan strategi pencarian dan sumber data, pelaksanaan pemeriksaan penilaian kualitas, pelaksanaan pengkodean dan analisis data, dan penyajian temuan dan diskusi, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Protokol Peninjauan yang Diadopsi dalam Penelitian Ini

1. Kerangka PICO

Kerangka kerja PICO berfungsi sebagai panduan terstruktur bagi para peneliti, membantu mereka menyusun pertanyaan-pertanyaan terfokus yang memfasilitasi tinjauan pustaka sistematis dan pengambilan keputusan berbasis bukti [24]. Tabel 1 mengilustrasikan Kerangka Kerja PICO penelitian ini.

Tabel 1. Kerangka PICO

Aspek	Keterangan
Populasi (P)	: Kota-kota modern mengalami transformasi digital menjadi pusat perkotaan cerdas, dengan fokus pada pembangunan berkelanjutan dan efisien.
Intervensi (I)	: Penerapan teknologi berkelanjutan dalam transformasi digital kota pintar, termasuk IoT, analisis data besar, dan AI.
Perbandingan (C)	: Perbandingan dampak transformasi digital berkelanjutan terhadap efisiensi sumber daya, pengurangan emisi karbon, dan peningkatan layanan publik.
Hasil (O)	: Hasil positif dari transformasi digital berkelanjutan, seperti peningkatan efisiensi sumber daya, pengurangan emisi karbon, dan peningkatan layanan publik.

2. Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian memegang peranan penting dalam membantu peneliti menentukan cakupan pekerjaan mereka dan menjawab isu-isu yang akan diteliti dalam penelitian. Oleh karena itu, dalam studi tinjauan ini, tiga pertanyaan penelitian dikembangkan untuk memberikan panduan bagi penelitian. Pertanyaan penelitian yang dirumuskan adalah sebagai berikut:

- RQ 1 : Apa manfaat penerapan transformasi digital berkelanjutan untuk mencapai evolusi kota pintar?
- RQ 2 : Apa peran transformasi digital berkelanjutan dalam mencapai evolusi kota pintar?
- RQ 3 : Apa tantangan transformasi digital berkelanjutan dalam mencapai evolusi kota pintar?

3. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria literatur terdiri dari kriteria inklusi dan eksklusi dan kriteria dalam penelitian ini disesuaikan dengan kerangka PICO yang telah dibuat sebelumnya dengan penambahan sebagai berikut yang ditunjukkan pada Tabel 2.

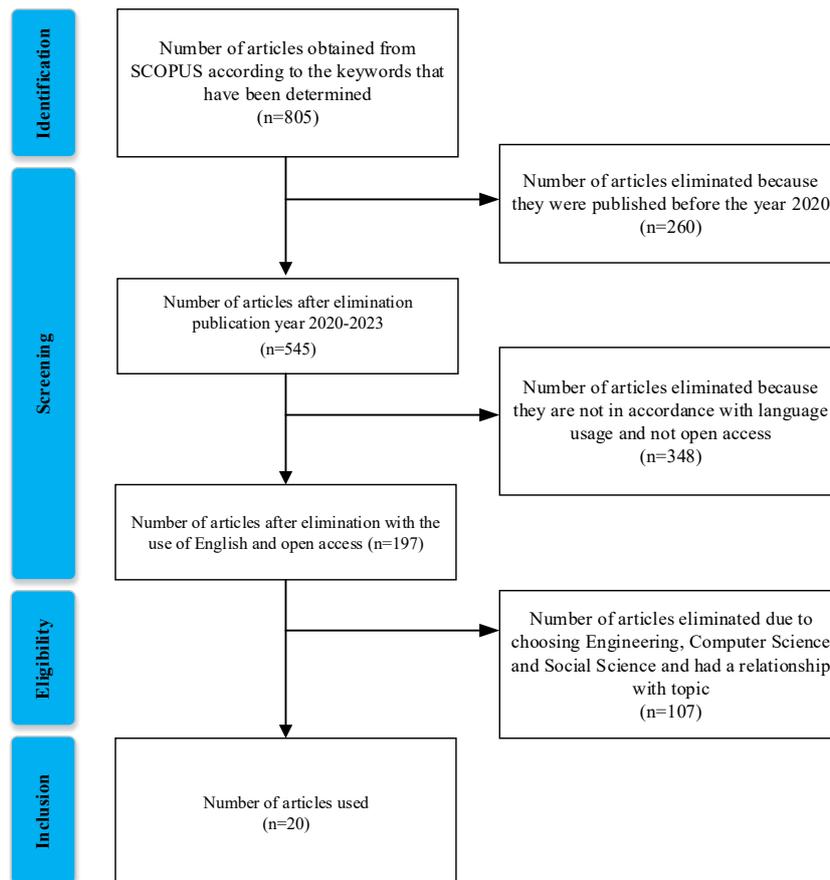
Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria	Penyertaan	Pengecualian
Subjek	Penelitian tentang teknologi seputar transformasi digital dan kota pintar.	Di luar penelitian tentang transformasi digital dan kota pintar
Bahasa	Bahasa Inggris	Tidak dalam bahasa Inggris
Sumber	Artikel penelitian yang sepenuhnya dapat diakses dan diselesaikan diambil dari Scopus	Artikel penelitian yang belum sepenuhnya dapat diakses dan diselesaikan serta diambil dari Scopus
Jenis artikel	4 tahun terakhir (2020-2023)	Sebelum tahun 2020
Jangka waktu	Penerapan transformasi digital berkelanjutan dan evolusi kota pintar.	Artikel yang setelah dilakukan analisis mendalam tidak sesuai dengan permasalahan penelitian
Tema Jurnal	Teknik, Ilmu Komputer dan Ilmu Sosial	Selain Teknik, Ilmu Komputer dan Ilmu Sosial
Daerah	Riset tentang teknologi seputar transformasi digital, kehidupan perkotaan, dan kota pintar	Penelitian di luar bidang transformasi digital, kehidupan perkotaan, dan kota pintar

4. Strategi pencarian dan sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut berupa hasil penelitian yang dipublikasikan pada jurnal daring. Pencarian data dilakukan melalui Scopus. Pencarian artikel dilakukan dengan menggabungkan beberapa kata kunci yang telah diperoleh dengan bantuan operator boolean (AND, OR), yaitu ((“transformasi digital*” ATAU “digitalisasi*” ATAU “Internet of Things”*) AND (“sustainability*” ATAU “urbanisasi” ATAU “kota pintar*” ATAU “pembangunan perkotaan”)).

Tahap pencarian dan penyempurnaan studi tinjauan ini mengikuti pedoman Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA), sebuah metodologi yang sebelumnya digunakan dalam studi tinjauan transformasi digital lainnya [25]. Diagram alir PRISMA diilustrasikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Seleksi dengan PRISMA

5. Strategi pencarian dan sumber data

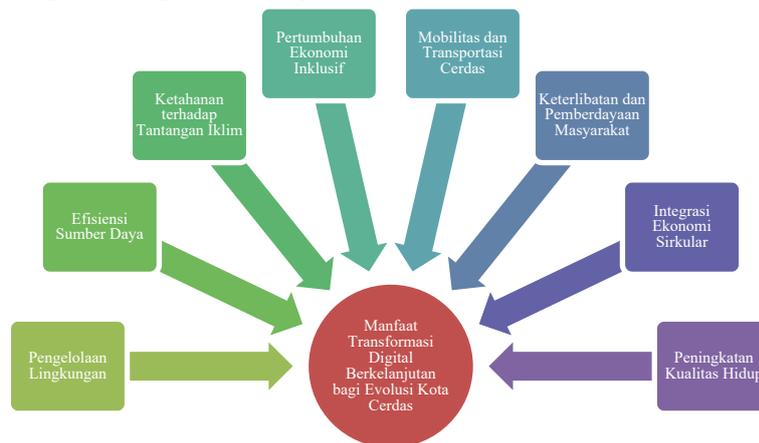
Pemeriksaan kualitas makalah yang diambil merupakan langkah penting, dan Quality Assessment Check (QAC) memainkan peran kunci dalam evaluasi ini. Kriteria QAC melibatkan penilaian apakah sumber yang dipilih termasuk dalam indeks Scopus. Hasil yang diperoleh dari sumber yang dipilih menunjukkan bahwa semua makalah yang dipilih, dengan total 100%, diindeks dalam Scopus. Analisis deskriptif dari 20 studi terakhir melibatkan pengkodean, ekstraksi, dan sintesis tema-tema utama yang terkait dengan transformasi digital berkelanjutan di kota-kota yang sedang berkembang. Tahap studi ini berkontribusi pada pemahaman yang lebih komprehensif tentang peran transformasi digital berkelanjutan di kota-kota pintar. Bagian selanjutnya memanfaatkan wawasan yang diperoleh dari makalah yang diperiksa untuk menjawab pertanyaan penelitian.

C. Hasil dan Pembahasan

Mengenai studi terpilih tentang transformasi digital berkelanjutan dalam evolusi kota pintar yang berlangsung dari tahun 2020 hingga 2023, hasil tinjauan ini disajikan sesuai dengan pertanyaan penelitian yang disebutkan sebelumnya.

1. Manfaat Transformasi Digital Berkelanjutan bagi Evolusi Kota Cerdas

Evolusi kota pintar ditingkatkan secara signifikan melalui transformasi digital yang berkelanjutan, yang menghadirkan berbagai keuntungan di berbagai dimensi. Penggabungan praktik berkelanjutan dengan inovasi digital memberdayakan kota pintar untuk mencapai pembangunan perkotaan yang komprehensif, menghasilkan hasil yang positif. Manfaat penting dari transformasi digital berkelanjutan dalam perkembangan kota pintar mencakup komitmen terhadap tanggung jawab lingkungan. Manfaat transformasi digital berkelanjutan untuk evolusi kota pintar dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Manfaat Transformasi Digital Berkelanjutan bagi Evolusi Kota Pintar

Ini melibatkan memprioritaskan solusi ramah lingkungan, dengan demikian mengurangi emisi karbon dan meminimalkan jejak ekologis. Dengan menggabungkan teknologi hemat energi, mengoptimalkan pengelolaan limbah, dan mendorong perencanaan perkotaan yang ramah lingkungan, kota pintar berkontribusi pada keberlanjutan lingkungan jangka panjang [1,18]. Lebih jauh lagi, optimalisasi pemanfaatan sumber daya adalah keuntungan utama yang dicapai melalui teknologi digital. Pemantauan waktu nyata, analisis data, dan jaringan pintar memungkinkan manajemen sumber daya yang tepat, yang mengarah pada pengurangan limbah dan promosi pola konsumsi yang bertanggung jawab di berbagai bidang seperti energi, air, dan material [26,27]. Transformasi digital yang berkelanjutan juga membekali kota pintar dengan ketahanan untuk menahan tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dan masalah lingkungan. Melalui wawasan berbasis data, kota dapat mengembangkan strategi dan infrastruktur adaptif yang bertahan dari dampak perubahan iklim, memastikan keberlanjutan jangka panjang [28].

Penggabungan keberlanjutan ke dalam upaya transformasi digital memastikan pembangunan ekonomi yang inklusif, yang menguntungkan semua lapisan masyarakat. Pendekatan ini mendorong terciptanya lapangan kerja hijau, mendukung ekonomi lokal, dan mendorong praktik bisnis yang bertanggung jawab secara sosial, yang berkontribusi pada distribusi peluang ekonomi yang lebih adil [6,29]. Mobilitas cerdas dan berkelanjutan merupakan aspek penting lainnya yang difasilitasi oleh transformasi digital yang berkelanjutan. Ini termasuk integrasi kendaraan listrik, manajemen lalu lintas yang cerdas, dan transportasi umum yang dioptimalkan, yang menghasilkan pengurangan kemacetan, emisi yang lebih rendah, dan peningkatan mobilitas bagi penduduk [30].

Selain itu, praktik digital berkelanjutan memberdayakan masyarakat dengan menyediakan informasi dan alat bagi warga negara untuk berpartisipasi aktif dalam proses pengambilan keputusan. Hal ini mendorong keterlibatan masyarakat, transparansi dalam tata kelola, dan memastikan bahwa warga memainkan peran penting dalam pembangunan berkelanjutan kota mereka [31]. Kota pintar dapat lebih jauh merangkul model ekonomi sirkular melalui praktik digital berkelanjutan, meminimalkan limbah, mempromosikan daur ulang, dan merancang produk dan layanan dengan penekanan pada umur panjang dan penggunaan kembali. Ini berkontribusi pada ekosistem perkotaan yang lebih berkelanjutan dan sirkular [32]. Integrasi keberlanjutan dan transformasi digital berpuncak pada peningkatan kualitas hidup warga secara menyeluruh. Dari udara yang lebih bersih dan pengelolaan limbah yang efisien hingga ruang publik yang lebih baik dan infrastruktur cerdas, transformasi digital berkelanjutan menciptakan lingkungan yang mempromosikan kesejahteraan [3]. Terakhir, ketergantungan pada analisis data untuk pengambilan keputusan berkelanjutan dalam perencanaan perkotaan, alokasi sumber daya, dan pengembangan kebijakan memastikan bahwa tujuan keberlanjutan dapat diukur, dapat dicapai, dan terus dioptimalkan berdasarkan informasi waktu nyata [1].

2. Peran Transformasi Digital Berkelanjutan untuk Evolusi Kota Cerdas

Transformasi digital yang berkelanjutan menjadi landasan dalam perkembangan kota pintar, memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi, ketahanan, dan pembangunan secara keseluruhan. Ada empat area peran di mana transformasi digital yang berkelanjutan memberikan dampak signifikan dalam mencapai evolusi kota pintar yang ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Peran Transformasi Digital Berkelanjutan bagi Evolusi Kota Cerdas

No	Peran	Keterangan
1	Manajemen Sumber Daya yang Efisien	- Efisiensi Energi - Pengelolaan Air
2	Mobilitas Perkotaan Terpadu	- Transportasi Cerdas - Berbasis Data
3	Infrastruktur yang Tangguh	- IoT dan Jaringan Sensor - Penanggulangan Bencana
4	Keterlibatan Warga dan Kualitas Hidup	- Layanan Digital - Keterlibatan Masyarakat

Dalam bidang efisiensi energi, kota pintar memanfaatkan teknologi digital berkelanjutan seperti jaringan pintar, sistem pencahayaan cerdas, dan bangunan hemat energi. Inovasi ini memungkinkan optimalisasi konsumsi energi, sehingga mengurangi permintaan energi dan emisi karbon secara keseluruhan. Selain itu, dalam pengelolaan air, penerapan sensor pintar dan analisis data memfasilitasi pemantauan dan konservasi sumber daya air yang efisien [1,33]. Transformasi digital menghasilkan sistem transportasi cerdas dalam kota pintar. Ini termasuk pemantauan lalu lintas waktu nyata, penerapan solusi parkir cerdas, dan pengembangan sistem transportasi umum yang efisien [12]. Melalui pengambilan keputusan berbasis data yang didukung oleh analisis dan kecerdasan buatan, kota pintar dapat membuat pilihan yang tepat terkait infrastruktur transportasi [34].

Transformasi digital yang berkelanjutan memungkinkan penerapan perangkat Internet of Things (IoT) dan jaringan sensor untuk memantau komponen infrastruktur penting seperti jembatan, jalan, dan utilitas [10]. Data real-time yang dihasilkan oleh teknologi ini memfasilitasi pemeliharaan prediktif, memastikan ketahanan dan daya tahan struktur penting. Selain itu, kota pintar menggunakan teknologi digital untuk manajemen bencana yang efektif, memanfaatkan sensor, data satelit, dan jaringan komunikasi untuk meningkatkan kesiapsiagaan dan respons terhadap bencana alam dan keadaan darurat [5].

Melalui penyediaan layanan digital pada platform daring, transformasi digital yang berkelanjutan meningkatkan aksesibilitas dan efisiensi layanan publik. Hal ini mencakup berbagai fungsi layanan kesehatan, pendidikan, dan pemerintahan, yang berkontribusi pada peningkatan kualitas hidup warga secara menyeluruh [3,8]. Selain itu, inisiatif kota pintar secara aktif melibatkan keterlibatan warga melalui platform digital, yang memungkinkan warga berpartisipasi dalam proses pengambilan keputusan, memberikan umpan balik, dan berkontribusi pada pembangunan dan keberlanjutan kota yang sedang berlangsung.

3. Tantangan Transformasi Digital Berkelanjutan untuk Evolusi Kota Cerdas

Meskipun transformasi digital yang berkelanjutan membawa banyak manfaat bagi evolusi kota pintar, transformasi ini juga menghadirkan beberapa tantangan yang perlu diatasi. Berikut adalah beberapa tantangan utama yang terkait dengan transformasi digital yang berkelanjutan transformasi untuk kota pintar ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Tantangan Transformasi Digital Berkelanjutan untuk Evolusi Kota Pintar

Realisasi transformasi digital berkelanjutan di kota pintar menghadapi rintangan penting terkait keterbatasan finansial yang terkait dengan adopsi teknologi dan infrastruktur canggih [32]. Dampak dari sumber daya keuangan yang tidak memadai cukup besar, menghalangi penerapan solusi berkelanjutan dan membatasi kapasitas kota pintar untuk berinvestasi dalam teknologi canggih [35]. Keterbatasan ini dapat menyebabkan penundaan proyek atau pengurangan skala, yang pada akhirnya membatasi cakupan dan efektivitas keseluruhan inisiatif transformasi digital. Akibatnya, sangat penting bagi kota pintar untuk berinovasi dalam model pendanaan dan menumbuhkan kemitraan antara sektor publik dan swasta untuk menavigasi tantangan keuangan ini.

Memastikan keterlibatan dan inklusivitas yang bermakna dalam inisiatif kota pintar menghadirkan tantangan yang bernuansa, yang memerlukan partisipasi aktif dari warga dalam proses pengambilan keputusan dan pertimbangan berbagai kebutuhan masyarakat [36].

Dampak dari kurangnya keterlibatan masyarakat cukup signifikan, yang berpotensi mengakibatkan resistensi, skeptisisme, atau penolakan terhadap proyek transformasi digital. Selain itu, hal itu dapat menyebabkan solusi yang tidak cukup memenuhi persyaratan unik dari berbagai segmen populasi [8]. Untuk mengatasi tantangan ini, kota pintar harus menerapkan strategi komunikasi yang kuat, mempromosikan transparansi, dan merangkul pendekatan inklusif yang mengakomodasi keragaman sosial, budaya, dan ekonomi dalam populasi mereka [19].

Perkembangan teknologi digital yang pesat menghadirkan tantangan dalam menyusun kerangka regulasi dan kebijakan yang komprehensif untuk mengatur inisiatif kota pintar secara efektif. Dampak dari tidak adanya kerangka regulasi yang jelas dan adaptif patut diperhatikan, yang berpotensi menimbulkan kekhawatiran terkait etika, privasi, dan potensi penyalahgunaan data [37,38]. Kekurangan dalam panduan regulasi ini dapat menghambat penerapan teknologi digital yang bertanggung jawab di kota pintar. Akibatnya, kolaborasi antara kota pintar dan pembuat kebijakan menjadi penting untuk menetapkan regulasi yang tangkas dan terkini yang memastikan penggunaan teknologi yang etis, menjaga privasi warga, dan memandu pengembangan ekosistem kota pintar secara keseluruhan [37].

D. Simpulan

Dalam mengkaji studi tentang transformasi digital berkelanjutan dalam evolusi kota pintar dari tahun 2020 hingga 2023, temuannya selaras dengan pertanyaan penelitian yang diajukan sebelumnya. Tinjauan tersebut menyoroti manfaat, peran, dan tantangan yang terkait dengan transformasi digital berkelanjutan dalam membentuk lintasan kota pintar selama periode ini. Sebagai kesimpulan, sintesis hasil dan diskusi menekankan potensi transformatif praktik digital berkelanjutan dalam membentuk kota pintar. Manfaat yang diidentifikasi menggarisbawahi dampak positif pada keberlanjutan lingkungan, pembangunan ekonomi, dan kualitas hidup penduduk secara keseluruhan. Peran tersebut menjelaskan bagaimana transformasi digital berkelanjutan secara aktif berkontribusi pada manajemen sumber daya yang efisien, mobilitas perkotaan, ketahanan infrastruktur, dan keterlibatan warga. Namun, tantangan yang diuraikan menyoroti perlunya pendekatan strategis untuk mengatasi kendala keuangan, mendorong keterlibatan masyarakat, dan membangun kerangka kerja regulasi yang adaptif. Seiring dengan terus berkembangnya kota pintar, temuan tersebut menggarisbawahi pentingnya menavigasi tantangan ini untuk sepenuhnya mewujudkan potensi manfaat transformasi digital berkelanjutan.

Daftar Pustaka

1. Bibri, SE; Krogstie, J. Kota Cerdas Berbasis Data yang Muncul dan Solusi Terapan Inovatif untuk Keberlanjutan: Kasus London dan Barcelona. *Informatika Energi* 2020 , 3 , 1–42.
2. Kumar, H.; Singh, MK; Gupta, MP; Madaan, J. Bergerak Menuju Kota Cerdas: Solusi yang Menuju Kerangka Transformasi Kota Cerdas. *Ramalan Teknologi Perubahan Sosial* 2020 , 153 , 119281.
3. Chen, Z.; Chan, ICC Smart Cities dan Kualitas Hidup: Analisis Kuantitatif Dukungan Warga terhadap Pengembangan Smart City. *Teknologi Informasi & Manusia* 2023 , 36 , 263–285.

4. Zhang, B.; Dong, W.; Yao, J. Bagaimana Transformasi Digital Tata Kelola Kota Mempengaruhi Polusi Lingkungan: Eksperimen Alami dari Kebijakan Percontohan “Kota Informasi Nasional untuk Layanan Publik” di Tiongkok. *Keberlanjutan* 2022 , 14 , 14158.
5. Alahi, MEE; Sukkuea, A.; Tina, FW; Nag, A.; Kurdthongmee, W.; Suwannarat, K.; Mukhopadhyay, SC Integrasi Teknologi Berbasis IoT dan Kecerdasan Buatan (AI) untuk Skenario Kota Cerdas: Kemajuan Terkini dan Tren Masa Depan. *Sensor* 2023 , 23 , 5206.
6. Maiurova, A.; Kurniawan, TA; Kustikova, M.; Bykovskaia, E.; Othman, MHD; Singh, D.; Goh, HH Mempromosikan Transformasi Digital dalam Layanan Pengumpulan Sampah dan Daur Ulang Sampah di Moskow (Rusia): Menerapkan Paradigma Ekonomi Sirkular untuk Mengurangi Dampak Perubahan Iklim terhadap Lingkungan. *J Clean Prod* 2022 , 354 , 131604.
7. Pauliuk, S.; Koslowski, M.; Madhu, K.; Schulte, S.; Kilchert, S. Desain Bersama Transformasi Digital dan Strategi Pembangunan Berkelanjutan-Apa yang Dapat Disumbangkan oleh Penelitian Ekologi Sosial-Metabolisme dan Industri. *J Clean Prod* 2022 , 343 , 130997.
8. Caputo, F.; Magliocca, P.; Canestrino, R.; Rescigno, E. Memikirkan Kembali Peran Teknologi untuk Keterlibatan Warga dan Pembangunan Berkelanjutan di Kota Cerdas. *Keberlanjutan* 2023 , 15 , 10400.
9. Teng, X.; Wu, Z.; Yang, F. Penelitian tentang Hubungan antara Transformasi Digital dan Kinerja UKM. *Keberlanjutan* 2022 , 14 , 6012.
10. Bellini, P.; Nesi, P.; Pantaleo, G. Kota Cerdas Berbasis IoT: Tinjauan Konsep, Kerangka Kerja, dan Teknologi Utama. *Ilmu Terapan* 2022 , 12 , 1607.
11. Al Sharif, R.; Pokharel, S. Dimensi Kota Cerdas dan Risiko Terkait: Tinjauan Pustaka. *Sustain Cities Soc* 2022 , 77 , 103542.
12. Gracias, JS; Parnell, GS; Specking, E.; Pohl, EA; Buchanan, R. Kota Cerdas—Tinjauan Literatur Terstruktur. *Kota Cerdas* 2023 , 6 , 1719–1743.
13. Sassanelli, C.; Terzi, S. Model Referensi D-BEST: Dukungan Fleksibel dan Berkelanjutan untuk Transformasi Digital Usaha Kecil dan Menengah. *Jurnal Global Manajemen Sistem Fleksibel* 2022 , 23 , 345–370.
14. Leite, E. Jaringan Inovasi untuk Dampak Sosial: Sebuah Studi Empiris tentang Kolaborasi Multi-Aktor dalam Proyek untuk Kota Cerdas. *J Bus Res* 2022 , 139 , 325–337.
15. Yaqoob, I.; Salah, K.; Jayaraman, R.; Omar, M. Aplikasi Metaverse di Kota Cerdas: Teknologi Pemungkin, Peluang, Tantangan, dan Arah Masa Depan. *Internet untuk Segala Hal* 2023 , 100884.
16. Khan, F.; Mer, A. Merangkul Teknologi Kecerdasan Buatan: Implikasi Hukum dengan Referensi Khusus terhadap Inisiatif Perlindungan Data Uni Eropa. Dalam *Transformasi Digital, Ketahanan Strategis, Keamanan Siber, dan Manajemen Risiko* ; Emerald Publishing Limited, 2023; hlm. 119–141 ISBN 1569-3759.
17. Xia, L.; Semirumi, DT; Rezaei, R. Pemeriksaan Menyeluruh Aplikasi Kota Cerdas: Menjelajahi Tantangan dan Solusi Sepanjang Siklus Hidup dengan Penekanan pada Perlindungan Privasi Warga. *Sustain Cities Soc* 2023 , 98 , 104771.
18. Almihat, MGM; Kahn, MTE; Aboalez, K.; Almaktoof, AM Energi dan Pembangunan Berkelanjutan di Kota Cerdas: Tinjauan Umum. *Kota Cerdas* 2022 , 5 , 1389–1408.
19. Kim, S.-C.; Hong, P.; Lee, T.; Lee, A.; Park, S.-H. Menentukan Prioritas Strategis untuk Pengembangan Kota Cerdas: Studi Kasus Kota Cerdas di Korea Selatan dan Internasional. *Keberlanjutan* 2022 , 14 , 10001.

20. Javed, AR; Shahzad, F.; ur Rehman, S.; Zikria, Y. Bin; Razzak, I.; Jalil, Z.; Xu, G. Kota Cerdas Masa Depan: Persyaratan, Teknologi Baru, Aplikasi, Tantangan, dan Aspek Masa Depan. *Kota* 2022 , 129 , 103794.
21. Xiong, RR; Liu, CZ; Choo, K.-KR Mensintesis Pengetahuan melalui Protokol Tinjauan Literatur Sistematis Berbasis Analisis Data. *Batasan Sistem Informasi* 2023 , 1–24.
22. Sahoo, SK; Goswami, SS Tinjauan Komprehensif Metode Pengambilan Keputusan Multikriteria (MCDM): Kemajuan, Aplikasi, dan Arah Masa Depan. *Kemajuan Pengambilan Keputusan* 2023 , 1 , 25–48.
23. Kitchenham, B.; Madeyski, L.; Budgen, D. SEGRESS: Pedoman Rekayasa Perangkat Lunak untuk Melaporkan Studi Sekunder. *Transaksi IEEE tentang Rekayasa Perangkat Lunak* 2022 , 49 , 1273–1298.
24. Berger-Höger, B.; Lewis, KB; Cherry, K.; FINDERUP, J.; Gunderson, J.; Kaden, J.; Kienlin, S.; Rahn, AC; Sikora, L.; Stacey, D. Faktor Penentu Praktik dalam Memberikan Pembinaan Keputusan untuk Memfasilitasi Pengambilan Keputusan Berbasis Nilai yang Terinformasi: Protokol untuk Tinjauan Sistematis Metode Campuran. *BMJ Open* 2023 , 13 , e071478.
25. Page, MJ; Moher, D.; McKenzie, JE Pengantar PRISMA 2020 dan Implikasinya bagi Ahli Metodologi Sintesis Riset. *Metode Sintesis Res* 2022 , 13 , 156–163.
26. Hui, CX; Dan, G.; Alamri, S.; Toghraie, D. Greening Smart Cities: Sebuah Investigasi tentang Integrasi Sumber Daya Alam Perkotaan dan Teknologi Kota Cerdas untuk Mempromosikan Keberlanjutan Lingkungan. *Sustain Cities Soc* 2023 , 99 , 104985.
27. Sankarananth, S.; Karthiga, M.; Suganya, E.; Sountharajan, S.; Baviriseti, DP Optimasi Metaheuristik Berbasis AI untuk Manajemen Prediktif Produksi Energi Terbarukan di Jaringan Cerdas. *Laporan Energi* 2023 , 10 , 1299–1312.
28. Jain, H.; Dhupper, R.; Shrivastava, A.; Kumar, D.; Kumari, M. Strategi Berbasis AI untuk Adaptasi Perubahan Iklim: Melindungi Komunitas, Infrastruktur, dan Bisnis dari Dampak Perubahan Iklim. *Ilmu Komputasional Perkotaan Tanggal* 2023 , 3 , 25.
29. Cezarino, LO; Liboni, LB; Hunter, T.; Pacheco, LM; Martins, FP Tanggung Jawab Sosial Perusahaan di Pasar Berkembang: Peluang dan Tantangan untuk Integrasi Keberlanjutan. *J Clean Prod* 2022 , 362 , 132224.
30. Martínez-Peláez, R.; Ochoa-Brust, A.; Rivera, S.; Félix, VG; Ostos, R.; Brito, H.; Félix, RA; Mena, LJ Peran Transformasi Digital dalam Mencapai Keberlanjutan: Peran Pemangku Kepentingan, Kemampuan Utama, dan Teknologi yang Dimediasi. *Keberlanjutan* 2023 , 15 , 11221.
31. Agboola, OP; Tunay, M. Ketahanan Perkotaan di Era Digital: Pengaruh Teknologi Informasi-Komunikasi terhadap Keberlanjutan. *J Clean Prod* 2023 , 428 , 139304.
32. Dindarian, A. Tinjauan Umum: Inisiatif Kota Cerdas Berkelanjutan dan Ekonomi Sirkular. *Ekonomi Sirkular dan Keberlanjutan* 2022 , 369–384.
33. Ahmad, T.; Madonski, R.; Zhang, D.; Huang, C.; Mujeeb, A. Pembelajaran Mesin Probabilistik Berbasis Data dalam Energi Cerdas Berkelanjutan/Sistem Energi Cerdas: Perkembangan Utama, Tantangan, dan Peluang Penelitian Masa Depan dalam Konteks Paradigma Jaringan Cerdas. *Tinjauan Energi Terbarukan dan Berkelanjutan* 2022 , 160 , 112128.
34. Singh, SK; Pan, Y.; Park, JH Kerangka Kerja Aman Berbasis Blockchain untuk Parkir Cerdas Hemat Energi di Lingkungan Kota Berkelanjutan. *Sustain Cities Soc* 2022 , 76 , 103364.
35. Zhang, Y.; Dilanchiev, A. Pemulihan Ekonomi, Struktur Industri dan Efisiensi Pemanfaatan Sumber Daya Alam di Tiongkok: Dampaknya terhadap Pemulihan Ekonomi Hijau. *Kebijakan Sumber Daya* 2022 , 79 , 102958.

36. Akers, MAA Digital Placemaking: Analisis Partisipasi Warga di Kota Cerdas. Dalam *Smart Cities and Smart Communities: Empowering Citizens through Intelligent Technologies* ; Springer, 2022; hlm. 171–185.
37. Blasi, S.; Ganzaroli, A.; De Noni, I. Memperkaya Pembangunan Berkelanjutan di Kota: Memperkuat Keterkaitan Teoritis antara Kota Cerdas dan SDGs. *Sustain Cities Soc* **2022** , *80* , 103793.
38. Chang, Y.; Xu, J. Aplikasi Data Spasial dan Teknologi Robotik 3S dalam Perencanaan Kota Digital. *Jurnal Internasional Jaringan Cerdas* **2023** , *4* , 211–217.