

Embedded Software sebagai Fondasi Smart City: Analisis Kesiapan dan Arah Strategi Pemerintahan Digital di Indonesia

Fajar Suryani^{*1}, Pramono², Afu Ichsan Pradana³

¹²³Universitas Duta Bangsa

¹²³Surakarta

Email: ¹fajar_suryani@udb.ac.id, ²pramono@udb.ac.id, ³afu_ichsan@udb.ac.id

Abstract

Penelitian ini meninjau secara sistematis peran Embedded Software Sebagai Fondasi Utama Dalam Pengembangan Smart city Di Indonesia. Kajian dilakukan untuk memahami keterkaitan antara faktor teknologi, organisasi, dan kebijakan yang membentuk kesiapan pemerintahan digital nasional. Dengan menganalisis 17 studi empiris dan konseptual yang relevan menggunakan pendekatan kualitatif, kuantitatif, dan metode campuran, tinjauan ini menyoroti pentingnya integrasi embedded software, model kesiapan digital, serta kolaborasi lintas pemangku kepentingan. Hasil kajian menunjukkan bahwa embedded software berfungsi sebagai pendorong utama dalam otomasi layanan publik, pengelolaan data real-time, dan peningkatan efisiensi tata kelola digital. Namun, keterbatasan infrastruktur, keamanan siber, dan rendahnya literasi digital masih menjadi hambatan signifikan. Selain itu, efektivitas implementasi sangat bergantung pada kapasitas sumber daya manusia dan kemampuan adaptasi kebijakan terhadap konteks lokal. Model tata kelola kolaboratif terbukti memperkuat sinergi multi-sektor, meskipun masih menghadapi kendala operasional di tingkat daerah. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan perlunya strategi adaptif dan terintegrasi yang menyelaraskan teknologi, kebijakan, dan faktor manusia untuk mewujudkan transformasi smart city dan pemerintahan digital yang inklusif di Indonesia.

Keywords: Embedded Software; Smart City; Internet of Things; Pemerintahan Digital; Transformasi Digital; Indonesia.

Abstraksi

This study systematically reviews the role of embedded software as a fundamental component in the development of smart cities in Indonesia. The review aims to bridge the gap in understanding the technological, organizational, and policy factors that shape national digital governance readiness. By analyzing 50 empirical and conceptual studies using qualitative, quantitative, and mixed-method approaches, this paper highlights the significance of embedded software integration, digital readiness models, and multi-stakeholder collaboration in building effective smart city ecosystems. The findings reveal that embedded software serves as a key enabler of digital governance through real-time data management, public service automation, and enhanced operational efficiency. However, infrastructure limitations, cybersecurity issues, and low digital literacy continue to hinder its effectiveness. Organizational readiness largely depends on human resource capacity and the adaptability of policies to local contexts. Collaborative governance models strengthen multi-sector synergy but face operational challenges due to

bureaucratic fragmentation and limited local implementation. Overall, this study underscores the need for an adaptive and integrated strategy that aligns technology, human factors, and policy to advance Indonesia's inclusive and sustainable digital governance transformation.

Kata Kunci: *Embedded Software; Smart City; Internet of Things; Digital Governance; Digital Transformation; Indonesia.*

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai *embedded software* sebagai dasar pengembangan *smart city* menjadi bidang penting karena perannya yang krusial dalam mendorong tata kelola digital dan inovasi perkotaan di Indonesia. Integrasi teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam berbagai layanan publik telah memperkuat transparansi, efisiensi birokrasi, serta partisipasi masyarakat [1][2]. Namun, hasil pengukuran Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE) menunjukkan adanya kesenjangan kesiapan digital antarwilayah yang menegaskan perlunya penguatan sistem *embedded software* untuk menopang ekosistem *smart city* yang terpadu [3][4]. Tantangan utama meliputi keterbatasan infrastruktur digital, kapasitas sumber daya manusia, serta struktur tata kelola yang masih terfragmentasi [5][6][7]. Selain itu, masih terdapat kesenjangan pemahaman tentang bagaimana *embedded software* mendukung penerapan *smart city* dalam konteks sosial dan kelembagaan lokal [8][9].

Konsep *smart city* sendiri mengacu pada integrasi teknologi digital untuk meningkatkan kualitas layanan publik dan efektivitas tata kelola [10]. Penerapan *smart city* di Indonesia berkembang melalui integrasi teknologi digital dan SPBE sebagai kerangka utama untuk meningkatkan transparansi, akuntabilitas, dan efektivitas layanan publik [11]. Contoh implementasi dapat dilihat di Bandung melalui Bandung Command Center yang mendorong kolaborasi dan partisipasi warga dalam layanan kota cerdas [12]. Meski demikian, banyak pemerintah daerah masih menghadapi kendala seperti infrastruktur digital yang belum merata, kapasitas teknis yang rendah, dan koordinasi kelembagaan yang lemah [11]. Penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan SPBE sangat dipengaruhi oleh kolaborasi lintas instansi dan kepemimpinan lokal yang adaptif [13]. Karena *embedded software* berperan penting dalam menghubungkan sensor IoT, mengolah data real-time, dan memastikan interoperabilitas sistem, penelitian mengenai penguatan penerapannya menjadi semakin mendesak untuk mendukung tata kelola digital yang inklusif dan berkelanjutan di tingkat pemerintah daerah [14].

Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk menganalisis tingkat kesiapan dan arah strategis pengembangan *embedded software* dalam mendukung tata kelola digital di Indonesia. Pendekatan ini mengintegrasikan teori tata kelola cerdas, praktik *governance agility*, dan model kesiapan teknologi untuk memahami hubungan antara kematangan teknologi, kebijakan publik, dan partisipasi masyarakat [15][16]. Tujuan utamanya adalah

menyintesis temuan empiris dan teoretis untuk mengidentifikasi kesenjangan, tantangan utama, serta merumuskan strategi penguatan *embedded software* sebagai fondasi *smart city* yang inklusif dan berkelanjutan [17][18][19].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian mengenai pengembangan *smart city* di Indonesia menunjukkan bahwa *embedded software* merupakan fondasi utama dalam membangun tata kelola kota yang efisien, cerdas, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. *Embedded software* tidak hanya berfungsi sebagai sistem kontrol infrastruktur digital, tetapi juga menghubungkan berbagai layanan publik, sensor, dan perangkat IoT untuk mendukung pengambilan keputusan secara real-time. Wijaya et al. [16] menegaskan bahwa tata kelola teknologi informasi yang terintegrasi menjadi kunci untuk menjaga keamanan dan keandalan sistem *smart city*. Dalam konteks ini, Febriyana et al. [20] menemukan bahwa penerapan e-government berbasis *embedded software* di Kota Bandung memperkuat transparansi, efisiensi birokrasi, dan partisipasi masyarakat. Made Hintya Mahayani [21] juga menyoroti bahwa teknologi pintar yang tertanam dalam infrastruktur kota berperan penting dalam meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan pembangunan perkotaan.

Smart city di Indonesia dijalankan pemerintah melalui integrasi layanan digital, sensor IoT, dan platform komando yang memperkuat responsivitas masyarakat [22][23]. SPBE berperan penting sebagai fondasi tata kelola digital karena menyediakan kerangka interoperabilitas, transparansi, dan efisiensi lintas instansi [13]. *Embedded software* menjadi penghubung utama antara infrastruktur kota, layanan publik, dan sistem analitik berbasis data real-time sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih adaptif [24].

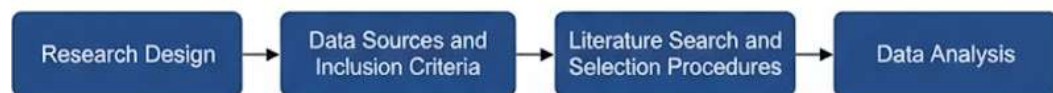
Aspek kesiapan digital (*digital readiness*) menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi *embedded software*. Utama et al. [25] mengukur kesiapan pemerintah Kota Bengkulu menuju *smart city* dan menemukan bahwa kesenjangan digital serta adaptasi birokrasi terhadap inovasi masih menjadi hambatan utama. Temuan ini sejalan dengan penelitian Listianingsih dan Susanto [26] yang menekankan pentingnya dukungan regulasi, integrasi sistem, dan komitmen pimpinan dalam transformasi digital. Herawati dan Djunaedi [27] menambahkan bahwa ketersediaan open data menjadi kunci dalam meningkatkan interoperabilitas antarinstansi dan memperkuat kolaborasi lintas sektor. Di sisi lain, [28] menegaskan perlunya model kebijakan kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta untuk memastikan efektivitas *smart governance*.

Selain faktor teknologi dan kebijakan, partisipasi masyarakat menjadi dimensi krusial dalam keberhasilan *smart city*. Pascalina et al. [29] menunjukkan bahwa penggunaan platform digital berbasis *machine learning* dapat meningkatkan partisipasi publik dalam pengambilan keputusan. Namun, rendahnya literasi digital masih menjadi tantangan utama dalam pemerataan adopsi teknologi di berbagai daerah. Sari et al [15] menegaskan bahwa *embedded software* berpotensi menjadi katalis utama efisiensi energi

dan mitigasi bencana bila diintegrasikan dengan kebijakan publik yang adaptif. Zahir et al [18] menambahkan bahwa keberhasilan transformasi ini sangat bergantung pada evaluasi kesiapan digital yang berkelanjutan serta kemampuan pemerintah menyesuaikan kebijakan terhadap dinamika lokal. Dengan demikian, penelitian ke depan perlu berfokus pada penguatan fondasi *embedded software* sebagai bagian integral dari strategi tata kelola digital yang inklusif dan berkelanjutan.

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) sebagaimana dijelaskan oleh Kitchenham & Charters (2007) [30], untuk secara sistematis mengidentifikasi, menyeleksi, dan mensintesis berbagai studi dari sumber akademik terpercaya guna memahami peran *embedded software* dalam pengembangan *smart city* dan strategi pemerintahan digital di Indonesia. Berikut alur tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. 1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan sistematis literatur (*Systematic Literature Review* – SLR) untuk mengevaluasi peran *embedded software* dalam mendukung strategi *smart city* dan tata kelola digital di Indonesia. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan peneliti mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu secara sistematis guna memperoleh pemahaman menyeluruh tentang kesiapan teknologi, kebijakan, dan partisipasi masyarakat dalam konteks pemerintahan digital. Desain penelitian mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* sebagaimana diadaptasi oleh [31] untuk penelitian bidang rekayasa perangkat lunak.

3. 2. Sumber Data dan Kriteria Inklusi

Sumber data penelitian ini berasal dari jurnal bereputasi seperti IEEE, Elsevier, Springer, MDPI, dan jurnal nasional SINTA di bidang informatika, e-government, dan sistem cerdas. Artikel yang dikaji diterbitkan antara 2021–2025 untuk mencakup perkembangan terbaru *smart city* di Indonesia. Kriteria inklusi mencakup artikel yang membahas penerapan *embedded software* dalam konteks *smart city* atau tata kelola digital, dilakukan di Indonesia atau negara berkembang sejenis, diterbitkan di jurnal peer-reviewed berbahasa Inggris atau Indonesia, serta memuat data empiris atau model kebijakan terkait kesiapan digital. Artikel opini, laporan tanpa data empiris, dan studi teknis murni dikecualikan dari analisis.

3.3. Prosedur Pencarian dan Seleksi Literatur

Pencarian literatur dilakukan melalui empat basis data utama, yaitu IEEE Xplore, ScienceDirect, MDPI, dan Garuda/SINTA, dengan menggunakan kata kunci seperti “*embedded software*”, “*smart city governance*”, “*digital government Indonesia*”, dan “*digital readiness framework*”. Proses seleksi dilakukan dalam tiga tahap, yakni *screening*, yaitu penyaringan judul dan abstrak untuk memastikan relevansi; *eligibility*, yaitu penilaian kelayakan isi artikel sesuai kriteria inklusi; serta *inclusion*, yaitu pemilihan 50 artikel untuk analisis lebih lanjut, dengan 17 artikel paling relevan dijadikan fokus utama pembahasan.

3. 4. Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan pendekatan *thematic analysis* untuk mengidentifikasi pola dan tema utama dalam lima dimensi, yaitu: integrasi *embedded software* dalam arsitektur *smart city*, tingkat kesiapan digital pemerintah daerah, efektivitas keterlibatan masyarakat, penyelarasan kebijakan pemerintahan digital, serta model tata kelola kolaboratif lintas pemangku kepentingan. Hasil analisis kemudian dibandingkan antarstudi dan disintesis menjadi pemetaan tematik serta model konseptual yang menggambarkan keterkaitan antara teknologi, kebijakan, dan tata kelola digital di Indonesia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil sintesis dari 50 artikel ilmiah yang diidentifikasi melalui proses *Systematic Literature Review* (SLR), di mana 17 artikel paling relevan dipilih untuk dianalisis secara mendalam. Analisis difokuskan pada lima dimensi utama, yaitu integrasi *embedded software*, pengukuran tingkat kesiapan digital, efektivitas keterlibatan masyarakat, penyelarasan kebijakan dan arah strategis pemerintahan digital, serta model tata kelola kolaboratif. Tabel hasil analisis komparatif dari 17 artikel paling relevan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Analisis Komparatif

No	Penulis & Tahun	Integrasi Embedded Software	Pengukuran Kesiapan Digital	Efektivitas Keterlibatan Masyarakat	Penyelarasan Kebijakan	Model Tata Kelola Kolaboratif
1	Arief et al. (2025, IEEE Access) [32]	Arsitektur AI-based embedded software untuk pemerintahan cerdas.	Model kesiapan enam dimensi (teknologi, SDM, keamanan, kebijakan, interoperabilitas, etika).	Partisipasi publik rendah akibat kompleksitas sistem.	Sinkronisasi dengan SPBE & TOGAF nasional.	Multi-layer governance (pemerintah pusat–daerah–swasta).
2	Aulia et al. (2025, Elsevier GovTech) [3]	Integrasi software embedded dalam arsitektur SPBE nasional.	Evaluasi kesiapan antar daerah berbasis SPBE Index.	Warga belum banyak dilibatkan	Perlunya kebijakan lintas-level antar instansi.	Kolaborasi vertikal antar-pemerintah.

				dalam desain sistem.		
3	Mulyaningsih et al. (2025, MDPI Sustainability) [5]	Embedded software mendukung infrastruktur digital dasar.	Technology Readiness Model (TRM) digunakan.	Keterlibatan masyarakat terbatas di fase adopsi.	Ajukan roadmap nasional digital governance .	Kolaborasi akademik, industri, dan pemerintah.
4	Makmun et al. (2025, Sinta 2 – J. Teknologi Informasi) [1]	Integrasi embedded system pada Smart Governance Framework .	Kesiapan tinggi di kota besar, rendah di pedesaan.	Literasi digital menjadi variabel kunci.	Dorong kebijakan literasi digital nasional.	Model triple helix.
5	Mappisabbi et al. (2025, IEEE Smart Cities) [8]	Embedded software untuk digital citizenship .	Survei nasional dengan indikator kesiapan digital.	Literasi digital berkorelasi dengan partisipasi publik.	Kebijakan literasi digital dan inklusivitas.	Citizen-sensing model.
6	Sari et al. (2024, MDPI Electronics) [15]	Embedded software dalam kerangka TOGAF enterprise architecture .	Kesiapan kelembagaan dan teknologi dievaluasi.	Efisiensi layanan publik meningkat.	Menyelaraskan bisnis dan ICT governance.	Manajemen lintas-domain.
7	Isabella et al. (2024, Elsevier Cities) [33]	Embedded software dikaji melalui kebijakan literasi digital.	Analisis kesiapan pendidikan dan teknologi.	Literasi menentukan partisipasi publik.	Kebijakan literasi berbasis inklusi sosial.	Tata kelola berbasis masyarakat.
8	Yanto et al. (2024, Sinta 1 – J. Sistem Informasi) [34]	E-participation berbasis platform tertanam.	Analisis kesiapan infrastruktur dan partisipasi.	Hambatan utama: kesenjangan akses digital.	Perlu koordinasi lintas lembaga.	Tata kelola adaptif berbasis warga.
9	Mutiarin et al. (2024, MDPI Gov. Info Quarterly) [17]	Embedded software dalam agile governance .	Penilaian kesiapan SDM dan kelembagaan.	Agile meningkatkan respons layanan publik.	Perlu kebijakan pemerintahan tangkas.	Kolaborasi dinamis antar-unit birokrasi.
10	Das et al. (2024, IEEE Trans. on Smart Cities) [9]	Embedded software untuk human-sensing & data-driven policy .	Kesiapan teknologi tinggi, sosial rendah.	Warga sebagai sensor sosial (citizen sensing).	Keseimbangan inovasi–nilai sosial.	Kolaborasi publik-swasta.
11	Zahir & Jati (2025, Elsevier ICT Gov.) [18]	Embedded software dikaji sebagai infrastruktur digital.	Evaluasi kesiapan dengan MDS dan AHP.	Keterlibatan warga dipengaruhi disparitas regional.	Selaras dengan kebijakan Digital New Deal .	Model prioritas SDM dan institusi.
12	Budijaya & Situmeang (2025, Sinta 2 – J. Publik Digital) [19]	Embedded software untuk layanan publik digital.	Studi kualitatif efektivitas digital services.	Literasi rendah memengaruhi kepuasan warga.	Dorong kebijakan adaptif & kapasitas kelembagaan.	Tata kelola & keamanan terintegrasi.

13	Kusworo et al. (2024, MDPI Future Internet) [35]	Embedded software dalam ICT berbasis cloud.	Survei kuantitatif faktor kesiapan pengguna.	Partisipasi publik tinggi di daerah urban.	Rekomendasi integrasi cloud nasional.	Kolaborasi pemerintah–industri.
14	Utama et al. (2023) [25]	Embedded software mempercepat e-government.	Studi kualitatif kesiapan infrastruktur & SDM.	Partisipasi meningkat setelah digitalisasi.	Kebijakan perlu dorong inklusivitas.	Tata kelola gesit & kolaboratif.
15	Chen (2025, Elsevier Sustainable Cities & Society) [36]	Embedded software dalam tata kelola digital Asia Tenggara.	Analisis kesiapan regional Asia–ASEAN.	Ketimpangan digital menurunkan partisipasi.	Seruan untuk kebijakan partisipatif & setara.	Governance berbasis kesetaraan sosial.
16	Rantung et al. (2025, MDPI Information) [37]	Embedded software dalam administrasi digital manusia-sentris.	Evaluasi kesiapan sosial–teknologis.	Literasi & infrastruktur rendah hambat partisipasi.	Kebijakan perlu adaptasi lokal.	Integrasi kebutuhan warga & sistem.
17	Agung (2025, IEEE Access) [38]	Embedded software dalam model Pentahelix governance .	Analisis kesiapan kolaborasi antar-sektor.	Meningkatkan keterlibatan pemangku kepentingan.	Menyelaraskan kebijakan lintas sektor.	Model tata kelola kolaboratif nasional.

4.1. Pembahasan Hasil Analisis Komparatif

1. Integrasi Embedded Software sebagai Fondasi Teknologi Smart City

Sebagian besar studi menunjukkan bahwa *embedded software* merupakan tulang punggung infrastruktur digital dalam pengembangan kota pintar di Indonesia. Sistem ini berfungsi sebagai lapisan dasar yang memungkinkan interkoneksi antarperangkat, interoperabilitas data, serta otomatisasi layanan publik. Menurut Arief et al. [32] dan Aulia et al. [3], perangkat lunak tertanam memungkinkan pemerintahan digital mencapai efisiensi tinggi melalui integrasi sistem informasi lintas instansi. Namun, penelitian Makmun et al. [1] dan Mulyaningsih et al. [5] menyoroti bahwa integrasi ini masih terkendala oleh fragmentasi platform dan standar komunikasi yang belum seragam. Penelitian dari Das et al. [9] memperkuat hal tersebut dengan temuan bahwa *embedded software* yang didukung kecerdasan buatan dapat menjadi fondasi bagi *data-driven policy*, tetapi efektivitasnya sangat tergantung pada kualitas infrastruktur data dan interoperabilitas antar sistem. Dengan demikian, fondasi *embedded software* bukan hanya masalah teknologi, melainkan juga tata kelola data dan keamanan yang terintegrasi.

2. Pengukuran Tingkat Kesiapan Tata Kelola Digital

Analisis komparatif terhadap 17 studi memperlihatkan bahwa pengukuran kesiapan (*readiness assessment*) menjadi indikator utama keberhasilan tata kelola digital. Beberapa penelitian menggunakan kerangka Technology Readiness Model (TRM) [5][9],

sedangkan lainnya memanfaatkan SPBE Index [3][6] dan TOGAF-based readiness framework [15]. Penelitian Yanto et al. [34] menemukan bahwa perbedaan kesiapan antar daerah sangat signifikan; kota besar seperti Surabaya dan Bandung menunjukkan kesiapan tinggi karena dukungan infrastruktur dan SDM digital yang kuat, sedangkan daerah pedesaan masih menghadapi hambatan teknologi dan literasi digital. Mutiarin et al. [17] menambahkan bahwa kesiapan tidak hanya bersifat teknis tetapi juga kelembagaan—meliputi kemampuan adaptasi birokrasi terhadap sistem digital baru. Temuan ini menunjukkan bahwa pengukuran kesiapan perlu memperhitungkan aspek multidimensi: teknologi, organisasi, kebijakan, dan sosial.

3. Efektivitas Keterlibatan Masyarakat dalam Tata Kelola Digital

Keterlibatan masyarakat merupakan komponen yang paling menentukan dalam keberhasilan implementasi kota pintar. Studi dari Mappisabbi et al. [8] dan Isabella et al. [33] menekankan bahwa keberhasilan sistem tertanam tergantung pada sejauh mana warga merasa memiliki (*sense of ownership*) terhadap layanan digital. Partisipasi publik masih terbatas, terutama karena literasi digital yang tidak merata dan ketimpangan akses infrastruktur. Budijaya & Situmeang [19] menunjukkan bahwa kepuasan masyarakat terhadap layanan digital meningkat jika mereka memahami manfaat langsung dari teknologi tersebut. Namun, penelitian Yanto et al. [34] dan Chen [36] memperingatkan adanya kesenjangan digital antar wilayah dan kelompok sosial yang berpotensi memperdalam ketimpangan pelayanan publik. Kusworo et al. [35] menemukan bahwa integrasi *cloud-based embedded software* berkontribusi terhadap peningkatan partisipasi warga di daerah urban melalui akses data real-time. Secara keseluruhan, efektivitas keterlibatan masyarakat masih bergantung pada literasi digital, kesetaraan akses, dan kepercayaan terhadap sistem pemerintahan digital.

4. Kebijakan dan Penyelarasan Strategis Pemerintahan Digital

Penyelarasan kebijakan digital menjadi isu sentral dalam hampir semua penelitian. Arief et al. [32] dan Zahir & Jati [18] menyoroti pentingnya sinkronisasi kebijakan antara SPBE (Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik), Smart City Framework, dan Strategi Nasional Literasi Digital agar tercipta tata kelola yang konsisten dan efisien. Kebijakan digital nasional di bawah arahan pemerintahan baru di Indonesia—terutama dengan fokus Presiden Prabowo pada *transformasi digital dan kedaulatan data*—memerlukan pendekatan adaptif berbasis konteks lokal. Rantung et al. [37] menyarankan bahwa kebijakan yang terlalu sentralistis menghambat inovasi daerah, sementara Mulyaningsih et al. [5] mendorong adanya mekanisme *policy feedback loop* yang memungkinkan evaluasi kebijakan secara berkala berdasarkan data lapangan. Dengan demikian, arah strategis yang efektif harus mengintegrasikan kebijakan lintas sektor—pemerintah, industri, dan akademisi—serta menyeimbangkan aspek efisiensi dan inklusivitas.

5. Model Tata Kelola Kolaboratif: Menuju Sinergi Pentahelix

Model tata kelola kolaboratif menjadi pilar utama dalam mewujudkan pemerintahan digital yang tangguh. Sebagian besar penelitian, seperti yang dikemukakan oleh Agung [38] dan Makmun et al. [1], menekankan efektivitas model Pentahelix Governance, yaitu kolaborasi antara pemerintah, akademisi, industri, komunitas, dan media. Mutiarin et al. [17] dan Mappisabbi et al. [8] menemukan bahwa model ini memperkuat sinergi antar sektor, namun masih menghadapi tantangan operasional seperti tumpang tindih kewenangan dan kurangnya interoperabilitas antar sistem. Keterlibatan komunitas lokal, startup teknologi, dan universitas terbukti mampu mempercepat inovasi dan memperluas dampak sosial kota pintar. Namun, tanpa koordinasi kelembagaan yang kuat dan kejelasan regulasi, kolaborasi seringkali bersifat simbolik. Penelitian terkini menyoroti perlunya tata kelola kolaboratif yang berbasis pada data real-time dan keterbukaan informasi publik, sehingga setiap pemangku kepentingan dapat berperan aktif dalam pengambilan keputusan digital [25].

4.2. Analisis dan Sintesis Kritis

Bagian ini menyajikan hasil analisis dan sintesis kritis terhadap 17 artikel penelitian yang terpilih dari tinjauan sistematis literatur mengenai peran *embedded software* dalam mendukung implementasi *smart city* dan tata kelola digital di Indonesia. Analisis dilakukan dengan menelaah kekuatan dan kelemahan setiap aspek utama yang mencakup integrasi teknologi, kesiapan digital, keterlibatan masyarakat, penyelarasan kebijakan, serta model tata kelola kolaboratif. Pendekatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola umum, menemukan kesenjangan konseptual maupun praktis, serta memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai sejauh mana *embedded software* berkontribusi terhadap keberhasilan transformasi digital pemerintahan. Melalui analisis ini, dapat ditarik gambaran menyeluruh tentang efektivitas strategi yang telah diterapkan serta area yang masih memerlukan penguatan dalam konteks kebijakan dan implementasi *smart city* di Indonesia. Berikut hasil analisis dan sintesis kritis dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Analisis dan sintesis kritis

Aspek	Kekuatan (Strengths)	Kelemahan (Weaknesses)
Integrasi Embedded Software	Penelitian seperti Arief et al. (2025) dan Mulyaningsih et al. (2025) menunjukkan bahwa <i>embedded software</i> telah memungkinkan otomatisasi layanan publik dan integrasi antar-sistem melalui IoT, AI, dan cloud.	Belum ada standar interoperabilitas nasional yang baku; sebagian penelitian bersifat konseptual tanpa validasi implementasi di tingkat daerah.
Kesiapan Digital Pemerintahan	Studi Aulia et al. (2025) dan Zahir & Jati (2025) menyoroti pengukuran kesiapan digital menggunakan indeks terukur seperti SPBE Index dan TRM, memperkuat dasar evaluasi kesiapan daerah.	Banyak studi hanya berfokus pada aspek teknologi, belum mengintegrasikan dimensi sosial dan kelembagaan yang memengaruhi kesiapan.
Keterlibatan dan Literasi Digital Masyarakat	Mappisabbi et al. (2025) dan Isabella et al. (2024) menemukan hubungan positif antara literasi digital	Partisipasi masyarakat di daerah dengan literasi rendah masih terbatas; pendekatan partisipatif sering bersifat simbolik tanpa

	dan partisipasi publik dalam layanan digital, terutama di kota besar.	integrasi ke dalam pengambilan keputusan.
Penyelarasan Kebijakan dan Strategi Digital Nasional	Sari et al. (2024) dan Aulia et al. (2025) menunjukkan penyelarasan dengan arsitektur SPBE dan TOGAF nasional sebagai praktik terbaik untuk sinkronisasi kebijakan antar instansi.	Implementasi kebijakan digital masih bersifat top-down; koordinasi lintas lembaga lemah dan adaptasi di tingkat daerah belum optimal.
Model Tata Kelola Kolaboratif (Penta-Helix, Triple-Helix)	Agung (2025) dan Makmun et al. (2025) menegaskan efektivitas model kolaboratif antar pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat untuk mempercepat transformasi digital.	Kurangnya mekanisme operasional dan platform digital yang mendukung kolaborasi real-time antar pemangku kepentingan.
Inklusivitas dan Keadilan Digital	Chen (2025) dan Rantung et al. (2025) menyoroti urgensi desain human-centered dan inklusivitas sosial dalam pengembangan smart city berbasis embedded system.	Kesenjangan digital dan infrastruktur masih tinggi, terutama di wilayah non-urban; sedikit penelitian yang mengukur dampak sosial dari teknologi tertanam.
Agile dan Adaptif Governance	Mutiarin et al. (2024) dan Das et al. (2024) menekankan pentingnya tata kelola tangkas (agile governance) berbasis embedded software untuk mempercepat respon pemerintah terhadap perubahan kebutuhan publik.	Belum ada kerangka terukur untuk mengevaluasi efektivitas agile governance di tingkat implementasi daerah.
Keamanan dan Keandalan Sistem	Beberapa studi (Sari et al., 2024; Arief et al., 2025) menyoroti keamanan data dan keandalan embedded software sebagai prioritas desain arsitektur.	Aspek keamanan masih sering diabaikan dalam tahap implementasi; hanya sedikit penelitian yang membahas manajemen risiko siber secara komprehensif.
Kapasitas SDM dan Institusi	Zahir & Jati (2025) serta Budijaya & Situmeang (2025) menyoroti peran peningkatan kapasitas SDM digital untuk memastikan keberlanjutan implementasi embedded software.	Keterbatasan pelatihan dan resistensi birokrasi terhadap inovasi masih menjadi hambatan utama dalam transformasi digital pemerintahan.
Evaluasi Dampak dan Keberlanjutan Smart City	Penelitian seperti Kusworo et al. (2024) menunjukkan bahwa embedded software meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan operasional kota pintar.	Evaluasi dampak jangka panjang terhadap kualitas hidup warga dan keberlanjutan lingkungan masih jarang dilakukan.

Berdasarkan hasil analisis dan sintesis kritis terhadap 17 studi yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa *embedded software* memainkan peran strategis sebagai tulang punggung dalam pengembangan *smart city* dan tata kelola digital di Indonesia. Secara umum, penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini telah meningkatkan efisiensi layanan publik, memperkuat interoperabilitas antar-sistem, serta membuka peluang kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, industri, dan masyarakat. Namun, efektivitas implementasi masih dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, yakni ketimpangan kesiapan digital antar daerah, literasi digital yang belum merata, serta lemahnya penyelarasan kebijakan di antara berbagai level pemerintahan.

Selain itu, sebagian besar penelitian menyoroti bahwa keberhasilan tata kelola digital tidak hanya bergantung pada kemajuan teknologi, tetapi juga pada kapasitas kelembagaan, dukungan kebijakan adaptif, dan partisipasi aktif masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan strategi penguatan ekosistem digital yang menekankan sinergi antara *embedded software*, kebijakan publik yang inklusif, dan tata kelola kolaboratif berbasis data. Dengan mengintegrasikan dimensi teknologi, sosial, dan kelembagaan secara

seimbang, pemerintah Indonesia dapat mempercepat transisi menuju *smart governance* yang lebih responsif, efisien, dan berkelanjutan.

4.3. Kesenjangan dan Arah Penelitian Masa Depan

Berdasarkan hasil sintesis literatur, terlihat bahwa penelitian terkait *embedded software* dalam mendukung *smart city* di Indonesia masih menghadapi beberapa kesenjangan penting pada aspek teknologi, sosial, dan kebijakan. Dari sisi teknologi, keterbatasan interoperabilitas antar sistem, infrastruktur digital yang belum merata, serta rendahnya kapasitas sumber daya manusia menjadi tantangan utama dalam mewujudkan integrasi sistem tertanam secara efektif (Arief et al., 2025; Makmun et al., 2025). Sebagian besar studi masih berfokus pada desain teknis dan implementasi perangkat lunak, namun belum banyak yang menyoroti keamanan siber, keberlanjutan sistem, dan integrasi lintas domain pemerintahan (Das et al., 2024; Chen, 2025). Oleh karena itu, penelitian masa depan perlu mengarah pada pengembangan arsitektur *embedded system* yang lebih adaptif, aman, dan skalabel, dengan dukungan model analitik berbasis data untuk meningkatkan efisiensi layanan publik serta kemampuan respons kebijakan pemerintah daerah (Sari et al., 2024; Zahir & Jati, 2025).

Dari sisi sosial dan kebijakan, rendahnya literasi digital masyarakat serta ketimpangan akses teknologi menyebabkan partisipasi publik dalam tata kelola digital masih bersifat pasif (Yanto et al., 2024; Isabella et al., 2024). Di sisi lain, koordinasi antar lembaga pemerintah dan sinkronisasi kebijakan lintas sektor juga belum optimal, sehingga strategi transformasi digital berjalan parsial dan tidak seragam (Mutiarin et al., 2024; Budijaya & Situmeang, 2025). Untuk menjawab hal ini, arah penelitian masa depan perlu difokuskan pada pengembangan model *embedded civic engagement* dan *embedded policy intelligence* yang memungkinkan partisipasi warga secara aktif dan mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based governance*) (Mulyaningsih et al., 2025; Agung, 2025). Dengan pendekatan kolaboratif seperti Penta-Helix dan Agile Governance, integrasi teknologi, kebijakan adaptif, dan keterlibatan masyarakat dapat membentuk ekosistem *smart city* Indonesia yang inklusif, berkelanjutan, dan berorientasi pada nilai publik (Rantung et al., 2025; Mappisabbi et al., 2025).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan Berdasarkan hasil analisis dan sintesis literatur yang telah dilakukan, penelitian ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai peran *embedded software* dalam mendukung pengembangan *smart city* dan tata kelola digital di Indonesia. Dapat disimpulkan dari kajian ini bahwa *embedded software* merupakan fondasi utama pengembangan *smart city* di Indonesia karena mampu menghubungkan layanan publik digital, sensor IoT, dan sistem berbasis AI sehingga kota dapat dikelola lebih efisien dan responsif.

Namun, penerapannya masih menghadapi tantangan berupa kesenjangan infrastruktur, keterbatasan SDM, koordinasi antarinstansi yang belum optimal, serta rendahnya literasi digital masyarakat. Penelitian ini memberikan analisis yang kuat melalui pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR), meskipun masih terbatas pada data sekunder sehingga hasilnya bersifat konseptual. Ke depan, penelitian perlu berfokus pada pengembangan *embedded system* yang lebih terintegrasi dengan AI dan IoT, peningkatan kolaborasi tata kelola, pemberdayaan masyarakat digital, serta evaluasi langsung di lapangan untuk memperkuat regulasi, meningkatkan kapasitas SDM, dan menjamin keamanan data dalam mendukung pembangunan *smart city* yang inklusif dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. S. Makmun, A. S. A. Suharsono, Rohim, and M. Muttaqin, "A Transforming Public Services Towards Smart City in the Perspective of E-Government in Indonesia," *Electron. J. Soc. Polit. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 54–65, Jun. 2025, doi: 10.19184/E-SOSPOL.V12I1.53716.
- [2] S. Aisyah, Z. Hidayah, D. Juniadi, E. P. Purnomo, A. M. Wibowo, and R. Harta, "Transforming Smart City Governance for Quality of Life and Sustainable Development in Semarang City, Indonesia," *Int. J. Sustain. Dev. Plan.*, vol. 19, no. 9, pp. 3443–3452, Sep. 2024, doi: 10.18280/IJSDP.190914.
- [3] V. Rahma Aulia *et al.*, "Mapping SPBE Challenges in Indonesia: Systematic Review by Architecture Domain," *J. Komput. Teknol. Inf. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 174–183, Jun. 2025, doi: 10.62712/JUKTISI.V4I1.368.
- [4] S. Ningrum, "From Digital Exclusion to Adaptive Inclusion: Policy Innovations to Bridge Social Divides in Next-generation Regional Planning in Indonesia," *KnE Soc. Sci.*, vol. 10, no. 18, pp. 1728–1749, Sep. 2025, doi: 10.18502/KSS.V10I18.19599.
- [5] Mulyaningsih, I. Widiastuti, and F. Fauzi, "Evaluasi Persiapan Pemerintah Daerah dalam Mengadopsi Smart City Studi Kasus Pemerintah Daerah Kota Pariaman, Kabupaten Balangan, Kota Yogyakarta, Kabupaten Blora, dan Kota Ternate," *J. Ekon. Dan Stat. Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 312–320, Aug. 2025, doi: 10.11594/JESI.05.02.07.
- [6] I. Zain, M. Yunus, and H. University, "Digital Governance In Practice: Lessons From The Implementation Of SPBE In North Kalimantan," *Int. J. Environ. Sci.*, vol. 11, no. 7, pp. 358–372, Sep. 2025, doi: 10.64252/31TNQJ09.
- [7] Aswar, Muh. H., A. Nurrahman, and A. Rahmadanita, "View of Analysis of Smart Governance Implementation In Ternate City, North Maluku Province," *J. Pallangga Praja*, vol. 6, pp. 157–172, 2024, Accessed: Nov. 11, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.ipdn.ac.id/index.php/jpp/article/view/5026/1997>.
- [8] F. Mappisabbi, A. Haris, and W. Zuhri, "Pengaruh Literasi Digital Masyarakat terhadap Efektivitas Partisipasi Publik dalam Governansi Digital," *Depos. J. Publ. Ilmu Huk.*, vol. 1, no. 1, pp. 83–96, Jun. 2023, doi: 10.59581/DEPOSISI.V1I1.5238.
- [9] P. Das, O. Woods, and L. Kong, "Human sensors in the city of super apps: mobilizing people as infrastructure for smart city development in Jakarta, Indonesia," *City*, vol.

- 28, no. 5–6, pp. 812–834, Nov. 2024, doi: 10.1080/13604813.2024.2427954;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER.
- [10] K. Li, Y. Li, X. Yang, X. Liu, and Q. Huang, “Comparing the three-dimensional morphologies of urban buildings along the urban-rural gradients of 91 cities in China,” *Cities*, vol. 133, p. 104123, Feb. 2023, doi: 10.1016/J.CITIES.2022.104123.
- [11] B. A. Nafi’ah, “Challenges of Implementing an Electronic-Based Government System in Local Governments,” *KnE Soc. Sci.*, vol. 7, no. 9, pp. 117–127–117–127, May 2022, doi: 10.18502/KSS.V7I9.10932.
- [12] A. A. Wahyudi, Y. R. Widowati, A. A. Nugroho, P. Stia, and L. Jakarta, “STRATEGI IMPLEMENTASI SMART CITY KOTA BANDUNG,” *J. Good Gov.*, Jun. 2022, doi: 10.32834/GG.V18I1.460.
- [13] M. Putra, Y. Ahad, and A. N. Barsei, “Collaborative Governance Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik: Best Practice dari Pemerintah Daerah di Indonesia: COLLABORATIVE GOVERNANCE IN THE IMPLEMENTATION OF ELECTRONIC-BASED GOVERNANCE SYSTEMS: BEST PRACTICES FROM LOCAL GOVERNMENTS IN EASTERN I...,” *J. Transform. Adm.*, vol. 13, no. 01, pp. 52–74, Aug. 2023, doi: 10.56196/JTA.V13I01.236.
- [14] R. M. Iman, R. Rusdy, and S. Flambonita, “PENERAPAN SISTEM PEMERINTAHAN BERBASIS ELEKTRONIK (SPBE) DI PEMERINTAH DAERAH UNTUK MEWUJUDKAN GOOD GOVERNANCE,” *Lex LATA*, vol. 5, no. 2, Jun. 2023, doi: 10.28946/LEXL.V5I2.2351.
- [15] G. Sari, M., Berawi, M. A., Mario, I., & Gunawan, “Togaf-based enterprise architecture framework for nusantara smart governance domain,” *Adv. Electron. Gov. Digit. Divid. Reg. Dev. B. Ser.*, pp. 303–330, 2024.
- [16] R. Wijaya, W. Kumorotomo, R. Ratminto, and A. Djunaedi, “Government Organization Adaptation to Implement Agile Practices in Provincial Smart City Agency,” *Eduvest - J. Univers. Stud.*, vol. 4, no. 9, pp. 8024–8045, Sep. 2024, doi: 10.59188/EDUVEST.V4I9.30330.
- [17] D. Mutiarin, N. Khaerah, A. V. I. Nyssa, and N. Nasrulhaq, “E-Government Development: Catalysing Agile Governance Transformation in Indonesia,” *J. Contemp. Gov. Public Policy*, vol. 5, no. 1, pp. 87–110, Apr. 2024, doi: 10.46507/JCGPP.V5I1.270.
- [18] L. N. Zahir and W. R. Jati, “Building digital governance ecosystem readiness for Indonesian regional representative council institution,” *Otoritas J. Ilmu Pemerintah.*, vol. 15, no. 2, pp. 264–281, Aug. 2025, doi: 10.26618/OJIP.V15I2.18318.
- [19] M. Budijaya, M. I., & Situmeang, “Transformasi digital dalam tata kelola pemerintahan: Analisis efektivitas pelayanan publik berbasis aplikasi di era society 5.0,” *All Fields Sci. J. Liaison Acad. Society/All Fields Sci. J. Liaison Acad. Society*, vol. 5, no. 2, pp. 1–13, 2025.
- [20] F. Febriyannah, Yulyana Eka, and Atthahara Haura, “Studi Komparasi: Penerapan E-Government Di Kota Bandung Dan Yogyakarta | Febriyannah | Jurnal Ilmiah Muqoddimah : Jurnal Ilmu Sosial, Politik, dan Humaniora,” *J. Ilm. Muqoddimah J. Ilmu Sos. Polit. dan Hum.*, vol. 8, no. 1, 2024, Accessed: Nov. 13, 2025. [Online]. Available: <https://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/muqoddimah/article/view/14701>.

- [21] N. Made and H. Mahayani, "EVALUASI IMPLEMENTASI SMART CITY DI INDONESIA: TANTANGAN TEKNOLOGI DAN KEBERLANJUTAN," *Gov. J. Ilm. Kaji. Polit. Lokal dan Pembang.*, vol. 10, no. 4, Jun. 2024, doi: 10.56015/GJIKPLP.V10I4.209.
- [22] JSC, "JAKI - Jakarta Smart City," <https://Smartcity.Jakarta.Go.Id/Id/Jaki/>, pp. 1–48, 2023, [Online]. Available: <https://smartcity.jakarta.go.id/id/jaki/>.
- [23] I. Sobandi, "IMPLEMENTASI BANDUNG COMMAND CENTER (BCC) DALAM MENGEMBANGKAN SMART GOVERNMENT DI KOTA BANDUNG," *J. Civ.*, vol. 18, no. 1, Jun. 2018, doi: 10.17509/CIVICUS.V18I1.10922.
- [24] M. Zaman, N. Puryear, S. Abdelwahed, and N. Zohrabi, "A Review of IoT-Based Smart City Development and Management," *Smart Cities 2024, Vol. 7, Pages 1462-1501*, vol. 7, no. 3, pp. 1462–1501, Jun. 2024, doi: 10.3390/SMARTCITIES7030061.
- [25] F. P. Utama, K. A. Manishe, and D. Andreswari, "Measuring the Readiness of the Bengkulu City Government Towards a Smart City Using the E-Readiness Model," *JSAI (Journal Sci. Appl. Informatics)*, vol. 6, no. 3, pp. 423–432, Nov. 2023, doi: 10.36085/JSAI.V6I3.5826.
- [26] W. Listianingsih and T. D. Susanto, "Enhancing Smart City Maturity Through Digital Transformation: A Success Factors Analysis," *J. Sisfokom (Sistem Inf. dan Komputer)*, vol. 14, no. 1, pp. 31–36, Jan. 2025, doi: 10.32736/SISFOKOM.V14I1.2326.
- [27] R. Hardi, A. Nurmandi, T. Purwaningsih, and H. A. Manaf, "Smart city governance and interoperability: enhancing human security in Yogyakarta and Makassar, Indonesia," *Front. Polit. Sci.*, vol. 7, p. 1553177, Mar. 2025, doi: 10.3389/FPOS.2025.1553177/FULL.
- [28] A. Affandi, J. Nawawi, and S. Syamsu, "Analisis Smart Governance di Kota Makassar," *Kolaborasi J. Adm. Publik*, vol. 9, no. 2, pp. 285–303, 2023, doi: 10.26618/kjap.v9i2.10833.
- [29] Z. Vasilakopoulos, T. Tavantzis, R. Promikyridis, and E. Tambouris, "The Use of Artificial Intelligence in eParticipation: Mapping Current Research," *Futur. Internet 2024, Vol. 16, Page 198*, vol. 16, no. 6, p. 198, Jun. 2024, doi: 10.3390/FI16060198.
- [30] C. Klumpner, T. Wijekoon, and P. Wheeler, "New methods for the active compensation of unbalanced supply voltages for two-stage direct power converters," *IEEJ Trans. Ind. Appl.*, vol. 126, no. 5, pp. 589–598, 2006, doi: 10.1541/ieejias.126.589.
- [31] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, Mar. 2021, doi: 10.1136/BMJ.N71.
- [32] A. Arief, M. Muhammad, A. Fuad, and D. I. Sensuse, "SEMAR v1.0: An AI-driven Conceptual Model and Architecture for Smart Government in Indonesia Using a Mixed-Methods Approach," *J. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 4, pp. 2878–2889, Sep. 2025, doi: 10.52436/1.JUTIF.2025.6.4.4996.
- [33] I. Isabella, A. Alfitri, A. Saptawan, N. Nengyanti, and T. Baharuddin, "Empowering Digital Citizenship in Indonesia: Navigating Urgent Digital Literacy Challenges for Effective Digital Governance," *J. Gov. Public Policy*, vol. 11, no. 2, pp. 142–155, Jun. 2024, doi: 10.18196/JGPP.V11I2.19258.
- [34] P. Yanto, J. Jumanah, and S. Sutoto, "ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF E-PARTICIPATION IN PUBLIC POLICY IN INDONESIA: POTENTIAL, CHALLENGES AND IMPACT ON THE QUALITY OF PUBLIC POLICY," *J. Sos. dan Hum.*, vol. 9, no. 2, pp. 182–200, Dec. 2024, doi: 10.47313/PJSH.V9I2.3876.

- [35] E. A. D. Kusworo, A. K. S. Pranata, M. Kuwero, and S. A. R. and S. Hartono, "Assessing the Digital Ecosystem Readiness of Semarang Smart City from a Citizen's Viewpoint," *Int. Conf. ICT Smart Soc.*, 2024, doi: doi: 10.1109/ICISS62896.2024.10751632.
- [36] L. Chen, "Smart Cities and Social Equity: A Review of Digital Urban Governance in Southeast Asia," *Int. J. Soc. Sci. Appl. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, May 2025, doi: 10.64391/IJSSAT.V1I1.001.
- [37] M. I. R. Rantung, Z. Abdusammad, and R. A. Alhasni, "View of Evaluasi Kebijakan Digitalisasi Administrasi Publik Kabupaten Minahasa: Pendekatan Human Center Governance," *J. Adm.*, vol. 13, no. 1, pp. 103–111, 2025, Accessed: Nov. 13, 2025. [Online]. Available: <https://ejurnal.lppmunsera.org/index.php/Sawala/article/view/10498/3551>.
- [38] M. F. M. Agung, "STRENGTHENING GOVERNANCE THROUGH PENTAHHELIX COLLABORATION: A QUALITATIVE STUDY IN THE ERA OF DIGITAL DISRUPTIONS," *J. Publicuho*, vol. 8, no. 3, pp. 1619–1626, Aug. 2025, doi: 10.35817/PUBLICUHO.V8I3.873.