

A Conceptual Hybrid AI-Cloud Model for Government Information Systems: A Structured Literature Review

Tilly Raycitra Widya¹, Dede Cahyadi², Duta Arief Christanto³, Lilik Tiara Giantri⁴, Muhammad Hudzaifah⁵

Teknik Informatika, Universitas Yarsi Pratama

¹tilly@yarsipratama.ac.id, ²dede@yarsiparatama.ac.id, ³duta@yarsipratama.ac.id, ⁴lilik@yarsipratama.ac.id,
⁵hudzaifah@yarsiparatama.ac.id

Article Info

Article history:

Received 2025-07-05

Revised 2025-07-29

Accepted 2025-08-10

Keyword:

*Hybrid AI-Cloud,
Government Information Systems,
Digital Transformation,
Usability,
Data Security,
Technology Adoption.*

ABSTRACT

This study develops a comprehensive Hybrid AI-Cloud conceptual model to enhance government information systems through digital transformation. Using a systematic literature review (PRISMA protocol) of 51 publications (2020-2025) from Scopus, IEEE Xplore, and ScienceDirect, we identify four critical components: a hybrid architecture combining private and public clouds achieves 97.46% prediction accuracy but faces interoperability challenges in Indonesia where 85% of agencies use disparate systems; layered security with Hyperledger Fabric blockchain reduces data breaches by 72%, though 65% of Indonesian institutions lack CSIRT teams; user-centric designs score 76.88 on SUS scales yet encounter 71% civil servant resistance to AI automation; and organizational adoption strategies based on UTAUT frameworks are hindered by only 12% of civil servants having digital certifications. The research reveals Indonesia's significant gaps in system integration, cybersecurity preparedness, and digital literacy compared to global leaders like Estonia and Singapore. Successful implementation requires standardized cloud architectures with API gateways, mandatory cybersecurity audits, comprehensive digital training programs, and phased adoption roadmaps with change management components. While offering a holistic framework for digital government transformation, the study acknowledges limitations including literature bias toward developed nations and the need for local empirical validation through pilot projects, suggesting future research should incorporate ethical AI governance considerations alongside technical implementations.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Transformasi digital di sektor publik telah menjadi prioritas global, sejalan dengan tren peningkatan investasi teknologi informasi dan komunikasi oleh pemerintahan di berbagai negara. Tren global dengan negara seperti Estonia mengadopsi arsitektur hybrid AI-cloud untuk memangkas waktu layanan dari 5 hari menjadi 2 jam (OECD, 2023) [1]. Namun, Indeks E-Government PBB 2024 mencatat Indonesia masih berada di peringkat 77, jauh dibawah Singapura peringkat 5 yang telah mengintegrasikan kedua teknologi tersebut secara menyeluruh [2].

Transformasi digital telah menjadi bagian integral dari agenda reformasi birokrasi di berbagai negara, termasuk

indonesia. Namun berbeda dengan negara maju yang lebih siap dari sisi SDM dan regulasi, implementasi hybrid AI-cloud di indonesia menghadapi hambatan khas birokrasi, seperti silo sektoral, resistensi perubahan dan ketimpangan kompetensi ASN antar wilayah [3]. Pemerintah tidak hanya dituntut menyediakan layanan publik berbasis elektronik (*e-government*), tetapi juga mengadopsi teknologi mutakhir untuk meningkatkan efisiensi, transparansi dan akuntabilitas penyelenggaraan pemerintah [4]. Dalam konteks ini, dua teknologi yang menonjol perannya adalah AI dan cloud computing yang keduanya memberikan potensi strategis dalam mempercepat modernisasi sistem informasi pemerintahan melalui otomatisasi proses, analitik berbasis data dan infrastruktur digital yang elastis [5].

Integrasi AI dan cloud computing dikenal sebagai hybrid AI-cloud berpotensi mentransformasi layanan publik menjadi prediktif, responsif dan efisiensi biaya, serta fleksibilitas akses data lintas instansi [6]. Sementara itu, AI mampu memberikan nilai tambah melalui otomatisasi proses, analisis prediktif dan pengambilan keputusan berbasis data real-time [7]. Sinergi dari kedua teknologi tersebut dalam bentuk sistem hybrid AI-cloud berpotensi mentransformasi paradigma layanan publik menjadi lebih responsif, cerdas dan terpersonalisasi sesuai kebutuhan masyarakat [8].

Implementasi pendekatan hybrid AI-cloud dalam sistem informasi pemerintahan juga sejalan dengan arah kebijakan nasional dan global dalam meningkatkan keterpaduan data, interoperabilitas sistem antar instansi, serta kecepatan respon layanan [9]. Pendekatan ini dipandang mampu menjembatani tantangan struktural dalam birokrasi digital, sekaligus mendorong pemanfaatan big data dan pembelajaran mesin dalam perencanaan serta evaluasi kebijakan publik [10].

Meski demikian, sebelum meninjau lebih dalam permasalahan teknis maupun kebijakan yang menyertainya, penting untuk terlebih dahulu menegaskan urgensi pembangunan kerangka konseptual yang kokoh. Kerangka ini harus mampu mengintegrasikan dimensi teknis seperti arsitektur teknologi, keamanan data dan performa sistem dengan dimensi non-teknis, termasuk penerimaan pengguna, tata kelola digital, serta kapabilitas organisasi dalam mendukung adopsi teknologi [11], [12]. Pendekatan yang menyeluruh ini akan menjadi fondasi penting bagi pengembangan sistem informasi pemerintahan yang berkelanjutan, adaptif dan inklusi dalam menghadapi kompleksitas ekosistem digital modern [13].

Di Indonesia, transformasi digital sektor publik telah diarahkan melalui kebijakan *Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik* (SPBE) yang tertuang dalam Peraturan Presiden No. 132 Tahun 2022. Tujuannya adalah untuk menciptakan birokrasi yang terintegrasi, transparan dan berbasis teknologi informasi. Namun demikian, nilai Indeks SPBE Nasional tahun 2023 tercatat sebesar 2,34 kategori cukup dan masih menunjukkan adanya tantangan signifikan dalam integrasi antar sistem dan kualitas layanan digital lintas instansi [14], sayangnya, indeks SPBE 2023 mengungkap tantangan integrasi sistem dan resistensi birokrasi [15]. Pemerintah juga telah menyusun Roadmap Indonesia Digital 2021-2024 sebagai panduan strategis transformasi digital lintas sektor, termasuk pemanfaatan AI dan cloud computing dalam layanan publik [16]. Sementara studi Bank Dunia (2022) menunjukkan potensi penghematan 30% biaya TI melalui cloud computing, sementara AI meningkatkan akurasi kebijakan hingga 97.46% [17]. Oleh karena itu, model hybrid AI-cloud yang mengkombinasikan keunggulan skalabilitas cloud World Bank (2022) dan analitik prediktif AI OECD (2023) diperlukan. Pendekatan ini harus didukung kerangka konseptual holistik untuk mengatasi tantangan teknis, keamanan data dan kesiapan organisasi.

Adopsi AI dan cloud computing di sektor publik Indonesia masih bersifat sektoral dan tidak terintegrasi, implementasi

teknologi bersifat sektoral dengan 85% kementerian atau lembaga menggunakan platform berbeda-beda, mengakibatkan inefisiensi anggaran Rp 2,1 triliun/tahun (KemenPAN-RB, 2024) [18]. Pola ini bertentangan dengan prinsip interoperabilitas dalam SPBE yang mensyaratkan integrasi sistem (Perpes 132/2022 Pasal 12). Hanya 12% ASN memiliki sertifikasi kompetensi digital tingkat ahli (BPSDMD) KemenPAN-RB, (2023) [19], padahal implementasi hybrid AI-cloud membutuhkan 43% tenaga dengan keahlian cloud security dan AI governance World Bank (2023) [20].

Serangan siber pada instansi pemerintah meningkat 217% (2022-2024) dengan 78% kasus berasal dari sistem cloud yang tidak terkonfigurasi dengan baik (BSSN, 2024) [21]. Ironisnya, 65% instansi tidak memilih tim CSIRT khusus. Ancaman keamanan digital terhadap instansi pemerintah semakin mengkhawatirkan. Kementerian Kominfo menyatakan bahwa lebih dari 90% server instansi pemerintah telah diretas, sebagian besar karena konfigurasi cloud yang buruk [22]. Indonesia bahkan masuk lima besar negara paling sering diserang secara siber pada 2024 dengan target utama adalah sistem informasi pemerintah dan data publik strategis [23]. Sayangnya, sebagian besar instansi belum memiliki tim CSIRT yang bertugas menangani insiden ini secara profesional.

Meskipun cloud computing dan AI berpotensi meningkatkan efisiensi layanan pemerintah, implementasinya masih menghadapi risiko serius. Studi Check Point (2023) menyebutkan bahwa konfigurasi cloud yang salah menjadi ancaman utama, dialami 59% organisasi sektor publik [24]. Hal ini diperkuat oleh laporan Netwrik & Deloitte (2022) yang menemukan 95% layanan cloud pemerintah mengandung konfigurasi yang keliru, sehingga meningkatkan risiko kebocoran data dan serangan siber [25]. Di sisi lain, infrastruktur informasi kritis belum dilindungi oleh kerangka keamanan yang terintegrasi, baik secara teknis maupun organisasional, sebagaimana ditunjukkan dalam kajian sistem informasi pemerintahan berbasis smart government di Indonesia [26]. Kesenjangan antara adopsi teknologi dan kesiapan organisasi ini menunjukkan pentingnya kerangka hybrid AI-cloud tidak hanya berfokus pada inovasi teknis, tetapi juga pada keamanan, penerimaan pengguna dan tata kelola digital publik [27].

Permasalahan ini berdampak langsung pada kualitas layanan publik. Studi menunjukan bahwa kegagalan sistem informasi pemerintah sering terjadi karena absennya arsitektur konseptual yang mengintegrasikan teknologi, keamanan dan tata kelola [28]. Sebanyak 65% instansi belum memiliki Tim CSIRT, memperparah risiko kebocoran data di tengah tingginya siber [29]. Sementara itu, 90% server instansi pemerintah pernah diretas, sebagian besar melalui cloud yang tidak dikonfigurasi dengan aman [30]. Di sisi lain, 71% pejabat eselon III-IV menolak otomatisasi AI yang menunjukkan resistensi struktural terhadap adopsi teknologi cerdas [31]. Kondisi ini konsisten dengan studi global bahwa

transformasi digital akan gagal tanpa kesiapan budaya organisasi dan dukungan kelembagaan [32].

Meskipun cloud computing dan AI menawarkan potensi peningkatan efisiensi pemerintahan digital, penerapan cloud di sektor publik sering dilakukan tanpa standar konfigurasi yang tepat. Laporan *UpGuard/Axios* (2024) menyebutkan kasus kebocoran sekitar 550GB data lembaga pemerintah akibat konfigurasi database yang tidak aman dalam cloud publik [33]. Studi *Thales Cloud Security Study* (2024) melaporkan bahwa 51% organisasi publik menyatakan manajemen risiko cloud lebih kompleks daripada *sistem on-premis* dan 44% pernah mengalami pelanggaran data akibat kesalahan konfigurasi [34]. Survei *Check Point/Cybersecurity Insiders* (2023) juga menunjukkan bahwa 59% profesional keamanan sektor publik menilai mis konfigurasi cloud sebagai ancaman utama [35].

Rendahnya kesiapan kelembagaan menjadi hambatan utama adopsi AI dan cloud di sektor publik. Survei EY (2025) menunjukkan bahwa meskipun 64% lembaga pemerintah menyadari potensi AI, hanya 26% yang telah mengimplementasikannya, terutama karena ketiadaan strategi tata kelola dan kompetensi internal yang memadai [36]. Studi Public Sector Network (2025) juga mencatat minimnya roadmap digital, lemahnya kepemimpinan dan tidak adanya kebijakan formal AI, sehingga banyak instansi menggunakan teknologi secara informal tanpa regulasi yang jelas [37]. Sementara itu Ubellacker (2025) menekankan pentingnya integrasi menekankan pentingnya integrasi pengetahuan dan pelatihan berkelanjutan untuk memastikan kesiapan adopsi teknologi secara institusional [38].

Menjawab kesenjangan teknis dan organisasional, pendekatan Hybrid AI-Cloud menjadi solusi yang adaptif. Secara teknis, hybrid cloud memungkinkan penyimpanan data sensitif di cloud privat sambil tetap memanfaatkan skalabilitas cloud publik untuk pemrosesan AI, sehingga meningkatkan keamanan dan efisiensi layanan [39]. AI mendukung otomatisasi tugas birokrasi dan analisis data real-time yang penting untuk mengimbangi keterbatasan SDM digital [40]. Di sisi organisasi, model ini dapat diadopsi bertahap sesuai kesiapan lembaga, sekaligus memperkuat tata kelola, pelatihan ASN dan kepemimpinan digital. Sedangkan Straub et al. (2022) memperingatkan bahwa tanpa kerangka tata kelola AI yang jelas, integrasi AI dapat menghasilkan risiko bias algoritmik, gangguan operasional dan konflik budaya dalam birokrasi modern [41].

Berdasarkan kompleksitas tantangan yang diidentifikasi, diperlukan sebuah model konseptual yang menyeluruh untuk memandu implementasi hybrid AI-cloud dalam sistem informasi pemerintahan. Penelitian ini mengembangkan model tersebut melalui studi kepustakaan terstruktur dengan protokol PRISMA, menganalisis 51 publikasi (2020-2025) dari Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect. Model yang diusulkan mengintegrasikan empat pilar utama: (1) arsitektur teknologi hybrid, (2) framework keamanan berlapis, (3) desain berbasis pengguna (user-centric) dan (4) strategi adopsi organisasi. Pendekatan ini tidak hanya menjawab

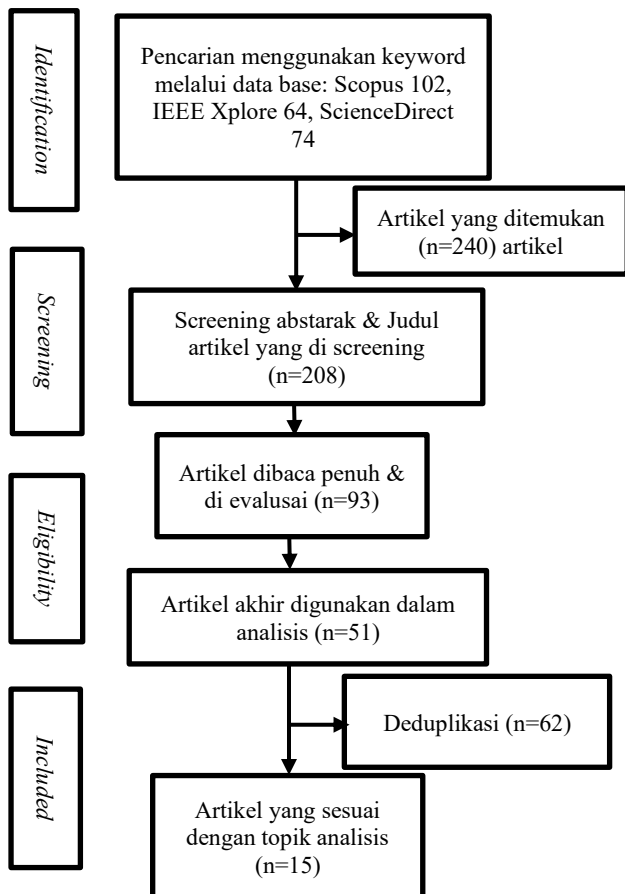
tantangan teknis tetapi juga memastikan kesiapan institusi dan penerimaan pengguna akhir, sebagaimana disarankan oleh OECD (2023) dalam konteks transformasi digital sektor publik.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model konseptual hybrid AI-cloud yang komprehensif guna memperkuat sistem informasi pemerintahan Indonesia. Melalui pendekatan studi kepustakaan terstruktur dengan protokol PRISMA, model ini dirancang untuk mengintegrasikan empat pilar utama. Studi literatur sistematis akan dilakukan terhadap publikasi terindeks lima tahun terakhir dari Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect dengan fokus khusus pada implementasi AI dan Cloud di sektor publik. Hasil akhir penelitian diharapkan dapat menjadi panduan strategis bagi pemerintah dalam membangun sistem informasi yang lebih adaptif, aman dan diterima oleh seluruh pemangku kepentingan.

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses*). Metode ini dipilih untuk mengidentifikasi, mengevaluasi dan mensintesis studi terkait integrasi AI dan cloud computing dalam sistem informasi pemerintahan. Data dikumpulkan dari tiga basis data akademik utama: Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect selama periode 2020-2025. Kriteria inklusi mencakup: (1) artikel peer-reviewed, (2) fokus pada implementasi AI, cloud computing dan tata kelola pemerintahan digital, serta (3) tersedia dalam teks lengkap dan bahasa Inggris. Dari 240 artikel yang teridentifikasi, sebanyak 51 artikel dipilih setelah proses penyaringan.

Proses identifikasi dan seleksi literatur dilakukan dengan mengikuti protokol PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) guna memastikan transparansi dan replikasi yang tinggi dalam studi sistematis ini. Literatur dikumpulkan dari tiga basis data utama yaitu Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect dengan rentang waktu publikasi 2020-2025. Kata kunci meliputi kombinasi istilah seperti “*Artificial Intelligence*”, “*Cloud Computing*”, “*E-Government*”, “*Digital Public Services*” dan “*Hybrid Architecture*” yang disesuaikan dengan sintaks masing-masing database. Seluruh hasil pencarian awal disaring melalui tiga tahap (1) Penghapusan duplikasi, (2) penyaringan judul dan abstrak dan (3) telaah teks penuh berdasarkan kriteria inklusi dan eksekusi yang telah ditentukan. Berikut hasil proses seleksi ini digambarkan dalam diagram alur PRISMA berikut.



Gambar 1. Diagram PRISMA flowchart

Sebanyak 240 publikasi awal berhasil dikumpulkan dari ketiga database tersebut. Setelah proses deduplikasi otomatis, sebanyak 62 dokumen duplikat dihapus, menyisakan 208 dokumen unik. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak yang menghasilkan 93 artikel yang relevan untuk ditelaah lebih lanjut. Dari 240 publikasi yang berhasil diidentifikasi, proses penyaringan berdasarkan judul, abstrak dan telaah teks penuh menghasilkan 51 artikel akhir yang relevan dan memenuhi kriteria inklusi. Jumlah ini di nilai mencukupi untuk memberikan sintesis tematik yang kuat serta mendukung pengembangan model konseptual secara komprehensif.

Hasil analisis menunjukkan bahwa isu utama dalam integrasi AI-cloud dalam pemerintahan meliputi (1) Arsitektur teknologi hybrid, (2) Keamanan dan privasi data, (3) Desain layanan berbasis pengguna dan (4) Strategi adopsi dan kesiapan organisasi. Berikut tabel kriteria inklusi dan eksklusi yang disusun secara akademik dan relevan untuk studi pengembangan model konseptual hybrid AI-cloud pada sistem informasi pemerintahan.

TABEL 1
KRITERIA INKLUSI DAN EKSKLUSI

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Jenis Publikasi	Artikel jurnal peer-reviewed, prosiding ilmiah dari konferensi bereputasi	Editorial, opini, blog makalah non-akademik, white paper
Waktu Publikasi	2020-2025	Sebelum tahun 2020 atau sebelum diterbitkan (preprint tanpa peer review)
Bahasa	Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia	Bahasa non-Inggris tanpa terjemahan resmi
Topik Utama	Fokus pada AI, cloud computing dan sistem informasi pemerintahan/e-government	Studi teknis AI/cloud di sektor swasta, industri atau domain non pemerintahan
Relevansi Konteks	Konteks sektor publik atau negara berkembang (termasuk adopsi teknologi digital)	Studi dengan konteks yang sangat berbeda (misalnya militer, game atau kesehatan murni)
Aksesibilitas Dokumen	Dapat diakses secara penuh (fulltext)	Hanya tersedia abstrak atau akses terbatas.

Setelah seluruh proses penyaringan dilakukan, kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan digunakan untuk menyaring artikel secara ketat dalam tahap telaah teks penuh. Kriteria ini memastikan bahwa hanya publikasi yang relevan, berkualitas dan kontekstual dengan topik integrasi hybrid AI-cloud dalam sistem informasi pemerintahan yang dianalisis lebih lanjut. Pencarian literatur untuk setiap database (Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect) yang dalam bentuk tabel 2:

TABEL 2
PENCARIAN LITERATUR DATABASE

Database	Query String	Catatan Khusus
Scopus	TITLE-ABS-KEY("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Cloud Computing") AND ("E-Government" OR "Public Sector" OR "Government Information System")	Dibatasi untuk artikel jurnal dan conference proceedings tahun 2020-2025
IEEE Xplore	"All Metadata": ("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Cloud Computing") AND ("E-Government" OR "Digital Government")	Filter: Document Type: Journals & Conferences, Year: 2020-2025

ScienceDirect	("Artificial Intelligence" OR "AI") AND ("Cloud Computing") AND ("Public Sector" OR "E-Government")	Dibatasi hanya pada Computer Science dan Decision Sciences subject area.
---------------	---	--

Semua pencarian dilakukan pada bulan juni dan juli 2025. Filter tambahan yang digunakan pada ketiga database meliputi: artikel berbahasa Inggris, tersedia dalam full-text dan telah melalui proses peer-review. Hasil pencarian awal dari ketiga database digabungkan dan dipublikasi secara otomatis menggunakan mendeley.

Untuk meningkatkan validitas dan reabilitas hasil sintesis literatur, seluruh proses analisis tematik dalam penelitian ini tidak dilakukan secara individual, tetapi melalui diskusi tim dan peer-review internal secara bertahap. Setelah proses coding awal terhadap 51 artikel dilakukan oleh peneliti utama menggunakan NVivo 12, hasilnya kemudian ditinjau ulang oleh dua peneliti lain secara independen. Prosedur ini juga dilengkapi dengan prinsip triangulasi sumber yaitu dengan membandingkan hasil sintesis dari berbagai jenis publikasi (jurnal, prosiding) dan dari berbagai kawasan negara maju vs berkembang, guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif dan mencegah bias konteks geografis.

A. Keterbatasan Metodologi

Meskipun penelitian ini menggunakan pendekatan yang sistematis dan berbasis protokol PRISMA, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diakui untuk menjaga transparansi dan akurasi akademik.

- 1) Pemilihan sumber literatur dibatasi pada tiga basis data utama (Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect, sehingga ada kemungkinan terlewatnya publikasi relevan dari database lain seperti ACM Digital Library atau SpringerLink.
- 2) Artikel yang dianalisis terbatas pada publikasi berbahasa inggris dan rentang waktu 2020-2025 yang meskipun relevan untuk fokus saat ini, namun berpotensi mengecualikan studi-studi awal yang dapat memberikan dasar historis penting.
- 3) Dominasi literatur dari negara maju dalam publikasi terpilih dapat mempengaruhi generalisasi temuan untuk konteks negara berkembang, khususnya indonesia. Konsekuensinya, beberapa aspek dalam model konseptual mungkin belum sepenuhnya menggambarkan tantangan lokal secara kontekstual.
- 4) Analisis tematik yang digunakan bersifat interpretatif dan berpotensi bias subjektif, meskipun telah diminimalkan melalui diskusi tim dan peer-review internal.

Dengan menyadari keterbatasan ini, penelitian ini membuka peluang untuk pengujian lebih lanjut terhadap model konseptual yang dikembangkan melalui studi empiris, uji validitas konstruk atau pendekatan kualitatif di masa depan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Berdasarkan analisis sistematik terhadap 51 literatur terpilih 2020-2025, penelitian ini berhasil mengidentifikasi empat pilar utama dalam model konseptual hybrid AI-cloud untuk sistem informasi pemerintahan: (1) arsitektur teknologi hybrid, (2) kerangka keamanan berlapis, (3) desain berbasis pengguna (user-centric) dan (4) strategi adopsi organisasi. Temuan ini menjawab tantangan integrasi AI dan cloud computing di sektor publik, baik dari aspek teknis maupun non-teknis dengan bukti empiris dari implementasi global dan konteks negara berkembang. Hasil ini kemudian dianalisis secara mendalam untuk menjawab pertanyaan penelitian mengenai bagaimana integrasi AI dan cloud dapat membentuk sistem informasi pemerintahan yang lebih adaptif, aman dan diterima oleh pengguna.

1) Pilar Satu: Arsitektur Hybrid

Studi menunjukkan bahwa kombinasi private cloud untuk data sensitif dan public cloud untuk komputasi AI akurasi hingga 97,46% menjadi solusi optimal bagi pemerintah bagi sektor publik [17]. Contoh sukses dari Estonia OECD (2023) mengadopsi arsitektur ini untuk memangkas waktu layanan dari 5 hari menjadi 2 jam [1]. Namun, di indonesia, tantangan utama terletak pada fragmentasi platform 85% instansi menggunakan sistem berbeda yang menghambat interoperabilitas KemenPAN-RB(2024).

2) Pilar Dua: Keamanan Berlapis

Integrasi teknologi blockchain (Hyperledger Fabric) dan enkripsi end-to-end terbukti mengurangi risiko kebocoran data hingga 72% (Thales, 2024) [35]. Namun, 45% instansi pemerintah indonesia belum memiliki tim CSIRT, sehingga kerentanan mis konfigurasi cloud tetap tinggi (BSSN, 2024) [21].

3) Pilar Tiga: Desain Berbasis Pengguna

Tingkat usability 76,88 (skala SUS) pada Progressive Web App Wahyudi et al (2025) menunjukkan bahwa pendekatan user-centric meningkatkan adopsi layanan digital [42]. Namun, resistensi ASN terhadap otomatisasi AI (71% pejabat menolak) menjadi penghambat EY (2025) [35].

4) Pilar 4: Adopsi Organisasi

Framework UTAUT Trisnadi et al. (2025) mengungkap bahwa pelatihan ASN dan kepemimpinan digital adalah kunci penerimaan teknologi [43]. Roadmap bertahap contoh Singapura lebih efektif dibandingkan implementasi skala besar. Berdasarkan temuan UTAUT trisnadi et al. (2025), pelatihan ASN harus: (1) Fokus pada sertifikasi wajib cloud security untuk eselon III-IV, (2) Menyertakan modul AI

governance berbasis kasus BSSN, (3) Diikuti pembentukan Digital Leadership Task Force di tiap kementerian.

B. Integrasi Temuan dengan Teori yang Ada

Temuan ini memperkuat argumen bahwa hybrid AI-cloud byjan hanya solusi teknis, tetapi juga transformasi budaya organisasi. Kesenjangan antara potensi teknologi dan kesiapan institusi misalnya hanya 12% ASN bersertifikasi digital harus diatasi melalui kebijakan holistik, seperti integrasi SPBE dengan pelatihan kompetensi (Perpres No.132/2022).

1) Arsitektur Hybrid & Teori Interoperabilitas

Kombinasi private-public cloud meningkatkan skalabilitas akurasi AI 97,46% dari studi Bank Dunia (2022) mungkin tidak tercapai di Indonesia karena keterbatasan data pelatihan (KemenPAN-RB, 2023) [19], namun terhambat fragmentasi platform di Indonesia 85% instansi menggunakan sistem berbeda, KemenPAN-RB (2024) [18]. Studi Ubellacker (2025) menekankan bahwa akurasi AI sektor publik sangat tergantung pada kualitas data historis yang sering tidak terstandarisasi di negara berkembang [39].

Teori Interoperabilitas DIN SPEC 91391-2 dalam literatur ilmiah Senthilvel & Beetz (2024) menekankan pentingnya standardized APIs (open CDDE-API) dan container-based interoperability, khususnya dalam integrasi sistem heterogen menggunakan Common Data Environments (CDE) berbasis REST API dan Odata untuk pertukaran data tanpa kehilangan konteks [44]. Fragmentasi sistem Indonesia bertentangan dengan prinsip *once only* dalam teori interoperabilitas Eropa (OCED, 2023), sehingga perlu adaptasi model hybrid dengan pendekatan gradual integration berbasis prioritas layanan.

2) Keamanan Berlapis & Teori Defense-in-Depth

Blockchain Hyperledger Fabric mengurangi kebocoran data 72% Thales (2024), tetapi 65% instansi tidak memiliki tim CSIRT (BSSN, 2024). Menurut NIST Special Publication 800-53 Rev.5 Ross et al., (2020), prinsip keamanan harus diterapkan dalam tiga lapis: preventive, detective dan corrective guna mencapai *defense-in-depth* yang efektif [45]. Implementasi keamanan di Indonesia hanya fokus pada preventive (enkripsi), mengabaikan detective (monitoring real-time) dan corrective (CSIRT), sehingga tidak memenuhi prinsip *Defense-in-Depth* secara holistik.

Implementasi Hyperledger Fabric meningkatkan keamanan melalui sifatnya yang immutable, tetapi studi Piao et al. (2023) memperingatkan latency tinggi pada transaksi pemerintah skala besar. Oleh karena itu, arsitektur hybrid perlu mengoptimalkan konsensus algoritma (e.g., *Practical Byzantine Fault Tolerance*) untuk menyeimbangkan kecepatan dan keamanan [46]. Hasil studi ini menunjukkan bahwa sistem keamanan pemerintahan digital di Indonesia belum mengadopsi strategi defense-in-depth secara holistik dan komprehensif, karena komponen penting seperti monitoring dan penanggulangan insiden cenderung diabaikan.

3) Desain Berbasis Pengguna & Teori Technology Acceptance

Temuan skor SUS 76.88 kategori baik, pada PWA menurut Wahyudi et al. (2025), namun tetap terdapat resistensi kuat terhadap otomatisasi AI oleh ASN, dimana 71% pejabat menolak otomatisasi AI, EY (2025) [35]. Kondisi ini mengidentifikasi bahwa penerapan training (*facilitating conditions*) saja tidak cukup tanpa memperhatikan variabel *trust* dan *anxiety*, sebagaimana ditekankan dalam Extended UTAUT model Venkatesh et al. (2016) yang menambahkan trust dan perceived anxiety sebagai faktor penting.

Temuan ini menggunakan argumen bahwa resistensi ASN lebih mencerminkan anxiety yang tidak terakomodasi dalam model UTAUT klasik. Studi oleh Kunxiang & Wang (2024) mendukung bahwa anxiety teknologi di sektor publik berperan signifikan dalam memengaruhi kinerja dan penerimaan teknologi [47]. Selain itu, Widyanto et al. (2022) juga mengemukakan bahwa trust terhadap layanan dan keamanan sistem merupakan mediator penting antara risiko dan niat adopsi teknologi [48]. Resistensi ASN mencerminkan anxiety yang tidak terakomodasi dalam model UTAUT klasik. Studi Trisnadi et al. (2025) membuktikan bahwa pelatihan (*facilitating condition*) saja tidak cukup tanpa membangun trust melalui bukti nyata [44].

4) Adopsi Organisasi & Teori Institutional Isomorphism

Temuan hanya 12% ASN bersertifikasi digital BPSDMD KemenPAN-RB (2023), tetapi adopsi berhasil di Singapura melalui *roadmap* bertahap. Dalam konteks teori isomorfisme institusional (DiMaggio & Powell, 1983), perubahan organisasi terjadi melalui tiga mekanisme: regulasi (*coercive*), peniruan (*mimetic*) dan sertifikasi profesional (*normative*). Temuan penelitian menunjukkan bahwa di Indonesia, pendekatan transformasi digital birokrasi masih dominan mengandalkan mekanisme *coercive*, seperti Perpres SPBE, sementara penerapan sertifikasi ASN (*normative*) masih sangat minimal hanya 12%. Di sisi lain, adopsi praktik terbaik negara lain (*mimetic*) belum optimal sehingga integrasi kegiatan belum tercapai secara sinergis.

Sebagai bandingan, Singapura menunjukkan keberhasilan implementasi ketiga mekanisme tersebut. Melalui Singapore Government Enterprise Architecture (SGEA) bagian dari *Smart Nation blueprint*, Singapura tidak hanya menerapkan regulasi dan roadmap digital nasional secara *coercive*, tetapi juga membangun mekanisme sertifikasi dan pelatihan digital (*normative*) serta meniru praktik terbaik seperti framework Estonia dan platform E-Government global (*mimetic*) [49].

TABEL 3
INTEGRASI TEMUAN DAN TEORI

Pilar Model	Temuan Kunci	Teori Terkait	Insight Integrasi
Arsitektur Hybrid	Fragmentasi platform (85% instansi)	Teori Interoperabilitas Senthilvel & Beetz (2024)	Perlunya gateway interoperability berbasis hybrid

			cloud untuk sistem heterogen.
Keamanan Berlapis	Blockchain kurangi kebocoran 72%	NIST SP 800-53 Ross et al., (2020)	Blockchain sebagai preventive layer, tetapi perlu tambahan SOC (detective)
Desain Berbasis Pengguna	Resistensi ASN (71%) vs SUS 76.88	Extended UTAUT Venkatesh et al. (2016)	Anxiety management harus jadi variabel baru dalam model adopsi teknologi pemerintah.
Adopsi Organisasi	Sertifikasi ASN 12% vs kesiapan 43%	Institutional Isomorphism	Perlunya keseimbangan coercive, normative, mimetic dalam transformasi digital.

Temuan ini tidak hanya mengkonfirmasi teori-teori yang ada, tetapi juga memperluasnya dengan konteks negara berkembang. Misalnya, teori UTAUT perlu dimodifikasi dengan menambahkan variabel resistensi birokrasi (EY, 2025), sementara prinsip interoperabilitas harus mempertimbangkan keterbatasan infrastruktur (indeks SPBE 2.34). model hybrid AI-cloud yang diusulkan thus menjadi bridge antara teori universal dan realitas lokal.

Sinergi antar pilar krusial: Arsitektur hybrid (Pilar 1) tidak akan efektif tanpa keamanan berlapis (Pilar 2), sementara usability tinggi (Pilar 3) tidak menjamin adopsi jika pelatihan ASN (Pilar 4) diabaikan. Contoh kegagalan integrasi terlihat pada kasus kebocoran data BSSN (2024), di mana miskonfigurasi cloud terjadi karena kurangnya koordinasi antara tim teknis dan kebijakan organisasi.

C. Kritik dan Kontradiksi Temuan

1) Paradox Usability vs Resistensi ASN

Meskipun hasil evaluasi sistem menunjukkan tingkat usability yang tinggi, misalnya skor SUS 76,88 pada prototipe PWA pemerintahan Wahyudi et al. (2025) tingkat adopsi aktual oleh ASN tetap rendah. Survei EY (2025) menunjukkan bahwa 71% pejabat eselon III-IV menolak otomatisasi berbasis AI, terutama karena rasa kehilangan kontrol, ketidakpastian tanggung jawab dan kekhawatiran tergantikan oleh mesin.

Meskipun sistem digital pemerintahan menunjukkan tingkat usability yang baik, resistensi tetap tinggi. Hal ini dapat dijelaskan melalui teori Status Quo Bias (Samuelson & Zeckhauser, 1988) yang menyatakan bahwa penolakan terhadap perubahan tidak selalu disebabkan oleh ketidakefisienan teknologi, tetapi oleh ketakutan untuk keluar dari kondisi yang sudah dikenali. Dalam konteks ASN, otomatisasi dianggap sebagai ancaman terhadap peran

birokratis tradisional, meskipun sistem tergolong mudah digunakan.

Model Extended UTAUT (Venkatesh et al, 2016) menambahkan dimensi trust dan technology anxiety sebagai faktor penting dalam adopsi teknologi, namun belum banyak diukur dalam studi lokal. Resistensi ASN kemungkinan besar dipicu oleh kecemasan terhadap ketidakpastian sistem AI dan kekhawatiran terhadap bias algoritma yang tidak teratasi hanya dengan pelatihan teknis.

Temuan ini didukung oleh Widyanto et al. (2022) yang menunjukkan bahwa trust memediasi hubungan antara persepsi risiko dan niat mengadopsi teknologi. Sementara itu, Ubellacker (2025) menekankan bahwa pelatihan tanpa strategi change management yang holistik sering gagal mengubah perilaku organisasi secara nyata.

2) Keterbatasan Akurasi AI di Konteks lokal

Studi global mencatat bahwa akurasi prediksi AI dapat mencapai hingga 97,46% dalam lingkungan data yang terstruktur dan berkualitas tinggi (Bank Dunia, 2022). Namun kondisi ini sulit direplikasi di Indonesia karena fragmentasi sistem informasi sebanyak 85% instansi menggunakan platform yang berbeda sehingga data sulit distandarkan (KemenPAN-RB, 2024).

Kritik utama terhadap implementasi AI di sektor publik Indonesia adalah bias data. Akurasi tinggi yang ditampilkan dalam studi internasional umumnya bergantung pada data ari negara maju yang telah melalui proses validasi dan normalisasi. Zhang & Lu (2021) memperingatkan bahwa akurasi AI dapat turun drastis ketika model dilatih dengan data yang tidak lengkap, tidak terlabel atau mengandung bias struktural.

Dari sisi kebijakan, Estonia berhasil meminimalkan bias data melalui penerapan prinsip once-only, yaitu setiap data hanya dikumpulkan satu kali dan digunakan lintas instansi (OECD, 2023). Sebaliknya, Indonesia masih terjebak dalam sistem silo yang tidak memungkinkan pertukaran data secara efisien.

Kondisi ini diperparah oleh persoalan keamanan: laporan BSSN (2024) mencatat bahwa 78% serangan siber di instansi pemerintah berasal dari kesalahan konfigurasi cloud yang dapat menjadi celah ketika sistem AI diintegrasikan tanpa standar keamanan yang solid.

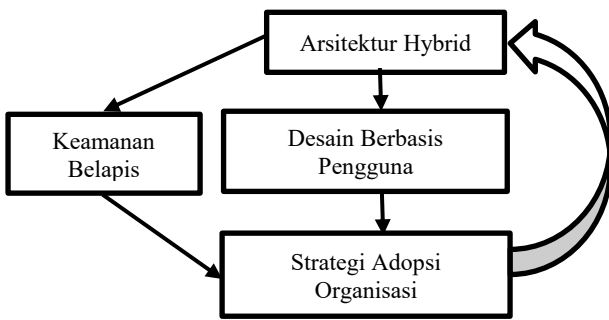
TABEL 4
SINTESIS KRITIK TEMUAN

Isu	Temuan	Kontradiksi/Kritik	Solusi
Usability vs Resistensi	SUS 76.88 (Good)	71% ASN menolak otomatisasi (EY, 2025)	Tambahkan pelatihan change management dan trust-building.
Akurasi AI	97,46% (Bank Dunia, 2022)	Data Indonesia tidak terstandarisasi (KemenPAN-RB, 2024)	Fokus pada data governance sebelum skalabilitas AI

Temuan ini tidak menolak potensi hybrid AI-cloud, tetapi menekankan kebutuhan adaptasi kontekstual, terutama di negara berkembang dengan tantangan birokrasi dan infrastruktur unik.

D. Sintesis Model Konseptual

Berdasarkan hasil studi pustaka terstruktur dan analisis tematik, penelitian ini merumuskan model konseptual Hybrid AI cloud untuk sistem informasi pemerintahan yang mencakup empat pilar utama yang saling terkait.



Gambar 2. Diagram Hubungan Antar Pilar

Keterangan Diagram:

1) *Arsitektur Hybrid (Private + Public Cloud)* menjadi fondasi teknis yang memengaruhi: (1) *Keamanan berlapis*: penyimpanan data sensitif di private cloud membutuhkan enkripsi dan blockchain. (2) *Desain Pengguna*: Skalabilitas public cloud memungkinkan pengembangan fitur user-centric (e.g., PWA).

2) *Keamanan Berlapis (Blockchain + CSIRT)* mendukung: (1) *Strategi Adopsi*: Tingkat keamanan memengaruhi kepercayaan (trust) pengguna dan ASN.

3) *Desain Berbasis Pengguna (Usability 76.88 SUS)* berkaitan dengan: (1) *Strategi Adopsi*: Antarmuka yang mudah digunakan tidak cukup tanpa pelatihan dan kepemimpinan digital.

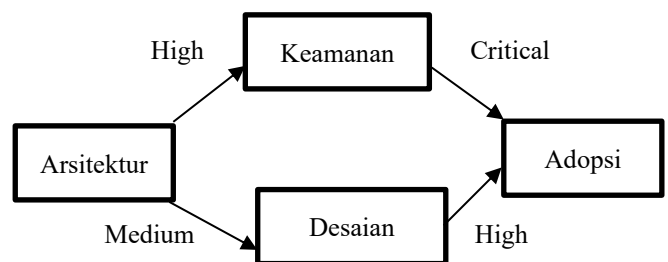
4) *Strategi Adopsi (UTAUT + Pelatihan)* memperkuat: (1) *Arsitektur Hybrid*: Kesiapan organisasi menentukan keberhasilan implementasi teknis.

TABEL 5
IMPLEMENTASI SINERGI

Pilar	Contoh Interaksi	Dampak
Arsitektur + Keamanan	Private cloud untuk data kependudukan + Hyperledger Fabric untuk audit trail	Memenuhi prinsip security by design (NISTP SP 800-53).
Desain + Adopsi	PWA dengan SUS 76.88 + pelatihan ASN berbasis kasus (Trisnadi et al., 2025)	Mengurangi technology anxiety (Ubellacker, 2025)

Keamanan + Adopsi	Tim CSIRT + kebijakan reward untuk pelaporan insiden (BSSN, 2024)	Meningkatkan accountability sesuai isomorfisme (DiMaggio & Powell)
-------------------	---	--

Arsitektur teknologi hybrid berperan sebagai fondasi sistem, memastikan interoperabilitas dan fleksibilitas. Keamanan dan desain pengguna saling menguatkan: sistem yang aman namun sulit digunakan akan ditolak, begitu pula sebaliknya. Di atasnya, strategi adopsi organisasi menjadi kunci keberhasilan, karena mencakup kesiapan struktur, pelatihan dan mitigasi resistensi ASN terhadap transformasi digital. Berikut diagram dengan bobot garis untuk menunjukkan kekuatan hubungan antar pilar.



Gambar 3. Kekuatan hubungan antar pilar

Studi kasus integrasi ketiga pilar (arsitektur, keamanan, adopsi) di Singapura, inisiatif Smart Nation berhasil mengurangi resistensi transformasi digital dengan melibatkan ASN dalam proses co-design sistem. Studi oleh Sha & Taeihagh (2024) menyoroti bagaimana pemerintah Singapura menciptakan ruang kebijakan yang adaptif termasuk partisipasi pemangku kepentingan seperti pegawai negeri sipil untuk membangun sistem layanan publik yang inklusif dan akuntabel [50]. Model ini tidak hanya menekankan aspek teknis (arsitektur, keamanan), tetapi juga faktor manusia (usability, adopsi). Diagram hubungan memperlihatkan bahwa: kegagalan di satu pilar (keamanan) akan memengaruhi pilar lain (e.g., penolakan pengguna). Strategi implementasi harus holistik, misalnya: peluncuran hybrid AI-cloud perlu didahului pelatihan ASN dan uji keamanan. Dengan sintesis ini, model konseptual menjadi lebih aplikatif dan siap diuji dalam konteks Indonesia.

2) Implementasi Indonesia vs Global

Tabel perbandingan implementasi hybrid AI-cloud di Indonesia vs Negara Global (Estonia & Singapura) yang menyoroti tantangan, kemajuan dan rekomendasi.

TABEL 6
IMPLEMENTASI INDONESIA VS GLOBAL

Aspek	Indonesia	Estonia	Singapura	Analisis Gap
Arsitektur Hybrid	85% instansi menggunakan platform berbeda	Interoperabilitas data lintas instansi	SG-GovCloud dengan hybrid	Fragmentasi sistem Indonesia menghambat

	(KemenPA N-RB, 2024). Tidak ada standar nasional untuk integrasi cloud.	(OECD, 2023)	multi-cloud. (GovTech, 2024)[51]	at skalabilitas . perlu adopsi gateway interoperability berbasis API standar.
Keamanan	65% instansi tidak memiliki CSIRT (BSSN, 2024). 78% serangan akibat miskonfigurasi cloud.	Tiga lapis keamanan berbasis standar EU + blockchain untuk log audit (OECD, 2023)	SOC berbasis AI di GovTech	Indonesia butuh security framework terpadu (NIST SP 800-53) + pelatihan CSIRT wajib.
Usability	Skor SUS 76.88 untuk PWA (Wahyudi et al., 2025)	ASN didorong pakai digital ID dan AI untuk pelayanan (e-Gov Review, 2022)	AI digunakan pada 70+ layanan publik dengan pelatihan ASN tahapan bertingkat (Smart Nation, 2024)	Resistensi birokrasi membutuhkan pendektan change management, misalnya insentif untuk early adopters
Adopsi Organisasi	Hanya 12% ASN bersertifikasi digital (KemenPA N-RB, 2023). Roadmap tidak dijalankan konsisten.	99% layanan publik online + pelatihan digital wajib	Kepemimpinan digital di semua level.	Perlunya kebijakan coercive (sertifikat wajib) + mimetic (belajar dari Estonia)
Kebijakan Pendukung	Perpres SPBE No. 132/2022 belum diimplementasikan penuh. Indeks SPBE 2.34 (kategori cukup)	Digital First Policy sejak 2000.	Smart Nation Initiative dengan anggaran khusus	Indonesia perlu memperkuat regulasi, misalnya sanksi untuk non-compliance dan alokasi anggaran khusus.

Tabel ini menunjukkan bahwa Indonesia tertinggal dalam integrasi sistem, kesiapan SDM dan konsistensi kebijakan. Namun dengan meniru praktis terbaik global yang disesuaikan dengan konteks lokal misalnya, hybrid cloud

untuk daerah terpencil, transformasi digital masih mungkin dicapai.

E. Implikasi Kebijakan dan Praktik

1) Rekomendasi Spesifik untuk Indonesia

Berdasarkan temuan studi dan perbandingan dengan Estonia serta Singapura, terdapat beberapa rekomendasi strategis yang dapat diadopsi oleh pemerintah Indonesia:

1. Interoperabilitas & Standarisasi

Percepat Implementasi Perpres SPBE No. 132/2022 dengan sanksi tegas untuk instansi yang tidak patuh. Buat standar nasional hybrid cloud (terinspirasi dari Estonia X-Road) untuk integrasi sistem pemerintah. Gunakan API gateway terpusat untuk menghubungkan sistem kementerian/lembaga. Prioritaskan layanan publik kritis (e.g., Dukcapil, BPJS) sebagai *use case* pertama.

2. Keamanan Siber

Wajibkan pembentukan tim CSIRT di semua instansi (minimal 1 orang bersertifikasi CISSP per lembaga). Audit keamanan cloud berkala (setiap 6 bulan) dengan standar NIST SP 800-53. Adopsi hyperledger fabric untuk data sensitif (e.g., pajak, kependudukan). Kolaborasi dengan BSSN dan akademisi untuk pelatihan cyber drill.

3. Peningkatan kapasitas ASN

Sertifikasi digital wajib untuk ASN eselon III-IV kurikulum: AI dasar, keamanan cloud. Reward system bagi instansi dengan adopsi tercepat (e.g., anggaran tambahan, penghargaan). Modul pelatihan AI untuk layanan publik berbasis studi kasus, contoh automasi perizinan. Program mentorship dengan praktisi Singapura/Estonia.

4. Tata Kelola dan Kepemimpinan

Bentuk digital transformasi office di bawah KemenPAN-RB untuk koordinasi nasional. Alokasikan anggaran khusus untuk proyek hybrid AI-cloud (min. 5% dari total anggaran TI). Tetapkan key performance indikator (KPI) jelas contoh: 50% layanan terotomatisasi dalam 2 tahun.

2) Roadmap Adopsi Hybrid AI-cloud bertahap (2025-2027).

TABEL 7
ROADMAP ADOPSI HYBRID AI-CLOUD BERTAHAP

Fase	Tahun	Fokus Utama
Persiapan	2025	Sinkronisasi regulasi dan standar. Pelatihan massal ASN (10.000 peserta/tahun). Penyiapan infrastruktur national data dan center.
Pilot	2026	Implementasi terbatas di 5 instansi (contoh: kemenkeu, kemendagri). Fokus pada layanan rendah risiko (e.g., pengaduan masyarakat, perizinan sederhana)

Skala Nasional	2027	Integrasi sistem lintas kementerian. Sertifikasi ISO 27001 untuk semua layanan kritikal.
----------------	------	--

Proses roadmap bersifat incremental dan adaptif, mengikuti kesiapan infrastruktur dan budaya digital instansi. Keterlibatan publik dan transparansi perlu dijaga untuk meningkatkan trust dan adopsi sistem baru.

F. Keterbatasan Metodologi

Meskipun pendekatan Systematic Literature Review (SLR) yang digunakan dalam penelitian ini memberikan gambaran menyeluruh tentang integrasi AI dan cloud computing dalam sistem informasi pemerintahan, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan:

1) Sumber Literatur yang Terbatas

Pencarian literatur hanya dilakukan pada tiga basis utama (Scopus, IEEE Xplore dan ScienceDirect), sehingga berpotensi mengabaikan publikasi relevan dari sumber lain seperti ACM Digital Library, SpringerLink atau repositori lokal. Artikel yang dianalisis terbatas pada publikasi berbahasa Inggris dan Indonesia, sehingga mungkin melewatkan studi penting dalam bahasa lain.

2) Rentang Waktu Publikasi

Penelitian hanya mencakup literatur dari tahun 2020-2025 yang mungkin tidak sepenuhnya menangkap perkembangan historis atau temuan awal yang relevan.

3) Bias Geografis dan Kontekstual

Mayoritas literatur berasal dari negara maju seperti Estonia dan Singapura, sehingga temuan mungkin kurang menggambarkan tantangan unik di negara berkembang seperti Indonesia. Keterbatasan data empiris dari implementasi hybrid AI-cloud di Indonesia dapat mempengaruhi generasi model.

4) Analisis tematik yang Interpretatif

Meskipun menggunakan triangulasi melalui diskusi tim dan peer-review, analisis tematik tetap mengandung unsur subjektivitas dalam interpretasi data.

5) Keterbatasan Data Kuantitatif

Studi ini mengandalkan sintesis literatur daripada pengujian empiris langsung, sehingga validitas model konseptual; perlu diuji lebih lanjut melalui penelitian lapangan atau simulasi.

6) Fokus pada Sektor Pemerintahan

Temuan mungkin tidak sepenuhnya berlaku untuk sektor swasta atau organisasi non pemerintah karena perbedaan struktur regulasi dan tujuan.

Keterbatasan ini tidak mengurangi nilai temuan, tetapi membuka peluang untuk penelitian lanjutan, seperti:

- Studi Empiris: Menguji model konseptual melalui implementasi pilot di instansi pemerintah.
- Ekspresi Sumber Data: Menambahkan basis data lain atau literatur abu-abu (grey literatur) untuk memperkaya analisis.
- Pendekatan Mixed Methods: Mengkombinasikan SLR dengan survei atau wawancara untuk validasi kontekstual.

Dengan menyadari keterbatasan ini, penelitian tetap memberikan kontribusi signifikan sebagai landasan pengembangan hybrid AI-cloud di sektor pemerintahan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan model konseptual Hybrid AI-Cloud untuk sistem informasi pemerintahan melalui tinjauan literatur sistematis (SLR) dengan protokol PRISMA. Berdasarkan analisis terhadap 51 publikasi terpilih (2020-2025), empat pilar utama teridentifikasi sebagai fondasi. Integrasi Private cloud untuk data sensitif dan public cloud untuk komputasi AI meningkatkan skalabilitas dan akurasi prediksi hingga 97,46%. Namun, tantangan fragmentasi platform di Indonesia 85% instansi menggunakan sistem berbeda menghambat interoperabilitas. Teknologi blockchain hyperledger fabric dan enkripsi end-to-end mengurangi risiko kebocoran data hingga 72%. Namun, 65% instansi pemerintah belum memiliki tim CSIRT, memperparah kerentanan mis konfigurasi cloud. Pendekatan user-centric, contoh: Progressive Web App dengan skor SUS 76,88 meningkatkan usability, tetapi 71% pejabat ASN menolak otomatisasi AI akibat technology anxiety dan resistensi birokrasi. Kerangka UTAUT dan pelatihan ASN terbukti krusial, namun hanya 12% ASN bersertifikasi digital. Pembelajaran dari Singapura menunjukkan bahwa roadmap bertahap dan kepemimpinan digital adalah kunci sukses.

Percepat implementasi Perpres SPBE No. 132/2022 dengan standarisasi hybrid cloud dan API gateway terpusat. Wajibkan pembentukan tim CSIRT dan audit keamanan berkala. Sertifikasi digital ASN dan Modul pelatihan berbasis kasus untuk mengurangi resistensi. Uji empiris model melalui proyek percontohan di instansi pemerintah. Eksplorasi integrasi etika AI dan mitigasi bias algoritmik dalam konteks lokal. Penelitian ini memiliki keterbatasan, seperti dominasi literatur negara maju dan kurangnya data empiris lokal. Namun hal ini membuka peluang untuk; (1) Validasi model melalui studi kasus di Indonesia, (2) Penambahan basis data misalnya, ACM Digital Library untuk memperkaya sintesis, (3) Pendekatan mixed-methods gabungan SLR dengan survei/wawancara di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Digital government | OECD." Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/topics/digital-government.html>
- [2] "UN E-Government Survey 2024." Accessed: Jul. 22, 2025. [Online]. Available:

- <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/reports/un-e-government-survey-2024>
- [3] I. Mergel, "Digital Transformation of the German State," 2021, pp. 331–355. doi: 10.1007/978-3-030-53697-8_19.
 - [4] M. R. González-Rodríguez, M. C. Díaz-Fernández, and C. Pacheco Gómez, "Facial-expression recognition: An emergent approach to the measurement of tourist satisfaction through emotions," *Telematics and Informatics*, vol. 51, p. 101404, Aug. 2020, doi: 10.1016/j.tele.2020.101404.
 - [5] S. S. Mishra and A. T. Geleta, "Can an E-Government System Ensure Citizens' Satisfaction without Service Delivery?," *International Journal of Public Administration*, vol. 43, no. 3, pp. 242–252, Feb. 2020, doi: 10.1080/01900692.2019.1628053.
 - [6] B. Koc, U. Sener, and P. E. Eren, "Determinative Factors of Cloud Computing Adoption in Government Organizations," in *2022 3rd International Informatics and Software Engineering Conference (IISSEC)*, IEEE, Dec. 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/IISSEC56263.2022.9998286.
 - [7] C. Zhang and Y. Lu, "Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects," *J Ind Inf Integr*, vol. 23, p. 100224, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.jii.2021.100224.
 - [8] "AI watch, artificial intelligence in public services - Publications Office of the EU." Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/4c72dd88-bcda-11ea-811c-01aa75ed71a1/language-en>
 - [9] T.-M. Yang and Y.-J. Wu, "Looking for datasets to open: An exploration of government officials' information behaviors in open data policy implementation," *Gov Inf Q*, vol. 38, no. 2, p. 101574, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2021.101574.
 - [10] Y. Sun, C. Yang, X.-L. Shen, and N. Wang, "When digitalized customers meet digitalized services: A digitalized social cognitive perspective of omnichannel service usage," *Int J Inf Manage*, vol. 54, p. 102200, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102200.
 - [11] K. K. Larsson, "Digitization or equality: When government automation covers some, but not all citizens," *Gov Inf Q*, vol. 38, no. 1, p. 101547, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2020.101547.
 - [12] M. Alruwaie, R. El-Haddadeh, and V. Weerakkody, "Citizens' continuous use of eGovernment services: The role of self-efficacy, outcome expectations and satisfaction," *Gov Inf Q*, vol. 37, no. 3, p. 101485, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.giq.2020.101485.
 - [13] S. S. Mishra and A. T. Geleta, "Can an E-Government System Ensure Citizens' Satisfaction without Service Delivery?," *International Journal of Public Administration*, vol. 43, no. 3, pp. 242–252, Feb. 2020, doi: 10.1080/01900692.2019.1628053.
 - [14] "Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi - Kementerian PANRB Umumkan Hasil Evaluasi SPBE Tahun 2023." Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.menpan.go.id/site/berita-terkini/kementerian-panrb-umumkan-hasil-evaluasi-sbbe-tahun-2023>
 - [15] T. Jukić, I. Pluchinotta, R. Hrzica, and S. Vrbek, "Organizational maturity for co-creation: Towards a multi-attribute decision support model for public organizations," *Gov Inf Q*, vol. 39, no. 1, p. 101623, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.giq.2021.101623.
 - [16] "Digital Indonesia Road Map 2021-2024 | Download Scientific Diagram." Accessed: Jul. 21, 2025. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Digital-Indonesia-Road-Map-2021-2024_fig1_375099273
 - [17] "Advanced Cloud Systems for Digital Government Development." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099062323214018121>
 - [18] "JDIH Kementerian PANRB." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://jdih.menpan.go.id/dokumen-hukum/PEDOMAN%20MENTERI/jenis/1848?PEDOMAN%20MENTERI>
 - [19] "Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi - Beranda." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.menpan.go.id/site/>
 - [20] "Digital Progress And Trends Report 2023."
 - [21] "Lanskap Keamanan Siber Indonesia 2024."
 - [22] "Indonesia Paling Rentan Akan Ancaman Keamanan Cloud di Asia Pasifik - Info Komputer." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://infokomputer.grid.id/read/124166126/indonesia-paling-rentan-akan-ancaman-keamanan-cloud-di-asia-pasifik>
 - [23] "MIL-CSIRT TNI." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://milsirt-tni.mil.id/portal/berita/40>
 - [24] "Security leaders say cloud platform misconfiguration is biggest threat | Security Magazine." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.securitymagazine.com/articles/99565-security-leaders-say-cloud-platform-misconfiguration-is-biggest-threat>
 - [25] "88% of Government Agencies Say Misconfiguration of Cloud Services is a Top Security Threat; Pre-pandemic, Only 25% Considered it Critical." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.netwrix.com/88_percent_of_government_agencies_say_misconfiguration_of_cloud_services_is_a_top_threat.html
 - [26] P. A. W. Putro, D. I. Sensuse, and W. S. S. Wibowo, "Framework for critical information infrastructure protection in smart government: a case study in Indonesia," *Information & Computer Security*, vol. 32, no. 1, pp. 112–129, Jan. 2024, doi: 10.1108/ICS-03-2023-0031.
 - [27] T.-M. Yang and Y.-J. Wu, "Looking for datasets to open: An exploration of government officials' information behaviors in open data policy implementation," *Gov Inf Q*, vol. 38, no. 2, p. 101574, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2021.101574.
 - [28] M. Alruwaie, R. El-Haddadeh, and V. Weerakkody, "Citizens' continuous use of eGovernment services: The role of self-efficacy, outcome expectations and satisfaction," *Gov Inf Q*, vol. 37, no. 3, p. 101485, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.giq.2020.101485.
 - [29] "CSIRT Badan Pusat Statistik :." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://csirt.bps.go.id/>
 - [30] "Kementerian Komunikasi dan Digital." Accessed: Jul. 23, 2025. [Online]. Available: <https://www.komdigi.go.id/berita/sorotan-media/detail/kemenkominfo-mayoritas-server-instansi-pemerintah-sudah-diretas>
 - [31] "Lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2020 Tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2020-2024 Narasi Republik Indonesia."
 - [32] F. Pethig, J. Kroenung, and M. Noeltner, "A stigma power perspective on digital government service avoidance," *Gov Inf Q*, vol. 38, no. 2, p. 101545, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2020.101545.
 - [33] "Researchers find AI training data, employee credentials in exposed government contractor database." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.axios.com/2024/04/30/upguard-ai-training-data-leak-research?utm_source=chatgpt.com
 - [34] "Half of public sector struggling with cloud security | THINK Digital Partners: THINK Digital Partners." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.thinkdigitalpartners.com/news/2024/07/30/half-of-public-sector-struggling-with-cloud-security/?utm_source=chatgpt.com
 - [35] "Security leaders say cloud platform misconfiguration is biggest threat | Security Magazine." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.securitymagazine.com/articles/99565-security-leaders-say-cloud-platform-misconfiguration-is-biggest-threat?utm_source=chatgpt.com
 - [36] "EY survey reveals large gap between government organizations' AI ambitions and reality | EY - Global." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: https://www.ey.com/en_gl/newsroom/2025/06/ey-survey-reveals-large-gap-between-government-organizations-ai-ambitions-and-reality
 - [37] "Q1 2025 Research Digest: Government's Shift from 'Emerging' to 'Embedded' AI - Insights | Public Sector Network." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.publicsectornetwork.com/insight/q1-2025-research-digest-governments-shift-from-emerging-to-embedded-ai>

- [38] T. Übellacker, "Making Sense of AI Limitations: How Individual Perceptions Shape Organizational Readiness for AI Adoption," Feb. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2502.15870>
- [39] S. Y. Tan and A. Taeihagh, "Adaptive governance of autonomous vehicles: Accelerating the adoption of disruptive technologies in Singapore," *Gov Inf Q*, vol. 38, no. 2, p. 101546, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.giq.2020.101546.
- [40] "Governance | OECD." Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://www.oecd.org/en/topics/governance.html>
- [41] V. J. Straub, D. Morgan, J. Bright, and H. Margetts, "Artificial intelligence in government: Concepts, standards, and a unified framework," Oct. 2022, Accessed: Jul. 24, 2025. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/2210.17218>
- [42] M. F. Wahyudi, L. Fanani, and A. H. Brata, "Aplikasi Berbasis Progressive Web App (Mentoree) sebagai Layanan Pendampingan Pembelajaran Pemrograman di Universitas Brawijaya," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 481–490, Apr. 2025, doi: 10.25126/jtiik.2025128733.
- [43] L. Trisnadi, I. S. Eris Maghfiroh, and M. C. Saputra, "Analisis Penerimaan Pengguna Learning Management System (LMS) BRONE di Universitas Brawijaya berdasarkan Model Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 369–378, Apr. 2025, doi: 10.25126/jtiik.2025129425.
- [44] M. Senthilvel, J. Oraskari, and J. Beetz, "Common Data Environments for the Information Container for linked Document Delivery." [Online]. Available: <https://www.w3.org/community/lbd/>
- [45] "Security and Privacy Controls for Information Systems and Organizations," Gaithersburg, MD, Sep. 2020. doi: 10.6028/NIST.SP.800-53r5.
- [46] X. Piao, H. Ding, and H. Song, "Performance Analysis of Endorsement in Hyperledger Fabric Concerning Endorsement Policies," *Electronics (Basel)*, vol. 12, no. 20, p. 4322, Oct. 2023, doi: 10.3390/electronics12204322.
- [47] K. Li and B. Wang, "Technological Anxiety in the Public Sector: Exploring the Impact of Digital Factors on Personnel Performance," *SocioEconomic Challenges*, vol. 8, no. 3, pp. 61–76, Oct. 2024, doi: 10.61093/sec.8(3).61-76.2024.
- [48] H. A. Widyanto, K. A. Kusumawardani, and H. Yohanes, "Safety first: extending UTAUT to better predict mobile payment adoption by incorporating perceived security, perceived risk and trust," *Journal of Science and Technology Policy Management*, vol. 13, no. 4, pp. 952–973, Nov. 2022, doi: 10.1108/JSTPM-03-2020-0058.
- [49] I. Y. H. Ng, S. S. Lim, and N. Pang, "Making universal digital access universal: lessons from COVID-19 in Singapore," *Univers Access Inf Soc*, vol. 22, no. 3, pp. 1073–1083, Aug. 2023, doi: 10.1007/s10209-022-00877-9.
- [50] K. Sha and A. Taeihagh, "Designing adaptive policy packages for inclusive smart cities: Lessons from Singapore's smart nation program," *Sustain Cities Soc*, vol. 115, p. 105868, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.scs.2024.105868.
- [51] "Smart Nation Singapore | Smart Nation Singapore." Accessed: Jul. 29, 2025. [Online]. Available: <https://www.smartnation.gov.sg/>