



Analisis Peran *Cloud Computing* dalam Mendorong Transformasi Industri

4.0: Systematic Literature Review

Muhamad Rizki¹, Muhammad Septian Bimantara², Tesar Adi Nugroho³

^{1,2,3} Universitas Pamulang, Indonesia

Email: mhamadrizki19@gmail.com¹, msbimantara@gmail.com², tesaradi173@gmail.com³

Article Info

Article history:

Received November 12, 2025

Revised November 24, 2025

Accepted December 04, 2025

Keywords:

Analysis, Cloud Computing, Transformation, Industry 4.0, SLR

ABSTRACT

Digital transformation in the era of Industry 4.0 has grown rapidly due to the rising demand for flexible, scalable, and efficient systems. Cloud Computing serves as a key technology that provides internet-based computing resources to enhance automation, data integration, and data-driven decision-making supported by digital intelligence. This study examines the contribution of Cloud Computing in accelerating Industry 4.0 transformation through a Systematic Literature Review (SLR). The SLR procedure includes identifying, selecting, and synthesizing scientific articles from multiple international databases based on predefined inclusion criteria, following the PRISMA framework through screening, quality assessment, and thematic analysis. The findings show that Cloud Computing improves operational efficiency and supports business process automation. Overall, it functions as a fundamental component in driving innovation within Industry 4.0.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Article Info

Article history:

Received November 12, 2025

Revised November 24, 2025

Accepted December 04, 2025

Keywords:

Analisis, Cloud Computing, Transformasi, Industri 4.0, SLR

ABSTRACT

Transformasi digital pada era Industri 4.0 berkembang pesat karena kebutuhan industri terhadap sistem yang fleksibel, terukur, dan efisien. Cloud Computing menjadi teknologi kunci yang menyediakan sumber daya komputasi berbasis internet untuk meningkatkan otomatisasi, integrasi data, dan kualitas pengambilan keputusan berbasis kecerdasan digital. Penelitian ini mengkaji kontribusi Cloud Computing dalam mempercepat transformasi Industri 4.0 melalui metode Systematic Literature Review (SLR). Prosedur SLR meliputi identifikasi, seleksi, dan sintesis artikel dari berbagai database sesuai kriteria inklusi, serta mengikuti kerangka PRISMA melalui proses penyaringan, penilaian kualitas, dan analisis tematik. Hasilnya menunjukkan bahwa Cloud Computing meningkatkan efisiensi operasional dan mendukung otomatisasi proses bisnis. Secara keseluruhan, teknologi ini menjadi komponen fundamental dalam percepatan inovasi Industri 4.0.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Muhamad Rizki

Universitas Pamulang

Email: mhamadrizki19@gmail.com



PENDAHULUAN

Cloud computing telah menjadi salah satu fondasi utama dalam transformasi digital seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi di era Industri 4.0. Teknologi ini memungkinkan akses cepat dan fleksibel terhadap sumber daya komputasi serta mendukung kolaborasi yang lebih baik antar pengguna yang tersebar secara geografis (Alkadrie & Fitroh, 2024). Selain itu, cloud computing menawarkan keunggulan signifikan dalam hal penyimpanan data, pemrosesan informasi, dan integrasi berbagai aplikasi industri, sehingga mengurangi ketergantungan pada infrastruktur lokal yang mahal dan kompleks.

Urgensi pemanfaatan cloud computing semakin nyata ketika banyak organisasi baik itu korporat, institusi pendidikan, maupun layanan publik yang beralih ke sistem digital untuk meningkatkan efisiensi operasional, kolaborasi, dan pengambilan keputusan (Gunawan Tedi, 2024). Sebagai contoh, penelitian (Siska & Farizy, 2023) menunjukkan bahwa adopsi cloud computing di sektor kesehatan melalui Amazon Web Services dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi waktu tunggu pasien, dan memperbaiki aksesibilitas data secara real-time. Sementara itu, dalam konteks pendidikan (Anwar et al., 2025) menekankan peran cloud computing sebagai solusi *disaster recovery* dan *business continuity* yang skalabel dan hemat biaya bagi sistem informasi utama di Universitas Pamulang. Studi lain juga mengungkapkan bahwa sekitar 85% perusahaan manufaktur telah mengadopsi cloud computing sebagai salah satu dari lima teknologi kunci dalam transformasi menuju Industri 4.0 (Prasanti & Riono, 2025).

Revolusi industri keempat juga ditandai dengan integrasi teknologi seperti Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan *big data*, yang mengubah cara organisasi beroperasi, berinovasi, dan bersaing (Oktareza et al., 2024). Namun, di balik manfaat yang ditawarkan, terdapat sejumlah tantangan seperti keamanan siber, kesenjangan digital, dan kebutuhan sumber daya manusia yang terampil yang masih menjadi hambatan dalam adopsi cloud computing secara optimal (Andika et al., 2025; Marlin et al., 2024). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa literasi digital yang rendah dan tidak adanya strategi implementasi yang terstruktur dapat menghambat transformasi digital yang efektif.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengumpulkan, menilai, dan mensintesis berbagai penelitian terkait pemanfaatan cloud computing dalam konteks Industri 4.0. Tujuan utama penelitian ini adalah memberikan gambaran komprehensif mengenai kontribusi cloud computing terhadap transformasi industri, serta merumuskan temuan yang dapat dijadikan acuan bagi peneliti maupun praktisi dalam mengembangkan strategi implementasi teknologi cloud yang efektif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi Systematic Literature Review (SLR) untuk melakukan analisis komprehensif mengenai penerapan cloud computing dalam memfasilitasi transformasi yang terkait dengan Industri 4.0. Pemanfaatan SLR dibenarkan oleh kapasitasnya untuk membedakan pola dalam temuan, mengidentifikasi kekurangan penelitian, dan memberikan sintesis pengetahuan yang koheren melalui serangkaian tahap analitis, evaluatif, dan pelaporan (Alkadrie & Fitroh, 2024). Metodologi SLR mencakup fase identifikasi literatur, penyaringan, evaluasi kelayakan, ekstraksi data, analisis tematik, dan perumusan kesimpulan sistematis sesuai dengan pedoman PRISMA.



Menyusun Pertanyaan Penelitian

Tabel 1 menunjukkan struktur desain pertanyaan penelitian yang digunakan peneliti untuk membuat pertanyaan penelitian. Pertanyaan-pertanyaan ini dibuat berdasarkan kebutuhan topik yang dipilih. Berikut adalah pertanyaan penelitian.

Tabel 1. Research Question dan Tujuan

ID	Research Question	Tujuan
RQ1	Bagaimana peran cloud computing dalam meningkatkan efisiensi operasional organisasi pada era Industri 4.0?	Menjelaskan kontribusi cloud computing terhadap peningkatan efisiensi operasional organisasi pada era Industri 4.0.
RQ2	Bagaimana penerapan cloud computing mendukung integrasi sistem dan otomatisasi proses dalam transformasi digital?	Mengidentifikasi dampak penerapan cloud computing terhadap integrasi sistem, otomatisasi proses, dan percepatan transformasi digital.
RQ3	Apa tantangan utama yang dihadapi organisasi dalam mengadopsi cloud computing di era Industri 4.0?	Mendeskripsikan hambatan, risiko, dan masalah implementasi cloud computing yang muncul pada berbagai sektor industri.
RQ4	Bagaimana strategi organisasi dalam memitigasi risiko keamanan data saat menggunakan cloud computing?	Menjelaskan langkah keamanan, kebijakan, dan strategi mitigasi risiko yang digunakan organisasi dalam penerapan cloud computing.

Strategi Pencarian Literatur

Dalam penelitian ini, pencarian literatur dilakukan pada beberapa basis data nasional yang menyediakan akses ke artikel jurnal secara lengkap yaitu Google Scholar, GARUDA Kemendikbud, SINTA (Science and Technology Index), serta menggunakan platform OJS dari universitas (misalnya UNS, UAJY, UPI, UNISNU, UNUD). Kata kunci yang digunakan meliputi “cloud computing”, “komputasi awan”, “Industri 4.0”, “transformasi digital”, “teknologi industri”, dan “smart manufacturing”. Untuk menjaga relevansi dengan perkembangan teknologi terkini, rentang tahun publikasi artikel dibatasi pada periode 2021–2025.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi digunakan untuk memastikan bahwa artikel yang diperoleh selaras dengan topik penelitian.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Inklusi	Eksklusi
Penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan atau peran cloud computing dalam mendukung transformasi digital atau implementasi Industri 4.0.	Penelitian yang tidak berkaitan dengan cloud computing atau tidak relevan dengan konteks Industri 4.0.
Artikel terbit tahun 2021–2025	Artikel yang dipublikasikan sebelum 2021.
Artikel merupakan studi akademik, seperti jurnal ilmiah, atau laporan penelitian.	Artikel non-ilmiah seperti blog, opini, atau konten populer.



Artikel tidak duplikat dan hasil dari penelitian asli	Artikel duplikat atau memiliki kemiripan identik dengan studi lain.
Artikel dapat diunduh secara full text atau open acces	Artikel yang berbayar, tidak dapat diakses, atau pdf yang tidak lengkap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a) Bagaimana peran cloud computing dalam meningkatkan efisiensi operasional organisasi pada era Industri 4.0?

Berdasarkan sintesis literatur yang dilakukan, temuan penelitian mengungkap peran signifikan cloud computing dalam meningkatkan efisiensi operasional organisasi di era Industri 4.0. penelitian (Pattiasina, 2025) mengidentifikasi variasi tingkat adopsi cloud computing across different business sectors. Sektor jasa menunjukkan tingkat adopsi tertinggi (70%), diikuti oleh perdagangan (60%), dan manufaktur (45%). Temuan ini mengindikasikan bahwa karakteristik operasional setiap sektor mempengaruhi tingkat adopsi dan pemanfaatan teknologi cloud. Pada sektor manufaktur khususnya, studi (Prasanti & Riono, 2025) mencatat bahwa cloud computing menjadi salah satu dari lima teknologi Industri 4.0 yang paling banyak diadopsi dengan tingkat adopsi mencapai 85%, sekaligus berkontribusi terhadap peningkatan time to market produk baru sebesar 22% dan pengurangan lead times hingga 21%.

Pada tingkat strategis yang lebih luas, penelitian (Ridhani et al., 2025) mengungkap bahwa integrasi cloud computing dengan *Software-Defined Networking* (SDN) menciptakan sinergi yang memungkinkan organisasi mencapai tingkat otomasi dan efisiensi yang sebelumnya tidak mungkin dicapai dengan arsitektur jaringan tradisional. Transformasi arsitektur jaringan enterprise ini tidak hanya mengoptimalkan efisiensi operasional, tetapi juga menciptakan fondasi untuk implementasi teknologi emerging seperti artificial intelligence dan virtualisasi jaringan holistik.

Di balik layar, efisiensi cloud computing sendiri sangat bergantung pada optimalisasi penjadwalan tugas. Studi oleh (Arrasyid et al., 2025) mengidentifikasi bahwa algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO), dan *Genetic Algorithm* (GA) merupakan metode paling efektif untuk menangani masalah penjadwalan yang kompleks dalam lingkungan cloud. PSO khususnya menonjol karena kemampuannya dalam mencari solusi optimal global, menangani masalah non-linear dan multimodal, serta efisiensinya dalam mengelola sumber daya komputasi. Optimalisasi melalui kombinasi atau modifikasi algoritma ini terbukti dapat meningkatkan performa sistem cloud secara keseluruhan, yang pada akhirnya berdampak langsung pada efisiensi operasional organisasi yang menggunakananya.

Namun demikian, implementasi cloud computing juga menghadapi beberapa tantangan. Studi (Pattiasina, 2025) mengidentifikasi bahwa kekhawatiran terhadap keamanan data, ketergantungan pada koneksi internet, dan rendahnya literasi digital menjadi hambatan utama, khususnya di daerah pedesaan dan sektor UMKM tradisional. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga memperhatikan aspek sosial dan infrastruktural.



Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa cloud computing berperan sebagai katalisator transformasi operasional yang multifaset. Dari optimalisasi teknis internal melalui algoritma penjadwalan canggih, transformasi fundamental arsitektur enterprise, hingga peningkatan efisiensi dan kelincahan bisnis secara langsung, teknologi ini memungkinkan organisasi menjadi lebih terhubung, adaptif, dan kompetitif dalam menghadapi dinamika pasar global di era Industri 4.0.

b) Bagaimana penerapan cloud computing mendukung integrasi sistem dan otomatisasi proses dalam transformasi digital?

Berdasarkan sintesis literatur yang dilakukan, penerapan *cloud computing* terbukti secara signifikan mendukung integrasi sistem dan otomatisasi proses dalam kerangka transformasi digital. Cloud computing berperan sebagai tulang punggung digital yang memungkinkan terciptanya ekosistem sistem yang terhubung dan proses bisnis yang dapat diotomasi (Ridhani et al., 2025).

Dukungan ini terwujud melalui penyediaan platform terpusat yang dapat diakses oleh berbagai aplikasi dan pengguna, sehingga memungkinkan integrasi yang mulus antar sistem yang sebelumnya terisolasi. Model layanan *Software as a Service* (SaaS) seperti Google Workspace dan Microsoft 365 memfasilitasi kolaborasi dan pertukaran data secara real-time, sementara *Platform as a Service* (PaaS) memberikan lingkungan pengembangan terintegrasi untuk membangun dan menghubungkan aplikasi tanpa perlu mengelola infrastruktur dasar (Ermawati et al., 2024). *Infrastructure as a Service* (IaaS) sendiri menyediakan sumber daya komputasi yang fleksibel yang dapat diintegrasikan dengan sistem legacy untuk memperluas kapabilitas digital organisasi (Yusuf & Ikasari, 2023).

Dalam konteks otomatisasi proses, cloud computing memungkinkan organisasi untuk menerapkan skalabilitas otomatis dimana sumber daya komputasi dapat ditingkatkan atau dikurangi secara dinamis berdasarkan beban kerja, seperti yang diterapkan dalam sistem e-government dan platform e-learning (Azizah, 2024). Fitur *automated backup* dan *recovery* yang disediakan oleh layanan cloud mengurangi intervensi manual dan meningkatkan keandalan operasional (Ermawati et al., 2024). Lebih lanjut, platform cloud modern mendukung *workflow automation* yang mencakup berbagai aspek bisnis mulai dari manajemen proyek hingga layanan pelanggan.

Cloud computing juga berperan sebagai fondasi bagi teknologi pendukung transformasi digital seperti kecerdasan buatan dan analitik data. Layanan cloud menyediakan platform untuk mengolah data dalam skala besar dan menjalankan model kecerdasan buatan untuk automasi keputusan yang lebih cerdas (Azizah, 2024).

Integrasi sistem berbasis cloud pada akhirnya memungkinkan terciptanya efisiensi dan kolaborasi yang lebih baik antar divisi dan mitra bisnis melalui akses data terpusat dan terupdate, pengurangan duplikasi sistem, serta percepatan siklus pengembangan produk dan layanan (Rizdawaty & Mustafidah, 2022). Namun demikian, implementasi integrasi dan otomatisasi berbasis cloud masih menghadapi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur internet di daerah terpencil, isu keamanan dan privasi data, serta kebutuhan pelatihan SDM untuk mengelola sistem terintegrasi (Ermawati et al., 2024; Rizdawaty & Mustafidah, 2022).



Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penerapan cloud computing telah menjadi katalisator penting dalam mendukung integrasi sistem dan otomatisasi proses pada era transformasi digital, dimana melalui layanan cloud yang terintegrasi dan skalabel, organisasi dapat membangun fondasi yang kokoh untuk adopsi teknologi Industri 4.0.

c) Apa tantangan utama yang dihadapi organisasi dalam mengadopsi cloud computing di era Industri 4.0?

Berdasarkan sintesis literatur yang dilakukan, implementasi cloud computing di era Industri 4.0 tidak terlepas dari berbagai tantangan signifikan yang menghambat adopsi optimal teknologi ini. Tantangan-tantangan tersebut bersifat multidimensional, meliputi aspek teknis, keamanan, sumber daya manusia, finansial, dan infrastruktural.

Keamanan dan Privasi Data menjadi tantangan paling kritis. (Calista et al., 2025) dalam penelitiannya secara khusus mengidentifikasi isu keamanan dan privasi data sebagai tantangan utama dalam mengintegrasikan *cloud computing* dengan kecerdasan buatan. Kekhawatiran ini mengemuka seiring dengan meningkatnya frekuensi serangan siber dan tuntutan kepatuhan terhadap regulasi perlindungan data yang ketat. (Judijanto & Zulfikri, 2024) menambahkan bahwa dalam konteks logistik berbasis *cloud*, menyimpan data sensitif seperti rute pengiriman dan tingkat persediaan di server *cloud* memperkenalkan risiko serangan siber dan pelanggaran data, yang sering menjadi penghalang adopsi.

Keterbatasan Infrastruktur Digital terutama di daerah tertentu menjadi penghambat substansial. (Judijanto & Zulfikri, 2024) menjelaskan bahwa infrastruktur internet yang buruk dapat secara signifikan merusak fungsionalitas sistem logistik berbasis *cloud*, di mana ketersediaan internet yang tidak dapat diandalkan merusak transmisi data waktu-nyata dan responsivitas sistem. (Calista et al., 2025) juga mencatat kompleksitas integrasi sistem sebagai tantangan, yang sering kali diperparah oleh kesiapan infrastruktur yang tidak memadai.

Kesenjangan Kompetensi Digital dan Sumber Daya Manusia merupakan tantangan strategis. (Judijanto & Zulfikri, 2024) menemukan bahwa keterbatasan sumber daya manusia membatasi adopsi *cloud*, di mana sistem mengharuskan pengguna memiliki literasi digital dan pengetahuan khusus sistem. Kurangnya pelatihan dan kompetensi digital yang rendah di antara karyawan memperlambat adopsi *cloud* dan mengurangi dampaknya. (Setiawan et al., 2024) dalam analisis perbandingannya menegaskan bahwa UKM lebih banyak dihambat oleh keterbatasan keterampilan untuk mengelola *cloud computing* secara efektif, sementara perusahaan besar menghadapi kompleksitas mengintegrasikannya dengan infrastruktur TI yang sudah mapan.

Biaya dan Model Keuangan menjadi pertimbangan utama, khususnya bagi organisasi dengan sumber daya terbatas. (Judijanto & Zulfikri, 2024) mengungkapkan bahwa biaya menjadi penghalang, karena meskipun adopsi *cloud* menjanjikan penghematan jangka panjang, investasi modal awal bisa substansial, terutama untuk UKM. (Calista et al., 2025) juga mengidentifikasi biaya operasional yang tidak terduga sebagai salah satu tantangan utama dalam integrasi *cloud*.

Kompleksitas Integrasi dan Interoperabilitas dengan sistem yang sudah ada (*legacy systems*) adalah kendala teknis yang signifikan. (Calista et al., 2025) secara jelas



menyebut kompleksitas integrasi sistem sebagai tantangan. (Judijanto & Zulfikri, 2024) memperjelas bahwa kurangnya interoperabilitas antara sistem TI warisan dan platform *cloud* baru sering memerlukan investasi dan waktu yang substansial, dan tanpa upaya terkoordinasi, organisasi berisiko mengalami gangguan operasional.

Tantangan Kepatuhan dan Regulasi semakin kompleks. (Setiawan et al., 2024) mencatat bahwa beberapa organisasi masih menghadapi tantangan terkait kepatuhan terhadap peraturan dan standar keamanan yang ketat, terutama di sektor-sektor seperti keuangan dan pemerintahan yang menangani informasi sensitif.

Perbedaan Tantangan antara Perusahaan Besar dan UKM juga teridentifikasi (Setiawan et al., 2024) dalam analisis komparatifnya mengungkap bahwa perusahaan besar cenderung menghadapi tantangan dalam menerapkan langkah-langkah keamanan data yang ketat dengan enkripsi dan protokol keamanan yang kompleks, serta integrasi sistem yang kompleks. Sebaliknya, UKM lebih banyak dihambat oleh kendala anggaran dan sumber daya, sehingga lebih mengandalkan penyedia layanan *cloud* untuk keamanan dan menggunakan model pembayaran *pay-as-you-go* yang fleksibel (Setiawan et al., 2024).

Tantangan-tantangan ini saling berkaitan dan menuntut pendekatan holistik. Organisasi yang berhasil mengadopsi *cloud computing* di era Industri 4.0 umumnya menerapkan strategi terpadu yang mencakup investasi infrastruktur, pengembangan kompetensi SDM, implementasi kebijakan keamanan yang kokoh, serta manajemen perubahan yang efektif, dengan mempertimbangkan konteks dan sumber daya spesifik mereka.

d) Bagaimana strategi organisasi dalam memitigasi risiko keamanan data saat menggunakan cloud computing?

Berdasarkan sintesis literatur dari tiga jurnal yang dikaji, organisasi mengadopsi strategi multidimensi untuk memitigasi risiko keamanan data pada *cloud computing*. Strategi ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga melibatkan faktor organisasi, manajemen, dan sumber daya manusia.

Pertama, dukungan dan komitmen manajemen puncak menjadi fondasi utama dalam implementasi strategi keamanan *cloud*. Kepemimpinan yang visioner dan proaktif terhadap isu keamanan data dapat mendorong alokasi sumber daya yang memadai, penerapan kebijakan yang jelas, serta penciptaan budaya organisasi yang mengutamakan keamanan informasi. Studi menunjukkan bahwa organisasi dengan keterlibatan manajemen tingkat tinggi cenderung lebih sukses dalam mengelola risiko keamanan *cloud* (Ruslaini et al., 2024).

Kedua, peningkatan literasi digital dan pelatihan keamanan bagi karyawan merupakan strategi kritis yang sering diabaikan. Risiko keamanan sering muncul dari ketidaktahuan atau kelalaian sumber daya manusia. Program pelatihan yang berkelanjutan tentang praktik keamanan *cloud*, pengenalan ancaman siber, dan prosedur penanganan insiden dapat secara signifikan mengurangi kerentanan yang bersumber dari *human error*. UMKM khususnya memerlukan pendampingan dan edukasi untuk membangun kapasitas internal dalam mengelola keamanan data (Sapitri et al., 2025).

Ketiga, pemilihan penyedia layanan *cloud* yang kredibel dan transparan menjadi langkah strategis dalam mitigasi risiko. Organisasi perlu melakukan due diligence terhadap vendor *cloud*, termasuk mengevaluasi sertifikasi keamanan (seperti ISO 27001), reputasi, serta



kesesuaian dengan regulasi perlindungan data yang berlaku. Kemitraan dengan penyedia yang menyediakan kontrol keamanan bawaan, enkripsi data, dan opsi *private* atau *hybrid cloud* dapat mengurangi eksposur risiko (Ruslaini et al., 2024; Sapitri et al., 2025).

Keempat, penerapan enkripsi data end-to-end menjadi strategi teknis utama yang direkomendasikan untuk melindungi kerahasiaan informasi, terutama data keuangan dan informasi sensitif pelanggan. Enkripsi memastikan bahwa data tetap aman baik dalam proses transmisi maupun penyimpanan di lingkungan cloud, sehingga mengurangi risiko kebocoran data akibat pelanggaran keamanan atau akses tidak sah. Rekomendasi ini terutama relevan dalam konteks sektor keuangan di mana integritas dan kerahasiaan data merupakan prioritas utama (Salsabilla et al., 2024).

Kelima, pengembangan rencana respons insiden dan pemulihan bencana (*disaster recovery plan*) yang terintegrasi dengan layanan cloud. Organisasi harus memastikan adanya prosedur yang jelas untuk menangani pelanggaran data, termasuk notifikasi, isolasi, investigasi, dan pemulihan sistem. Layanan cloud yang menawarkan backup otomatis dan replikasi data di beberapa lokasi geografis dapat meningkatkan ketahanan operasional (Mardiyati et al., 2025).

Keenam, monitoring dan evaluasi keamanan secara berkelanjutan menggunakan alat pemantauan dan analitik keamanan cloud (*cloud security posture management*). Dengan dinamika ancaman siber yang terus berkembang, organisasi perlu mengadopsi pendekatan proaktif melalui pemantauan real-time, analisis log, dan penilaian kerentanan secara berkala untuk mendeteksi dan menanggapi ancaman dengan cepat.

Namun, implementasi strategi ini menghadapi tantangan, terutama bagi UMKM yang memiliki keterbatasan anggaran, sumber daya ahli, dan infrastruktur pendukung. Oleh karena itu, kolaborasi dengan pemerintah, asosiasi industri, dan penyedia layanan cloud diperlukan untuk menyediakan panduan, insentif, dan solusi keamanan yang terjangkau dan sesuai konteks lokal.

Secara keseluruhan, strategi mitigasi risiko keamanan data pada cloud computing memerlukan pendekatan holistik yang menyeimbangkan aspek teknologi, manusia, dan proses. Keberhasilannya sangat bergantung pada kepemimpinan yang kuat, budaya keamanan yang tertanam, serta kemampuan adaptasi organisasi terhadap lingkungan digital yang terus berubah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Systematic Literature Review terhadap artikel yang dianalisis, penelitian ini menegaskan bahwa cloud computing memiliki peran sentral dalam mendorong transformasi digital di era Industri 4.0. Menjawab empat Research Question (RQ), diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Pertama, cloud computing terbukti meningkatkan efisiensi operasional organisasi melalui optimalisasi sumber daya, otomatisasi proses, serta peningkatan fleksibilitas dan skalabilitas layanan digital. Teknologi ini juga mempercepat *time to market* dan mengurangi biaya operasional, khususnya pada sektor manufaktur dan layanan.

Kedua, dalam mendukung integrasi sistem dan otomatisasi proses, cloud computing menyediakan platform terpusat yang memungkinkan kolaborasi lintas sistem, integrasi aplikasi,



serta pengelolaan data secara real time. Cloud juga menjadi fondasi bagi pengembangan big data analytics dan kecerdasan buatan yang merupakan elemen utama transformasi digital.

Ketiga, adopsi cloud computing masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait keamanan dan privasi data, keterbatasan infrastruktur digital, kompleksitas integrasi sistem legacy, kurangnya kompetensi SDM, serta isu biaya implementasi. Faktor-faktor ini berpengaruh signifikan terhadap kesiapan dan keberhasilan organisasi dalam beralih ke ekosistem berbasis cloud.

Keempat, untuk memitigasi risiko keamanan data, organisasi menerapkan berbagai strategi, mulai dari komitmen manajemen, peningkatan literasi digital, pemilihan vendor cloud yang kredibel, penggunaan enkripsi end-to-end, hingga penerapan monitoring keamanan secara berkelanjutan. Strategi ini diperlukan untuk menciptakan lingkungan cloud yang aman, andal, dan sesuai regulasi.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa cloud computing merupakan teknologi kunci dalam akselerasi Industri 4.0, namun implementasinya membutuhkan kesiapan organisasi yang matang dari aspek teknologi, SDM, kebijakan, dan infrastruktur. Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada analisis komparatif antar sektor industri, pengembangan framework kesiapan adopsi cloud, atau integrasi cloud dengan teknologi emerging lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkadrie, S. A., & Fitroh. (2024). Keamanan Cloud Computing di Era Industri 4.0: Systematic Literature Review. *KONSTELASI: Konvergensi Teknologi Dan Sistem Informasi*, 4(2), 1–15. <https://doi.org/10.24002/konstelasi.v4i2.10277>
- Andika, R. R., Rafidah, S., Okviar, D., Napitupulu, E., & Siregar, I. (2025). *Optimalisasi Cloud Computing Dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Bisnis Digital di Era Industri 4 . 0*. 1(3), 106–110. <https://win.joninstitute.org/index.php/BIM>
- Anwar, C., Ramadhani, G., Aditya, M. Z., & Sari, P. A. (2025). *Pemanfaatan Cloud Computing untuk Solusi Disaster Recovery dan Kontinuitas Bisnis Sistem Informasi (Studi Kasus : Universitas Pamulang)*. 1(1), 161–166.
- Arrasyid, M. D. M., Sumilar, G., Nugraha, D. A., & Rilvani, E. (2025). Tren Algoritma Penjadwalan Tugas Pada Cloud Computing: Systematic Review Literature. *Modem : Jurnal Informatika Dan Sains Teknologi.*, 3(1), 106–113. <https://doi.org/10.62951/modem.v3i1.362>
- Azizah, N. N. (2024). Cloud Computing Adoption Trends: A Systematic Literature Review of Organizational Perspectives. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, 5(1), 481–487. <https://doi.org/10.30596/jcositte.v5i1.17683>
- Calista, G., Putri, V., Saputra, E., & Kesuma, D. P. (2025). *Systematic Literature Review : Pemanfaatan Cloud Computing dalam Pengembangan Kecerdasan Buatan Systematic Literature Review: Utilization of Cloud Computing in the Development of Artificial intelligence*. 6(3), 128–136. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.33096/busiti.v6i3.2813>
- Ermawati, A., Hasna Nabila, H., Amdi, M. R., Ramadhan, M. A., & IkaSari, I. H. (2024). 2082 |JIMU : Jurnal Ilmiah Multi Disiplin



Literature Review: Pengembangan Teknologi Cloud Computing Pada Bidang Pendidikan. *LOGIC: Jurnal Ilmu Komputer Dan Pendidikan*, 3(1), 64–68. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>

Gunawan Tedi. (2024). PERAN TEKNOLOGI CLOUD COMPUTING DALAM TRANSFORMASI INFRASTRUKTUR TI PERUSAHAAN. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 7 Nomor 3, 11393–11401. <http://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/jrpp>

Judijanto, L., & Zulfikri, A. (2024). Advancing Supply Chain Resilience Through Cloud-Based Logistics: A Narrative Review. *Sinergi International Journal of Logistics*, 2(3), 147–159. <https://doi.org/10.61194/sijl.v2i3.625>

Mardiyati, S., Alfin, E., & Pramarta, P. (2025). Adopsi Cloud Computing pada Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM). *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, 4(1), 553–558. <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i1.712>

Marlin, K., Mere, K., Fitri, S. A., Nugroho, D. S., & Koerniawati, D. (2024). Peran teknologi cloud computing dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan proses akuntansi: tinjauan terhadap perubahan paradigma dalam manajemen data keuangan. *Jurnal Darma Agung*, 32(2), 1044–1055. <https://dx.doi.org.10.46930/ojsuda.v32i2.4152>

Oktareza, D., Noor, A., Saputra, E., & Yulianingrum, A. V. (2024). Transformasi Digital 4.0: Inovasi yang Menggerakkan Perubahan Global. *CENDEKIA: Jurnal Hukum, Sosial & Humaniora*, 2(3), 661–672. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12742216>

Pattiasina, T. (2025). Studi Kualitatif tentang Adopsi Cloud Computing pada UMKM di Indonesia. *Catha : Journal of Creative and Innovative Research*, 2(1), 3046–8760.

Prasanti, D. A., & Riono, S. H. (2025). DAMPAK CLOUD COMPUTING TERHADAP INOVASI BISNIS DIGITAL DI ERA INDUSTRI 4.0. 8, 27–31. <https://ejournal.unikama.ac.id/index.php/JFTI/index>

Ridhani, A., Satria, H. E., Teknologi, P., Komputer, R., Panggung, D., Laut, T., Teknik, F., & Putra, U. N. (2025). TRANSFORMASI ARSITEKTUR JARINGAN ENTERPRISE MELALUI ADOPSI CLOUD COMPUTING DAN SOFTWARE- DEFINED NETWORKING : TINJAUAN LITERATUR. 7(3), 840–852.

Rizdawaty, B. W., & Mustafidah, H. (2022). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi Cloud oleh Instansi Pemerintah: Tinjauan Pustaka Sistematis. *Sainteks*, 18(2), 95. <https://doi.org/10.30595/sainteks.v18i2.10573>

Ruslaini, Kasih, E. W., & Santoso, S. (2024). Kajian Literatur Adopsi Cloud Computing pada UMKM : Perspektif Strategis dan Dinamika dalam Satu Dekade. *Jurnal Visi Manajemen*, 10(3), 231–245. <https://doi.org/10.56910/jvm.v10i3.526>

Salsabilla, D., Awaliyah, R. N., Nuraisyah, S., Muslihah, A. N., & Feriyanto, O. (2024). Cloud Computing untuk Pengelolaan Keuangan : Analisis Efisiensi dan Efektivitas. *J-CEKI: Jurnal Cendekia Ilmiah*, 3(5), 4046–4054.

Sapitri, I., Septiani, N., & Rahmatsyah, F. (2025). Digital Transformation in Manufacturing : A Systematic Literature Review of Performance Impacts and Strategic Gaps Analysis. [2083 | JIMU : Jurnal Ilmiah Multi Disiplin](https://doi.org/10.5281/zenodo.12742216)



Indonesian Journal of Economics and Strategic Management (IJESM), 3(2), 188–206.

Setiawan, P., Putrandi, R. S., & Imelda. (2024). SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW OF CLOUD COMPUTING ADOPTION. *JURNAL INOVTEK POLBENG*, 9.

Siska, A. P., & Farizy, S. (2023). *DAMPAK KOMPUTASI AWAN MEMPENGARUHI KEHIDUPAN SEHARI-HARI STMIK Pranata Indonesia*, Bekasi, Indonesia. 1(2), 37–41.

Yusuf, M., & Ikasari, I. H. (2023). Systematic Literature Review Adopsi Cloud Computing dalam Sistem Informasi Manajemen. *TEKNOBIS: Teknologi, Bisnis Dan Pendidikan*, 23(1), 90–92.