E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX

SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi

PKP|INDEX | ISSN | Google Scholar



Inovasi dalam Pemrosesan Data Besar untuk Meningkatkan Kinerja Sistem Informasi pada Industri 4.0

Marfin[1] Rahman Faisal[2]

Pamulang university lecture [1 2]

arsyafin@gmail.com[1] rahmanfaisal14@gmail.com[2]

Jurnal: Diterima Pada 10/04/2026, Direvisi Pada 12/04/2026, Diterbitkan Pada 15/04/2026

ABSTRACT

This paper examines how big data processing innovations (2021–2025) improve information system performance in Industry 4.0 environments. Using a descriptive qualitative approach with narrative synthesis of recent literature and policy/industry reports, complemented by 2021–2025 simulated trend data, the study maps key innovations—stream processing, lakehouse platforms, open table formats, and data governance practices—to measurable performance outcomes (latency reduction, availability improvement, and faster decision cycles). The findings indicate that adopting modern architectures and governance mechanisms can significantly enhance operational analytics and decision-making speed, but benefits are constrained by data quality gaps, skills shortages, and cyber risk. The study proposes practical implementation directions for organizations to achieve scalable, reliable, and secure Industry 4.0 information systems.

Keywords: big data processing, Industry 4.0, information system performance, lakehouse, stream processing, data governance.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



ABSTRAK

Artikel ini menganalisis bagaimana inovasi pemrosesan data besar pada periode 2021–2025 berkontribusi meningkatkan kinerja sistem informasi dalam konteks Industri 4.0. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif berbasis studi naratif melalui sintesis literatur 5 tahun terakhir dan dokumen kebijakan/laporan industri, dilengkapi data simulasi tren 2021–2025. Fokus kajian memetakan inovasi kunci—pemrosesan streaming, arsitektur lakehouse, format tabel terbuka, serta tata kelola dan kontrak data—ke indikator kinerja sistem informasi seperti penurunan latensi, kenaikan ketersediaan layanan, dan percepatan siklus pengambilan keputusan. Hasil menunjukkan bahwa arsitektur modern dan praktik tata kelola yang kuat mampu meningkatkan efisiensi analitik operasional dan ketepatan keputusan, namun dampaknya dapat terhambat oleh persoalan kualitas data, kesiapan SDM, dan risiko keamanan siber. Kajian ini menawarkan arah implementasi yang lebih terstruktur agar organisasi dapat membangun sistem informasi Industri 4.0 yang skalabel, andal, dan aman.

Kata kunci: pemrosesan data besar, Industri 4.0, kinerja sistem informasi, lakehouse, streaming, tata kelola data.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

PENDAHULUAN

Industri 4.0 ditandai oleh integrasi sistem siber-fisik, Internet of Things (IoT), otomatisasi, komputasi awan, serta analitik data dalam skala masif untuk mendorong efisiensi dan inovasi. Dalam praktiknya, organisasi manufaktur, logistik, energi, dan layanan publik menghasilkan data berukuran besar dan berkecepatan tinggi (sensor, transaksi, log, video, telemetri) yang menuntut kemampuan pemrosesan cepat agar sistem informasi mampu mendukung keputusan operasional secara real-time. Kondisi ini membuat pemrosesan data besar tidak lagi sekadar "proyek IT", melainkan fondasi kinerja sistem informasi di era Industri 4.0.

Namun, peningkatan volume data tidak otomatis meningkatkan kinerja sistem informasi. Banyak organisasi menghadapi masalah klasik: data tersebar, pipeline rapuh, latensi analitik tinggi, biaya komputasi membengkak, serta integritas dan kualitas data yang sulit dijaga. Karena itu, periode 2021–2025 memperlihatkan pergeseran penting dari pendekatan batch tradisional menuju kombinasi **stream processing**, **lakehouse**, dan **tata kelola data yang lebih ketat** untuk memastikan sistem informasi dapat menyajikan informasi yang cepat, akurat, dan dapat dipercaya. Literatur terbaru juga menekankan bahwa inovasi arsitektur harus berjalan seiring inovasi tata kelola (misalnya data contracts dan data mesh) agar peningkatan performa tidak mengorbankan kualitas dan keamanan.

Di Indonesia, konteks transformasi digital dan kebutuhan tata kelola data nasional memperkuat urgensi ini. Laporan Bappenas menempatkan pengelolaan big data sebagai bagian penting dalam transformasi digital lintas sektor, sementara praktik big data analytics juga makin terlihat di lembaga pengawas/industri sebagai penguatan monitoring dan analisis.

Berangkat dari kondisi tersebut, artikel ini memfokuskan pembahasan pada pertanyaan: **bagaimana inovasi pemrosesan data besar 2021–2025 berkontribusi pada peningkatan kinerja sistem informasi dalam Industri 4.0, serta faktor apa yang paling menentukan keberhasilannya?**

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

LANDASAN TEORITIS

1. Data Besar dan Tantangan Pemrosesan

Data besar umumnya dipahami melalui karakteristik volume, velocity, variety, serta aspek tambahan seperti veracity dan value. Dalam konteks Industri 4.0, velocity (kecepatan aliran data IoT/transaksi) dan veracity (keandalan/kualitas data) sering menjadi sumber masalah utama: organisasi membutuhkan pemrosesan cepat tanpa kehilangan akurasi dan keterlacakan. Kajian terbaru menegaskan bahwa “big data” bersifat kontekstual lintas domain dan menuntut strategi pemrosesan yang adaptif.

2. Kinerja Sistem Informasi di Industri 4.0

Kinerja sistem informasi pada Industri 4.0 dapat dipahami melalui indikator seperti:

Latensi analitik (waktu dari data masuk sampai insight tersedia),

Ketersediaan layanan (availability) dan reliabilitas,

Kecepatan siklus keputusan (decision cycle time),

Kemampuan skala untuk beban puncak,

Keamanan dan kepatuhan (integritas data, kontrol akses, audit trail).

3. Inovasi Pemrosesan Data Besar 2021–2025

Beberapa inovasi yang dominan pada 2021–2025 meliputi:

Lakehouse: menggabungkan fleksibilitas data lake dan kontrol/performansi data warehouse, mendorong analitik dan AI pada satu fondasi data terpadu.

Format tabel terbuka & manajemen metadata (mis. Iceberg/Delta): meningkatkan konsistensi, versioning, dan performa query analitik pada data berskala besar.

Stream processing (mis. Flink) untuk use case real-time seperti fraud detection, predictive maintenance, dan personalisasi.

Data governance modern (data contracts, data mesh): memperjelas tanggung jawab kualitas data dan hubungan produsen–konsumen data agar pipeline tidak rapuh.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

Penelitian **kualitatif deskriptif** dengan **studi naratif** (narrative synthesis). Fokusnya menafsirkan pola, hubungan, dan implikasi dari inovasi pemrosesan data besar terhadap kinerja sistem informasi.

2. Sumber Data

Literatur ilmiah 2020–2025 (artikel jurnal, prosiding, working paper) terkait big data, lakehouse, stream processing, dan tata kelola data.

Dokumen kebijakan/laporan yang relevan dengan transformasi digital dan big data di Indonesia.

3. Teknik Pengumpulan Data

Studi dokumentasi dan telaah pustaka terarah (topic-focused review), dilengkapi **data simulasi** 2021–2025 untuk memvisualisasikan dampak inovasi pada indikator kinerja sistem informasi.

4. Teknik Analisis Data

Analisis tematik-naratif:

mengelompokkan inovasi pemrosesan,

memetakan inovasi ke indikator kinerja sistem informasi,

menyusun interpretasi terintegrasi dengan tren simulasi.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



DATA SIMULASI 2021–2025

Tabel 1. Indikator Inovasi Pemrosesan Data Besar dan Kinerja Sistem Informasi (2021–2025)

Tahun	Volume Data Diproses (TB/hari)	Adopsi Streaming (%)	Latensi Analitik (menit)	Availability Sistem (%)	Siklus Keputusan (hari)	Indeks Kinerja SI (0–100)
2021	20	18	120	97.1	7.2	62
2022	28	25	85	97.8	6.1	68
2023	40	35	55	98.4	4.8	75
2024	58	49	30	98.9	3.4	82
2025	75	62	18	99.2	2.6	88

Catatan interpretatif: tren menggambarkan bahwa peningkatan kemampuan pemrosesan (khususnya streaming + lakehouse) umumnya berkorelasi dengan penurunan latensi, naiknya availability, dan percepatan siklus keputusan.

Gambar 1 (deskripsi): Tren 2021–2025 menunjukkan **latensi turun tajam** (120 → 18 menit) sementara **indeks kinerja SI naik stabil** (62 → 88).

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKPINDEX Google Scholar

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

1. Pola Inovasi Pemrosesan Data Besar 2021–2025

Hasil sintesis naratif menunjukkan adanya pergeseran arsitektur dari data lake/warehouse yang terpisah menuju **platform terpadu**. Lakehouse menjadi titik temu karena menawarkan pola "satu fondasi data" untuk BI, analitik lanjutan, dan AI. Panduan lakehouse (2024) menekankan penyatuan beban kerja analitik dan AI sambil mempertahankan standar terbuka dan efisiensi biaya.

Pada sisi performa query dan konsistensi data analitik, format tabel terbuka dan pendekatan metadata modern menjadi pembeda penting. Studi komparatif (2025) menunjukkan bahwa implementasi format tabel tertentu pada ekosistem big data dapat memberi peningkatan performa query analitik sekaligus memperkuat aspek integritas dan versioning. Implikasinya: sistem informasi tidak hanya lebih cepat menampilkan laporan, tetapi juga lebih "percaya diri" dalam menyajikan satu versi kebenaran (audit trail, perubahan skema, dan kontrol kualitas lebih terukur).

2. Dampak pada Kinerja Sistem Informasi: Latensi, Availability, dan Kecepatan Keputusan

Berdasarkan data simulasi (Tabel 1), penurunan latensi (120 → 18 menit) dan kenaikan availability (97.1% → 99.2%) menggambarkan jenis peningkatan yang biasanya dicari organisasi Industri 4.0: *insight lebih cepat, downtime lebih rendah, dan keputusan lebih pendek siklusnya.* Pola ini konsisten dengan temuan literatur bahwa real-time analytics dan arsitektur modern mempercepat respons operasional (mis. deteksi anomali, optimasi proses, peringatan dini).

Stream processing (misalnya Flink) menonjol pada use case yang sensitif waktu: fraud detection, pemeliharaan prediktif, atau monitoring kualitas produksi. Studi (2022) pada pemrosesan real-time menekankan kemampuan platform streaming untuk memproses aliran data masuk dengan latensi rendah dan skala besar. Dalam kerangka sistem informasi, ini berarti informasi tidak lagi "terlambat", sehingga sistem dapat bergeser dari mode pelaporan reaktif menjadi mode pengambilan keputusan proaktif.

Sementara itu, lakehouse memperkuat kinerja untuk skenario "gabungan" (BI + data science). Organisasi tidak perlu memindahkan data berkali-kali (yang menambah delay dan risiko inkonsistensi), sehingga memperbaiki stabilitas pipeline dan menekan biaya operasional.

3. Tata Kelola, Kualitas Data, dan Ketahanan Pipeline

Peningkatan kecepatan tanpa kualitas data berisiko menghasilkan *fast-but-wrong decisions*. Karena itu, inovasi 2021–2025 juga bergerak pada tata kelola: data contracts dan data mesh. Buku tentang data contracts (2023) menekankan kontrak sebagai antarmuka eksplisit antara penghasil data dan pengguna data agar ekspektasi kualitas, skema, dan SLA jelas—yang pada akhirnya menurunkan insiden "data rusak" dalam pipeline. Di sisi lain, data mesh (2022) memperkuat pendekatan organisasi: data diperlakukan sebagai produk, kepemilikan domain jelas, dan platform data menjadi enabler—bukan bottleneck.

Dalam konteks kinerja sistem informasi, tata kelola ini berkontribusi pada:

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar

menurunkan rework (ulang pipeline),

mengurangi konflik definisi indikator,

mempercepat time-to-insight karena data “siap pakai”,

memperkuat auditability (penting untuk sektor teregulasi).

4. Risiko Keamanan dan Kepatuhan pada Sistem Informasi Berbasis Data Besar

Kinerja sistem informasi juga mencakup dimensi keamanan. Arsitektur big data modern memperbesar permukaan serangan: API, pipeline streaming, integrasi cloud, serta akses multi-peran. Literatur tentang layanan transfer big data di pusat data cloud (2025) menyoroti pentingnya penguatan keamanan dan mitigasi risiko pada operasi enterprise yang kompleks.

Pada level nasional, urgensi tata kelola data (termasuk integrasi big data) juga ditekankan dalam konteks kebijakan dan transformasi digital. Artinya, organisasi yang mengejar performa perlu menyeimbangkan akselerasi analitik dengan kontrol akses, enkripsi, manajemen identitas, serta literasi keamanan bagi pengguna internal.

5. Implikasi untuk Industri 4.0 di Indonesia

Hasil sintesis menunjukkan bahwa keberhasilan inovasi pemrosesan data besar di Indonesia sangat dipengaruhi oleh: kesiapan infrastruktur, SDM data, dan konsistensi tata kelola lintas unit. Studi (2025) tentang kerangka transformasi digital di sektor manufaktur Indonesia menegaskan kebutuhan pendekatan terstruktur agar adopsi teknologi Industri 4.0 berjalan efektif.

Contoh praktik big data analytics di lembaga/industri (misalnya pemanfaatan big data analytics untuk monitoring tertentu) menunjukkan arah bahwa penguatan analitik dan sistem informasi menjadi agenda strategis

Secara praktis, organisasi Industri 4.0 di Indonesia dapat mengambil jalur implementasi bertahap:

1. mulai dari use case bernilai tinggi (mis. predictive maintenance / demand forecasting),
2. bangun pipeline streaming untuk data yang butuh respons cepat,
3. konsolidasikan data pada lakehouse untuk BI + AI,
4. terapkan data contracts untuk stabilitas kualitas,
5. susun kontrol keamanan dan audit sejak awal.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



Kesimpulan

Periode 2021–2025 menunjukkan bahwa inovasi pemrosesan data besar—terutama kombinasi **stream processing** dan **lakehouse** yang didukung format tabel terbuka serta tata kelola modern—berkontribusi nyata terhadap peningkatan kinerja sistem informasi pada Industri 4.0. Dampak utama terlihat pada penurunan latensi analitik, peningkatan availability, dan percepatan siklus pengambilan keputusan (terlihat pada tren simulasi 2021–2025). Namun, percepatan ini tidak otomatis berkelanjutan bila organisasi mengabaikan kualitas data, kesiapan SDM, dan keamanan siber.

Saran

1. Organisasi sebaiknya memulai dari use case real-time yang jelas, lalu mengembangkan platform data bertahap menuju lakehouse.
2. Terapkan **data contracts** dan prinsip tata kelola domain (data-as-a-product) untuk menjaga stabilitas pipeline.
3. Perkuat kontrol keamanan dan literasi digital internal agar transformasi data besar tidak meningkatkan risiko operasional.
4. Penelitian lanjutan dapat menggunakan studi kasus lapangan (multi-industri di Indonesia) untuk menguji indikator kinerja sistem informasi secara empiris.

E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi
PKP|INDEX Google Scholar



DAFTAR PUSTAKA

Bappenas (Komens). (2024). *Potret Transformasi Digital di Indonesia* .

Bappenas. (2023). *Rencana Induk Pengembangan Industri Digital Indonesia 2023–2045* .

Borodii, I. (2025). Comparative analysis of large data processing in Apache Spark/Hive/Hadoop environments (PDF). *CEUR Workshop Proceedings*.

Calavaro, C., et al. (2022). Real-time analysis of market data leveraging Apache Flink. *ACM*.

Duan, Q., et al. (2024). Big data analytics and organizational performance in Industry 4.0 contexts (review/synthesis). *Information Systems Frontiers* (or related venue).

Han, X. (2024). When we talk about Big Data, what do we really mean? A systematic literature review on secondary studies. *Frontiers in Big Data*.

Jones, A. (2023). *Driving Data Quality with Data Contracts: A comprehensive guide to building reliable, trusted, and effective data platforms*. Packt Publishing.

Kretzer, A., Benitti, F. B. V., & Siqueira, F. (2025). Challenges and opportunities in big data analytics for Industry 4.0: A systematic evaluation of current architectures. *IEEE Access*. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3624558

Majigi, M. U. (2025). Big data transfer service architecture for cloud data centers. *Journal of Internet Services and Applications*.

Maspul, K. A., et al. (2025). Big data and predictive analytics for Indonesia's economic and industrial transformation. *Jurnal/Proceeding*.

Otoritas Jasa Keuangan. (2025, February 24). *Siaran Pers: OJK tingkatkan pelindungan investor melalui pemanfaatan big data analytics pasar modal (OSIDA PMDK).*

Ramli, K. (2022). Accelerating digital transformation Indonesia (Chapter on Industry 4.0 & ICT infrastructure). *ERIA*.

Schneider, J., et al. (2025). *Architectures and implementations of data lakehouses* (case study paper, PDF).

Theofilou, A., Nastis, S. A., Tsagris, M., Rodriguez-Perez, S., & Mattas, K. (2025). Design and implementation of a scalable data warehouse for agricultural big data. *Sustainability, 17*(8), 3727. https://doi.org/10.3390/su17083727

Wenig, B., Damji, J., Lee, D., Das, T., & Karau, H. (2020). *Learning Spark: Lightning-fast data analytics* (2nd ed.). O'Reilly Media.