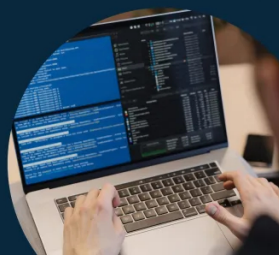
E-ISSN: XXXX-XXXX
P-ISSN: XXXX-XXXX
SAINS-INTECH
Jurnal Sains, Teknik dan Teknologi



Studi Aplikasi Kecerdasan Buatan dalam Otomatisasi Proses Industri untuk Efisiensi Produksi

Maulana Hafidz Ismail[1]
Universitas Lampung[1]
Email: contact@maulanahafidz.com

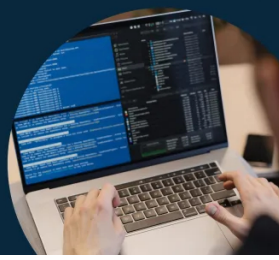
Jurnal: Diterima Pada 10/04/2026, Direvisi Pada 12/04/2026, Diterbitkan Pada 15/04/2026

ABSTRACT

This study reviews the application of Artificial Intelligence (AI) in industrial process automation to improve production efficiency during 2021–2025. Using a descriptive qualitative approach with narrative synthesis, the article integrates recent scientific evidence, global industry reports, and governance standards, and complements them with simulated trend indicators to illustrate adoption and performance patterns. The findings show that AI-driven use cases—predictive maintenance, computer-vision quality inspection, and process optimization—are consistently associated with higher equipment effectiveness, lower unplanned downtime, reduced defects, and improved energy efficiency. Nevertheless, the magnitude of benefits depends on data readiness, integration with OT/IT systems, workforce capability, and trustworthy AI governance, including risk management and cybersecurity. The study concludes that AI enables meaningful efficiency gains when deployed as an end-to-end operational system (data → model → decision → action), supported by standards-based governance and continuous improvement practices.

Keywords: industrial AI, automation, predictive maintenance, computer vision, process optimization, efficiency.

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

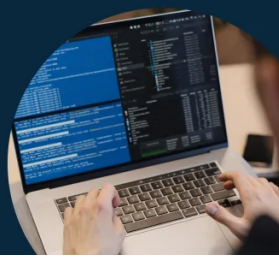


ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji aplikasi kecerdasan buatan (AI) dalam otomasi proses industri untuk meningkatkan efisiensi produksi pada periode 2021–2025. Metode yang digunakan adalah kualitatif deskriptif berbasis studi naratif (narrative synthesis) melalui integrasi temuan literatur ilmiah terkini, laporan industri global, serta rujukan standar tata kelola AI, dan dilengkapi data simulasi 2021–2025 guna memvisualisasikan arah tren adopsi dan kinerja. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan AI pada predictive maintenance, inspeksi kualitas berbasis computer vision, serta optimasi proses cenderung meningkatkan efektivitas peralatan (OEE), menurunkan unplanned downtime, mengurangi cacat produksi, dan memperbaiki efisiensi energi. Namun, tingkat keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh kesiapan data, integrasi OT/IT, kompetensi SDM, serta tata kelola AI yang tepercaya termasuk manajemen risiko dan keamanan siber. Penelitian menyimpulkan bahwa AI memberi dampak efisiensi paling kuat ketika diterapkan sebagai sistem operasional end-to-end (data → model → keputusan → eksekusi) dengan dukungan tata kelola berbasis standar dan perbaikan berkelanjutan.

Kata kunci: AI industri, otomasi, predictive maintenance, computer vision, optimasi proses, efisiensi.

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



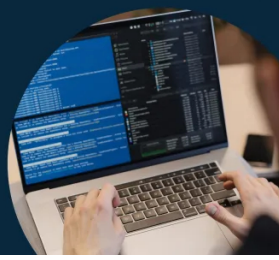
PENDAHULUAN

Periode 2021–2025 memperlihatkan akselerasi penerapan AI di sektor industri sebagai respons atas tekanan produktivitas, kebutuhan efisiensi biaya, dan tuntutan kualitas yang makin tinggi. Di tengah persaingan global, industri manufaktur tidak hanya dituntut meningkatkan volume output, tetapi juga menurunkan tingkat cacat, mengurangi downtime, menghemat energi, dan menjaga ketahanan rantai pasok. Kajian OECD menegaskan bahwa penggunaan AI dan teknologi digital dalam manufaktur penting untuk mendorong produktivitas—misalnya dengan mengurangi downtime mesin dan meningkatkan pengelolaan proses produksi.

Di sisi lain, penerapan AI dalam manufaktur tidak otomatis sukses. Banyak organisasi menghadapi hambatan berupa kualitas data yang rendah, integrasi OT/IT yang kompleks, biaya implementasi, dan risiko keamanan. Kajian OECD tentang dampak AI terhadap produktivitas menekankan mekanisme peningkatan produktivitas sekaligus tantangan kebijakan dan tata kelola risiko AI. Selain itu, kebutuhan tata kelola AI makin menguat, terlihat dari hadirnya standar seperti ISO/IEC 42001:2023 yang memberi kerangka pengelolaan sistem manajemen AI di organisasi.

Berdasarkan konteks tersebut, artikel ini mengulas bagaimana AI diterapkan dalam otomasi proses industri untuk efisiensi produksi, apa saja use case yang paling berdampak, faktor penentu keberhasilan, serta implikasi tata kelola untuk memastikan manfaat yang berkelanjutan.

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



LANDASAN TEORITIS

1. Efisiensi Produksi dan Indikator Kinerja Operasional

Efisiensi produksi umumnya tercermin melalui indikator seperti:

- **OEE (Overall Equipment Effectiveness)**: gabungan availability, performance, quality.
- **Unplanned downtime**: jam berhenti produksi yang tidak direncanakan.
- **Defect rate**: proporsi cacat/produk tidak sesuai spesifikasi.
- **Energi per unit**: konsumsi energi per unit output (indikator efisiensi energi).

2. AI dalam Otomasi Proses Industri

AI industri biasanya beroperasi pada tiga lapisan:

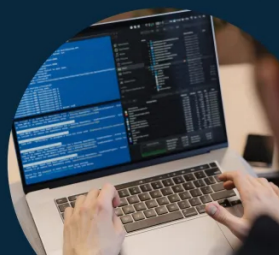
1. **Persepsi (perception)**: sensor & visi komputer untuk menangkap kondisi proses.
2. **Prediksi (prediction)**: model ML/DL untuk memprediksi kegagalan, cacat, atau kebutuhan kontrol.
3. **Optimasi & eksekusi (optimization/action)**: rekomendasi keputusan atau kontrol otomatis pada mesin/proses.

Literatur tinjauan 2025 menekankan dominasi penggunaan AI pada *predictive maintenance*, kontrol kualitas, dan optimasi proses, termasuk pergeseran ke *edge-based deployment* untuk kebutuhan real-time.

3. Tata Kelola dan Risiko AI

Karena AI memengaruhi keputusan operasional yang kritikal, tata kelola perlu mencakup: kualitas data, keamanan siber, transparansi model, auditabilitas, dan *human oversight*. ISO/IEC 42001 memberi arahan manajemen AI secara terstruktur. NIST AI RMF 1.0 juga menyediakan kerangka sukarela untuk mengelola risiko AI sepanjang siklus hidup sistem.

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



METODE PENELITIAN

1. **Jenis penelitian:** kualitatif deskriptif dengan desain studi naratif (narrative synthesis).
2. **Sumber data:** artikel ilmiah 5 tahun terakhir (2021–2025), laporan organisasi global tentang penerapan AI pada manufaktur/operasi, dan standar tata kelola AI. (OECD)
3. **Teknik analisis:** sintesis tematik dengan fokus pada (a) use case AI industri, (b) dampak pada indikator efisiensi produksi, (c) faktor penghambat dan pendorong, (d) implikasi tata kelola.

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

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

A. Data Simulasi Tren 2021–2025 (Ilustrasi)

Tabel 1. Indikator Penerapan AI Otomasi dan Efisiensi Produksi (2021–2025, Data Simulasi)

Tahun	Indeks Adopsi AI Otomasi (0–10)	OEE (%)	Downtime Tidak Terencana (jam/bulan)	Defect Rate (%)	Produktivitas (Indeks 0–100)	Energi per Unit (Indeks 2021=100)
2021	2,8	61	42	3,8	60	100
2022	4,0	65	38	3,3	66	97
2023	5,6	70	32	2,7	72	93
2024	7,0	74	27	2,2	78	90
2025	8,1	78	23	1,9	84	88

Interpretasi singkat: Adopsi AI yang meningkat (simulasi) selaras dengan naiknya OEE dan produktivitas, turunnya downtime serta defect rate, dan membaiknya efisiensi energi per unit.

B. Use Case AI Industri yang Paling Konsisten Meningkatkan Efisiensi

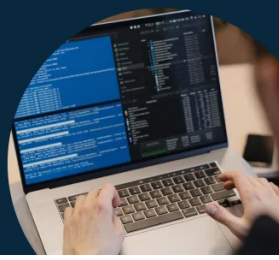
1) Predictive Maintenance untuk Menekan Downtime dan Biaya Perawatan

Predictive maintenance (PdM) memanfaatkan data sensor (getaran, temperatur, arus, tekanan), log mesin, dan histori kerusakan untuk memprediksi kapan komponen akan gagal. Dampak operasionalnya: perawatan dilakukan "tepat waktu" (bukan terlalu cepat atau terlambat), sehingga downtime dan kerusakan berantai berkurang. Review literatur 2025 menekankan peran model AI (termasuk deep learning dan hybrid approaches) dalam meningkatkan akurasi prediksi kegagalan dan penjadwalan perawatan.

Dalam konteks Tabel 1, penurunan downtime tidak terencana (42 → 23 jam/bulan) menggambarkan efek PdM yang paling sering dilaporkan: gangguan operasi menurun karena deteksi dini dan perencanaan perawatan yang lebih presisi.

Catatan penting: PdM sangat bergantung pada kualitas data dan kondisi instrumentasi. Jika sensor buruk atau data tidak konsisten, model cenderung menghasilkan alarm palsu (*false alarms*) atau gagal mendeteksi risiko (*missed detection*). Karena itu, program PdM yang kuat biasanya dimulai dari *asset criticality mapping*, standardisasi data historian, dan prosedur validasi model.

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



2) Computer Vision untuk Inspeksi Kualitas dan Penurunan Defect Rate

Inspeksi kualitas berbasis visi komputer menjadi salah satu aplikasi AI paling "terlihat hasilnya" di pabrik: kamera menangkap citra produk, model DL (misalnya CNN/YOLO) mengklasifikasikan cacat, dan hasilnya langsung dipakai untuk sortir, *rework*, atau koreksi proses. Beberapa studi menunjukkan akurasi tinggi pada sistem inspeksi visual berbasis AI, sekaligus menekankan kebutuhan desain data yang baik dan integrasi ke lini produksi.

Penurunan defect rate pada Tabel 1 (3,8% → 1,9%) mencerminkan dua mekanisme utama:

1. **Deteksi lebih cepat dan konsisten** dibanding inspeksi manual yang rentan kelelahan dan variabilitas.
2. **Umpan balik proses (closed-loop)**: temuan cacat dianalisis untuk menemukan akar masalah (setting mesin, bahan baku, suhu/kelembaban, tooling), lalu parameter proses diperbaiki.

Namun, *computer vision* juga punya batas: pencahayaan, refleksi permukaan, variasi produk, dan *dataset shift* (perubahan pola produksi) bisa menurunkan performa model. Karena itu, banyak literatur menekankan kebutuhan *monitoring model drift* dan pembaruan data berkala.

3) Optimasi Proses dan Kontrol Adaptif untuk Produktivitas serta Efisiensi Energi

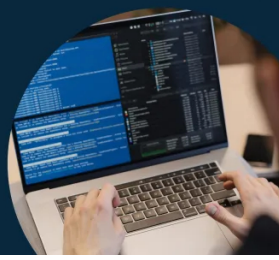
Selain PdM dan kualitas, AI digunakan untuk optimasi parameter proses (kecepatan, temperatur, tekanan, feed rate), pengurangan scrap, dan efisiensi energi. Review 2025 tentang AI di manufaktur menempatkan optimasi proses sebagai domain penting—bersama pemeliharaan prediktif, kontrol kualitas, dan otomasi/robotika.

Di level *plant*, penghematan energi biasanya muncul karena AI membantu:

- mengurangi *idle time* dan operasi tidak perlu,
- menstabilkan proses (mengurangi fluktuasi yang boros energi),
- mengoptimalkan jadwal produksi (menghindari puncak beban),
- menekan rework/scrap yang "membuang energi dua kali".

Tabel 1 menunjukkan energi per unit turun (100 → 88), sebagai gambaran bahwa efisiensi energi merupakan *co-benefit* yang sering terjadi ketika proses menjadi lebih stabil dan berkualitas.

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



C. Digital Twin + Edge AI: Mengubah Otomasi Menjadi Sistem "Belajar"

Dalam beberapa tahun terakhir, digital twin dan edge AI menjadi akselerator karena memungkinkan analitik real-time dekat mesin dan simulasi keputusan tanpa mengganggu operasi. Review 2024–2025 menyoroti integrasi AI dalam digital twin dan tantangan interoperabilitas data serta biaya implementasi, namun juga menunjukkan potensinya untuk efisiensi dan pengambilan keputusan yang lebih proaktif.

Praktik di industri sering mengarah pada model: sensor → edge inference → alarm/kontrol → logging ke twin → evaluasi dan perbaikan parameter. Artinya, AI tidak hanya "mendeteksi", tetapi juga membantu *continuous improvement*.

D. Faktor Penentu Keberhasilan: Data, Integrasi, SDM, dan Tata Kelola

Walaupun manfaat AI terlihat kuat, keberhasilan lapangan biasanya ditentukan oleh 4 hal berikut:

1. **Kesiapan data dan infrastruktur OT/IT**

   AI industri butuh data yang *traceable* (jelas asal-usulnya), konsisten, dan *time-synchronized*. Tanpa itu, model sulit dipercaya dan sulit direplikasi.

2. **Integrasi end-to-end hingga tindakan operasional**

   AI yang hanya berhenti di "dashboard" sering tidak menghasilkan dampak besar. Nilai terbesar muncul saat ada "loop keputusan": rekomendasi → SOP → eksekusi → evaluasi.

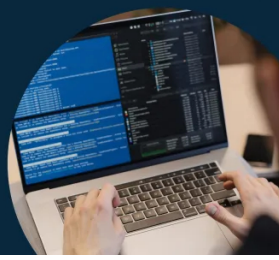
3. **Kompetensi SDM dan perubahan cara kerja**

   AI mengubah peran operator, maintenance, QC, hingga planner. Banyak organisasi perlu pelatihan ulang dan desain ulang SOP agar AI benar-benar dipakai, bukan sekadar proyek IT.

4. **Tata kelola AI yang tepercaya**

   Standar ISO/IEC 42001 memberi kerangka untuk mengelola AI secara bertanggung jawab—termasuk penilaian risiko dan kontrol yang berkelanjutan. NIST AI RMF juga menekankan pendekatan manajemen risiko untuk meningkatkan trustworthiness AI. Dalam konteks pabrik, ini berarti: audit data, evaluasi performa model, keamanan siber, dokumentasi keputusan, dan mekanisme *human override* untuk kondisi abnormal.

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



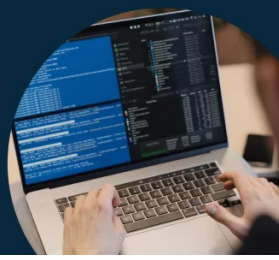
Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan bahwa penerapan AI pada otomasi proses industri selama 2021–2025 berpotensi meningkatkan efisiensi produksi secara nyata, terutama melalui tiga use case utama: predictive maintenance (menurunkan downtime), computer vision untuk inspeksi kualitas (menurunkan defect), dan optimasi proses (meningkatkan produktivitas dan efisiensi energi). Temuan literatur juga menguatkan bahwa manfaat AI paling kuat ketika diterapkan sebagai sistem operasional end-to-end dengan integrasi OT/IT, kualitas data yang baik, serta kesiapan SDM. Namun, keberhasilan implementasi sangat dipengaruhi oleh tata kelola AI, termasuk manajemen risiko dan keamanan siber, sehingga standar dan kerangka kerja (misalnya ISO/IEC 42001 dan NIST AI RMF) relevan untuk memastikan AI yang tepercaya dan berkelanjutan.

Saran

1. Mulai dari **use case bernilai tinggi** (PdM di aset kritis, inspeksi kualitas pada produk volume tinggi) untuk ROI cepat.
2. Bangun **data foundation**: standardisasi sensor, data historian, label kualitas, dan tata kelola akses data.
3. Pastikan **integrasi loop tindakan** (alert → SOP → eksekusi → evaluasi) agar AI berdampak pada output, bukan hanya laporan.
4. Terapkan **governance berbasis standar** (ISO/IEC 42001) dan kerangka risiko (NIST AI RMF) untuk keamanan, auditabilitas, dan trust.
5. Lakukan riset lanjutan berbasis **studi kasus industri di Indonesia** (mis. makanan-minuman, otomotif, tekstil) dengan pengukuran before–after pada OEE, downtime, defect, dan energi per unit.

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



DAFTAR PUSTAKA

Alfaro-Viquez, D., et al. (2025). A comprehensive review of AI-based digital twin applications and challenges. *Electronics, 14*(4), 646.

Ashourpour, M., et al. (2025). A case study in real-time defect detection for quality control using deep learning. *Procedia Manufacturing / related outlet (ScienceDirect)*. (

International Organization for Standardization. (2023). *ISO/IEC 42001:2023 — Artificial intelligence management system*. ISO.

Kreuzer, T., et al. (2024). Artificial intelligence in digital twins—A systematic literature review. *Data & Knowledge Engineering*.

Mahajan, A. (2025). Next-generation manufacturing: Leveraging AI for industrial productivity and efficiency (review). *Computer-Aided Design / related manufacturing review (ScienceDirect)*.

McKinsey & Company. (2024). *The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value*. McKinsey Global Survey.

McKinsey Global Institute. (2023). *The economic potential of generative AI: The next productivity frontier*. McKinsey & Company.

NIST. (2023). *Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)* (NIST AI 100-1). National Institute of Standards and Technology.

OECD. (2021). *Artificial intelligence, its diffusion and uses in manufacturing*. OECD Publishing.

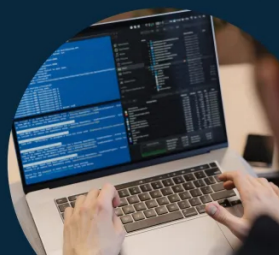
OECD. (2024). *The impact of artificial intelligence on productivity, distribution and growth: Key mechanisms, initial evidence and policy challenges* (OECD Artificial Intelligence Papers No. 15). OECD Publishing.

Rahman, M. A., et al. (2025). Enabling intelligent industrial automation: A review of machine learning in predictive maintenance, quality control, and process optimization. *Automation, 6*(3), 37.

Ramzan, F., et al. (2025). A literature review on enhancing predictive maintenance with advanced AI models. *Journal of … (Springer)*.

World Economic Forum. (2023). *Global Lighthouse Network: Adopting AI at speed and scale*. WEF.

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



World Economic Forum. (2024). Global Lighthouse Network: Transforming advanced technologies into scalable impact (story/insights). WEF.

World Economic Forum. (2025). *Global Lighthouse Network: The mindset shifts driving sustainable impact at scale*. WEF.