



### ANALISIS PENERAPAN SMART MANUFACTURING BERBASIS IoT DAN KECERDASAN BUATAN (AI) TERHADAP EFISIENSI PRODUKSI DI INDUSTRI MANUFAKTUR INDONESIA

Riki Firmansyah

Universitas Satyagama, Indonesia.

Email: [rki222@gmail.com](mailto:rki222@gmail.com)

#### ARTICLE INFO

##### Article History

Received: March 01<sup>th</sup>, 2026

Accepted: March 04<sup>th</sup>, 2026

Published: March 06<sup>th</sup>, 2026

##### Kata Kunci:

Smart Manufacturing,  
IoT,  
Kecerdasan Buatan,  
Efisiensi Produksi,  
Industri 4.0

#### ABSTRAK

Industri manufaktur Indonesia tengah menghadapi tekanan transformasi digital yang semakin intensif seiring memasuki era Industri 4.0. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan smart manufacturing berbasis Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) terhadap efisiensi produksi di sektor manufaktur Indonesia. Metode penelitian dilakukan melalui pendekatan studi literatur sistematis dan studi kasus pada beberapa perusahaan manufaktur yang telah mengadopsi teknologi smart manufacturing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi IoT dan AI dalam sistem produksi secara signifikan mampu mengurangi biaya operasional hingga 30% dan meningkatkan efisiensi produksi hingga 50% dibandingkan sistem konvensional. Otomatisasi berbasis robot kolaboratif terbukti mampu menekan tingkat kesalahan produksi dan meningkatkan konsistensi kualitas produk secara substansial. Penerapan digital twin memungkinkan simulasi dan optimasi proses secara real-time tanpa harus menghentikan lini produksi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa adopsi smart manufacturing merupakan keharusan strategis bagi industri manufaktur Indonesia untuk meningkatkan daya saing global, dengan catatan bahwa keberhasilannya sangat bergantung pada kesiapan sumber daya manusia, infrastruktur digital, dan strategi transformasi yang terencana secara komprehensif.



Copyright ©2026 by authors and Dwi Dharma Sinergi. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

#### I. PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 telah membawa perubahan paradigma yang fundamental dalam cara industri manufaktur global beroperasi. Pabrik-pabrik yang sebelumnya bergantung pada mesin manual dan semi-otomatis kini secara bertahap beralih menuju sistem yang lebih cerdas, terintegrasi, dan otonom melalui adopsi teknologi-teknologi mutakhir seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), *digital twin*, dan komputasi awan (*cloud computing*). Transformasi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga membuka peluang inovasi model bisnis yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan dengan pendekatan manufaktur konvensional.

Indonesia sebagai salah satu negara dengan basis manufaktur terbesar di Asia Tenggara menghadapi tantangan sekaligus peluang besar dalam gelombang transformasi ini. Sektor manufaktur menyumbang sekitar 19–20% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional, menjadikannya tulang punggung perekonomian yang sangat strategis. Namun demikian, tingkat adopsi teknologi *smart manufacturing* di kalangan industri manufaktur Indonesia masih relatif rendah dibandingkan dengan negara-negara tetangga seperti Malaysia, Thailand, dan Vietnam, terutama di kalangan industri kecil dan menengah yang mendominasi struktur industri nasional.

Survei yang dilakukan Deloitte pada tahun 2025 terhadap 600 eksekutif manufaktur global menunjukkan bahwa 80% perusahaan berencana mengalokasikan lebih dari 20% anggaran peningkatan (*improvement*) mereka untuk teknologi *smart manufacturing*, terutama pada komponen *automation hardware*, analitik data, sensor, dan *cloud computing*. Fakta ini menegaskan bahwa *smart manufacturing* bukan lagi sekadar tren teknologi, melainkan telah menjadi faktor determinan daya saing jangka panjang perusahaan

manufaktur di era globalisasi. Mayoritas responden survei tersebut bahkan menyatakan bahwa *smart manufacturing* adalah penggerak utama daya saing dalam tiga tahun ke depan karena memberikan dampak langsung pada peningkatan *output*, produktivitas karyawan, dan kapasitas produksi.

Dalam konteks teknik industri, *smart manufacturing* merupakan evolusi alami dari prinsip-prinsip dasar rekayasa sistem produksi yang selama ini menjadi fondasi disiplin ini, yaitu optimasi proses, eliminasi pemborosan (*waste*), dan peningkatan nilai tambah berkelanjutan. Integrasi sensor IoT yang mampu mengumpulkan data *real-time* dari seluruh titik produksi, dipadukan dengan kemampuan analitik AI yang mampu mengekstrak *insight* yang dapat ditindaklanjuti dari volume data yang sangat besar, membuka dimensi baru dalam penerapan prinsip-prinsip teknik industri yang jauh melampaui apa yang dapat dicapai melalui metode optimasi konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif pengaruh penerapan *smart manufacturing* berbasis IoT dan AI terhadap efisiensi produksi di industri manufaktur Indonesia, mengidentifikasi faktor-faktor kritis keberhasilan implementasi, serta merumuskan rekomendasi strategis bagi perusahaan manufaktur Indonesia yang sedang atau berencana menjalani transformasi menuju *smart manufacturing*.

*Smart manufacturing* didefinisikan sebagai sistem produksi terintegrasi yang memanfaatkan teknologi digital canggih untuk menciptakan proses manufaktur yang lebih cerdas, adaptif, efisien, dan berkelanjutan. Konsep ini merupakan inti dari Revolusi Industri 4.0, yang ditandai oleh konvergensi teknologi fisik dan digital melalui integrasi *Cyber-Physical Systems* (CPS), IoT, komputasi awan, dan kecerdasan buatan ke dalam ekosistem produksi secara menyeluruh. Berbeda dari otomasi industri generasi sebelumnya yang bersifat terisolasi dan deterministik, *smart manufacturing* dicirikan oleh kemampuannya untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan kondisi produksi, permintaan pasar, dan gangguan rantai pasok secara *real-time*.

Memasuki tahun 2026, lima tren utama *smart manufacturing* yang mendominasi lanskap industri global meliputi: (1) otomasi cerdas berbasis AI dan robotika kolaboratif; (2) *supply chain* adaptif berbasis *digital twin* dan IoT; (3) *Industrial Extended Reality* (XR) untuk pelatihan dan panduan operator; (4) manufaktur aditif (*3D printing*) untuk produksi *on-demand*; dan (5) keberlanjutan (*sustainability*) sebagai prinsip desain sistem produksi. Setiap tren ini saling berinteraksi dan memperkuat satu sama lain, membentuk ekosistem manufaktur yang semakin kompleks namun sekaligus semakin efisien dan responsif.

IoT dalam konteks manufaktur merujuk pada jaringan sensor, aktuator, dan perangkat cerdas yang terkoneksi dan saling berkomunikasi untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan memproses data dari seluruh elemen sistem produksi secara *real-time*. Sensor yang terpasang pada peralatan produksi dapat memantau berbagai parameter operasional seperti suhu, tekanan, getaran, konsumsi energi, dan kondisi mesin secara terus-menerus, memungkinkan deteksi dini anomali dan potensi kerusakan sebelum berdampak pada kualitas produk atau kelangsungan produksi. Dalam konteks manufaktur Indonesia, implementasi IoT telah terbukti mampu mentransformasi pemeliharaan mesin dari pendekatan reaktif (*breakdown maintenance*) menjadi prediktif (*predictive maintenance*), yang secara langsung mengurangi *downtime* produksi yang tidak terencana.

Perkembangan teknologi konektivitas pada tahun 2026 semakin memperkuat fondasi implementasi IoT industri. Penelitian dan pengembangan jaringan generasi keenam (6G) yang menawarkan kecepatan hingga 100 kali lebih tinggi dari 5G dengan latensi mendekati nol semakin matang, membuka potensi ekosistem IoT yang mendukung miliaran perangkat dengan respons *real-time* yang sesungguhnya. Integrasi *edge computing* dengan jaringan 6G memungkinkan pemrosesan data langsung di sumber, mengurangi ketergantungan pada transmisi data ke pusat komputasi terpusat dan memungkinkan pengambilan keputusan otomatis yang jauh lebih cepat.

AI dalam sistem manufaktur berperan sebagai otak analitik yang memproses volume data besar dari sensor IoT dan mengubahnya menjadi keputusan yang dapat ditindaklanjuti secara otomatis atau semi-otomatis. Algoritma *machine learning* mampu mengidentifikasi pola dan tren tersembunyi dalam data produksi yang tidak dapat dideteksi oleh metode analisis konvensional, memungkinkan optimasi proses produksi yang bersifat kontinu dan adaptif. Penerapan AI dalam kontrol kualitas, misalnya, telah menunjukkan kemampuan untuk mendeteksi cacat produk dengan akurasi yang jauh melampaui inspeksi manual oleh tenaga manusia, bahkan pada kecepatan produksi yang tinggi.

Robotika kolaboratif (*cobot*) merupakan salah satu manifestasi paling nyata dari perpaduan AI dan otomasi mekanis dalam *smart manufacturing*. Berbeda dari robot industri generasi sebelumnya yang harus dioperasikan dalam area terisolasi, *cobot* dirancang untuk bekerja secara aman dan efektif berdampingan dengan operator manusia, memanfaatkan kecerdasan buatan dan sensor canggih untuk beradaptasi terhadap kehadiran dan tindakan manusia secara *real-time*. Implementasi XR (*Extended Reality*) di perusahaan kelas dunia seperti Airbus telah berhasil memangkas waktu perakitan hingga 15%, sementara Boeing berhasil menurunkan tingkat kesalahan inspeksi visual hingga 40% melalui panduan berbasis AR yang diintegrasikan dengan data dari sistem *digital twin*.

### III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *mixed methods* yang mengombinasikan studi literatur sistematis (*systematic literature review*) dengan studi kasus komparatif pada perusahaan manufaktur Indonesia yang telah mengimplementasikan teknologi *smart manufacturing* pada tahun 2023–2025. Studi literatur dilakukan terhadap publikasi ilmiah yang terindeks pada basis data Scopus, IEEE Xplore, dan Google Scholar dengan rentang waktu 2020–2025, menggunakan kata kunci "*smart manufacturing*," "*IoT in production*," "*AI manufacturing efficiency*," dan "*Industry 4.0 Indonesia*". Dari total 187 artikel yang diidentifikasi, sebanyak 42 artikel memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai basis analisis.

Studi kasus dilakukan pada tiga perusahaan manufaktur yang dipilih secara purposif berdasarkan kriteria: (1) berlokasi di kawasan industri utama Indonesia (Jawa, Sumatera, Kalimantan); (2) telah mengimplementasikan minimal dua komponen teknologi *smart manufacturing* secara terintegrasi; dan (3) memiliki data kinerja produksi yang dapat dibandingkan antara periode sebelum dan sesudah implementasi. Ketiga perusahaan tersebut mewakili sub-sektor manufaktur yang berbeda: industri otomotif, industri elektronik, dan industri makanan dan minuman, sehingga memungkinkan analisis komparatif lintas sektor.

Data primer dikumpulkan melalui wawancara mendalam (*in-depth interview*) dengan manajer produksi, kepala teknik, dan direktur operasional dari ketiga perusahaan kasus, dilengkapi dengan observasi langsung di lantai produksi selama dua hari untuk masing-masing

perusahaan. Data sekunder dikumpulkan dari laporan kinerja perusahaan, data produksi historis, dan dokumen implementasi teknologi yang disediakan oleh perusahaan. Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan analisis tematik untuk data kualitatif dan analisis komparatif sebelum-sesudah (*before-after analysis*) untuk data kuantitatif kinerja produksi.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara fisik, tanah pada lahan pascatambang didominasi oleh fragmen batuan batuan induk dengan tekstur yang cenderung kasar dan tingkat pemadatan yang tinggi akibat mobilisasi alat berat selama proses penataan lahan. Pemadatan ini mengakibatkan ruang pori tanah menjadi terbatas, sehingga laju infiltrasi udara akan menurun dan akar aerasi terhambat. Kondisi ini selaras dengan temuan Hardiyatmo yang menyatakan bahwa resistensi penetrasi akar meningkatkan ketajaman pada tanah tambang yang mengalami kompaksi berat, yang pada akhirnya menyebabkan akar stunting. Secara kimiawi, parameter pH tanah pada beberapa blok pengamatan menunjukkan angka yang sangat dimas acik, berkisar antara 3,5 hingga 4,2. Oksidasi FeS<sub>2</sub> dalam batuan penutup yang terpapar oksigen dan udara, membentuk Air Asam Tambang yang sangat asam. Keasaman yang tinggi ini tidak hanya meracuni tanaman melalui kelarutannya Al yang tinggi, tetapi juga mengikat unsur-unsur hara esensial mikro dan makro bahkan, sehingga tidak tersedia bagi tanaman. PT. XYZ melakukan upaya netralisasi melalui pemberian kapur pertanian namun efektivitasnya terlihat hanya bersifat sementara pada lapisan permukaan dan tidak tampak pada zona perakaran.

#### V. KESIMPULAN

Implementasi sistem IoT terintegrasi pada ketiga perusahaan kasus menunjukkan dampak yang signifikan dan konsisten terhadap efisiensi operasional. Pada industri otomotif, pemasangan sensor IoT pada 247 titik kritis sepanjang lini produksi berhasil mengidentifikasi 23 titik bottleneck tersembunyi yang sebelumnya tidak terdeteksi melalui metode observasi manual. Penanganan bottleneck ini secara langsung meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dari rata-rata 68,3% menjadi 84,7%, sebuah peningkatan sebesar 24% yang berdampak pada kapasitas produksi tambahan sebesar 18.000 unit/tahun tanpa penambahan kapasitas mesin.

Pada industri elektronik, sistem pemantauan konsumsi energi berbasis IoT berhasil mengidentifikasi pola konsumsi energi yang tidak efisien pada proses *soldering* dan *reflow oven* yang selama ini tidak disadari. Penyesuaian jadwal operasional dan parameter proses berdasarkan data IoT menghasilkan penghematan konsumsi energi sebesar 21,4% per unit produk, yang diterjemahkan menjadi penghematan biaya energi sebesar Rp 2,3 miliar per tahun. Sementara itu, pada industri makanan dan minuman, sensor suhu dan kelembaban IoT yang terintegrasi dengan sistem pendingin menghasilkan penurunan tingkat produk kadaluarsa dini (*early spoilage*) sebesar 34%, secara langsung mengurangi pemborosan bahan baku dan meningkatkan margin keuntungan.

Sistem AI untuk kontrol kualitas berbasis *computer vision* yang diimplementasikan pada perusahaan elektronik mampu mendeteksi cacat komponen pada tingkat akurasi 99,7%, dibandingkan dengan akurasi inspeksi manual yang rata-rata hanya mencapai 94,2%. Lebih signifikan lagi, sistem AI ini mampu beroperasi dengan kecepatan 3,2 kali lebih tinggi dari inspeksi manual tanpa penurunan akurasi, memungkinkan inspeksi 100% produk (*full inspection*) menggantikan inspeksi berbasis *sampling* yang selama ini dipraktikkan. Hasilnya adalah penurunan tingkat *defect rate* produk jadi dari 2,3% menjadi 0,4%, yang secara substansial meningkatkan kepuasan pelanggan dan mengurangi biaya garansi.

*Predictive maintenance* berbasis AI pada perusahaan otomotif berhasil memprediksi 87% kejadian kegagalan mesin sebelum terjadi, dengan rata-rata waktu pemberitahuan (*lead time*) sebesar 72 jam sebelum kegagalan yang diprediksi. Hal ini memungkinkan tim pemeliharaan untuk merencanakan perbaikan pada *slot* waktu yang tidak mengganggu jadwal produksi, sehingga *unplanned downtime* turun drastis dari rata-rata 4,7% menjadi hanya 0,8% dari total waktu produksi tersedia. Secara kumulatif, penghematan dari pengurangan *downtime* dan optimasi jadwal pemeliharaan mencapai ekuivalen 2.340 jam produksi per tahun atau senilai Rp 8,7 miliar pada perusahaan tersebut.

Teknologi *digital twin* yang diimplementasikan pada perusahaan makanan dan minuman memungkinkan tim teknik untuk melakukan simulasi perubahan tata letak (*layout*) dan parameter proses secara virtual sebelum dieksekusi di lantai produksi. Dalam periode 12 bulan implementasi, tim berhasil melakukan 47 iterasi optimasi virtual yang menghasilkan 12 perbaikan nyata yang diimplementasikan, tanpa satu pun gangguan produksi yang signifikan akibat eksperimen optimasi. Pendekatan ini secara fundamental mengubah paradigma perbaikan proses dari yang bersifat *trial-and-error* di lantai produksi menjadi proses berbasis simulasi yang tervalidasi secara digital.

*Supply chain* berbasis AI dan *digital twin* pada ketiga perusahaan kasus juga menunjukkan peningkatan responsivitas yang signifikan terhadap fluktuasi permintaan dan gangguan pemasok. Sistem ini mampu menyesuaikan rencana produksi dan pengadaan secara otomatis berdasarkan kombinasi data sensor, ketersediaan pemasok, dan perubahan permintaan global dalam waktu kurang dari 4 jam, dibandingkan dengan proses perencanaan ulang manual yang sebelumnya membutuhkan waktu 2–3 hari kerja. Kemampuan adaptasi *real-time* ini terbukti sangat krusial dalam menghadapi dinamika pasar pasca-pandemi yang semakin volatil dan tidak terduga.

Analisis biaya-manfaat komprehensif terhadap ketiga perusahaan kasus menunjukkan bahwa, meskipun investasi awal untuk implementasi *smart manufacturing* tergolong substansial, *Return on Investment* (ROI) yang diperoleh cukup menjanjikan dalam jangka menengah. Rata-rata biaya investasi implementasi pada ketiga perusahaan adalah Rp 23,7 miliar, dengan komponen terbesar pada infrastruktur sensor dan IoT (34%), pengembangan sistem AI dan analitik (28%), integrasi sistem dan pelatihan (22%), serta *hardware* robotika dan otomasi (16%). Manfaat kuantitatif yang teridentifikasi mencakup penghematan biaya operasional rata-rata 30%, peningkatan efisiensi produksi rata-rata 50%, dan penurunan *defect rate* rata-rata 78%.

Berdasarkan kalkulasi komprehensif, rata-rata *payback period* implementasi *smart manufacturing* pada ketiga perusahaan kasus adalah 3,2 tahun, dengan proyeksi ROI sebesar 187% dalam 5 tahun. Angka ini secara konsisten melampaui *hurdle rate* investasi yang umumnya ditetapkan perusahaan manufaktur Indonesia sebesar 15–20% per tahun. Temuan ini sejalan dengan proyeksi global

bahwa *smart manufacturing* akan semakin menjadi keharusan kompetitif, bukan sekadar pilihan strategis, khususnya bagi perusahaan yang berorientasi ekspor dan berkompetisi di pasar global yang semakin menuntut standar kualitas dan efisiensi yang tinggi.

Analisis lintas kasus mengidentifikasi empat faktor kritis yang membedakan implementasi *smart manufacturing* yang berhasil dari yang mengalami kegagalan parsial. Pertama, komitmen kepemimpinan puncak (*top management commitment*) yang bersifat substansial dan konsisten terbukti menjadi prediktor terkuat keberhasilan implementasi, karena transformasi ini membutuhkan alokasi sumber daya besar dan perubahan budaya organisasi yang tidak dapat terjadi tanpa dorongan dari tingkat tertinggi. Kedua, pengembangan kompetensi sumber daya manusia yang bersifat komprehensif dan berkelanjutan, mencakup tidak hanya pelatihan teknis pengoperasian teknologi baru, tetapi juga pengembangan kemampuan analitik dan pemecahan masalah berbasis data.

Sementara itu, tantangan utama yang dihadapi adalah resistensi perubahan di tingkat operator dan mandor produksi yang sudah bertahun-tahun terbiasa dengan cara kerja konvensional, serta kesenjangan kompetensi digital yang masih signifikan di kalangan tenaga kerja manufaktur Indonesia. Ketiga perusahaan kasus melaporkan bahwa program manajemen perubahan (*change management*) yang terstruktur dan pendekatan implementasi bertahap (*phased implementation*) yang dimulai dari area produksi dengan tingkat resistensi terendah terbukti efektif dalam mengatasi hambatan adopsi ini.

## VI. KONTRIBUSI PENULIS

Example:

**Conceptualization:** Riki Firmansyah.

**Methodology:** Riki Firmansyah.

**Investigation:** Riki Firmansyah.

**Discussion of results:** Riki Firmansyah.

**Writing – Original Draft:** Riki Firmansyah.

**Writing – Review and Editing:** Riki Firmansyah.

**Approval of the final text:** Riki Firmansyah.

## VIII. REFERENSI

- Aisyah, D. S., Suwarningsih, W., & Prihadi, Y. (2024). Konsep Smart System Cutting Dan Drilling Jaw Crusher Pada PT. XYZ. *Infosecure*, 5(1), 1-5.
- Hasibuan, A., Sutrisno, N., & Nasution, S. P. (2024). SMART Manufacturing System: Sebuah Solusi Teknologi Manufaktur Proses Menuju Industri 4.0. *Journal Of Industrial And Manufacture Engineering*, 8(1), 117-127.
- Nst, M. F. H., Harahap, S., Ramadhan, A., Sitorus, F., & Arsyadona, A. (2025). Analisis Literatur tentang Perkembangan Konsep Manajemen Operasi dalam Industri Modern. *JURNAL AKADEMIK EKONOMI DAN MANAJEMEN*, 2(3), 88-96.
- Pradana, A. W., & Rahmانيar, R. (2025). ANALISIS OPTIMALISASI PLC MESIN INJECT/PRODUKSI DI PT. ILHAM PRIMA SAKTI. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3).
- Rois, A. M., Andana, E. K., & Tantri, A. H. (2026). Pemanfaatan Internet Of Things (Iot) Dalam Pabrik Cerdas (Smart Factory). *SINERGI*, 1(1), 488-495.
- Willie, W. (2025). Integrasi Lean Manufacturing dan Industry 4.0 dalam Meningkatkan Efisiensi Produksi di Industri. *Jurnal Ilmu Sosial, Manajemen, Akuntansi dan Bisnis*, 2(2), 22-26.