

**DAMPAK TRANSFORMASI DIGITAL TERHADAP EFISIENSI BIAYA PRODUKSI
PADA INDUSTRI MANUFAKTUR
(Sebuah Systematic Literatur Review)**

Deni Ayu Putri^{1*}, Supriyanto²

¹Program Studi Magister Manajemen, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi

²Program Studi Magister Manajemen, Universitas Pelita Bangsa, Bekasi

deniayup@gmail.com, supriyanto@pelitabangsa.ac.id

Abstrak

Teknologi digital memiliki dampak yang masif pada masyarakat banyak. Revolusi era industri 4.0 menuntut industri manufaktur untuk melakukan transformasi digital secara masif guna mempertahankan daya saing global. Salah satu pendorong utama pergeseran ini adalah adanya tekanan untuk mengoptimalkan sumber daya dan menekan biaya produksi di tengah perubahan pasar. Artikel ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak transformasi digital terhadap efisiensi biaya produksi di sektor manufaktur. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Pengumpulan data dilakukan melalui pencarian kata kunci terstruktur pada basis data akademik terkemuka (seperti Web of Science, Mendeley dan Google Scholar) untuk publikasi dalam rentang waktu 10 tahun terakhir. Proses seleksi dilakukan menggunakan pendekatan PRISMA. Proses penelitian dilanjutkan dengan penyaringan artikel berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, evaluasi kualitas literatur, dan diakhiri dengan ekstraksi serta sintesis tematik terhadap artikel-artikel yang relevan. Hasil tinjauan menunjukkan bahwa adopsi teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT), otomatisasi cerdas, dan *Big Data Analytics* secara signifikan mampu menurunkan biaya variabel produksi. Efisiensi ini dicapai melalui minimalisasi produk cacat (*waste reduction*), optimalisasi penggunaan energi yang mendukung implementasi kapital hijau (*green capital*), dan pemeliharaan mesin prediktif. Di sisi lain, literatur juga menggarisbawahi tingginya investasi awal (*Capex*) menuntut perusahaan untuk melakukan restrukturisasi manajemen sumber daya manusia, terutama dalam hal rekrutmen dan pengembangan talenta digital, agar efisiensi jangka panjang dapat direalisasikan. Transformasi digital terbukti pada peningkatan efisiensi biaya produksi yang berkelanjutan. Namun, keberhasilannya sangat bergantung pada keselarasan antara kesiapan infrastruktur teknologi dan strategi adaptasi tenaga kerja. Kurangnya sumber daya manusia yang memadai dan kurangnya tenaga ahli menjadi hambatan dalam transformasi ini. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan komprehensif bagi para praktisi industri dalam merumuskan strategi investasi digital yang terukur, serta mendorong penelitian lanjutan mengenai model adopsi teknologi yang lebih efisien dan aplikatif bagi perusahaan manufaktur berbagai skala, termasuk dalam industri manufaktur seperti di Bekasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada strategi mitigasi terhadap tekanan regulasi lokal, seperti tingginya Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK).

Kata Kunci: Transformasi Digital; Efisiensi Biaya; Industri Manufaktur; Systematic Literature Review; Industri 4.0.

PENDAHULUAN

Dinamika ekonomi dan fluktuasi pasar di era 4.0 menuntut industri manufaktur untuk terus melakukan inovasi dalam struktur biaya mereka. Dunia industri saat ini menghadapi tantangan untuk meningkatkan produktifitas dan kualitas secara bersamaan ditengah persaingan global yang semakin kompetitif (Syaeh, 2023), (Rosyidi & Romadhon, 2021). Urgensi efisiensi ini menjadi sangat krusial jika melihat konteks pusat industri di Indonesia, khususnya di wilayah Kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Kabupaten Bekasi dikenal sebagai episentrum manufaktur dan kawasan industri terbesar di Asia Tenggara. Berdasarkan data kewilayahan, terdapat lebih dari 10 kawasan industri besar (di antaranya Jababeka, MM2100, EJIP, Lippo Cikarang, dan GIIC) yang membentang di atas lahan seluas lebih dari 9.400 hektare. Kawasan ini menjadi rumah bagi lebih dari 4.000 hingga 7.500 pabrik berskala nasional dan multinasional dari sedikitnya 25 negara, yang bergerak di sektor otomotif, elektronik, hingga barang konsumsi (FMCG). Data Badan Pusat Statistik (BPS) juga secara konsisten mencatat bahwa sektor industri pengolahan adalah penyumbang absolut terbesar bagi Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Bekasi. Dengan beban operasional yang masif serta tekanan kenaikan Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) yang termasuk tertinggi di Indonesia, pabrik-pabrik di wilayah ini menghadapi tantangan besar. Secara historis, efisiensi biaya produksi sering kali dicapai melalui relokasi pabrik ke wilayah dengan upah tenaga kerja rendah atau eksploitasi skala ekonomi. Namun, dalam era kontemporer dan dengan ekosistem sebesar Bekasi, pendekatan mekanis tradisional tersebut tidak lagi cukup untuk mempertahankan keunggulan kompetitif yang berkelanjutan di tengah rantai pasok global (Dalenogare et al., 2018).

Transformasi digital adalah integrasi teknologi digital ke dalam seluruh area bisnis telah muncul sebagai solusi strategis. Konsep Industri 4.0 mengubah rantai pabrik konvensional menjadi *smart factory* (Frank et al., 2019). Meskipun potensi teknologinya telah banyak diakui secara global, pemahaman sistematis mengenai bagaimana secara spesifik teknologi ini berdampak pada efisiensi "biaya produksi" terutama bila dikontekstualisasikan dengan kondisi industri manufaktur yang padat seperti di Indonesia masih memerlukan pemetaan yang komprehensif. Artikel ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* untuk mengevaluasi dampak finansial dan operasional dari digitalisasi.

Berbagai penelitian dalam negeri mulai menyoroti hal ini. Misalnya, studi oleh Setyawan dan Kusumawanto (2021) pada perusahaan manufaktur di kawasan industri Jawa

Barat menemukan bahwa adopsi sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) yang terintegrasi dengan sensor rantai pabrik berhasil menurunkan biaya *overhead* secara signifikan. Senada dengan hal tersebut, Rahayu et al. (2022) mengemukakan bahwa digitalisasi rantai pasok pada manufaktur skala menengah di Indonesia terbukti memangkas biaya logistik, meskipun tantangan ketimpangan infrastruktur digital antar wilayah masih menjadi faktor penghambat.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR). Proses seleksi dilakukan menggunakan pendekatan PRISMA, melalui tiga tahapan utama: identifikasi literatur, penentuan kriteria inklusi (jurnal *peer-reviewed* 10 tahun terakhir dengan fokus industry 4.0), dan sintesis data.

Pencarian literatur dilakukan pencarian data akademik internasional (Web of Science, Mendeley dan Google Scholar) serta basis data nasional (SINTA dan Garuda). Kata kunci yang digunakan adalah kombinasi "*Digital Transformation*" OR "*Industry 4.0*" AND "*Production Cost*" OR "*Cost Efficiency*" AND "*Manufacturing Industry*", serta padanan bahasa Indonesianya seperti "*Transformasi Digital*", "*Efisiensi Biaya Produksi*", dan "*Industri Manufaktur*".

Untuk merangkum kontribusi dari studi global dan lokal yang relevan dengan konteks tulisan ini, disusunlah matriks literatur pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Matriks Literatur

No.	Penulis / Tahun	Judul / Fokus Penelitian	Metode / Pendekatan	Temuan terkait efisiensi utama
1	Dalenogare et al. (2018)	The expected contribution of Industry 4.0...	Kuantitatif	Teknologi 4.0 meningkatkan kinerja, namun memunculkan tantangan biaya reskilling SDM.
2	Wibisono & Puspitasari (2020)	Kesiapan Industri Manufaktur Indonesia Menghadapi Era	Kuantitatif	Tingginya biaya investasi awal (CapEx) menjadi hambatan utama bagi pabrik skala menengah di Indonesia untuk bertransformasi.

		4.0		
3	Suriyant.,i et al (2025)	Pengaruh Digitalisasi Rantai Pasok terhadap Efisiensi, Operasional, Ketepatan Waktu Pengiriman, dan Kualitas Produk	Kuantitatif Eksplanatori	Digitalisasi rantai pasok memiliki pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi operasional dan ketepatan waktu pengiriman.
4	Balqis Abizah (2026)	Pengaruh Untuk Optimalisasi Transformasi Digital dalam Pengelolaan Supply Chain Perusahaan	Kualitatif	Transformasi Digital dalam pengelolaan supply chain mampu meningkatkan efisiensi operasional, transparansi global, serta daya saing perusahaan di tengah persaingan global.
5	Dian Sudiantini, et al (2023)	Transformasi Digital : Dampak, Tantangan, Dan Peluang untuk pertumbuhan Ekonomi Digital	Analisa / Kajian Pustaka	Transformasi digital memberikan peluang kemitraan global yang membuat proses bisnis menjadi jauh lebih efektif dan efisien, serta mendorong pertumbuhan ekonomi operasional.
6	Mahfudnurn ajamuddin et al (2025)	Pengaruh Teknologi Internet Of	Kualitatif Eksplanatori	Efisiensi biaya, pengurangan waste, dan fleksibilitas produksi memiliki pengaruh yang positif

		Things (IOT) dalam Rantai Pasok Terhadap Efisiensi Biaya, Pengurangan Waste, dan Fleksibilitas Produksi di PT Makassar Tene		dan signifikan terhadap penerapan teknologi IoT dalam rantai pasok di PT Makassar Tene.
7	Danendra Bramantyo, Muhammad Yasin (2025)	Digitalisasi Rantai Pasok dan Efeknya terhadap Efisiensi Produksi dalam Sektor Industri	Kualitatif	Media sosial dapat menjadi alat strategis untuk memperkuat daya saing serta pembangunan jejaring kolaboratif merupakan langkah penting yang perlu dioptimalkan.
8	Tao Zhang et al (2022)	Enterprise digital transformation and production efficiency: mechanism analysis and empirical research	Kuantitatif Empiris	Transformasi digital berperan signifikan dalam meningkatkan manfaat ekonomi dan efisiensi produksi perusahaan manufaktur. Keuntungan efisiensi ini terbukti menekan biaya operasi operasional jangka panjang.
9	Matteo Rossini et al (2019)	Industry 4.0 and Lean Production : an empirical study	Kuantitatif (Studi Empiris)	Terdapat sinergi kuat antara teknologi Industri 4.0 dan prinsip Lean. Adopsi Industri 4.0 jauh lebih mudah dan secara signifikan memacu efisiensi operasional

				pabrik jika digabungkan dengan praktik lean production.
10	Haidar Shaddam Fawwaz Fadhlullah et al (2024)	Pengaruh Internet Of Things dalam industri	Kualitatif	Integrasi IoT memungkinkan perangkat terhubung ke internet untuk monitoring dan kontrol alat/mesin secara daring secara real-time (otomatisasi), yang meminimalisir intervensi manual dan meningkatkan produktivitas efisiensi industri.

Sumber : disusun oleh penulis (2026)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan literatur yang dikaji, transformasi digital menekan biaya produksi pada industri manufaktur melalui beberapa mekanisme utama:

Penurunan Biaya Melalui Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance*)

Integrasi *Internet of Things* (IoT) pada mesin produksi memungkinkan pemantauan kondisi aset secara *real-time*. Literatur secara konsisten menunjukkan bahwa sensor IoT yang dipadukan dengan *Machine Learning* dapat memprediksi kerusakan mesin sebelum terjadi (Lee et al., 2014). Hal ini menggeser strategi dari pemeliharaan reaktif (yang mahal dan menghentikan produksi) menjadi prediktif. Pemeliharaan prediktif dapat meminimalkan waktu henti peralatan dan meningkatkan produktivitas dengan memanfaatkan data serta analitik untuk memperkirakan waktu perbaikan mesin (Mohsen soori et al., 2023). Solusi *Machine to Machine* (M2M) yang merupakan bagian dari IoT sudah menggunakan jaringan nirkabel untuk menghubungkan perangkat satu sama lain dan internet, dengan intervensi manusia yang minimal, Integrasi *Machine to Machine* dan *Internet of Things* menciptakan kembali manufaktur dengan melahirkan "Pabrik Cerdas" yang terhubung dan peduli guna meningkatkan produktivitas perusahaan (Kemenperin, 2021). Menurut Mohsen soori et al., (2023) *Internet of Things* (IoT) adalah komponen penting dalam pengembangan pabrik pintar guna meningkatkan produktivitas.

Optimalisasi Biaya Persediaan (*Inventory Costs*) dan Rantai Pasok

Digitalisasi rantai pasok pada dasarnya melibatkan integrasi teknologi digital dalam seluruh aktivitas pengadaan, produksi, distribusi, hingga manajemen pelanggan (Bramantyo & Yasin., 2025). Penggunaan *Big Data Analytics* memungkinkan sinkronisasi informasi antara lantai produksi dan jaringan rantai pasok global. Dengan perkembangan teknologi yang ada saat ini, dimungkinkan untuk menganalisis data yang ada dan mendapatkan jawaban dengan segera (Kemenperin, 2021). Internet of Things telah merevolusi rantai pasok dengan menerapkan tag RFID (*Radio Frekuensi Identified*) untuk memperoleh data akurat dari suku cadang dan produk (Mohsen soori et al., 2023). Analisis prediktif terhadap permintaan pasar mampu membantu manufaktur menerapkan sistem *Just-in-Time* (JIT) dengan presisi yang jauh lebih tinggi. Ghobakhloo (2020) menemukan bahwa digitalisasi rantai pasok secara signifikan memangkas biaya pergudangan (*holding costs*), mengurangi risiko keusangan bahan baku, dan meminimalisir pemborosan material. Sedangkan menurut (Mohsen soori et al., 2023) Dengan menggunakan pelacakan GPS dan analitik waktu nyata, manajer logistik dapat mengoptimalkan rute pengiriman, mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan waktu pengiriman. Efisiensi ini sangat sejalan dengan prinsip kelestarian operasional. Ivanov & Dolgui .,(2020) mengemukakan bahwa integrasi digital dalam jaringan pasok mampu mengurangi kesenjangan informasi serta mempercepat proses pengambilan keputusan, karena setiap titik dalam rantai pasok dapat mengakses data yang sama secara bersamaan.

Efisiensi Biaya Tenaga Kerja dan Reduksi *Human Error*

Otomatisasi proses repetitif melalui robotika dan *Artificial Intelligence* (AI) merestrukturisasi alokasi tenaga kerja dari tugas manual ke fungsi pengawasan analitis. Digitalisasi mengubah ketergantungan terhadap ketergantungan pada manusia dalam proses produksi dan manajemen. Tortorella dan Fettermann (2018) menyoroti bahwa integrasi teknologi digital dengan praktik *lean production* menurunkan biaya terkait kesalahan manusia (*human error*) secara drastis. Hal ini mencakup penurunan biaya pengerjaan ulang (*rework*), pembuangan produk cacat (*scrap*), dan klaim garansi. Digitalisasi memastikan konsistensi kualitas produksi yang bermuara pada penurunan biaya kualitas (*cost of poor quality*).

Tantangan Implementasi: Adanya Perubahan Modal dan SDM

Meskipun penghematan biaya operasional (OpEx) jangka panjang terbukti signifikan, literatur juga menyoroti hambatan utama. Pertama, terdapat kebutuhan belanja modal (CapEx) awal yang sangat besar untuk infrastruktur digital, sensor, dan keamanan siber (Frank et al.,

2019). Kedua, transformasi ini memicu kesenjangan keterampilan (*skills gap*). Industri manufaktur kini menghadapi tantangan rekrutmen talenta digital dan perlunya investasi tambahan dalam pelatihan ulang (*reskilling*) karyawan yang ada (Dalenogare et al., 2018).

Menurut (Roshidi & Romadhon., 2021) Dalam praktik dilapangan, penguasaan teknologi IoT oleh sumber daya manusia di Indonesia masih menghadapi banyak kendala. Beberapa kendala tersebut adalah

1. Minimnya informasi dan sosialisasi tentang pemanfaatan teknologi IoT
2. Kurangnya tenaga ahli dalam memberikan transfer pengetahuan kepada masyarakat tentang teknologi IoT ini.
3. Kurangnya ketersediaan perangkat belajar IoT yang bisa didapatkan dengan mudah.

Dengan demikian perlu diadakannya upaya-upaya yang lebih masif dalam mengatasi kendala tersebut sehingga teknologi IoT bisa dikuasai dan dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia. Transformasi digital yang sukses membutuhkan penggabungan teknologi yang canggih dengan pelatihan SDM yang berkelanjutan.

Implikasi Manajerial

Bagi manajemen pabrik, keputusan investasi pada teknologi digital harus dipandang melalui lensa finansial yaitu analisis arus kas jangka panjang, bukan sekadar beban biaya jangka pendek. Selain itu, strategi manajemen sumber daya manusia harus diadaptasi untuk menyiapkan tenaga kerja yang mampu beroperasi dalam ekosistem manufaktur yang cerdas. Penelitian kedepan disarankan untuk mengkaji model pengukuran ROI (*Return on Investment*) spesifik dari masing-masing instrumen digital agar perusahaan dapat memprioritaskan investasi mereka secara lebih aman dan efektif dan ada beberapan area yang masih membutuhkan penelitian lebih lanjut dimasa depan seperti keamanan dan privasi, kecerdasan buatan (AI) dan pembelajaran mesin.

KESIMPULAN

Transformasi digital bukan sekadar adopsi teknologi, melainkan restrukturisasi fundamental terhadap bagaimana industri manufaktur mengelola biaya produksinya. Internet of Things pada transformasi digital mampu mengefisienkan biaya produksi mulai dari biaya pemeliharaan.

Sedangkan transformasi digital pada optimalisasi biaya persediaan terbukti mampu memangkas biaya pergudangan, mengoptimalkan rute pengiriman, mengurangi biaya transportasi dan meningkatkan waktu pengiriman.

Transformasi digital menggunakan robotika dan *Artificial Intelligence* (AI) terbukti mengurangi kecatatan produk dan meningkatkan kualitas produksi. Dengan demikian akan sangat membantu manufaktur mengefisienkan biaya pengerjaan ulang (*reworks*) dan mengurangi *scrap*.

Tinjauan sistematis ini menyimpulkan bahwa digitalisasi memberikan dampak positif yang signifikan terhadap efisiensi biaya produksi melalui pemeliharaan prediktif, efisiensi material berbasis *big data*, dan peningkatan rasio kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, M., Gohar, M., & Ali, I. (2025). Impact of digital transformation on SME's marketing performance: role of social media and market turbulence. *Discover Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01228-3>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten (2024). Direktori Industri Manufaktur Kabupaten Bekasi 2024 <https://bekasikab.bps.go.id/id/publication/2025/01/13/943f76933dd11beb98139d04/direktori-industri-manufaktur-kabupaten-bekasi-2024.html>
- Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790>
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- Danendra Bramantyo, & Muhammad Yasin. (2025). Digitalisasi Rantai Pasok dan Efeknya terhadap Efisiensi Produksi dalam Sektor Industri. *Jurnal Riset Ekonomi Dan Akuntansi*, 3(4). <https://doi.org/10.54066/jrea-itb.v3i4.3675>
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., & Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54(2). <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.999958>
- Kementrian Perindustrian (2021). Dasar - dasar industri 4.0. https://sippa.kemenperin.go.id/filebox/micro_learning_materi/a901660403125c48beb_d393f1b530cb2.pdf
- Khan, Y., Su'ud, M. B. M., Alam, M. M., Ahmad, S. F., Ahmad, A. Y. A. B., & Khan, N. (2023). Application of Internet of Things (IoT) in Sustainable Supply Chain Management. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Number 1). <https://doi.org/10.3390/su15010694>

- Pratama, D., & Hidayat, M. (2023). Otomasi industri dan tekanan UMK di kawasan ekonomi khusus: Studi empiris pada manufaktur Cikarang. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis Industri*, 12(1), 45-60.
- Rahayu, S., Hidayat, R., & Santoso, B. (2022). Evaluasi kinerja rantai pasok berbasis digital pada industri manufaktur lokal skala menengah. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 21(2), 145-156.
- Rosyidi, L., & Romadhon, M. S. (2021). Seminar dan Workshop Internet of Things guna merealisasikan Pembelajaran Industri 4.0 di Sekolah dan Masyarakat. *Dedikasi Sains Dan Teknologi*, 1(1). <https://doi.org/10.47709/dst.v1i1.957>
- Setyawan, A., & Kusumawanto, D. (2021). Dampak implementasi ERP dan IoT terhadap efisiensi biaya overhead pada perusahaan manufaktur di Jawa Barat. *Jurnal Manajemen Teknologi*, 20(3), 312-328.
- Shahin, M., Chen, F. F., Bouzary, H., & Krishnaiyer, K. (2020). Integration of Lean practices and Industry 4.0 technologies: smart manufacturing for next-generation enterprises. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(5–6). <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05124-0>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in industry 4.0, a review. In *Internet of Things and Cyber-Physical Systems (Vol. 3)*. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
- Syaeh, M. T. (2023). Harmoni Hukum dan Bisnis : Antisipasi Tantangan Kepatuhan dan Inovasi Dalam Lingkungan Bisnis Merata-Tertata Berbasis E-commerce Tokopedia dalam Internet of Things (IoT) Melalui Gagasan 6 . 0. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(1), 957–970. <http://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/7780>
- Tortorella, G. L., & Fettermann, D. (2018). Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 56(8). <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420>
- Wibisono, Y., & Puspitasari, D. (2020). Kesiapan industri manufaktur Indonesia menghadapi era Industri 4.0: Hambatan investasi dan sumber daya manusia. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 19(1), 45-55.
- Yusufadz, A. C. (2022). Analisis Penerapan Artificial Intelligence Dan Robotik Pada Industri Manufaktur Indonesia Dalam Menghadapi Era Industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi ...*, 1(1).