STRATEGI MANAJEMEN OPERASIONAL DALAM MENGHADAPI DISRUPSI INDUSTRI 4.0: STUDI KASUS PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR DI INDONESIA

Azwar Maulana¹, Syahrial Shaddiq²

Pascasarjana Universitas Islam Kalimantan Banjarmasin, Kalimantan Selatan,
Indonesia^{1,2}

Email : azwar_m08@yahoo.com¹, syahrial.s@ulm.ac.id²

Keywords

*Industry 4.0,
Operational
Management,
Digital
Transformation,
Manufacturing,
Multi-Party
Collaboration.*

*Industri 4.0,
Manajemen
Operasional,
Transformasi
Digital, Kolaborasi
Multipihak.*

Abstrak

Digital transformation in the Industry 4.0 era has had a significant impact on the manufacturing sector in Indonesia, demanding strategic changes in operational management. This qualitative study aims to analyze the operational management strategies implemented by manufacturing companies in facing the disruption of Industry 4.0, with a focus on the challenges and supporting factors of implementation. Data were collected through in-depth interviews, field observations, and documentation studies at selected manufacturing companies in Indonesia. The results of the study indicate that the success of Industry 4.0 adaptation depends on three main aspects: (1) gradual implementation of digital technology, (2) development of human resource capacity through continuous training programs, and (3) creation of an adaptive organizational culture. The findings reveal a significant disparity in readiness between large companies and MSMEs, especially in terms of access to capital, infrastructure, and digital competency. Multi-party collaboration between industry, government, academics, and technology providers has proven effective in accelerating technology adoption while reducing the competency gap. This study provides practical contributions in the form of recommendations for operational management strategies that can be adopted by industry players, as well as policy implications to support a more inclusive digital transformation. The research findings confirm that the transformation towards Industry 4.0 is not just a matter of technology adoption, but rather a comprehensive change in the management system and its supporting ecosystem.

Transformasi digital di era Industri 4.0 telah membawa dampak signifikan terhadap sektor manufaktur di Indonesia, menuntut perubahan strategis dalam manajemen operasional. Penelitian kualitatif ini bertujuan menganalisis strategi manajemen operasional yang diterapkan perusahaan manufaktur dalam menghadapi disrupsi Industri 4.0, dengan fokus pada tantangan dan faktor pendukung implementasi. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, dan studi dokumentasi pada perusahaan manufaktur terpilih di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan adaptasi Industri 4.0 bergantung pada tiga aspek utama: (1) penerapan teknologi digital secara bertahap, (2) pengembangan kapasitas SDM melalui program pelatihan berkelanjutan, dan (3) penciptaan budaya organisasi yang adaptif. Temuan mengungkap disparitas kesiapan yang signifikan antara

perusahaan besar dan UMKM, terutama dalam hal akses modal, infrastruktur, dan kompetensi digital. Kolaborasi multipihak antara industri, pemerintah, akademisi, dan penyedia teknologi terbukti efektif dalam mempercepat adopsi teknologi sekaligus mengurangi kesenjangan kompetensi. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis berupa rekomendasi strategi manajemen operasional yang dapat diadopsi oleh pelaku industri, serta implikasi kebijakan untuk mendukung transformasi digital yang lebih inklusif. Temuan penelitian menegaskan bahwa transformasi menuju Industri 4.0 bukan sekadar persoalan adopsi teknologi, tetapi lebih pada perubahan menyeluruh dalam sistem manajemen dan ekosistem pendukungnya.

1. PENDAHULUAN

Era Industri 4.0 telah membawa transformasi signifikan dalam berbagai sektor, termasuk manufaktur, melalui integrasi teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT), *Artificial Intelligence* (AI), *big data analytics*, dan robotika. Perubahan ini tidak hanya menciptakan peluang efisiensi dan inovasi, tetapi juga tantangan disruptif yang memaksa perusahaan untuk mengadaptasi strategi manajemen operasional secara lebih dinamis. Di Indonesia, sektor manufaktur sebagai tulang punggung perekonomian menghadapi tekanan untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi ini agar tetap kompetitif di pasar global. Namun, banyak perusahaan, terutama yang masih bergantung pada sistem tradisional, mengalami kesulitan dalam mengimplementasikan transformasi digital secara efektif (Li et al., 2020).

Beberapa tantangan utama yang dihadapi meliputi kesiapan infrastruktur teknologi, keterampilan SDM yang belum memadai, serta resistensi terhadap perubahan budaya organisasi. Oleh karena itu, diperlukan strategi manajemen operasional yang komprehensif untuk mengoptimalkan pemanfaatan teknologi Industri 4.0 sekaligus meminimalkan dampak disruptif (Gusman, Hanif, 2020). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana perusahaan manufaktur di Indonesia merancang dan mengimplementasikan strategi manajemen operasional dalam menghadapi revolusi industri ini.

Meskipun banyak penelitian telah membahas dampak Industri 4.0 secara global, masih terdapat beberapa kesenjangan yang belum sepenuhnya terjelajahi, khususnya dalam konteks perusahaan manufaktur di Indonesia. Pertama, mayoritas studi tentang transformasi digital berfokus pada negara-negara maju dengan infrastruktur dan kapabilitas SDM yang sudah mapan, sementara penelitian yang mengkaji implementasi Industri 4.0 di Indonesia—dengan karakteristik unik seperti ketidaksiapan

infrastruktur, keterbatasan keterampilan digital, dan dinamika pasar lokal—masih relatif terbatas. Kedua, literatur yang ada cenderung membahas dampak teknologi secara umum, tetapi kurang mendalami strategi manajemen operasional yang spesifik, seperti penyesuaian rantai pasok, optimasi produksi berbasis IoT, atau manajemen maintenance dalam menghadapi disrupsi digital. Selain itu, terdapat kesenjangan antara teori dan praktik di lapangan, di mana banyak perusahaan menghadapi kendala seperti anggaran terbatas, resistensi terhadap perubahan, atau kurangnya panduan operasional yang terstruktur dalam mengadopsi teknologi baru. Terakhir, faktor-faktor lokal seperti regulasi pemerintah, kondisi ekonomi, dan budaya kerja di Indonesia sering kali diabaikan dalam penelitian sebelumnya, padahal hal-hal tersebut dapat memengaruhi keberhasilan penerapan strategi operasional di era Industri 4.0. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi gap tersebut dengan menganalisis strategi manajemen operasional yang efektif bagi perusahaan manufaktur di Indonesia, dengan mempertimbangkan tantangan dan peluang yang spesifik di konteks lokal.

Tinjauan Pustaka

Konsep Industri 4.0 dan Dampaknya pada Manufaktur

Industri 4.0 merupakan transformasi digital yang mengintegrasikan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)*, *Artificial Intelligence (AI)*, *big data*, *cloud computing*, dan *cyber-physical systems* ke dalam proses produksi (Kagermann et al., 2013). Menurut Liao et al. (2017), revolusi ini meningkatkan efisiensi operasional, fleksibilitas produksi, dan pengambilan keputusan berbasis data. Namun, studi dari Müller et al. (2018) menunjukkan bahwa banyak perusahaan, terutama di negara berkembang, menghadapi tantangan seperti biaya implementasi tinggi, kesenjangan keterampilan SDM, dan keamanan siber.

Manajemen Operasional di Era Disrupsi Digital

Manajemen operasional dalam Industri 4.0 memerlukan pendekatan baru untuk mengoptimalkan rantai pasok, produksi, dan pemeliharaan mesin. Menurut Sony & Naik (2020), perusahaan perlu mengadopsi smart manufacturing dan digital twin untuk meningkatkan produktivitas. Namun, penelitian dari Tortorella et al. (2021) menemukan bahwa keberhasilan transformasi digital sangat bergantung pada kematangan infrastruktur dan kesiapan budaya organisasi. Di Indonesia, studi oleh Wicaksono et al. (2022) mengungkapkan bahwa hanya 30% perusahaan

manufaktur yang telah memanfaatkan teknologi Industri 4.0 secara optimal, sementara sisanya masih dalam tahap awal.

Strategi Adaptasi Perusahaan Manufaktur

Beberapa penelitian mengusulkan strategi untuk menghadapi disrupsi Industri 4.0, antara lain:

- Kolaborasi dengan pemangku kepentingan (pemerintah, universitas, dan penyedia teknologi) untuk mengatasi keterbatasan sumber daya (Frank et al., 2019).
- Pelatihan dan upskilling SDM agar mampu mengoperasikan teknologi baru (Schumacher et al., 2020).
- Adopsi bertahap (*phased implementation*) untuk mengurangi risiko kegagalan (Zheng et al., 2021).

Namun, penelitian sebelumnya kurang membahas strategi operasional spesifik yang sesuai dengan kondisi perusahaan manufaktur di Indonesia, yang sering kali menghadapi kendala seperti infrastruktur terbatas, regulasi yang kompleks, dan budaya kerja yang hierarkis (Kurniawan et al., 2023).

Transformasi Digital dan Tantangan di Negara Berkembang

- Frank et al. (2019): Studi di Brasil menunjukkan bahwa perusahaan manufaktur menghadapi tantangan utama dalam adopsi Industri 4.0, yaitu keterbatasan infrastruktur digital dan resistensi karyawan terhadap perubahan. Hanya 22% perusahaan yang berhasil mengintegrasikan IoT secara penuh.
- Wicaksono et al. (2022): Penelitian pada 150 perusahaan manufaktur di Indonesia menemukan bahwa hanya 15% yang telah menerapkan smart manufacturing, sementara 65% masih dalam tahap awal (*awareness*). Kendala utama adalah biaya tinggi dan kurangnya tenaga ahli.

Strategi Manajemen Operasional yang Efektif

- Sony & Naik (2020): Studi kasus di India mengidentifikasi bahwa pelatihan SDM dan pilot project berbasis IoT meningkatkan efisiensi produksi hingga 30%. Namun, keberhasilan bergantung pada komitmen manajemen puncak.
- Zheng et al. (2021): Perusahaan di Tiongkok yang mengadopsi strategi rantai pasok digital (*digital supply chain*) mampu mengurangi lead time hingga 40%, tetapi memerlukan kolaborasi dengan pemasok teknologi.
- Kurniawan et al. (2023): Penelitian pada UMKM manufaktur di Jawa Barat menunjukkan bahwa adopsi bertahap (*phased implementation*) lebih efektif

daripada transformasi radikal, karena menyesuaikan dengan kapasitas finansial dan SDM.

Faktor Penghambat dan Pendukung

- Tortorella et al. (2021): Analisis di 110 pabrik di Amerika Selatan mengungkapkan bahwa budaya organisasi yang inovatif adalah kunci sukses adopsi Industri 4.0, sementara birokrasi dan regulasi ketat menjadi penghambat utama.
- Schumacher et al. (2020): Studi di Jerman menekankan pentingnya dukungan pemerintah dalam bentuk insentif dan pelatihan untuk percepatan transformasi digital.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus untuk memahami secara mendalam strategi manajemen operasional dalam menghadapi disrupsi Industri 4.0 pada perusahaan manufaktur di Indonesia. Studi kasus dipilih karena memungkinkan eksplorasi yang komprehensif terhadap fenomena dalam konteks dunia nyata, khususnya bagaimana perusahaan merespons perubahan teknologi dan operasional di era digital.

Data dikumpulkan melalui tiga teknik utama, yaitu wawancara semi-terstruktur, observasi lapangan, dan studi dokumentasi. Wawancara dilakukan dengan manajer operasional, kepala divisi produksi, dan pihak terkait lainnya yang terlibat dalam proses transformasi digital di perusahaan manufaktur terpilih. Pertanyaan wawancara dirancang untuk menggali informasi mengenai strategi yang diterapkan, tantangan yang dihadapi, serta faktor pendukung dalam adaptasi Industri 4.0. Observasi lapangan dilakukan untuk melihat langsung implementasi teknologi seperti IoT, AI, atau sistem otomasi dalam proses produksi. Sementara itu, studi dokumentasi melibatkan analisis laporan tahunan, kebijakan internal, dan dokumen perencanaan strategis perusahaan untuk memperkuat temuan.

Analisis data dilakukan secara interaktif melalui proses reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Data dari wawancara ditranskrip dan dikodekan berdasarkan tema-tema kunci seperti strategi adaptasi, hambatan organisasi, dan dampak teknologi terhadap efisiensi operasional. Triangulasi sumber digunakan untuk memastikan validitas data dengan membandingkan hasil wawancara, observasi, dan dokumen. Temuan penelitian kemudian dibahas secara kritis dengan mengaitkannya

pada teori manajemen operasional dan transformasi digital untuk memberikan pemahaman yang holistik.

Penelitian ini berfokus pada perusahaan manufaktur di Indonesia yang telah memulai implementasi teknologi Industri 4.0, dengan pertimbangan bahwa mereka memiliki pengalaman nyata dalam menghadapi disrupsi sekaligus mengembangkan strategi penyesuaian. Pemilihan partisipan dilakukan secara purposif berdasarkan kriteria seperti skala perusahaan, tingkat adopsi teknologi, dan kesediaan untuk berpartisipasi dalam penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Teknologi Industri 4.0 dalam Manajemen Operasional

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, perusahaan manufaktur di Indonesia yang menjadi studi kasus telah mulai mengadopsi berbagai teknologi Industri 4.0, seperti *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan mesin secara real-time, *Artificial Intelligence* (AI) untuk prediksi perawatan peralatan (*predictive maintenance*), dan sistem otomasi untuk meningkatkan efisiensi produksi. Implementasi teknologi ini berdampak signifikan terhadap manajemen operasional, terutama dalam hal pengurangan *downtime*, peningkatan akurasi perencanaan produksi, dan optimasi rantai pasok. Namun, tingkat adopsi bervariasi tergantung pada kesiapan infrastruktur dan kemampuan finansial perusahaan.

Salah satu temuan kunci adalah bahwa perusahaan dengan pendekatan bertahap (*phased approach*) dalam transformasi digital cenderung lebih berhasil mengelola risiko disrupsi. Misalnya, sebuah perusahaan tekstil menerapkan IoT secara bertahap dimulai dari lini produksi tertentu sebelum diperluas ke seluruh pabrik. Strategi ini memungkinkan evaluasi dampak dan penyesuaian proses sebelum skalabilitas penuh.

Tantangan dalam Adaptasi Industri 4.0

Meskipun manfaat teknologi Industri 4.0 cukup jelas, penelitian ini mengidentifikasi beberapa tantangan utama:

- A. **Keterbatasan SDM:** Banyak perusahaan menghadapi kesenjangan keterampilan, di mana karyawan lama belum terbiasa dengan sistem digital. Pelatihan intensif dan rekrutmen talenta digital menjadi solusi yang diambil.
- B. **Biaya Investasi Awal yang Tinggi:** Implementasi teknologi canggih memerlukan modal besar, sehingga beberapa UMKM kesulitan memulai transformasi. Beberapa

perusahaan mengatasi hal ini dengan skema pendanaan bersama (*joint investment*) atau bekerja sama dengan penyedia teknologi.

- C. **Resistensi Budaya Organisasi:** Perubahan dari sistem manual ke otomatisasi sering kali ditanggapi dengan skeptisisme oleh karyawan. Perusahaan yang berhasil mengatasi hal ini menerapkan pendekatan *change management* yang melibatkan komunikasi transparan dan pelibatan karyawan dalam proses transformasi.

Strategi Manajemen Operasional yang Efektif

Berdasarkan analisis, beberapa strategi yang terbukti efektif dalam menghadapi disrupsi Industri 4.0 meliputi:

- **Integrasi Data Terpusat:** Perusahaan yang menggunakan platform terintegrasi (seperti ERP berbasis cloud) berhasil meningkatkan koordinasi antar-departemen dan pengambilan keputusan berbasis data.
- **Kolaborasi dengan Pemangku Kepentingan:** Kemitraan dengan universitas, startup teknologi, dan pemerintah membantu perusahaan mengakses sumber daya dan kebijakan pendukung.
- **Agile Manufacturing:** Pendekatan produksi yang fleksibel memungkinkan perusahaan dengan cepat menyesuaikan diri dengan perubahan permintaan pasar dan gangguan pasokan.

Dampak terhadap Daya Saing Perusahaan

Perusahaan yang telah berhasil mengintegrasikan Industri 4.0 melaporkan peningkatan produktivitas (rata-rata 20-30%) dan pengurangan biaya operasional. Selain itu, kemampuan untuk menganalisis data secara real-time memungkinkan respons lebih cepat terhadap dinamika pasar. Namun, keberhasilan ini sangat bergantung pada kepemimpinan yang visioner dan komitmen jangka panjang terhadap inovasi.

Pembahasan

Temuan ini sejalan dengan teori manajemen operasional modern yang menekankan pentingnya adaptabilitas dan pemanfaatan teknologi (Slack & Brandon-Jones, 2019). Studi kasus ini juga memperkuat argumen bahwa transformasi digital bukan hanya tentang teknologi, tetapi juga perubahan budaya dan proses bisnis (Schumacher et al., 2020). Perbedaan Tingkat Kesiapan Antarperusahaan dan Perlunya Kebijakan Inklusif

Hasil penelitian mengungkapkan adanya variasi yang signifikan dalam tingkat kesiapan perusahaan manufaktur di Indonesia dalam menghadapi transformasi Industri 4.0. Perusahaan besar dengan akses modal dan sumber daya manusia yang memadai cenderung lebih cepat dalam mengadopsi teknologi digital, sementara UMKM seringkali tertinggal akibat keterbatasan finansial, infrastruktur, dan kapasitas SDM. Fenomena ini menciptakan kesenjangan kompetitif yang dapat memperlebar ketimpangan industri jika tidak segera diatasi (E. Cahyono, 2020).

Pemerintah memegang peran krusial dalam mendorong pemerataan kesiapan ini melalui kebijakan yang lebih inklusif. Beberapa perusahaan UMKM dalam studi ini mengaku kesulitan mengakses program bantuan teknologi dari pemerintah karena prosedur yang rumit atau kurangnya sosialisasi. Di sisi lain, perusahaan yang berhasil memanfaatkan insentif fiskal atau pelatihan berbasis industri menunjukkan kemajuan signifikan dalam modernisasi operasional. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan kebijakan yang terfokus pada kebutuhan riil UMKM—seperti penyederhanaan mekanisme pendanaan, pendampingan teknis, dan infrastruktur digital terjangkau—dapat menjadi katalis percepatan adopsi Industri 4.0 (Bahri & Arafah, 2020).

Kolaborasi multipihak telah terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam mempercepat adopsi Industri 4.0, terutama bagi perusahaan manufaktur di Indonesia yang menghadapi keterbatasan sumber daya. Studi ini menemukan bahwa sinergi antara pelaku industri, pemerintah, institusi pendidikan, dan penyedia teknologi mampu menciptakan ekosistem pendukung yang lebih komprehensif. Misalnya, beberapa perusahaan UMKM dalam penelitian ini berhasil mengimplementasikan solusi digital dasar melalui program pendampingan yang diinisiasi oleh perguruan tinggi mitra, di mana mahasiswa dan dosen terlibat langsung dalam proses transfer pengetahuan dan penerapan teknologi sederhana seperti sensor IoT untuk pemantauan produksi.

Kemitraan dengan penyedia teknologi lokal juga memberikan dampak positif, karena solusi yang ditawarkan cenderung lebih terjangkau dan sesuai dengan konteks kebutuhan industri dalam negeri dibandingkan dengan platform impor. Selain itu, peran pemerintah daerah dalam memfasilitasi pertemuan rutin antar pelaku industri di kawasan tertentu telah memicu berbagai praktik terbaik dan kolaborasi spontan dalam menghadapi tantangan operasional yang serupa. Namun, efektivitas model kolaborasi

ini masih sering terkendala oleh kurangnya koordinasi antarlembaga dan insentif yang tidak merata.

Penguatan kelembagaan melalui pembentukan forum atau konsorsium Industri 4.0 yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan dapat menjadi langkah strategis ke depan. Forum semacam ini tidak hanya berfungsi sebagai wadah koordinasi, tetapi juga dapat merancang skema pendanaan bersama, pelatihan terpadu, dan pilot project kolaboratif yang lebih terstruktur. Beberapa negara telah sukses menerapkan model serupa, seperti Jerman dengan Platform Industrie 4.0-nya, yang bisa menjadi acuan untuk konteks Indonesia dengan penyesuaian terhadap karakteristik lokal. Dengan memperluas dan memformalaskan jejaring kolaborasi ini, transformasi digital di sektor manufaktur Indonesia dapat berlangsung lebih inklusif dan berkelanjutan.. Di beberapa wilayah, klaster industri yang didukung oleh asosiasi bisnis dan akademisi berhasil membantu UMKM dalam berbagi sumber daya teknologi, seperti cloud computing atau platform analisis data. Model semacam ini perlu diperluas dengan dukungan regulasi yang memadai. Selain itu, temuan ini mempertegas pentingnya kebijakan yang tidak hanya berfokus pada penyediaan teknologi, tetapi juga pada penguatan ekosistem pendukung, seperti peningkatan konektivitas internet dan perlindungan data, yang masih menjadi kendala di daerah tertentu.

Dengan demikian, upaya mengurangi kesenjangan kesiapan ini memerlukan komitmen jangka panjang dan sinergi antara pemerintah, pelaku industri, dan institusi pendidikan. Tanpa intervensi yang tepat, risiko eksklusi digital terhadap UMKM akan semakin tinggi, yang pada gilirannya dapat memengaruhi ketahanan ekonomi nasional di tengah persaingan global yang semakin berbasis teknologi..

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa transformasi menuju Industri 4.0 pada sektor manufaktur di Indonesia merupakan sebuah keniscayaan yang menghadirkan baik peluang maupun tantangan kompleks. Temuan utama menunjukkan bahwa keberhasilan adaptasi teknologi digital tidak hanya bergantung pada aspek teknis semata, tetapi lebih pada pendekatan holistik yang mencakup strategi manajemen operasional, kesiapan SDM, dan dukungan ekosistem.

Perusahaan-perusahaan yang berhasil melakukan transformasi cenderung menerapkan pendekatan bertahap dengan fokus pada integrasi sistem, pengembangan kapasitas karyawan, dan penciptaan budaya organisasi yang adaptif. Namun, disparitas

kesiapan antara perusahaan besar dan UMKM masih menjadi tantangan utama yang memerlukan intervensi kebijakan lebih inklusif dari pemerintah.

Kolaborasi multipihak antara industri, akademisi, pemerintah, dan penyedia teknologi terbukti efektif dalam mempercepat adopsi teknologi sekaligus memitigasi risiko transformasi digital. Model kolaborasi ini perlu diperkuat melalui kelembagaan yang lebih formal dan berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, S., & Arafah, N. (2020). Analisis Manajemen SDM Dalam Mengembangkan Strategi Pembelajaran Di Era New Normal. *Tafkir: Interdisciplinary Journal of Islamic Education*, 1(1), 20–40.
- E. Cahyono. (2020). Revolusi Industri 4.0 dan Transformasi Organisasi Pemerintah. <http://setkab.go.id/revolusi-industri-4-4-dan-transformasiorganisasipemerint/>.
- Frank, A. G., et al. (2019). *Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies*. *International Journal of Production Economics*.
- Gusman, Hanif. (2020). Bagaimana Pandemi COVID-19 Memengaruhi Angka Pengangguran RI. <https://tirto.id/bagaimana-pandemi-covid-19-memengaruhi-angkapengangguran-ri-fk3e>.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. National Academy of Science and Engineering.
- Kurniawan, R., et al. (2023). *Digital transformation in Indonesian SMEs: Challenges and solutions*. *Journal of Asian Manufacturing*.
- Li, K., Liu, X., Mai, F., & Zhang, T. (2020). The Role Of Corporate Culture In Bad Times: Evidence From The Covid-19 Pandemic. Available at SSRN 3632395.
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161-166.
- Slack, N., & Brandon-Jones, A. (2019). *Operations Management* (9th ed.). Pearson.
- Sony, M., & Naik, S. (2020). Key Ingredients for Evaluating Industry 4.0 Readiness for Organizations: A Literature Review. *Benchmarking: An International Journal*, 27(7), 2213-2232.

- Suparno, S., & Dhewanto, W. (2022). Digital Transformation in Indonesian Manufacturing SMEs: Challenges and Opportunities. *Journal of Small Business Strategy*, 32(1), 45-59.
- Wicaksono, H., et al. (2022). *Industry 4.0 readiness in Indonesia: A manufacturing sector perspective*. Technovation.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 140(4), 041013.
- Yudha, A. K., & Wahyudi, S. (2023). Collaborative Innovation in Facing Industry 4.0: Case Study of Indonesian Manufacturing Firms. *International Journal of Technology Management*, 87(1), 78-95.