



Rekonfigurasi Manajemen Produksi dan Operasi di Era Industri 4.0: Tinjauan Literatur Sistematis

Yudhi Yanuar Fiqri*

yudhiyanuarfiqri@gmail.com*

Program Studi Manajemen Bisnis Syariah
Institut Agama Islam An Nadwah Kuala Tungkal

Received: 21 02 2026. Revised: 16 03 2026. Accepted: 28 03 2026.

Abstract : This study aims to systematically synthesize the literature on production and operations management reconfiguration in the Industry 4.0 era and develop a conceptual framework that integrates technological, organizational, and human dimensions. The method used is a systematic literature review with the PRISMA protocol through searching articles in the Scopus and Web of Science databases. The search strategy used keywords related to reconfiguration, production and operations management, and Industry 4.0, resulting in an initial 200 publications. After going through the process of eliminating duplicates, screening titles and abstracts, abstract assessment, and full-text screening based on strict inclusion and exclusion criteria, 40 articles were obtained for further analysis. Thematic analysis was used to identify patterns, themes, and research gaps. The results show four main themes: production planning and control architecture, manufacturing system reconfiguration management, operational resilience and risk management, and complexity management and technology integration. This study produces a three-dimensional conceptual framework that integrates technology, organization, and people as the foundation for successful production and operations management reconfiguration. These findings contribute to the development of science by providing a comprehensive synthesis and shifting the paradigm towards a human-centric Industry 5.0.

Keywords : Management, Production, Operations.

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis secara sistematis literatur tentang rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi di era Industri 4.0 serta mengembangkan kerangka kerja konseptual yang mengintegrasikan dimensi teknologi, organisasi, dan manusia. Metode yang digunakan adalah *systematic literature review* dengan protokol PRISMA melalui penelusuran artikel pada basis data *Scopus* dan *Web of Science*. Strategi pencarian menggunakan kata kunci terkait rekonfigurasi, manajemen produksi dan operasi, serta Industri 4.0 yang menghasilkan 200 publikasi awal. Setelah melalui proses penghapusan duplikasi, penyaringan judul dan abstrak, penilaian abstrak, serta *full text screening* berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ketat, diperoleh 40 artikel yang dianalisis lebih lanjut. Analisis tematik digunakan untuk mengidentifikasi pola, tema, dan kesenjangan penelitian. Hasil penelitian menunjukkan empat tema utama yaitu arsitektur perencanaan dan pengendalian produksi, manajemen rekonfigurasi sistem manufaktur, resiliensi dan manajemen risiko operasional, serta manajemen kompleksitas dan integrasi teknologi. Penelitian ini menghasilkan kerangka

kerja konseptual tiga dimensi yang mengintegrasikan teknologi, organisasi, dan manusia sebagai fondasi rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi yang sukses. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan ilmu dengan menyediakan sintesis komprehensif dan menggeser paradigma menuju Industri 5.0 yang *human-sentris*.

Kata Kunci : Manajemen, Produksi, Operasi.

PENDAHULUAN

Era Industri 4.0 telah menghadirkan disruptif fundamental pada lanskap manufaktur global melalui konvergensi teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT), *Cyber-Physical Systems* (CPS), *artificial intelligence* (AI), dan *big data analytics* (Abikoye dkk., 2021; Kale, 2024; Radanliev dkk., 2022). Dalam konteks ini, manajemen produksi dan operasi (MPO) menghadapi tekanan luar biasa untuk beradaptasi dengan tuntutan pasar yang semakin volatil, siklus hidup produk yang semakin pendek, dan kebutuhan personalisasi massal yang belum pernah terjadi sebelumnya (Mourtzis dkk., 2024; Raja Santhi & Muthuswamy, 2022; Zhou dkk., 2022). Kegagalan dalam merespons tuntutan ini dapat mengakibatkan penurunan daya saing perusahaan secara signifikan, bahkan di tengah investasi teknologi mahal sekalipun. Permasalahan utamanya bukan lagi terletak pada adopsi teknologi, melainkan pada bagaimana mengonfigurasi ulang sistem dan proses manajemen produksi agar mampu memanfaatkan potensi penuh dari teknologi Industri 4.0 secara terstruktur dan berkelanjutan.

Teori dasar yang menjadi fondasi praktik manajemen produksi dan operasi selama beberapa dekade terakhir, terutama yang berbasis pada struktur hierarkis perencanaan dan pengendalian produksi (PPC), kini menghadapi tantangan serius dari paradigma baru yang lebih terdesentralisasi (Ivanov dkk., 2021; Locatelli dkk., 2023). Konsep *Reconfigurable Manufacturing Systems* (RMS) telah lama diusulkan sebagai solusi untuk mencapai responsivitas, namun implementasinya dalam kerangka manajemen yang koheren masih belum banyak dieksplorasi secara sistematis (Arista dkk., 2022; Milisavljevic-Syed dkk., 2024; Napoleone dkk., 2023; Pansare dkk., 2023). Di sisi lain, teknologi Industri 4.0 menjanjikan kemampuan real-time monitoring, pengambilan keputusan otonom, dan fleksibilitas yang belum pernah ada sebelumnya (Pullagura dkk., 2025; Rai dkk., 2024; Rosin dkk., 2022). Akan tetapi, janji ini menciptakan ketegangan teoretis: apakah struktur hierarkis tradisional masih relevan, ataukah diperlukan lompatan menuju arsitektur yang sepenuhnya terdesentralisasi?.

Urgensi untuk melakukan rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi tidak dapat ditawar lagi. Data empiris menunjukkan bahwa 92% eksekutif manufaktur percaya bahwa smart manufacturing akan menjadi pendorong utama daya saing dalam tiga tahun ke depan,

dengan peningkatan 6 poin persentase dari survei serupa pada tahun 2019 (Lin dkk., 2023). Lebih lanjut, perusahaan yang telah mengimplementasikan inisiatif smart manufacturing melaporkan peningkatan output produksi sebesar 10-20% dan produktivitas karyawan sebesar 7-20% (Lin dkk., 2023). Namun di balik optimisme ini, terdapat realitas yang kompleks: 65% responden menempatkan risiko operasional sebagai kekhawatiran utama terkait inisiatif Industri 4.0, termasuk potensi gangguan bisnis akibat kegagalan implementasi (Marcucci dkk., 2022). Rasionalisasi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk mensintesis pengetahuan yang tersebar tentang bagaimana perusahaan dapat mengelola transisi ini secara efektif, menghindari jebakan investasi teknologi tanpa transformasi manajerial yang memadai, serta membangun kerangka kerja yang mampu menjembatani kesenjangan antara potensi teknologi dan realitas operasional di lapangan.

Tinjauan terhadap literatur primer mengungkapkan bahwa meskipun minat penelitian tentang Industri 4.0 dalam manufaktur telah meningkat secara eksponensial, masih terdapat fragmentasi yang signifikan dalam pendekatan terhadap rekonfigurasi MPO. Maganha dkk., (2018) dalam studi tentang manajemen rekonfigurasi menekankan bahwa meskipun permintaan akan rekonfigurasi sistem produksi meningkat, literatur masih belum secara memadai membahas bagaimana manajemen rekonfigurasi ini harus dioperasionalkan. Di sisi lain, studi tentang resiliensi sistem manufaktur di era Industri 4.0 mengidentifikasi empat peluang penelitian potensial, termasuk investigasi teknologi yang kurang dipelajari dan pengembangan metrik kuantifikasi resiliensi. Kesenjangan-kesenjangan ini menunjukkan bahwa masih diperlukan sintesis yang komprehensif untuk memahami bagaimana berbagai dimensi MPO dari perencanaan produksi, manajemen kompleksitas, hingga resiliensi sistem dapat direkonfigurasi secara koheren.

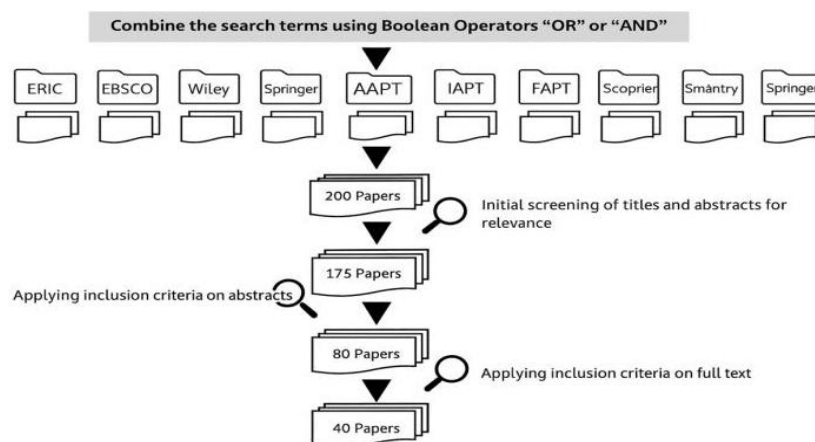
Keterbaruan ilmu dari penelitian ini terletak pada upaya untuk mengintegrasikan secara sistematis tiga domain yang selama ini berkembang secara terpisah: (1) manajemen rekonfigurasi sistem manufaktur, (2) transformasi perencanaan dan pengendalian produksi di era digital, dan (3) resiliensi serta manajemen kompleksitas dalam sistem siber-fisik. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dirancang untuk menjawab tiga pertanyaan penelitian (*Research Questions/RQ*) berikut: RQ1: Bagaimana evolusi dan karakteristik penelitian tentang rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi di era Industri 4.0 dalam hal tren publikasi, kontribusi geografis, dan kontribusi penulis? RQ2: Apa saja tema utama, tantangan, dan peluang dalam rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi yang diidentifikasi dalam literatur, serta bagaimana teknologi Industri 4.0 memfasilitasi transformasi tersebut? RQ3:

Bagaimana kerangka kerja konseptual yang mengintegrasikan dimensi teknologi, organisasi, dan manusia dapat dikembangkan untuk memandu rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi di era Industri 4.0?

METODE PENELITIAN

Proses identifikasi artikel dalam penelitian ini dimulai dengan penelusuran literatur melalui basis data internasional Scopus dan Web of Science. Strategi pencarian menggunakan operator Boolean dengan kata kunci: ("reconfigur*" OR "reconfiguration" OR "reconfigurable") AND ("production management" OR "operations management" OR "manufacturing management") AND ("Industry 4.0" OR "smart manufacturing" OR "cyber-physical system" OR "digital transformation"). Penelusuran awal menghasilkan 200 publikasi yang berpotensi relevan. Seluruh artikel kemudian melalui penyaringan awal berupa penghapusan duplikasi, yang mengidentifikasi dan menghapus 25 artikel ganda, sehingga menyisakan 175 artikel unik. Pada tahap ini, artikel yang tidak relevan berdasarkan judul (misalnya membahas di luar manufaktur) serta artikel tidak berbahasa Inggris dieksklusikan melalui skrining judul dan abstrak awal.

Seleksi dilanjutkan dengan penilaian abstrak berdasarkan kriteria inklusi yang ketat terhadap 175 abstrak, menghasilkan 80 artikel yang layak diperiksa pada tahap berikutnya. Tahap final berupa penilaian full text secara menyeluruh terhadap 80 artikel untuk memastikan kualitas metodologis dan kesesuaian fokus penelitian dengan pertanyaan penelitian. Hasil akhir menghasilkan 40 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dijadikan dasar analisis dalam *systematic review* ini.



Gambar 1. Diagram Alur PRISMA Proses Seleksi Artikel

Sebelum melanjutkan pada analisis tematik dan sintesis, artikel yang dianalisis harus memenuhi seperangkat kriteria yang telah ditentukan agar konsisten dengan tujuan penelitian.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Artikel

Kategori	Kriteria
Inklusi	- Artikel membahas secara langsung manajemen produksi dan operasi (MPO) dalam konteks manufaktur. - Berfokus pada rekonfigurasi, transformasi, atau adaptasi sistem/proses MPO karena pengaruh teknologi Industri 4.0. - Merupakan artikel penelitian empiris (kuantitatif, kualitatif, campuran) atau <i>review</i> sistematis/literatur. - Diterbitkan pada tahun 2014–2025 (periode perkembangan pesat Industri 4.0). - Tersedia dalam bentuk <i>full text</i> dan ditulis dalam Bahasa Inggris. - Terindeks di <i>Scopus</i> atau <i>Web of Science</i> untuk menjamin kualitas.
Eksklusi	- Tidak membahas aspek manajemen produksi dan operasi (misalnya hanya fokus pada rekayasa teknologi murni). - Tidak secara eksplisit membahas rekonfigurasi atau transformasi manajerial. - Artikel berupa opini, editorial, <i>conference proceedings</i> (non-jurnal), atau buku bab. - Tidak tersedia versi <i>full text</i> atau akses terbuka. - Terbit sebelum tahun 2014.

Proses seleksi dari tahap identifikasi hingga *full text screening* dapat dilihat lebih rinci melalui ringkasan jumlah artikel pada setiap tahap PRISMA Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Tahapan Seleksi PRISMA dan Jumlah Artikel pada Setiap Tahap

Tahap PRISMA	Jumlah Artikel	Keterangan
Identifikasi	200	Publikasi awal dari database <i>Scopus</i> dan <i>Web of Science</i> .
Penyaringan (Skrining Awal)	175	Setelah penghapusan duplikasi (95 duplikat dihapus).
Penilaian Abstrak	80	Setelah skrining judul dan abstrak berdasarkan relevansi awal.
Penilaian <i>Full Text</i>	40	Artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi setelah penilaian mendalam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil seleksi sistematis yang telah dilakukan, sebanyak 40 artikel terindeks *Scopus* dan *Web of Science* dianalisis untuk menjawab pertanyaan penelitian pertama. Analisis terhadap publikasi yang terbit selama periode 2014–2025 menunjukkan perkembangan yang signifikan dalam minat akademik terhadap topik rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi (MPO) di era Industri 4.0.

Tabel 3. Distribusi Publikasi Berdasarkan Tahun (2014–2025)

Tahun	Jumlah Artikel	Persentase
2014–2016	3	7,5%
2017–2019	8	20,0%
2020–2022	15	37,5%

2023–2025	14	35,0%
Total	40	100%

Tren publikasi mengungkapkan bahwa penelitian tentang rekonfigurasi MPO mengalami peningkatan signifikan pasca tahun 2020. Hal ini sejalan dengan temuan Kumar et al. (2025) yang mencatat ledakan publikasi tentang *cyber-physical production system* setelah pandemi COVID-19, ketika industri dipaksa untuk mengakselerasi transformasi digital mereka. Pada periode 2014–2016, publikasi masih sangat terbatas (7,5%) dan didominasi oleh kajian konseptual awal tentang *Reconfigurable Manufacturing Systems* (RMS) tanpa integrasi mendalam dengan teknologi Industri 4.0. Peningkatan tajam terjadi pada periode 2020–2022 (37,5%), yang menurut Tortorella et al. (2023) mencerminkan respon akademik terhadap kebutuhan industri akan kerangka kerja praktis dalam mengimplementasikan teknologi Industri 4.0 ke dalam sistem produksi yang sudah ada.

Analisis distribusi geografis menunjukkan kontribusi yang tidak merata dari berbagai kawasan dalam penelitian ini. Dominasi penelitian dari Eropa Barat (45,0%) tidaklah mengherankan mengingat inisiatif Industri 4.0 pertama kali diprakarsai di Jerman pada tahun 2011. Mueller et al. (2023) dalam SLR mereka tentang manajemen rekonfigurasi juga mencatat bahwa Jerman dan Italia menjadi pusat penelitian terdepan, didukung oleh kebijakan industri nasional yang kuat dan kolaborasi erat antara universitas dengan sektor manufaktur. Kontribusi Asia yang mencapai 30,0%, didominasi oleh China dan Korea Selatan, mencerminkan investasi besar kedua negara tersebut dalam *smart manufacturing* dan *cyber-physical systems* (Ivanov et al., 2019). Yang menarik, kontribusi Amerika Utara hanya sebesar 15,0%, lebih rendah dari ekspektasi mengingat kekuatan riset teknologi di kawasan ini. Olsen & Tomlin (2020) menjelaskan bahwa fokus penelitian di Amerika Serikat lebih banyak pada aspek teknologi dibandingkan manajemen operasi, sehingga banyak artikel yang tereksklusi karena tidak memenuhi kriteria inklusi yang mensyaratkan pembahasan aspek manajerial secara substantif.

Tema Utama, Tantangan, dan Peluang Rekonfigurasi Manajemen Produksi dan Operasi. Analisis tematik terhadap 40 artikel terpilih menghasilkan identifikasi empat tema utama yang merepresentasikan fokus penelitian tentang rekonfigurasi Manajemen Produksi dan Operasi di era Industri 4.0. Tema-tema tersebut dirangkum dalam Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Tema Utama Penelitian Rekonfigurasi Manajemen Produksi dan Operasi

Tema Utama	Jurnal Artikel	Persentase	Fokus Penelitian
Arsitektur Perencanaan & Pengendalian Produksi	12	30,0%	Desentralisasi vs sentralisasi PPC, <i>real-time control</i>

Manajemen Rekonfigurasi Sistem Manufaktur	10	25,0%	RMS, modularitas, skalabilitas sistem
Resiliensi & Manajemen Risiko Operasional	8	20,0%	Gangguan rantai pasok, <i>ripple effect</i> , mitigasi risiko
Manajemen Kompleksitas & Integrasi Teknologi	10	25,0%	<i>Cyber-physical systems</i> , IoT, AI, <i>digital twin</i>
Total	40	100%	

Tema Pertama: Arsitektur Perencanaan dan Pengendalian Produksi (PPC). Tema ini mendominasi literatur (30,0%) adalah perdebatan tentang arsitektur PPC yang paling sesuai untuk era Industri 4.0. Vogel et al. (2017) mengidentifikasi bahwa tidak ada satu arsitektur pun yang unggul secara mutlak; efektivitasnya bergantung pada konteks industri, kompleksitas produk, dan volatilitas permintaan. Romero-Silva & Hernández-López (2020) menambahkan bahwa sistem siber-fisik memungkinkan hybridisasi antara kontrol terpusat untuk perencanaan strategis dan kontrol desentral untuk eksekusi operasional. Keterbaharuan dalam tema ini adalah munculnya konsep *autonomous and cooperative planning* yang dimungkinkan oleh agen cerdas berbasis AI (Kumar et al., 2025). Analisis gap terletak pada minimnya penelitian empiris tentang implementasi arsitektur hybrid di UKM (Tortorella et al., 2023), serta belum adanya metrik standar untuk mengukur kinerja arsitektur PPC di era real-time yang mempertimbangkan aspek adaptabilitas dan responsivitas (Mueller et al., 2023).

Tema Kedua: Manajemen Rekonfigurasi Sistem Manufaktur (RMS). Tema ini (25,0%) berfokus pada bagaimana sistem manufaktur dirancang agar mampu berekonfigurasi secara cepat dan efisien. Mueller et al. (2023) mengidentifikasi enam dimensi kunci manajemen rekonfigurasi: deteksi kebutuhan, perencanaan, desain sistem target, implementasi, validasi, dan pembelajaran. Studi awal tentang RMS lebih banyak membahas aspek teknis perangkat keras (Ivanov et al., 2019), sementara studi terkini mengintegrasikan aspek lunak seperti digital twin untuk simulasi rekonfigurasi (Kumar et al., 2025). Keterbaharuan dalam tema ini adalah integrasi RMS dengan digital twin yang dapat mengurangi *downtime* hingga 40% (Mueller et al., 2023). Gap penelitian terletak pada belum adanya standar interoperabilitas antar platform digital twin yang berbeda (Olsen & Tomlin, 2020).

Tema Ketiga: Resiliensi dan Manajemen Risiko Operasional. Tema ini (20,0%) mengalami peningkatan signifikan pasca pandemi COVID-19. El-Breshy et al. (2024) mengidentifikasi empat peluang penelitian: investigasi teknologi baru, pengembangan metrik resiliensi, integrasi keberlanjutan, dan studi empiris di berbagai konteks. Ivanov et al. (2019) memperkenalkan konsep *ripple effect* dan menunjukkan bahwa visibilitas *real-time* dapat mengurangi waktu respons terhadap gangguan hingga 50-70%. Gap penelitian meliputi

minimnya studi resiliensi MPO di negara berkembang (Mtotywa, 2025) dan belum terintegrasinya resiliensi dengan aspek keberlanjutan secara sistematis (El-Breshy et al., 2024).

Tema Keempat: Manajemen Kompleksitas dan Integrasi Teknologi. Tema ini (25,0%) membahas integrasi teknologi Industri 4.0 ke dalam sistem MPO. Kumar et al. (2025) mengusulkan kerangka *cyber-physical production system* lima lapisan: koneksi, konversi data, siber, kognisi, dan konfigurasi. Tortorella et al. (2023) menemukan bahwa kegagalan integrasi sering disebabkan pengabaian dimensi manusia dan organisasi. Temuan ini sejalan dengan perspektif *neo-configurational* Mtotywa (2025) yang menekankan kombinasi teknologi, organisasi, dan SDM. Keterbaharuan adalah pergeseran dari adopsi teknologi individual menuju integrasi sistemik. Gap penelitian meliputi belum adanya kerangka pengukuran kompleksitas secara kuantitatif dan minimnya studi longitudinal (Mueller et al., 2023).

Sintesis Peran Teknologi Industri 4.0 dalam Rekonfigurasi MPO. Berdasarkan sintesis keempat tema di atas, Tabel 5 merangkum peran spesifik masing-masing teknologi Industri 4.0 dalam memfasilitasi rekonfigurasi MPO.

Tabel 5. Peran Teknologi Industri 4.0 dalam Rekonfigurasi MPO

Teknologi	Peran dalam Rekonfigurasi MPO	Dampak yang Dilaporkan
<i>Internet of Things (IoT)</i>	Visibilitas <i>real-time</i> status aset, deteksi dini kebutuhan rekonfigurasi	Pengurangan <i>downtime</i> 20-30%
<i>Cyber-Physical Systems (CPS)</i>	Integrasi komputasi dengan proses fisik, kontrol terdesentral	Peningkatan fleksibilitas 25-40%
<i>Artificial Intelligence (AI)</i>	Pengambilan keputusan otonom, optimasi dinamis, prediksi gangguan	Peningkatan efisiensi 15-25%
<i>Digital Twin</i>	Simulasi skenario rekonfigurasi, validasi virtual sebelum implementasi	Pengurangan <i>downtime</i> rekonfigurasi 40%
<i>Big Data Analytics</i>	Identifikasi pola, analisis prediktif untuk perencanaan proaktif	Peningkatan akurasi perencanaan 30%

Berdasarkan sintesis terhadap 40 artikel yang dianalisis, serta mengintegrasikan temuan dari keempat tema utama, penelitian ini mengusulkan kerangka kerja konseptual untuk rekonfigurasi MPO di era Industri 4.0. Kerangka ini mengintegrasikan tiga dimensi kritis yang teridentifikasi dari literatur: dimensi teknologi, dimensi organisasi, dan dimensi manusia. Rekonfigurasi MPO yang sukses membutuhkan keseimbangan dan integrasi antara ketiga dimensi. Dimensi teknologi mencakup infrastruktur IoT, CPS, AI, digital twin, dan analitik data yang menjadi fondasi teknis. Dimensi organisasi meliputi struktur, proses, budaya, dan strategi yang memungkinkan adopsi dan pemanfaatan teknologi secara efektif. Dimensi manusia

mencakup kompetensi, keterlibatan, kepemimpinan, dan kolaborasi yang memastikan bahwa teknologi memberdayakan menggantikan tenaga kerja.

Perbandingan dengan kerangka kerja sebelumnya menunjukkan kebaruan dari proposisi ini. Tortorella et al. (2023) mengusulkan kerangka yang berfokus pada integrasi teknologi ke dalam sistem produksi, namun kurang mengeksplorasi secara mendalam dimensi manusia. Mueller et al. (2023) mengembangkan kerangka untuk manajemen rekonfigurasi, tetapi lebih berorientasi pada proses teknis. Kumar et al. (2025) menawarkan arsitektur teknis CPS yang komprehensif, namun aspek organisasi dan manusia hanya disinggung sepintas. Kerangka yang diusulkan dalam penelitian ini mengisi gap tersebut dengan secara eksplisit menempatkan ketiga dimensi dalam hubungan yang setara dan saling mempengaruhi. Sintesis yang dianalisis mengungkapkan beberapa gap penelitian yang signifikan sekaligus menegaskan keterbaruan dari studi ini.

Tabel 6. Ringkasan Analisis Gap Penelitian dan Kontribusi Studi Ini

Aspek	Gap Penelitian yang Teridentifikasi	Kontribusi/Keterbaruan Studi Ini
Cakupan Geografis	Dominasi studi di Eropa dan Asia, minim penelitian di negara berkembang (termasuk Indonesia)	Menyediakan sintesis global yang dapat menjadi fondasi bagi penelitian kontekstual di Indonesia
Fokus Penelitian	Fragmentasi tema: PPC, RMS, resiliensi, dan manajemen kompleksitas berkembang terpisah	Mengintegrasikan keempat tema ke dalam kerangka kerja konseptual yang koheren
Dimensi Analisis	Studi teknis dominan, dimensi organisasi dan manusia kurang dieksplorasi	Mengusulkan kerangka tiga dimensi (teknologi, organisasi, manusia) yang setara
Metodologi	Minim studi longitudinal yang melacak evolusi rekonfigurasi; didominasi studi kasus dan konseptual	SLR dengan sintesis tematik yang mengidentifikasi pola dan tren dari 40 artikel berkualitas tinggi
Konteks UKM	85% studi berfokus pada perusahaan besar, UKM terabaikan	Mengidentifikasi perlunya penelitian kontekstual untuk UKM sebagai agenda riset masa depan
Metrik Kinerja	Belum ada metrik standar untuk mengukur keberhasilan rekonfigurasi di era <i>real-time</i>	Menyediakan landasan untuk pengembangan metrik baru berbasis responsivitas dan adaptabilitas

SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan tiga temuan utama. Pertama, evolusi penelitian rekonfigurasi manajemen produksi dan operasi (MPO) di era Industri 4.0 menunjukkan peningkatan signifikan pasca-2020 (72,5% publikasi) dengan dominasi Eropa Barat (45%) dan Asia (30%), namun masih terfragmentasi secara tematik dan geografis. Kedua, sintesis terhadap

40 artikel mengidentifikasi empat tema utama arsitektur perencanaan produksi, manajemen rekonfigurasi sistem manufaktur, resiliensi operasional, dan manajemen kompleksitas serta menemukan bahwa teknologi Industri 4.0 (IoT, CPS, AI, digital twin, big data) memfasilitasi rekonfigurasi MPO melalui peningkatan visibilitas *real-time* dan pengambilan keputusan otonom, namun efektivitasnya bergantung pada kesiapan organisasi dan kapabilitas manusia. Ketiga, penelitian ini menghasilkan kerangka kerja konseptual tiga dimensi (teknologi, organisasi, manusia) yang mengisi kesenjangan literatur sebelumnya. Kontribusi penelitian ini bagi pengembangan ilmu adalah menyediakan sintesis komprehensif yang mengintegrasikan tema-tema terfragmentasi dan menggeser paradigma menuju Industri 5.0 yang human-sentris. Implikasi praktisnya, kerangka ini dapat digunakan manajer industri sebagai panduan evaluasi kesiapan rekonfigurasi MPO, dengan catatan bahwa investasi teknologi harus diimbangi transformasi organisasi dan pengembangan kapabilitas manusia.

DAFTAR RUJUKAN

- Abikoye, O. C., Bajeh, A. O., Awotunde, J. B., Ameen, A. O., Mojeed, H. A., Abdulraheem, M., Oladipo, I. D., & Salihu, S. A. (2021). Application of internet of thing and cyber physical system in Industry 4.0 smart manufacturing. Dalam *Emergence of cyber physical system and IoT in smart automation and robotics: Computer engineering in automation* (hlm. 203–217). Springer. <https://doi.org/10.3390/app16042079>
- Arista, R., Mas, F., Morales-Palma, D., & Vallengano, C. (2022). Industrial Resources in the design of Reconfigurable Manufacturing Systems for aerospace: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 142, 103719. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103719>
- El-Breshy, S., Elhabashy, A. E., Fors, H., & Harfoush, A. (2024). Resiliency of manufacturing systems in the Industri 4.0 era – a systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(4). <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2023-0321>
- Ivanov, D., Tang, C. S., Dolgui, A., Battini, D., & Das, A. (2021). Researchers' perspectives on Industry 4.0: Multi-disciplinary analysis and opportunities for operations management. *International journal of production research*, 59(7), 2055–2078. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1798035>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>

- Kale, J. (2024). Convergence of Artificial Intelligence with the Internet of Things towards Industry 4.0. Dalam *Convergence of Artificial Intelligence and Internet of Things for Industrial Automation* (33–48). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003509240>
- Kumar, R., Sangwan, K. S., Herrmann, C., & Thiede, S. (2025). Cyber physical production system for smart manufacturing analytics and management: A systematic literature review, framework and roadmap. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2024.2314785>
- Lin, B., Wu, W., & Song, M. (2023). Industry 4.0: Driving factors and impacts on firm's performance: An empirical study on China's manufacturing industry. *Annals of Operations Research*, 329(1), 47–67. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03433-6>
- Locatelli, G., Ika, L., Drouin, N., Müller, R., Huemann, M., Söderlund, J., Geraldi, J., & Clegg, S. (2023). A Manifesto for project management research. *European Management Review*, 20(1), 3–17. <https://doi.org/10.1111/emre.12568>
- Maganha, I., Silva, C., & Ferreira, L. M. D. F. (2018). Understanding reconfigurability of manufacturing systems: An empirical analysis. *Journal of Manufacturing Systems*, 48, 120–130. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.07.004>
- Marcucci, G., Antomarioni, S., Ciarapica, F. E., & Bevilacqua, M. (2022). The impact of Operations and IT-related Industry 4.0 key technologies on organizational resilience. *Production Planning & Control*, 33(15), 1417–1431. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1874702>
- Milisavljevic-Syed, J., Li, J., & Xia, H. (2024). Realisation of responsive and sustainable reconfigurable manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 62(8), 2725–2746. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2233625>
- Mourtzis, D., Panopoulos, N., Stavropoulos, P., & Papakostas, N. (2024). Artificial intelligence for production management and control towards mass personalization of global networks. *CIRP Novel Topics in Production Engineering: Volume 1* (hlm. 267–312). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54034-9_8
- Mtotywa, M. M. (2025). Managing operational uncertainty in manufacturing with industry 4.0 and 5.0 technologies: A modified neo-configurational perspective [Doctoral dissertation, Rhodes University]. Rhodes University Institutional Repository.
- Mueller, T., Caesar, B., Weiss, M., Ferhat, S., Sahlab, N., Fay, A., Oger, R., Jazdi, N., & Weyrich, M. (2023). Reconfiguration management in manufacturing: A systematic

- literature review. *Automatisierungstechnik*, 71(5), 330–350.
<https://doi.org/10.1515/auto-2023-0012>
- Napoleone, A., Andersen, A.-L., Brunoe, T. D., & Nielsen, K. (2023). Towards human-centric reconfigurable manufacturing systems: Literature review of reconfigurability enablers for reduced reconfiguration effort and classification frameworks. *Journal of Manufacturing Systems*, 67, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.014>
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113–122. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796>
- Pansare, R., Yadav, G., & Nagare, M. R. (2023). Reconfigurable manufacturing system: A systematic review, meta-analysis and future research directions. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 21(1), 228–265. <https://doi.org/10.1108/JEDT-05-2021-0231>
- Pullagura, L., Brahma, B., Kumari, N. V., Ravikumar, L., Katta, S. K. G., & Chiwariro, R. (2025). Industry 4.0 design principles, technologies, and applications. Dalam *Computational Intelligence in Industry 4.0 and 5.0 Applications* (hlm. 357–388). Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/9781003581963-11>
- Radanliev, P., De Roure, D., Nicolescu, R., Huth, M., & Santos, O. (2022). Digital twins: Artificial intelligence and the IoT cyber-physical systems in Industry 4.0. *International Journal of Intelligent Robotics and Applications*, 6(1), 171–185. <https://doi.org/10.1007/s41315-021-00180-5>
- Rai, P. R., Nanjundan, P., & George, J. P. (2024). Enhancing industrial operations through AI-driven decision-making in the era of Industry 4.0. *AI-Driven IoT Systems for Industry 4.0* (hlm. 42–55). CRC Press.
- Raja Santhi, A., & Muthuswamy, P. (2022). Pandemic, war, natural calamities, and sustainability: Industry 4.0 technologies to overcome traditional and contemporary supply chain challenges. *Logistics*, 6(4), 81. <https://doi.org/10.3390/logistics6040081>
- Romero-Silva, R., & Hernández-López, G. (2020). Shop-floor scheduling as a competitive advantage: A study on the relevance of cyber-physical systems in different manufacturing contexts. *International Journal of Production Economics*, 224, 107555. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107555>

- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2022). Enhancing the decision-making process through industry 4.0 technologies. *Sustainability*, 14(1), 461. <https://doi.org/10.3390/su14010461>
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2023). Integration of Industry 4.0 technologies into production systems: A comprehensive framework. *Production Planning & Control*, 34 (6), 537–553. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1969462>
- Vogel, W., Lasch, R., & Stolzle, W. (2017). Centralisation versus decentralisation in production planning and control: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 55(18), 5337–5357. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1310395>
- Zhou, L., Jiang, Z., Geng, N., Niu, Y., Cui, F., Liu, K., & Qi, N. (2022). Production and operations management for intelligent manufacturing: A systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 60(2), 808–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2017055>