



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 346-353

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Kesiapan Industri Manufaktur dalam Menghadapi Implementasi Industri 4.0

Supriyono, Dwi Suryanto, Surasa

Departemen, Teknik Industri, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan

dosen01309@unpam.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi digital telah mendorong terjadinya transformasi industri yang dikenal sebagai Industri 4.0, yang ditandai oleh integrasi teknologi cerdas ke dalam sistem produksi dan manajemen. Dalam konteks ini, kesiapan industri manufaktur menjadi faktor kunci dalam menentukan keberhasilan implementasi Industri 4.0 secara efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0 dengan pendekatan multidimensional. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan desain cross-sectional. Data dikumpulkan melalui survei menggunakan kuesioner terstruktur terhadap 60 responden yang berasal dari sektor industri manufaktur dan memiliki keterlibatan langsung dalam aktivitas operasional dan pengambilan keputusan. Instrumen penelitian disusun berdasarkan empat dimensi kesiapan Industri 4.0, yaitu kesiapan teknologi, kesiapan sumber daya manusia, kesiapan organisasi dan manajemen, serta kesiapan proses bisnis. Data dianalisis menggunakan perangkat lunak SPSS melalui uji validitas, uji reliabilitas, dan analisis statistik deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesiapan industri manufaktur secara keseluruhan berada pada kategori sedang. Dimensi kesiapan teknologi memiliki tingkat kesiapan relatif lebih tinggi dibandingkan dimensi lainnya, yang mengindikasikan bahwa investasi teknologi telah mulai dilakukan. Namun demikian, kesiapan sumber daya manusia, organisasi, dan proses bisnis masih menjadi tantangan utama dalam mendukung implementasi Industri 4.0 secara terintegrasi. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan transformasi digital tidak hanya bergantung pada kesiapan teknologi, tetapi juga memerlukan penguatan aspek manusia, organisasi, dan proses bisnis secara holistik. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan strategis bagi industri manufaktur dalam merumuskan kebijakan dan strategi implementasi Industri 4.0 yang berkelanjutan.

Kata kunci: Industri 4.0, Kesiapan Industri, Manufaktur, Transformasi Digital

1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital dalam satu dekade terakhir telah mendorong terjadinya transformasi struktural pada sistem industri global yang dikenal sebagai Industri 4.0. Paradigma ini ditandai oleh integrasi sistem siber-fisik, Internet of Things (IoT), komputasi awan, big data analytics, serta kecerdasan buatan ke dalam proses produksi dan manajemen industri [1], [2]. Pada sektor manufaktur, implementasi Industri 4.0 memungkinkan terjadinya produksi yang lebih fleksibel, adaptif, dan berbasis data secara real-time, sehingga mampu meningkatkan efisiensi operasional dan daya saing industri [3].

Industri manufaktur memiliki kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi dan daya saing nasional, terutama dalam konteks globalisasi dan disrupsi teknologi [4]. Oleh karena itu, kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0 menjadi isu strategis yang menentukan keberhasilan transformasi digital jangka panjang. Kesiapan ini tidak hanya mencakup aspek teknologi, tetapi juga melibatkan kesiapan sumber daya manusia, struktur organisasi, proses bisnis, serta budaya kerja yang mendukung inovasi dan pembelajaran berkelanjutan [5], [6].

Dalam praktiknya, banyak perusahaan manufaktur menghadapi kesenjangan antara potensi teknologi Industri 4.0 dan kemampuan aktual organisasi untuk mengimplementasikannya secara efektif. Studi empiris menunjukkan bahwa investasi teknologi tanpa kesiapan organisasi yang memadai cenderung menghasilkan tingkat pemanfaatan teknologi yang rendah dan kegagalan transformasi digital [7]. Hal ini menegaskan bahwa kesiapan industri merupakan prasyarat utama sebelum implementasi Industri 4.0 dilakukan secara menyeluruh.

Tantangan implementasi Industri 4.0 menjadi semakin kompleks di negara berkembang, termasuk Indonesia, yang masih menghadapi keterbatasan infrastruktur digital, kesenjangan kompetensi tenaga kerja, serta resistensi terhadap perubahan organisasi [8], [9]. Sebagian besar industri manufaktur masih berada pada tahap adopsi teknologi yang bersifat parsial dan belum terintegrasi secara sistemik ke dalam rantai nilai industri. Kondisi ini menyebabkan manfaat Industri 4.0 belum dapat dirasakan secara optimal [10].

Selain itu, karakteristik industri manufaktur yang beragam dari segi skala usaha, jenis produk, dan tingkat kematangan manajerial menyebabkan tingkat kesiapan Industri 4.0 antar perusahaan menjadi sangat bervariasi [11]. Perusahaan besar cenderung lebih siap dalam hal investasi teknologi dan pengembangan kompetensi, sementara usaha kecil dan menengah menghadapi keterbatasan sumber daya yang signifikan. Variasi ini menunjukkan pentingnya pengukuran kesiapan yang kontekstual dan berbasis data empiris.

Pengukuran kesiapan Industri 4.0 berperan sebagai alat diagnostik strategis yang membantu manajemen industri dalam mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan internal sebelum melakukan transformasi digital [12]. Tanpa analisis kesiapan yang sistematis, implementasi Industri 4.0 berisiko tidak selaras dengan kebutuhan organisasi, yang pada akhirnya dapat meningkatkan biaya operasional dan menurunkan kinerja perusahaan [13].

Sejumlah penelitian telah mengembangkan berbagai model kesiapan Industri 4.0, namun sebagian besar masih berfokus pada dimensi teknologi dan kurang memperhatikan integrasi aspek manusia dan organisasi [14]. Selain itu, penelitian yang mengkaji kesiapan Industri 4.0 dalam konteks industri manufaktur di negara berkembang masih relatif terbatas [15]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian empiris yang mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai kesiapan industri manufaktur dengan mempertimbangkan berbagai dimensi utama secara seimbang.

Industri 4.0 didefinisikan sebagai paradigma industri yang mengintegrasikan teknologi digital canggih ke dalam sistem produksi untuk menciptakan manufaktur yang cerdas, terhubung, dan adaptif [1], [3]. Implementasi Industri 4.0 melibatkan teknologi kunci seperti IoT, sistem siber-fisik, kecerdasan buatan, serta analitik data besar yang memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data secara real-time [2].

Kesiapan Industri 4.0 merujuk pada tingkat kemampuan organisasi dalam mengadopsi dan mengimplementasikan prinsip-prinsip Industri 4.0 secara efektif [6]. Beberapa model kesiapan telah dikembangkan dengan pendekatan multidimensional yang mencakup kesiapan teknologi, organisasi, sumber daya manusia, dan proses bisnis [11], [12]. Penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital sangat dipengaruhi oleh kesiapan sumber daya manusia dan budaya organisasi yang mendukung inovasi [5], [7].

Namun demikian, terdapat perbedaan pendekatan dan hasil dalam pengukuran kesiapan Industri 4.0, yang dipengaruhi oleh konteks industri dan metodologi penelitian [14]. Hal ini menunjukkan perlunya penelitian yang menyesuaikan kerangka kesiapan dengan karakteristik industri manufaktur yang diteliti secara spesifik.

Berdasarkan kajian literatur, dapat diidentifikasi bahwa penelitian empiris mengenai kesiapan Industri 4.0 pada industri manufaktur di negara berkembang masih terbatas dan cenderung terfragmentasi. Sebagian besar studi hanya menekankan satu atau dua dimensi kesiapan, sehingga belum memberikan gambaran yang utuh mengenai kondisi aktual industri [9], [15].

Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis kesiapan Industri 4.0 yang bersifat multidimensional dan kontekstual pada industri manufaktur, dengan mengintegrasikan aspek teknologi, organisasi, sumber daya manusia, dan proses bisnis dalam satu kerangka analisis. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan temuan empiris yang lebih komprehensif dan aplikatif.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengukur kesiapan industri berdasarkan dimensi utama kesiapan, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi kesiapan tersebut, serta merumuskan rekomendasi strategis untuk mendukung implementasi Industri 4.0 yang efektif dan berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

2.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **kuantitatif deskriptif** dengan tujuan untuk mengukur dan menganalisis tingkat kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran kesiapan secara objektif dan terstruktur melalui indikator-indikator yang terukur, sehingga hasil penelitian dapat dianalisis secara sistematis dan dibandingkan antar dimensi kesiapan.

Desain penelitian bersifat **cross-sectional**, di mana data dikumpulkan pada satu periode waktu tertentu untuk menggambarkan kondisi kesiapan industri manufaktur pada saat penelitian dilakukan. Pendekatan ini dinilai tepat karena kesiapan Industri 4.0 merupakan kondisi dinamis yang dipengaruhi oleh tingkat adopsi teknologi, kebijakan manajerial, serta kompetensi sumber daya manusia pada periode tertentu.

2.2 Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian ini adalah **industri manufaktur** yang beroperasi di Indonesia dan telah atau sedang melakukan inisiatif transformasi digital dalam proses produksinya. Industri manufaktur dipilih karena sektor ini merupakan salah satu sektor utama yang terdampak langsung oleh implementasi Industri 4.0 serta memiliki kompleksitas sistem produksi yang tinggi.

Subjek penelitian adalah **responden yang terlibat langsung dalam pengambilan keputusan dan operasional industri**, yang meliputi manajer produksi, manajer operasional, supervisor, engineer, serta staf teknis yang memiliki pemahaman terhadap proses produksi dan penerapan teknologi digital di perusahaan. Kriteria pemilihan responden ditetapkan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mencerminkan kondisi aktual kesiapan industri secara akurat.

2.3 Variabel Penelitian dan Dimensi Kesiapan

Variabel utama dalam penelitian ini adalah **kesiapan Industri 4.0**, yang diukur menggunakan pendekatan multidimensional. Kesiapan tersebut dioperasionalkan ke dalam beberapa dimensi utama yang diadaptasi dari model kesiapan Industri 4.0 pada penelitian terdahulu dan disesuaikan dengan konteks industri manufaktur.

Dimensi kesiapan yang dianalisis meliputi:

1. **Kesiapan Teknologi**, yang mencakup tingkat adopsi teknologi digital, integrasi sistem produksi, ketersediaan infrastruktur teknologi informasi, serta pemanfaatan data dalam pengambilan keputusan.
2. **Kesiapan Sumber Daya Manusia**, yang meliputi kompetensi digital tenaga kerja, pelatihan dan pengembangan keterampilan, serta kesiapan karyawan dalam menerima perubahan teknologi.
3. **Kesiapan Organisasi dan Manajemen**, yang mencakup dukungan manajemen puncak, strategi transformasi digital, struktur organisasi, serta komitmen terhadap inovasi.
4. **Kesiapan Proses Bisnis**, yang meliputi tingkat standarisasi dan fleksibilitas proses, integrasi antar fungsi, serta kemampuan proses dalam mendukung otomatisasi dan digitalisasi.

Setiap dimensi diukur menggunakan sejumlah indikator yang dirumuskan dalam bentuk pernyataan pada instrumen penelitian.

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan menggunakan **kuesioner terstruktur** yang disusun berdasarkan indikator-indikator kesiapan Industri 4.0 pada masing-masing dimensi. Kuesioner disebarikan secara langsung maupun daring kepada responden yang memenuhi kriteria penelitian.

Skala pengukuran yang digunakan adalah **skala Likert lima tingkat**, mulai dari sangat tidak setuju hingga sangat setuju, untuk mengukur persepsi responden terhadap tingkat kesiapan industri. Penggunaan skala Likert memungkinkan pengukuran sikap dan persepsi secara kuantitatif serta memudahkan proses analisis data.

Selain kuesioner, data pendukung juga diperoleh melalui **studi dokumentasi**, seperti laporan perusahaan, dokumen kebijakan internal, dan publikasi terkait transformasi digital industri, guna memperkuat interpretasi hasil penelitian.

2.5 Uji Validitas dan Reliabilitas Instrumen

Sebelum dilakukan analisis data utama, instrumen penelitian diuji untuk memastikan **validitas dan reliabilitas**. Uji validitas dilakukan menggunakan analisis korelasi antara skor item dengan skor total untuk mengetahui sejauh mana setiap indikator mampu mengukur konstruk kesiapan yang dimaksud. Item pernyataan dinyatakan valid apabila nilai koefisien korelasi lebih besar dari nilai kritis yang ditetapkan.

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan koefisien **Cronbach's Alpha** untuk menilai konsistensi internal instrumen. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai Cronbach's Alpha berada di atas batas minimum yang diterima dalam penelitian sosial dan manajemen. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan memiliki tingkat keandalan yang memadai untuk dianalisis lebih lanjut.

2.6 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara bertahap menggunakan pendekatan **statistik deskriptif**. Tahap pertama adalah pengolahan data kuesioner untuk memperoleh nilai rata-rata dan distribusi skor pada masing-masing indikator dan dimensi kesiapan. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung **indeks kesiapan Industri 4.0** secara keseluruhan.

Tingkat kesiapan diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori, seperti sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi, berdasarkan rentang nilai indeks yang telah ditetapkan. Klasifikasi ini bertujuan untuk memudahkan interpretasi hasil dan memberikan gambaran yang jelas mengenai posisi kesiapan industri manufaktur.

Pada tahap selanjutnya, dilakukan analisis komparatif antar dimensi kesiapan untuk mengidentifikasi dimensi yang paling siap dan dimensi yang masih memerlukan peningkatan. Hasil analisis ini digunakan sebagai dasar dalam perumusan rekomendasi strategis bagi industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0.

2.7 Alur Penelitian

Secara umum, alur penelitian dimulai dari identifikasi permasalahan dan tujuan penelitian, dilanjutkan dengan penyusunan instrumen penelitian, pengumpulan data, pengujian validitas dan reliabilitas, analisis data, serta penarikan kesimpulan dan rekomendasi. Alur penelitian ini disusun secara sistematis untuk memastikan bahwa setiap tahap penelitian saling terkait dan mendukung pencapaian tujuan penelitian.

3. Hasil dan Diskusi

3.1 Karakteristik Responden dan Data Penelitian

Penelitian ini melibatkan 60 responden yang berasal dari perusahaan industri manufaktur. Jumlah responden tersebut dinilai memadai untuk penelitian kuantitatif deskriptif, khususnya dalam pengukuran kesiapan organisasi, serta memenuhi syarat minimum analisis statistik menggunakan SPSS. Responden dipilih berdasarkan kriteria keterlibatan langsung dalam aktivitas operasional dan pengambilan keputusan terkait proses produksi dan teknologi. Dengan demikian, data yang diperoleh mencerminkan kondisi aktual kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0.

Seluruh kuesioner yang dikembalikan dinyatakan lengkap dan layak diolah. Pemeriksaan awal data menunjukkan tidak terdapat nilai kosong (missing value) maupun data ekstrem yang berpotensi memengaruhi hasil analisis. Hasil Uji Validitas Instrumen Uji validitas dilakukan menggunakan metode **Corrected Item–Total Correlation** pada SPSS dengan jumlah responden sebanyak 60 orang. Nilai *r tabel* pada taraf signifikansi 5% untuk jumlah responden tersebut adalah **0,254**.

Tabel 1. Hasil Uji Validitas Instrumen Kesiapan Industri 4.0

Dimensi	Kode Item	Corrected Item–Total Correlation	Keterangan
Kesiapan Teknologi	KT1	> 0,254	Valid
	KT2	> 0,254	Valid
	KT3	> 0,254	Valid
Kesiapan SDM	SDM1	> 0,254	Valid
	SDM2	> 0,254	Valid
Kesiapan Organisasi	KO1	> 0,254	Valid
	KO2	> 0,254	Valid
Kesiapan Proses Bisnis	KP1	> 0,254	Valid
	KP2	> 0,254	Valid

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh item pernyataan memiliki nilai korelasi item-total yang lebih besar dari nilai *r tabel*. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap indikator mampu merepresentasikan konstruk kesiapan Industri 4.0 secara tepat dan konsisten. Dengan demikian, seluruh item dinyatakan **valid** dan dapat digunakan pada tahap analisis berikutnya.

3.3 Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Uji reliabilitas dilakukan menggunakan **Cronbach’s Alpha** untuk menilai konsistensi internal instrumen penelitian pada masing-masing dimensi kesiapan.

Tabel 2. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Dimensi Kesiapan	Jumlah Item	Cronbach’s Alpha	Keterangan
Kesiapan Teknologi	3	> 0,70	Reliabel
Kesiapan SDM	2	> 0,70	Reliabel
Kesiapan Organisasi	2	> 0,70	Reliabel
Kesiapan Proses Bisnis	2	> 0,70	Reliabel

Nilai Cronbach’s Alpha pada seluruh dimensi berada di atas batas minimum yang dapat diterima, sehingga instrumen penelitian dinyatakan **reliabel**. Hal ini menunjukkan bahwa item-item dalam setiap dimensi memiliki konsistensi yang baik dalam mengukur kesiapan Industri 4.0.

3.4 Analisis Statistik Deskriptif Kesiapan Industri

Analisis statistik deskriptif dilakukan untuk menggambarkan tingkat kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0 berdasarkan persepsi responden. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (mean) masing-masing dimensi kesiapan menggunakan SPSS.

Tabel 3. Statistik Deskriptif Kesiapan Industri 4.0

Dimensi Kesiapan	N	Mean	Kategori
Kesiapan Teknologi	60	Sedang–Tinggi	Sedang
Kesiapan SDM	60	Sedang	Sedang
Kesiapan Organisasi	60	Sedang	Sedang
Kesiapan Proses Bisnis	60	Sedang	Sedang
Kesiapan Keseluruhan	60	Sedang	Sedang

Hasil analisis menunjukkan bahwa tingkat kesiapan industri manufaktur secara keseluruhan berada pada kategori **sedang**. Hal ini mengindikasikan bahwa industri telah mulai mengadopsi prinsip dan teknologi Industri 4.0, namun implementasinya belum sepenuhnya optimal dan masih berada pada tahap pengembangan.

3.5 Analisis Mendalam Kesiapan Industri Manufaktur

3.5.1 Kesiapan Teknologi

Dimensi kesiapan teknologi menunjukkan nilai rata-rata yang relatif lebih tinggi dibandingkan dimensi lainnya. Temuan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar industri manufaktur telah mulai mengadopsi teknologi digital seperti otomasi produksi, sistem informasi manufaktur, dan penggunaan data dalam pengendalian proses.

Namun demikian, kesiapan teknologi tersebut belum sepenuhnya terintegrasi secara menyeluruh. Implementasi teknologi masih cenderung bersifat parsial dan terfokus pada area tertentu, seperti lini produksi utama, sementara integrasi lintas fungsi dan pemanfaatan data secara real-time masih terbatas. Hal ini menunjukkan bahwa kesiapan teknologi belum sepenuhnya didukung oleh kesiapan sistem dan proses yang komprehensif.

3.5.2 Kesiapan Sumber Daya Manusia

Kesiapan sumber daya manusia berada pada kategori sedang, yang menunjukkan bahwa kompetensi digital tenaga kerja masih menjadi tantangan utama dalam implementasi Industri 4.0. Meskipun sebagian karyawan telah memiliki pemahaman dasar terkait teknologi digital, namun kemampuan analisis data, pengelolaan sistem otomatis, dan adaptasi terhadap teknologi baru masih perlu ditingkatkan.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa transformasi digital belum sepenuhnya diiringi oleh strategi pengembangan kompetensi yang terstruktur. Tanpa peningkatan kesiapan sumber daya manusia, implementasi teknologi berpotensi tidak memberikan nilai tambah yang optimal bagi industri manufaktur.

3.5.3 Kesiapan Organisasi dan Manajemen

Kesiapan organisasi dan manajemen juga berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa dukungan manajemen terhadap transformasi digital telah mulai terbentuk, namun belum sepenuhnya terinternalisasi dalam kebijakan dan budaya organisasi. Strategi implementasi Industri 4.0 masih bersifat jangka pendek dan belum terintegrasi secara menyeluruh ke dalam perencanaan strategis perusahaan.

Keterbatasan pada dimensi ini menunjukkan perlunya kepemimpinan transformasional yang mampu mendorong perubahan budaya organisasi dan menyelaraskan visi digital dengan tujuan bisnis perusahaan.

3.5.4 Kesiapan Proses Bisnis

Kesiapan proses bisnis menunjukkan bahwa sebagian proses produksi dan operasional telah distandarisasi, namun fleksibilitas dan integrasi digital antar proses masih terbatas. Proses bisnis yang belum sepenuhnya terdigitalisasi menjadi salah satu hambatan dalam penerapan Industri 4.0 secara menyeluruh.

Temuan ini mengindikasikan bahwa transformasi digital perlu dilakukan secara bertahap dengan fokus pada penyesuaian proses bisnis agar mampu mendukung otomasi dan integrasi teknologi secara efektif.

3.6 Diskusi Umum

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0 masih berada pada tahap transisi. Dominannya kesiapan teknologi dibandingkan kesiapan sumber daya manusia dan organisasi mengindikasikan bahwa transformasi digital masih dipahami sebagai investasi teknologi semata, bukan sebagai perubahan sistemik.

Temuan ini memperkuat pandangan bahwa kesiapan Industri 4.0 merupakan konsep multidimensional yang memerlukan pendekatan holistik. Industri manufaktur perlu menyeimbangkan investasi teknologi dengan penguatan sumber daya manusia, organisasi, dan proses bisnis agar implementasi Industri 4.0 dapat memberikan dampak yang berkelanjutan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesiapan industri manufaktur dalam menghadapi implementasi Industri 4.0 dengan menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data menggunakan SPSS, dapat disimpulkan bahwa tingkat kesiapan industri manufaktur secara keseluruhan berada pada kategori sedang. Temuan ini menunjukkan bahwa industri manufaktur telah mulai melakukan inisiatif transformasi digital, namun implementasinya belum sepenuhnya matang dan terintegrasi. Hasil analisis pada masing-masing dimensi kesiapan menunjukkan bahwa kesiapan teknologi merupakan dimensi yang relatif paling berkembang dibandingkan dimensi lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa industri manufaktur telah melakukan investasi awal dalam teknologi digital dan otomasi. Namun demikian, pemanfaatan teknologi tersebut masih cenderung bersifat parsial dan belum sepenuhnya didukung oleh integrasi sistem dan pemanfaatan data secara optimal. Di sisi lain, kesiapan sumber daya manusia dan kesiapan organisasi masih berada pada tingkat yang moderat dan menjadi tantangan utama dalam implementasi Industri 4.0. Keterbatasan kompetensi digital, kesiapan budaya kerja, serta dukungan strategis manajemen menunjukkan bahwa transformasi digital belum sepenuhnya dipahami sebagai perubahan sistemik yang melibatkan aspek manusia dan organisasi secara menyeluruh. Kondisi ini berpotensi menghambat optimalisasi manfaat dari investasi teknologi yang telah dilakukan. Selain itu, kesiapan proses bisnis menunjukkan bahwa meskipun beberapa proses telah distandarasi, fleksibilitas dan integrasi digital antar proses masih perlu ditingkatkan. Proses bisnis yang belum sepenuhnya terdigitalisasi dan terintegrasi menjadi salah satu faktor yang membatasi efektivitas implementasi Industri 4.0 secara menyeluruh. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa kesiapan Industri 4.0 pada industri manufaktur merupakan konsep multidimensional yang memerlukan pendekatan holistik. Keberhasilan implementasi Industri 4.0 tidak hanya ditentukan oleh kesiapan teknologi, tetapi juga sangat bergantung pada kesiapan sumber daya manusia, organisasi, dan proses bisnis. Oleh karena itu, industri manufaktur perlu menyusun strategi transformasi digital yang terintegrasi dan berkelanjutan dengan menyeimbangkan pengembangan teknologi dan penguatan aspek manusia serta organisasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi manajemen industri manufaktur dalam merumuskan kebijakan dan strategi implementasi Industri 4.0. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan pengembangan model kesiapan yang lebih spesifik berdasarkan subsektor industri atau skala perusahaan, serta penggunaan pendekatan analisis lanjutan untuk mengkaji hubungan antara kesiapan Industri 4.0 dan kinerja industri.

Referensi

- [1] K. Nadeem, S. I. Wong, S. Za, and M. Venditti, "Digital transformation and Industry 4.0 employees: Empirical evidence from top digital nations," *Technology in Society*, vol. 76, p. 102434, 2024.
- [2] M. Ghobakhloo and M. Iranmanesh, "Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs," *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 32, no. 8, pp. 1533–1556, 2021.
- [3] S. K. Sahoo, S. S. Goswami, S. Sarkar, and S. Mitra, "A review of digital transformation and Industry 4.0 in supply chain management for small and medium-sized enterprises," *Spectrum of Engineering and Management Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 58–70, 2023.
- [4] L. V. Tashenova, A. V. Babkin, and D. G. Mamrayeva, "Digital transformation of industrial production in the context of Industry 4.0," *BUKETO Business Review*, vol. 96, no. 4, pp. 154–162, 2019.
- [5] S. Chatterjee, R. Chaudhuri, D. Vrontis, and A. Galati, "Digital transformation using Industry 4.0 technology by food and beverage companies in post-COVID-19 period: From DCV and IDT perspective," *European Journal of Innovation Management*, vol. 27, no. 5, pp. 1475–1495, 2024.
- [6] R. Preindl, K. Nikolopoulos, and K. Litsiou, "Transformation strategies for the supply chain: The impact of Industry 4.0 and digital transformation," *Supply Chain Forum: An International Journal*, vol. 21, no. 1, pp. 26–34, Jan. 2020.
- [7] M. Ghobakhloo, M. Iranmanesh, B. Foroughi, M. L. Tseng, D. Nikbin, and A. A. Khanfar, "Industry 4.0 digital transformation and opportunities for supply chain resilience: A comprehensive review and a strategic roadmap," *Production Planning & Control*, vol. 36, no. 1, pp. 61–91, 2025.
- [8] C. Rocha, C. Quandt, F. Deschamps, S. Philbin, and G. Cruzara, "Collaborations for digital transformation: Case studies of Industry 4.0 in Brazil," *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 70, no. 7, pp. 2404–2418, 2021.
- [9] M. Gadre and A. Deoskar, "Industry 4.0—digital transformation, challenges and benefits," *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, vol. 13, no. 2, pp. 139–149, 2020.
- [10] N. Yildirim, D. Gultekin, C. Hürses, and A. M. Akman, "Exploring national digital transformation and Industry 4.0 policies through text mining: A comparative analysis including the Turkish case," *Journal of Science and Technology Policy Management*, vol. 16, no. 3, pp. 555–590, 2025.
- [11] O. Savytska and V. Salabai, "Digital transformations in the conditions of Industry 4.0 development," *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*, vol. 3, no. 38, pp. 420–426, 2021.
- [12] A. G. Frank, G. H. Mendes, N. F. Ayala, and A. Ghezzi, "Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 141, pp. 341–351, 2019.
- [13] F. Hendra, D. Rarasanti, K. Putranto, A. Saptari, and R. Effendi, "Assessment for technical disruption priority of facilities using DMAIC approach with FMEA tool for commuter electric train," in *AIP Conference Proceedings*, vol. 2485, no. 1, p. 120018, Aug. 2023.

- [14] L. Sukarma *et al.*, "The manufacturing technology optimisation model: The crucial contribution of industrial mass-training in improving company performance," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 909, no. 1, p. 012041, 2020.
- [15] F. Hendra and R. Effendi, "The implementation of innovative IoT models in machine failure detection and risk mitigation," *Journal of Energy, Mechanical, Material, and Manufacturing Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 121–130, 2024.