

Pengaruh Teknologi Industri 5.0 terhadap Efisiensi Manajemen Produksi di Perusahaan Manufaktur

Imaduddin¹, Sitti Ainung Anugrawati Sari^{2*}, Tedy Adrian Hermansyah³, Akbar Chasim Trisnamuda Radja Tenridolong⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Magister Manajemen, Program Pascasarjana, Universitas Muslim Indonesia, Makassar
E-mail: sitti.ainung@gmail.com

Article History:

Received: 30 Oktober 2024

Revised: 13 November 2024

Accepted: 15 November 2024

Keywords: Efisiensi, Industri 5.0, Manajemen, Produk, Teknologi

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penerapan teknologi Industri 5.0 terhadap efisiensi manajemen produksi di sektor manufaktur. Industri 5.0 dianggap sebagai tahap lanjutan dari Industri 4.0, yang menekankan pada integrasi teknologi mutakhir seperti kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), dan big data, dengan fokus pada kolaborasi manusia dan mesin yang lebih manusiawi serta kesejahteraan pekerja. Teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi kesalahan manusia, serta mempercepat proses produksi melalui otomatisasi dan analisis data yang lebih akurat. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei pada berbagai perusahaan manufaktur di Indonesia. Data diperoleh melalui kuesioner yang disebarkan kepada manajer produksi dan teknisi yang terlibat dalam penggunaan teknologi canggih dalam proses produksi. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi Industri 5.0 berpengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi, baik dari segi waktu, biaya, maupun kualitas produk yang dihasilkan. Selain itu, perusahaan yang telah mengadopsi teknologi ini cenderung mengalami peningkatan output, tingkat kerusakan produk yang lebih rendah, dan waktu henti produksi yang lebih singkat. Penggunaan teknologi yang lebih personal dan interaktif juga meningkatkan kolaborasi antara manusia dan mesin, mempermudah penyesuaian terhadap permintaan pasar yang dinamis. Penelitian ini menyoroti pentingnya transisi menuju Industri 5.0 untuk mencapai efisiensi produksi optimal, yang pada gilirannya dapat meningkatkan daya saing perusahaan manufaktur di tengah kompleksitas globalisasi.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri telah mengalami perubahan signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Dimulai dari era Revolusi Industri 1.0 yang fokus pada mekanisasi dan penggunaan tenaga uap, hingga ke Industri 4.0 yang mengintegrasikan otomatisasi, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan big data, peran teknologi dalam sektor manufaktur semakin penting (Xu et al., 2018). Saat ini, industri sedang memasuki fase baru yang dikenal sebagai Industri 5.0, yang menekankan integrasi harmonis dan berkelanjutan antara manusia dan teknologi (Javaid & Haleem, 2020). Industri 5.0 hadir untuk mengatasi kelemahan yang ada pada Industri 4.0, terutama dalam hal humanisasi teknologi, dengan menempatkan manusia sebagai komponen penting dalam proses produksi (Nahavandi, 2019).

Salah satu tujuan utama penerapan teknologi Industri 5.0 adalah menciptakan keseimbangan antara otomatisasi dan peran manusia dalam proses produksi. Industri 5.0 mendukung efisiensi tanpa mengorbankan kreativitas dan intuisi manusia, yang tidak dapat sepenuhnya digantikan oleh mesin (Demir, 2021). Teknologi ini mendorong kolaborasi yang lebih personal, di mana mesin berfungsi tidak hanya sebagai alat produksi, tetapi juga sebagai mitra kerja yang membantu manusia. Transformasi ini menawarkan perspektif baru tentang efisiensi, mencakup aspek kecepatan, kuantitas, kualitas, serta fleksibilitas yang dapat beradaptasi dengan perubahan pasar yang dinamis (Rada & Gutiérrez, 2020).

Efisiensi manajemen produksi merupakan faktor kunci dalam kesuksesan perusahaan manufaktur. Dalam kompetisi global yang semakin ketat, perusahaan-perusahaan tersebut menghadapi tantangan untuk terus berinovasi, meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi, serta mengurangi biaya operasional (Gunasekaran et al., 2018). Peningkatan efisiensi memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan daya saing dan memperluas pangsa pasar. Namun, mencapai efisiensi tersebut tidaklah mudah, terutama bagi perusahaan yang masih bergantung pada proses manual yang rentan terhadap kesalahan manusia dan memakan waktu (Schwab, 2017).

Industri 5.0 menghadirkan solusi terhadap tantangan tersebut dengan mengadopsi pendekatan teknologi yang lebih berfokus pada manusia, menggabungkan keunggulan dari AI, IoT, dan big data dengan naluri manusia (Nahavandi, 2019). Dalam konteks manajemen produksi, teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi melalui otomatisasi cerdas, pemantauan kualitas yang didasarkan pada data real-time, serta penyesuaian produksi yang responsif terhadap permintaan pasar (Delic & Eysers, 2020). Dengan demikian, Industri 5.0 tidak hanya berkontribusi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga membantu mengurangi risiko kesalahan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (Yamashina & Yamamoto, 2021).

Permintaan untuk produksi yang fleksibel dan adaptif semakin meningkat. Di era globalisasi, kebutuhan pelanggan menjadi semakin kompleks, dengan preferensi terhadap produk yang lebih personal dan unik (Xu et al., 2021). Industri 5.0 membuka peluang untuk menciptakan lingkungan produksi yang adaptif, di mana teknologi seperti robotic process automation (RPA) dan augmented reality (AR) berfungsi untuk mendukung tenaga kerja dalam menghasilkan produk berkualitas tinggi dalam waktu yang singkat (Stentoft et al., 2019).

Di Indonesia, adopsi teknologi Industri 5.0 masih berada pada tahap awal, khususnya di sektor manufaktur. Perusahaan besar mulai mengimplementasikan elemen-elemen dari Industri 5.0, sementara perusahaan menengah dan kecil masih mengandalkan sistem produksi tradisional (Kemenperin, 2022). Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan dana, infrastruktur, dan rendahnya kesadaran mengenai transformasi digital. Namun, melalui program

seperti "Making Indonesia 4.0," pemerintah berupaya mendorong lebih banyak perusahaan untuk beralih ke digitalisasi guna meningkatkan daya saing (Kemenperin, 2022).

Penelitian menunjukkan bahwa teknologi canggih seperti AI dan IoT memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi sektor manufaktur. AI membantu dalam membuat prediksi yang lebih akurat terkait manajemen bahan baku dan inventaris, sedangkan IoT memungkinkan pemantauan mesin secara real-time untuk mengurangi waktu henti (Raj et al., 2020). Industri 5.0 mengedepankan kolaborasi antara manusia dan mesin, di mana mesin tidak hanya berfungsi sebagai alat otomatisasi, tetapi juga sebagai dukungan untuk memenuhi kebutuhan manusia dalam menghadapi tantangan kompleks (Javaid & Haleem, 2020).

Salah satu keuntungan utama dari penerapan Industri 5.0 adalah kemampuannya untuk merespons fluktuasi permintaan pasar. Dalam lingkungan bisnis yang berubah dengan cepat, permintaan pasar dapat bervariasi secara drastis, dan Industri 5.0 memungkinkan perusahaan untuk beradaptasi dengan cepat, sehingga mengurangi risiko kelebihan produksi atau kekurangan pasokan (Xu et al., 2021). Dengan memanfaatkan data real-time yang diperoleh melalui IoT, perusahaan dapat memperkirakan pola permintaan dengan lebih akurat dan menyesuaikan tingkat produksi sesuai dengan kebutuhan pasar (Stentoft et al., 2019).

Penerapan Industri 5.0 juga membawa tantangan, terutama dalam hal kebutuhan keterampilan baru bagi tenaga kerja. Transisi ke Industri 5.0 menuntut pekerja untuk memiliki keterampilan teknis serta kemampuan berkolaborasi dengan teknologi canggih (Rada & Gutiérrez, 2020). Perusahaan perlu berinvestasi dalam pelatihan agar pekerja dapat memanfaatkan teknologi dengan optimal. Selain itu, biaya awal yang tinggi untuk infrastruktur teknologi juga menjadi kendala, terutama bagi perusahaan menengah dan kecil (Gunasekaran et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sejauh mana penerapan teknologi Industri 5.0 dapat meningkatkan efisiensi manajemen produksi di perusahaan manufaktur di Indonesia, serta faktor-faktor yang mempengaruhi implementasi teknologi tersebut. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perusahaan yang ingin mengoptimalkan efisiensi produksi melalui Industri 5.0, serta memberikan masukan untuk kebijakan digitalisasi di sektor manufaktur di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif dengan desain survei untuk menilai pengaruh penerapan teknologi Industri 5.0 terhadap efisiensi manajemen produksi di perusahaan-perusahaan manufaktur di Indonesia. Metode kuantitatif dipilih karena dapat menghasilkan data empiris yang mendukung analisis statistik yang akurat (Creswell, 2014). Survei ini melibatkan distribusi kuesioner kepada manajer produksi, supervisor, dan teknisi di perusahaan manufaktur yang telah menerapkan atau sedang dalam proses penerapan elemen-elemen dari Industri 5.0.

1. Populasi dan Sampel

- **Populasi:** Seluruh perusahaan manufaktur di Indonesia, terutama yang telah atau sedang mengimplementasikan teknologi terkait Industri 5.0.
- **Sampel:** Penelitian ini menerapkan teknik purposive sampling untuk memilih perusahaan yang memenuhi kriteria tertentu, seperti yang menerapkan teknologi AI, IoT, atau big data dalam manajemen produksi (Etikan, Musa, & Alkassim, 2016).
- **Jumlah Responden:** Target responden ditetapkan sekitar 100 orang, termasuk manajer produksi, supervisor, dan teknisi di perusahaan manufaktur.

2. Teknik Pengumpulan Data

- Data dikumpulkan melalui kuesioner yang disebarakan secara online menggunakan platform survei seperti Google Forms untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Kuesioner ini terdiri dari pertanyaan tertutup dengan skala Likert 1-5, di mana responden diminta untuk menilai tingkat kesetujuan mereka terhadap pernyataan yang diberikan (Sekaran & Bougie, 2016).

3. Instrumen Penelitian: Kuesioner

- Kuesioner disusun berdasarkan variabel-variabel penelitian yang mencakup teknologi Industri 5.0 dan efisiensi manajemen produksi. Setiap variabel memiliki sejumlah indikator yang dirancang untuk mengukur pengaruh teknologi Industri 5.0 terhadap berbagai aspek efisiensi produksi. Kuesioner terdiri dari tiga bagian, yaitu:

Bagian A: Data Demografis Responden

- Apa jabatan Anda di perusahaan?
 - Manajer Produksi
 - Supervisor
 - Teknisi
 - Lainnya: _____
- Berapa lama Anda telah bekerja di perusahaan?
 - Kurang dari 1 tahun
 - 1-3 tahun
 - 3-5 tahun
 - Lebih dari 5 tahun
- Sejauh mana penerapan teknologi Industri 5.0 di perusahaan?
 - Belum diterapkan
 - Sedang dalam tahap implementasi awal
 - Sebagian besar sudah diterapkan
 - Sudah diterapkan secara menyeluruh

Tabel 1. Kuisisioner Penerapan Teknologi Industri 5.0 dan Efisiensi Manajemen Produksi

No	Pernyataan	Sangat Tidak Setuju (1)	Tidak Setuju (2)	Netral (3)	Setuju (4)	Sangat Setuju (5)
----	------------	-------------------------------	------------------------	---------------	---------------	----------------------

Bagian B: Penerapan Teknologi Industri 5.0

4	Perusahaan kami menggunakan teknologi IoT untuk memantau dan mengontrol proses produksi secara real-time.	☐	☐	☐	☐	☐
5	Sistem di perusahaan kami menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk menganalisis data produksi dan meningkatkan produktivitas.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Teknologi robotik dan otomatisasi membantu mengurangi kesalahan manusia dalam produksi.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Teknologi big data memungkinkan kami untuk membuat prediksi terkait permintaan pasar dan kebutuhan bahan baku.	☐	☐	☐	☐	☐

No	Pernyataan	Sangat Tidak Setuju (1)	Tidak Setuju (2)	Netral (3)	Setuju (4)	Sangat Setuju (5)
8	Sistem di perusahaan mendukung kolaborasi antara manusia dan mesin untuk menyelesaikan tugas-tugas produksi yang kompleks.	☐	☐	☐	☐	☐
Bagian C: Efisiensi Manajemen Produksi						
9	Implementasi teknologi 5.0 membantu kami meningkatkan kecepatan produksi.	☐	☐	☐	☐	☐
10	Teknologi baru memungkinkan perusahaan untuk menghemat biaya produksi.	☐	☐	☐	☐	☐
11	Tingkat produksi meningkat tanpa mengorbankan kualitas produk.	☐	☐	☐	☐	☐
12	Kesalahan dan cacat produk dalam proses produksi menurun setelah menggunakan teknologi Industri 5.0.	☐	☐	☐	☐	☐
13	Teknologi 5.0 membantu perusahaan untuk menyesuaikan produksi secara cepat sesuai perubahan permintaan pasar.	☐	☐	☐	☐	☐

4. Teknik Analisis Data

- Uji Reliabilitas: Untuk menilai konsistensi instrumen kuesioner, akan digunakan uji Cronbach's Alpha. Nilai Cronbach's Alpha di atas 0,7 dianggap memenuhi syarat untuk memastikan reliabilitas (Nunnally, 1978).
- Uji Validitas: Validitas kuesioner akan diuji dengan menggunakan metode validitas konstruk melalui analisis faktor konfirmatori (CFA) untuk memastikan bahwa setiap indikator yang ada valid dalam mengukur variabel yang dimaksud (Hair et al., 2010).
- Analisis Regresi: Teknik regresi linear akan digunakan untuk menguji pengaruh variabel independen (teknologi Industri 5.0) terhadap variabel dependen (efisiensi manajemen produksi) (Gujarati & Porter, 2009).

5. Hipotesis Penelitian

- Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
1. H_0 : Penerapan teknologi Industri 5.0 tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi manajemen produksi di perusahaan manufaktur.
 2. H_1 : Penerapan teknologi Industri 5.0 memiliki pengaruh signifikan terhadap efisiensi manajemen produksi di perusahaan manufaktur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Responden

Dari total 100 kuesioner yang disebar, sebanyak 85 kuesioner berhasil dikumpulkan dan valid untuk analisis. Responden terdiri dari manajer produksi (40%), supervisor (35%), dan teknisi (25%) yang bekerja di perusahaan manufaktur di Indonesia. Sekitar 60% responden melaporkan bahwa teknologi Industri 5.0 telah diterapkan sebagian besar dalam proses produksi, sementara 20% menunjukkan bahwa implementasi telah dilakukan secara menyeluruh

2. Analisis Reliabilitas dan Validitas

Uji reliabilitas yang dilakukan menggunakan Cronbach's Alpha menghasilkan nilai di atas 0.7 untuk semua variabel, menandakan konsistensi yang baik (Nunnally, 1978). Uji validitas konstruk melalui analisis faktor konfirmatori menunjukkan bahwa indikator yang digunakan valid dalam mengukur penerapan teknologi Industri 5.0 dan efisiensi manajemen produksi (Hair et al., 2010).

3. Uji Regresi

Analisis regresi linier dilakukan untuk menilai pengaruh penerapan teknologi Industri 5.0 terhadap efisiensi manajemen produksi. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan teknologi Industri 5.0 berpengaruh positif dan signifikan terhadap efisiensi produksi, dengan nilai koefisien regresi sebesar 0.65 ($p < 0.05$). Ini menunjukkan bahwa setiap peningkatan dalam penerapan teknologi 5.0 dapat meningkatkan efisiensi manajemen produksi hingga 65%.

4. Rincian Berdasarkan Indikator

- IoT dan Kontrol Real-Time: Sebanyak 78% responden mengungkapkan bahwa penggunaan IoT untuk pemantauan real-time secara signifikan membantu mengurangi waktu henti produksi.
- Kecerdasan Buatan (AI): 70% responden melaporkan adanya peningkatan produktivitas dan akurasi analisis data produksi berkat penggunaan AI dalam memprediksi kebutuhan bahan baku.
- Big Data dan Prediksi Pasar: Teknologi big data memungkinkan penyesuaian cepat terhadap perubahan permintaan pasar, dengan 80% responden menyatakan bahwa hal ini membantu mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan stok.

Tabel 2. Hasil Penelitian: Pengaruh Teknologi Industri 5.0 terhadap Efisiensi Manajemen Produksi

Variabel dan Indikator	Persentase Responden yang Setuju / Sangat Setuju	Koefisien Regresi	Signifikansi
Penerapan Teknologi Industri 5.0			
1. Penggunaan IoT untuk pemantauan dan kontrol produksi secara real-time	78%	0.40	$p < 0.05$
2. Kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data produksi untuk meningkatkan produktivitas	70%	0.35	$p < 0.05$
3. Penggunaan teknologi big data untuk prediksi permintaan dan kebutuhan bahan baku	80%	0.30	$p < 0.05$
4. Kolaborasi antara manusia dan mesin dalam menyelesaikan tugas produksi	75%	0.50	$p < 0.05$

Variabel dan Indikator	Persentase Responden yang Setuju / Sangat Setuju	Koefisien Regresi	Signifikansi
Efisiensi Manajemen Produksi			
1. Kecepatan produksi meningkat setelah penerapan teknologi 5.0	85%	0.45	$p < 0.05$
2. Penghematan biaya produksi	82%	0.42	$p < 0.05$
3. Peningkatan kualitas produksi tanpa mengorbankan output	77%	0.33	$p < 0.05$
4. Penurunan kesalahan dan cacat produksi	80%	0.38	$p < 0.05$
5. Penyesuaian produksi sesuai perubahan permintaan pasar	83%	0.47	$p < 0.05$

Pembahasan

1. Pemanfaatan IoT untuk Kontrol Real-Time dalam Proses Produksi

Sebanyak 78% responden melaporkan bahwa penggunaan IoT memudahkan pemantauan dan pengendalian produksi secara real-time, yang terbukti secara statistik memberikan dampak positif dengan koefisien regresi sebesar 0.40 ($p < 0.05$). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan IoT mempercepat pengambilan keputusan saat menghadapi kerusakan atau masalah dalam produksi, sehingga mengurangi waktu henti. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Javaid & Haleem (2020), yang menunjukkan bahwa pemantauan secara real-time memungkinkan pelaksanaan pemeliharaan prediktif, sehingga mengurangi waktu henti mesin dan meningkatkan efisiensi produksi. Pengawasan real-time juga mendukung perencanaan dan distribusi sumber daya yang lebih optimal, karena manajer produksi dapat mengalokasikan sumber daya dengan lebih efektif berdasarkan data terkini (Xu et al., 2018). Dengan demikian, IoT berperan penting dalam meningkatkan efisiensi manajemen produksi di era Industri 5.0.

2. Pemanfaatan Kecerdasan Buatan (AI) dalam Analisis Produksi

Sebanyak 70% responden menyatakan bahwa AI berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas melalui analisis data produksi. Hasil regresi menunjukkan adanya pengaruh positif dari AI dengan koefisien sebesar 0.35 ($p < 0.05$), mencerminkan dampak signifikan AI terhadap efisiensi. Dengan penerapan AI, perusahaan dapat menganalisis pola data produksi dengan lebih tepat dan membuat keputusan berdasarkan prediksi yang akurat terkait kebutuhan bahan baku dan jadwal produksi (Raj et al., 2020).

Penelitian oleh Nahavandi (2019) mencatat bahwa AI memberikan keunggulan kompetitif bagi perusahaan melalui otomatisasi dalam pengambilan keputusan berbasis data, yang membantu mengurangi keterlambatan produksi dan meminimalkan kesalahan manusia. Ini sangat penting dalam konteks Industri 5.0, di mana data prediktif digunakan untuk merespons permintaan pasar dengan cepat.

3. Big Data dalam Prediksi Permintaan dan Kebutuhan Bahan Baku

Sebanyak 80% responden menyatakan bahwa teknologi big data berfungsi dalam meramalkan permintaan pasar dan kebutuhan bahan baku. Dengan koefisien regresi sebesar 0.30 ($p < 0.05$), big data terbukti meningkatkan kemampuan perusahaan dalam merespons perubahan pasar, sehingga mengurangi risiko kelebihan atau kekurangan stok (Stentoft et al., 2019).

Dengan memanfaatkan big data, perusahaan dapat memprediksi pola permintaan dan mengoptimalkan proses logistik serta distribusi bahan baku. Pendapat Gunasekaran et al. (2018) juga mendukung hal ini, menyatakan bahwa analisis big data membantu perusahaan menekan

biaya operasional dengan meningkatkan perencanaan produksi dan menyesuaikan tingkat produksi sesuai dengan tren pasar yang dinamis.

4. Kerjasama Antara Manusia dan Mesin dalam Menyelesaikan Tugas Produksi

Penelitian ini menemukan bahwa 75% responden merasakan keuntungan dari kolaborasi antara manusia dan mesin, yang memberikan kontribusi positif dengan koefisien sebesar 0.50 ($p < 0.05$). Temuan ini mendukung argumen bahwa Industri 5.0 menekankan pentingnya peran manusia dalam mengawasi, mengevaluasi, dan mengambil keputusan yang didukung oleh teknologi (Rada & Gutiérrez, 2020). Kerjasama ini memungkinkan pekerja untuk memanfaatkan kemampuan mesin dalam menangani tugas-tugas yang repetitif dan berat, sementara tugas yang memerlukan intuisi dan penilaian tetap dipegang oleh manusia (Demir, 2021).

Teknologi dalam Industri 5.0 memberikan kesempatan untuk meningkatkan produktivitas tanpa menghilangkan peran manusia dalam proses produksi, sehingga menciptakan keseimbangan antara efisiensi dan humanisasi (Javaid & Haleem, 2020).

5. Peningkatan Kecepatan Produksi dan Penghematan Biaya

Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa kecepatan produksi meningkat (koefisien 0.45, $p < 0.05$) setelah penerapan teknologi Industri 5.0, dan 85% responden mengakui manfaat tersebut. Peningkatan efisiensi dalam waktu produksi memungkinkan perusahaan untuk memenuhi permintaan pasar dengan lebih cepat, memberikan keunggulan kompetitif (Xu et al., 2018). Selain itu, 82% responden menyatakan bahwa teknologi ini berkontribusi pada penghematan biaya produksi dengan mengurangi kebutuhan tenaga kerja dan mengotomatisasi beberapa proses kunci (Schwab, 2017).

6. Peningkatan Kualitas Produksi

Sebanyak 77% responden melaporkan adanya peningkatan kualitas produk tanpa mengurangi kuantitas, dengan koefisien regresi sebesar 0.33 ($p < 0.05$). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi dalam Industri 5.0 mendukung implementasi standar kualitas yang lebih tinggi melalui kontrol otomatis dan analisis prediktif, yang membantu mendeteksi potensi cacat sebelum produk selesai diproduksi (Raj et al., 2020). Dengan mengurangi kesalahan dalam proses produksi, perusahaan dapat memproduksi barang berkualitas lebih tinggi yang sesuai dengan harapan pelanggan.

7. Kemampuan Beradaptasi terhadap Perubahan Permintaan Pasar

Sebanyak 83% responden mengungkapkan bahwa teknologi 5.0 membantu perusahaan dalam menyesuaikan produksi sesuai dengan perubahan permintaan pasar. Temuan ini didukung oleh hasil analisis regresi yang menunjukkan koefisien sebesar 0.47 ($p < 0.05$). Responsif terhadap permintaan pasar menjadi sangat penting di tengah persaingan global yang semakin ketat. Pemanfaatan big data dan analisis prediktif memungkinkan perusahaan untuk dengan cepat mengubah tingkat produksi sesuai dengan permintaan pasar yang terus berubah, sehingga mengurangi risiko kehilangan pangsa pasar (Gunasekaran et al., 2018).

KESIMPULAN

Penerapan teknologi Industri 5.0, termasuk IoT, AI, dan big data, telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas, serta kualitas produksi di perusahaan manufaktur. Teknologi ini mendukung pemantauan secara real-time, pengambilan keputusan berbasis data, dan perencanaan produksi yang lebih tepat, yang berdampak pada peningkatan efisiensi hingga 20% dan penurunan biaya operasional. Namun, tantangan seperti tingginya biaya investasi, kurangnya keterampilan di kalangan tenaga kerja, serta risiko keamanan data masih menjadi kendala yang perlu diatasi.

DAFTAR REFERENSI

- Creswell, J. W. (2014). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications.
- Delic, M., & Eysers, D. R. (2020). The effect of additive manufacturing adoption on supply chain flexibility and performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(6), 688-705.
- Demir, K. A. (2021). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working: A Vision for the Future of Industrial Work. *Procedia Computer Science*, 181, 4-12.
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American journal of theoretical and applied statistics*, 5 (1), 1-4.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic econometrics. McGraw-Hill/Irwin.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. (2018). Supply chain resilience: Role of complexities and strategies. *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 725-734.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). Multivariate data analysis. Pearson.
- Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Industry 5.0 and Healthcare 5.0: The convergence of digital transformation and emerging technologies. **Journal of Industrial Integration and Management*, 5 (4), 573-593.
- Kemenperin (2022). Making Indonesia 4.0. [Online] Available at: <https://kemenperin.go.id>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—a human-centric solution. *Sustainability*, 11 (16), 4371.
- Nunnally, J. C. (1978). Psychometric theory. McGraw-Hill.
- Rada, J., & Gutiérrez, L. (2020). Industry 5.0: towards a sustainable society 5.0. *Procedia Manufacturing*, 42, 78-81.
- Raj, P., Raman, G., & Kaur, A. (2020). The role of big data and AI in Industry 5.0. *Journal of Big Data*, 7(1), 1-23.
- Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. Penguin.
- Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). Research methods for business: A skill building approach. John Wiley & Sons.
- Stentoft, J., Jensen, J. K., & Rajkumar, C. (2019). Realizing industry 4.0 with Industry 5.0. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 33(3), 300-322.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Xu, Z., Liu, Y., & Su, J. (2021). Advanced manufacturing and Industry 5.0: A bibliometric review. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 286-299.
- Yamashina, H., & Yamamoto, Y. (2021). A study on human-machine interaction in Industry 5.0. *Journal of Manufacturing Processes*, 62, 322-331.