



Peran Internet Of Things (IoT) Dalam Industri 4.0

Riezca Talita Trista

¹Teknik Informatika, FTIK, Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Raya Tengah, Kp Gedong, Jakarta Timur, Indonesia

*e-mail: riezca.talitatrista@gmail.com

Abstrak

Internet of Things (IoT) telah menjadi pilar utama dalam revolusi Industri 4.0, yang ditandai dengan penerapan teknologi digital untuk menciptakan sistem produksi yang lebih efisien, fleksibel, dan terhubung. IoT memungkinkan integrasi perangkat dan mesin yang mengumpulkan dan menganalisis data secara waktu nyata, memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional, prediksi perawatan, serta optimasi rantai pasok. Dengan menghubungkan berbagai sistem, IoT mendukung otomatisasi pabrik dan memungkinkan produksi yang lebih cerdas melalui penggunaan sensor dan perangkat terhubung. Di sisi lain, penerapan IoT juga mendorong inovasi produk, seperti perangkat pintar dan kendaraan otonom, yang membuka peluang bisnis baru. Meskipun demikian, tantangan seperti masalah keamanan data, biaya implementasi, dan kurangnya standar global masih menjadi kendala utama dalam penerapan IoT pada Industri 4.0. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi peran penting IoT dalam industri modern, menganalisis manfaat dan tantangannya, serta mengidentifikasi peluang yang ada untuk pengembangan lebih lanjut dalam konteks transformasi digital di sektor industri.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), Industri 4.0, Smart Manufacturing, Otomatisasi

Abstract

The Internet of Things (IoT) has become a key pillar in the Industry 4.0 revolution, characterized by the application of digital technologies to create more efficient, flexible, and interconnected production systems. IoT enables the integration of devices and machines that collect and analyze data in real-time, providing significant benefits in improving operational efficiency, predictive maintenance, and supply chain optimization. By connecting various systems, IoT supports factory automation and enables smarter production through the use of sensors and connected devices. On the other hand, IoT implementation also drives product innovation, such as smart devices and autonomous vehicles, which open new business opportunities. However, challenges such as data security issues, implementation costs, and the lack of global standards remain major obstacles to the adoption of IoT in Industry 4.0. This study aims to explore the critical role of IoT in modern industries, analyze its benefits and challenges, and identify opportunities for further development in the context of digital transformation in the industrial sector.

Keywords: Internet of Things (IoT), Industry 4.0, Smart Manufacturing, Automation

Pendahuluan

Industri 4.0 merupakan istilah yang merujuk pada revolusi industri keempat, di mana teknologi digital dan fisik berintegrasi dalam proses produksi. Salah satu komponen utama dari Industri 4.0 adalah Internet of Things (IoT), yang memungkinkan perangkat untuk saling terhubung dan berkomunikasi melalui internet. Menurut laporan dari McKinsey & Company [1] penerapan IoT





diperkirakan dapat meningkatkan produktivitas global hingga 1,2% per tahun. Hal ini menunjukkan betapa signifikan peran IoT dalam transformasi industri modern.

Salah satu teknologi dalam Internet of Things adalah kemampuan perangkat untuk bertukar informasi melalui jaringan internet [2]. Internet of Things dapat mengoptimalkan kehidupan manusia dengan bantuan sensor dan kecerdasan buatan yang menjalankan perintah-perintah dan menghubungkan manusia dengan perangkat serta perangkat dengan perangkat. Perkembangan Internet mulai terjadi pada tahun 1989, dengan beberapa penemuan seperti pemanggang roti yang terhubung ke internet pada tahun 1990, wearcam pada 1994, dan sensor pada tahun 1997 [3]. Teknologi *Internet of Things* saat ini telah digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk sistem keamanan rumah yang dapat memberikan informasi data secara *real-time*. Sistem keamanan berbasis *Internet of Things* dapat mendeteksi identitas seseorang berdasarkan sensor biometrik seperti sidik jari, untuk mengotentikasi akses ke ruangan tertentu [4]

Dalam konteks Industri 4.0, IoT berperan sebagai pendorong utama transformasi digital yang mengubah cara perusahaan beroperasi. Dengan IoT, bisnis dapat memperoleh keunggulan kompetitif melalui pemantauan *real-time*, optimasi proses, dan pengambilan keputusan yang lebih tepat [5]. Menurut laporan dari McKinsey & Company, diperkirakan bahwa penerapan IoT dalam industri dapat meningkatkan produktivitas global hingga \$14 triliun pada tahun 2030 (McKinsey, 2019). Hal ini menunjukkan betapa signifikan dampak IoT terhadap efisiensi dan efektivitas operasional dalam industri.

IoT berfungsi sebagai penghubung antara berbagai komponen dalam ekosistem industri, mulai dari mesin, sensor, hingga sistem manajemen. IoT telah menjadi salah satu teknologi yang semakin berkembang dan memiliki potensi yang besar untuk diterapkan di berbagai sektor, termasuk di Indonesia. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa Indonesia menduduki posisi kedua terbesar di Asia Tenggara dalam implementasi IoT, hanya kalah dari Thailand. Berbagai perusahaan lokal di Indonesia, seperti Blue Bird, Pertamina Patra Niaga, dan Gojek, telah mengimplementasikan teknologi IoT dalam bisnisnya [6]. Selain itu, beberapa anak bangsa, seperti Spekun dan Qlue, juga sedang mengembangkan aplikasi IoT. Dalam penerapan IoT, ada beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan, seperti sistem keamanan, platform, sistem operasi, standar komunikasi, dan analisis data.

Teknologi IoT tidak hanya dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas, tetapi juga dapat membantu mengatasi berbagai tantangan digital yang dihadapi oleh masyarakat. Seperti yang diungkapkan dalam penelitian, IoT memiliki potensi untuk meningkatkan nilai organisasi dan meningkatkan efisiensi operasional. Peran teknologi digital dalam mendorong efisiensi dan inovasi industri. Organisasi yang gagal berinovasi cenderung kurang gesit, fleksibel, dan kompetitif, sehingga berisiko untuk tidak dapat bertahan dalam jangka panjang. Selain itu, IoT juga dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat, misalnya dalam pengelolaan suhu dan kelembaban ruangan menggunakan sistem inferensi fuzzy Tsukamoto, seperti yang dibahas dalam penelitian terkait [7]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa IoT merupakan teknologi yang sangat potensial dan dapat memberikan banyak manfaat, baik bagi industri maupun masyarakat. [8].

Lebih lanjut, IoT juga berkontribusi pada peningkatan efisiensi operasional. Dengan memanfaatkan sensor dan perangkat yang terhubung, perusahaan dapat mengoptimalkan proses produksi, mengurangi downtime, dan menghemat biaya. Sebuah studi oleh Deloitte (2021) menunjukkan bahwa perusahaan yang mengadopsi teknologi IoT dapat mengurangi biaya operasional hingga 20%. Ini menunjukkan bahwa IoT bukan hanya sekadar tren, tetapi merupakan alat strategis untuk meningkatkan daya saing perusahaan [9].

Namun, keberhasilan implementasi IoT dalam industri tidak terlepas dari tantangan yang ada. Isu keamanan data dan privasi menjadi perhatian utama, mengingat banyaknya data sensitif yang dikumpulkan dan diproses. Menurut laporan Cybersecurity Ventures (2021), kerugian akibat serangan siber diperkirakan mencapai \$6 triliun pada tahun 2021. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan langkah-langkah keamanan yang ketat untuk melindungi data dan sistem mereka.





Dengan pemahaman yang mendalam tentang peran dan tantangan IoT dalam Industri 4.0, perusahaan dapat merumuskan strategi yang tepat untuk memanfaatkan teknologi ini secara maksimal. Dalam jurnal ini, kami akan membahas lebih lanjut mengenai aplikasi, manfaat, dan tantangan IoT dalam konteks Industri 4.0 [10].

Tinjauan Literatur

Konsep IoT dalam Industri 4.0

IoT merupakan komponen kunci dalam transformasi digital yang terjadi pada era Industri 4.0. Menurut [11]), teknologi ini memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi dalam ekosistem industri yang terhubung, sehingga menciptakan proses kerja yang lebih otomatis dan efisien. Selain itu, IoT berfungsi sebagai dasar bagi smart manufacturing dengan memanfaatkan sensor, konektivitas, dan analisis data secara real-time, seperti yang dijelaskan oleh [12]. Schwab menekankan bahwa dalam konteks Industri 4.0, IoT berperan dalam mengintegrasikan berbagai teknologi seperti Big Data, Kecerdasan Buatan (AI), dan robotika. Sinergi antara teknologi-teknologi ini memperkuat transformasi operasional dan mendorong inovasi produk [9].

Manfaat IoT dalam Konteks Industri 4.0

Penelitian oleh Kang et al. menunjukkan bahwa IoT memungkinkan pengumpulan data secara real-time dari mesin, yang meningkatkan kemampuan untuk memprediksi kerusakan (pemeliharaan prediktif). Ini berkontribusi pada pengurangan waktu henti mesin dan optimasi produktivitas [13]. Peranan IoT dalam logistik dan manajemen inventori juga diakui. Misalnya, penelitian Queiroz et al. pada tahun 2020 mengidentifikasi bahwa pelacakan berbasis IoT mempermudah pengelolaan stok, mempercepat pengiriman, dan meningkatkan transparansi dalam rantai pasok [14]. Menurut Porter dan Heppelmann, IoT mendukung penciptaan produk cerdas, seperti kendaraan otonom dan perangkat rumah tangga yang terhubung. Inovasi ini mengubah cara konsumen berinteraksi dengan produk serta mempengaruhi model bisnis dalam industry

Implementasi IoT di Berbagai Sektor Industri

Internet of Things (IoT) telah menjadi kekuatan pendorong dalam transformasi industri, memungkinkan integrasi teknologi yang meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan inovasi. IoT telah mengubah cara pertanian modern beroperasi melalui teknologi pintar yang memungkinkan pemantauan dan pengelolaan sumber daya secara efektif. Contoh penerapan IoT di sektor pertanian [15]. Dengan adanya teknologi ini, pabrik dapat merespons kebutuhan produksi dengan lebih cepat dan efisien, yang berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kemampuan bersaing di pasar global [16]. Otomatisasi berbasis IoT juga berpotensi untuk mengoptimalkan proses produksi melalui analisis data yang dikumpulkan dari berbagai mesin, yang membantu dalam pengurangan limbah dan perbaikan kualitas produk. Selain itu, sistem pemeliharaan prediktif yang didukung oleh IoT dapat memprediksi kerusakan mesin sebelum terjadi, sehingga mengurangi downtime dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan [17]. IoT memainkan peran penting dalam pengelolaan logistik, pelacakan aset, dan transportasi otonom dengan memberikan solusi inovatif yang meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam rantai pasokan.

Tantangan Implementasi IoT

Keamanan data merupakan salah satu tantangan terbesar dalam IoT. Dengan banyaknya perangkat yang terhubung, risiko kebocoran data dan serangan siber meningkat. Perangkat IoT sering kali rentan terhadap serangan karena kurangnya langkah-langkah keamanan yang memadai, seperti penggunaan kata sandi default yang lemah dan pembaruan perangkat lunak yang tidak teratur. Oleh karena itu, penting untuk menerapkan protokol keamanan yang kuat untuk melindungi data dan menjaga privasi pengguna. Skalabilitas menjadi isu penting seiring dengan pertumbuhan jumlah perangkat IoT yang terhubung. Manajemen perangkat yang kompleks mencakup pemasangan,





konfigurasi, pemantauan, dan pemeliharaan yang memerlukan sumber daya tambahan. Hal ini dapat menjadi tantangan bagi organisasi yang ingin memperluas jaringan IoT mereka.

Integrasi antar perangkat dari berbagai produsen sering kali sulit karena perbedaan standar dan protokol komunikasi. Tanpa interoperabilitas yang baik, perangkat tidak dapat berfungsi secara efisien dalam ekosistem IoT. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memastikan bahwa standar kompatibilitas diterapkan secara konsisten.

Peluang Masa Depan IoT dalam Industri 4.0

Masa depan Internet of Things (IoT) dalam konteks Industri 4.0 menawarkan berbagai peluang yang signifikan untuk inovasi dan efisiensi di berbagai sektor. IoT memungkinkan perusahaan untuk memantau dan mengoptimalkan proses produksi secara real-time. Dengan menghubungkan perangkat dan mesin, data dapat dikumpulkan dan dianalisis untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi waktu henti, dan meminimalkan biaya produksi. Contohnya, dalam sektor manufaktur, sistem IoT dapat digunakan untuk pemeliharaan prediktif, yang mendeteksi masalah sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih besar [18]. Dengan kemampuan untuk mengumpulkan data dari konsumen, IoT memungkinkan perusahaan untuk menawarkan produk dan layanan yang lebih terpersonalisasi. Ini menciptakan peluang untuk produksi massal yang dipersonalisasi, di mana barang dapat disesuaikan dengan preferensi individu tanpa meningkatkan biaya produksi secara signifikan.

IoT berperan penting dalam pengembangan kota pintar (smart cities), di mana teknologi digunakan untuk meningkatkan kualitas hidup warga melalui manajemen lalu lintas yang lebih baik, pengelolaan energi, dan layanan publik yang lebih efisien¹³. Penggunaan sensor IoT dalam pengelolaan sampah dan pemantauan kualitas udara adalah contoh konkret dari penerapan ini. Berdasarkan literatur yang ada, Internet of Things (IoT) berperan sebagai pilar utama dalam kemajuan Industri 4.0. IoT tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga menciptakan peluang besar untuk inovasi produk serta transformasi model bisnis. Meskipun demikian, tantangan seperti keamanan, biaya, dan regulasi tetap perlu diatasi agar implementasi IoT dapat berlangsung secara efektif dan berkelanjutan.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan literature review untuk mengkaji dan menganalisis berbagai sumber literatur yang relevan tentang peran IoT dalam Industri 4.0. Literatur yang digunakan mencakup jurnal ilmiah, buku, laporan industri, dan artikel terpercaya yang dipublikasikan dalam rentang waktu terbaru. Metode ini memberikan landasan yang kuat untuk menghasilkan kajian komprehensif dan relevan terkait peran IoT dalam Industri 4.0. Jika memerlukan penyesuaian pada tahap tertentu, silakan beri masukan lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Peningkatan Efisiensi Operasional

IoT memungkinkan perusahaan untuk mengoptimalkan proses operasional melalui teknologi seperti sensor dan analisis data waktu nyata (real-time analytics). Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah menciptakan berbagai peluang bagi organisasi untuk meningkatkan efisiensi dan profitabilitas [19]. Salah satu teknologi inovatif yang mampu memberikan manfaat tersebut adalah Internet of Things (IoT). Penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT dapat mendukung fleksibilitas, inovasi, dan daya saing organisasi. Hal ini dimungkinkan karena IoT memungkinkan perusahaan untuk mengumpulkan data melalui sensor, menganalisisnya secara real-time, dan mengambil keputusan cepat serta tepat untuk mengoptimalkan operasional.

Selain meningkatkan efisiensi operasional, IoT juga memiliki aplikasi dalam bidang keamanan. Sistem keamanan berbasis IoT dapat mengenali identitas individu melalui teknologi





biometrik, seperti sidik jari, dan memantau aktivitas mereka di dalam suatu area [4] Dengan kemampuan IoT untuk menyediakan data secara real-time, perusahaan dapat memantau aktivitas di lingkungan mereka dengan lebih efektif dan mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga keamanan.

Otomasi dan Integrasi Sistem

Dalam manufaktur pintar (smart manufacturing), IoT memainkan peran penting dalam integrasi sistem produksi. Sistem ini menghubungkan berbagai perangkat dan mesin, menciptakan aliran data yang efisien untuk mendukung keputusan berbasis data. IoT telah banyak diterapkan dalam industri manufaktur untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi proses produksi[20]. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring konsumsi daya listrik jarak jauh berbasis IoT untuk mengurangi pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi sistem tenaga listrik. Penelitian lain mengeksplorasi penggunaan IoT di Indonesia, membahas pentingnya teknologi ini untuk mendukung pengambilan keputusan dan penghematan energi. Sistem IoT dapat menghubungkan perangkat secara real-time, mengumpulkan dan menganalisis data untuk mengoptimalkan operasi dan meningkatkan produktivitas. Di sisi lain, keamanan dan privasi data menjadi pertimbangan penting dalam penerapan IoT di industri. Penelitian telah mengembangkan purwarupa sistem telemonitoring keamanan ruangan menggunakan identifikasi sidik jari berbasis IoT untuk memastikan akses yang aman ke area sensitif. [21].

Transformasi Rantai Pasok

IoT mengubah cara manajemen logistik dan rantai pasok dilakukan. Pelacakan inventori menggunakan RFID dan GPS berbasis IoT memberikan transparansi yang lebih baik dalam rantai pasok. Hal ini meningkatkan akurasi dan kecepatan pengiriman produk [14]. Produk berbasis IoT, seperti perangkat pintar dan kendaraan otonom, menciptakan nilai tambah bagi konsumen sekaligus membuka peluang model bisnis baru. Misalnya, kendaraan berbasis IoT dapat dilengkapi dengan layanan berbasis langganan seperti pemantauan jarak jauh dan pembaruan perangkat lunak otomatis. IoT mendukung efisiensi energi melalui sistem pemantauan cerdas. Dalam sektor energi, smart grid berbasis IoT meningkatkan distribusi dan penggunaan energi secara optimal, mengurangi jejak karbon.

Pembahasan

IoT berperan sebagai pilar utama dalam mendukung transformasi digital pada Industri 4.0. Dengan tingkat konektivitas perangkat yang tinggi, IoT mendorong otomatisasi proses, transparansi data, dan pengambilan keputusan yang berbasis data. Ini selaras dengan tujuan Industri 4.0 untuk menciptakan lingkungan kerja yang lebih efisien, fleksibel, dan terintegrasi. Meskipun demikian, pengembangan IoT di Indonesia masih memerlukan berbagai upaya, seperti peningkatan infrastruktur, integrasi sistem, peningkatan literasi digital, dan penyusunan regulasi yang mendukung. Sektor industri di Indonesia telah mulai mengadopsi IoT untuk meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya, dan memperkuat daya saing.

Beberapa perusahaan di Indonesia, seperti Blue Bird, Pertamina Patra Niaga, dan Gojek, telah mengimplementasikan IoT. Penerapan IoT harus mempertimbangkan berbagai aspek, seperti sistem keamanan, platform, sistem operasi, standar komunikasi, dan analisis data. Dalam praktiknya, IoT dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti smart city, smart industry, dan smart life. Pemanfaatan IoT yang tepat dapat mendorong Indonesia menuju pembangunan yang lebih baik, terutama sebagai negara kepulauan yang kaya akan sumber daya alam [22]. Penerapan IoT memberikan keuntungan ekonomi yang besar. IoT tidak hanya menurunkan biaya operasional, tetapi juga meningkatkan produktivitas dan kualitas produk. Penelitian menunjukkan bahwa perusahaan yang mengadopsi IoT berpotensi meningkatkan keuntungan hingga 20% melalui efisiensi dan inovasi produk.





Dengan kemajuan teknologi seperti 5G, edge computing, dan kecerdasan buatan, IoT memiliki potensi besar untuk memberikan dampak yang lebih signifikan. Teknologi-teknologi ini akan meningkatkan kemampuan IoT dalam hal kecepatan, efisiensi, dan kapasitas pengolahan data. IoT juga diperkirakan akan menjadi solusi utama untuk mencapai keberlanjutan dalam sektor industri.

Kesimpulan

Internet of Things (IoT) memainkan peran krusial dalam transformasi Industri 4.0 dengan meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan inovasi. Melalui konektivitas perangkat yang cerdas, IoT memungkinkan otomatisasi proses produksi, pemantauan waktu nyata, dan prediksi perawatan, yang mengurangi downtime dan biaya operasional. IoT juga mengubah manajemen rantai pasok dengan menyediakan pelacakan inventaris dan pengiriman yang lebih akurat, mempercepat respons pasar. Selain itu, IoT mendorong inovasi produk dan layanan baru, seperti perangkat pintar dan sistem berbasis data, yang memberikan nilai lebih kepada konsumen. Meskipun banyak manfaat yang ditawarkan, tantangan seperti keamanan data, interoperabilitas sistem, dan biaya implementasi tetap menjadi hambatan utama. Namun, dengan kemajuan teknologi seperti 5G dan edge computing, IoT berpotensi membawa industri menuju efisiensi yang lebih tinggi dan mendukung keberlanjutan melalui pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Secara keseluruhan, IoT adalah pendorong utama dalam mewujudkan Industri 4.0, meskipun perlu mengatasi beberapa tantangan untuk mewujudkan potensi penuhnya.

Referensi

- [1] M. Chui, M. Collins, and M. Patel, "The Internet of Things: Catching up to an accelerating opportunity," 2021.
- [2] A. Amir, A. Marwanto, and D. Nugroho, "RANCANG BANGUN PURWARUPA ALAT MONITORING DAN KONTROL BEBAN SATU FASA BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)," *Transmisi*, vol. 20, no. 1, p. 29, Jan. 2018, doi: 10.14710/transmisi.20.1.29-33.
- [3] S. Megawati, "Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 19–26, Jun. 2021, doi: 10.26740/jieet.v5n1.p19-26.
- [4] W. K. Raharja and B. Santoso, "PURWARUPA ALAT TELEMONITORING KEAMANAN RUANGAN MENGGUNAKAN IDENTIFIKASI SIDIK JARI BERBASIS INTERNET OF THINGS," *Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 156–168, Nov. 2020, doi: 10.32531/jelekn.v6i2.227.
- [5] A. Rakhman, "Analisa Sistem Keamanan Rumah Berbasis Internet of Things," *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 12, no. 2, May 2023, doi: 10.30591/smartcomp.v12i2.4521.
- [6] W. Sardjono, E. Selviyanti, Hobri, and R. Azizah, "The relationship between internet growth and implementation of the internet of things," *J Phys Conf Ser*, vol. 1836, no. 1, p. 012030, Mar. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1836/1/012030.
- [7] Sunardi, A. Yudhana, and Furizal, "Tsukamoto Fuzzy Inference System on Internet of Things-Based for Room Temperature and Humidity Control," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 6209–6227, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236183.
- [8] J. Lianda, D. Handarly, and A. Adam, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, p. 79, May 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.79-84.
- [9] S. Shaw, Z. Rowland, and V. Machova, "Internet of Things smart devices, sustainable industrial big data, and artificial intelligence-based decision-making algorithms in cyber-physical system-based manufacturing," *Economics, Management and Financial Markets*, vol. 16, no. 2, pp. 106–116, 2021.





- [10] I. T. Collaboration, "IOT CYBERSECURITY IN THE BUILT ENVIRONMENT".
- [11] J. Lee, B. Bagheri, and H.-A. Kao, "A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems," *Manuf Lett*, vol. 3, pp. 18–23, Jan. 2015, doi: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.
- [12] L. Da Xu, E. L. Xu, and L. Li, "Industry 4.0: state of the art and future trends," *Int J Prod Res*, vol. 56, no. 8, pp. 2941–2962, Apr. 2018, doi: 10.1080/00207543.2018.1444806.
- [13] H. S. Kang *et al.*, "Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, vol. 3, no. 1, pp. 111–128, Jan. 2016, doi: 10.1007/s40684-016-0015-5.
- [14] M. M. Queiroz, S. C. F. Pereira, R. Telles, and M. C. Machado, "Industry 4.0 and digital supply chain capabilities," *Benchmarking: An International Journal*, vol. 28, no. 5, pp. 1761–1782, May 2021, doi: 10.1108/BIJ-12-2018-0435.
- [15] A. G. Prawiyogi and A. S. Anwar, "Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023.
- [16] M. A. H. Swasono and H. N. Muthmainah, "Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Optimalisasi Produksi Tanaman Pangan: Studi Bibliometrik Skala Nasional," *Jurnal Multidisiplin West Science*, vol. 2, no. 08, pp. 668–683, 2023.
- [17] A. Wibowo, "Internet of Things (IoT) dalam Ekonomi dan Bisnis Digital," *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*, pp. 1–94, 2023.
- [18] A. Savitri, *Revolusi industri 4.0: mengubah tantangan menjadi peluang di era disrupsi 4.0*. Penerbit Genesis, 2019.
- [19] M. Purnomo, E. Maulina, A. R. Wicaksono, and M. Rizal, "Determinan Faktor Adopsi Teknologi Internet of Things: TOE Model," *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, vol. 8, no. 2, p. 480, May 2023, doi: 10.28926/briliant.v8i2.1214.
- [20] L. He, M. Xue, and B. Gu, "Internet-of-things enabled supply chain planning and coordination with big data services: Certain theoretic implications," *Journal of Management Science and Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 1–22, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.jmse.2020.03.002.
- [21] J. Lianda, D. Handarly, and A. Adam, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, p. 79, May 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.79-84.
- [22] I. R. Beskarina, "New Marketing Strategy to Increase Sales in the Digital Transformation Competition in Indonesia a Case Study of PT XYZ," *Jurnal Ilmu Sosial Politik dan Humaniora*, vol. 4, no. 1, pp. 35–41, Mar. 2021, doi: 10.36624/jisora.v4i1.53.

