

# IMPROVE

ISSN(e): - / ISSN(p) : 1979-8342

## ANALISIS RISIKO IMPLEMENTASI INDUSTRI 4.0 PT XYZ

Heru Nugroho

Telkom University

heru@tass.telkomuniversity.ac.id

**Abstrak**— Keberadaan teknologi canggi untuk mendukung transformasi digital di era Industri 4.0 membuka ruang munculnya risiko baru dan dampak negatif bagi perusahaan. Resiko dapat memberikan dampak pada capability atau kemampuan organisasi dalam mencapai tujuan-tujuan di masa yang datang. Pada penelitian ini akan diidentifikasi peluang dan risiko implementasi industri 4.0 pada perusahaan XYZ ditinjau dari aspek: Connectivity, Vulnerability, Employment, Education, Financial dan Time. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa perlu adanya perbaikan berkelanjutan pada perusahaan XYZ dengan melihat berbagai peluang dan risiko dari masing – masing aspek tersebut. Hasil identifikasi tersebut juga dapat dijadikan dasar untuk melakukan penilaian manajemen risiko IT lebih lanjut. Selain itu pada penelitian ini juga diusulkan pemanfaatan *digital supply chain risk analytics framework* pada perusahaan XYZ.

**Kata kunci**— **Industri 4.0, risiko, penilaian, risiko IT, supply chain risk analytics**

**Abstract**— *The existence of advanced technology to support digital transformation in the industry 4.0 era opens space for new risks and negative impacts for companies. Risks can have an impact on the capability or ability of the organization to achieve future goals. In this study, the opportunities, and risks of implementing industry 4.0 in XYZ company will be identified in terms of: Connectivity, Vulnerability, Employment, Education, Financial and Time. The identification results indicate that there is a need for continuous improvement at XYZ company by looking at the various opportunities and risks of each of these aspects. The identification results can also be used as a basis for conducting further IT risk management assessments. In addition, this study also proposes the use of a digital supply chain risk analytics framework at XYZ company*

**Keywords** — **industry 4.0, risk, assessment, IT risk, supply chain risk analytics**

### I. PENDAHULUAN

Teknologi mengubah kehidupan organisasi secara masif. Penting untuk mengidentifikasi apakah perubahan tersebut menghasilkan dampak positif atau negatif, jika energi dikonsumsi secara efisien [1], dalam konteks mana, dan siapa pemangku kepentingan yang terlibat. Jika transformasi seperti itu terjadi dalam industri, maka konteksnya akan difokuskan ke rantai produksi pabrik yang menjadi proses utama dalam sebuah industri. Selama bertahun-tahun, industri telah dipengaruhi oleh siklus teknologi yang berbeda yang telah menyebabkan dampak yang berbeda tidak hanya di industri tetapi juga di

masyarakat dan lingkungan. Revolusi Industri berdampak secara sosial, lingkungan, dan ekonomi dalam berbagai cara mulai dari mesin uap dan pabrik yang menandai dimulainya era modern produksi mekanis, hingga interkoneksi dan manajemen data yang menandai pabrik nyata / virtual [2].

Transformasi digital di era Industri 4.0 melalui penerimaan berbagai teknologi canggih, memungkinkan munculnya risiko baru dan dampak negatifnya terhadap perusahaan tidak dapat dihindari [3]. Resiko merupakan sesuatu yang mungkin berdampak di masa yang datang pada *capability* atau kemampuan organisasi dalam mencapai tujuan-tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya [4]. Ancaman potensial baru terhadap data inheren perusahaan meluncur melalui integrasi berbagai infrastruktur TI. Risiko ini termasuk serangan siber, spyware, malware, dan hilangnya data yang pada akhirnya dapat secara signifikan mempengaruhi berbagai proses pembuatan. Peretas dan pembajak dunia maya akan menyerang dokumentasi dan spesifikasi yang berkaitan dengan kegiatan manufaktur dan pemeliharaan [3].

Industry 4.0 (I4.0) harus dianalisis tidak hanya dari manfaat yang dapat dihasilkan oleh I4.0 untuk perusahaan yang memutuskan untuk mengimplementasikannya, tetapi juga dari dampak (positif atau negatif) yang dapat dihasilkan oleh implementasi tersebut bagi perusahaan, masyarakat, dan lingkungan. Banyak penulis memiliki visi dan perspektif yang berbeda tentang ruang lingkup I4.0 dan teknologinya, bahkan ada perbedaan antara penamaan dan pemilihan teknologi yang memungkinkan, dan kemungkinan masalah yang dapat disebabkan oleh penerapan teknologi baru tersebut ke dalam *shopfloor*. Untuk semua alasan ini, tinjauan lengkap diperlukan dalam konteks pemahaman tentang tantangan dan risiko teknologi baru I4.0 tersebut [5]. Pada penelitian ini akan diidentifikasi peluang dan risiko implementasi industri 4.0 pada perusahaan XYZ ditinjau dari aspek: *Connectivity, Vulnerability, Employment, Education, Financial dan Time*.

### II. IDENTIFIKASI RISIKO PT XYZ

Tujuan utama identifikasi risiko adalah menghasilkan daftar lengkap potensial risiko. Ini dilakukan atas dasar peristiwa yang dapat menurunkan, mencegah,

meningkatkan, menunda atau mempercepat proses pencapaian tujuan perusahaan yang diinginkan. Risiko operasional yang sudah ada terkait dengan area manufaktur di PT XYZ adalah adalah risiko yang terkait dengan:

1. Pemeliharaan
2. Sumber Daya Manusia
3. Material
4. Lingkungan permesinan
5. Metode operasional yang digunakan
6. Alat dan peralatan yang digunakan
7. Proses pembuatan yang digunakan.

Risiko potensial yang ada selanjutnya disertai dengan risiko baru yang muncul di era industri 4.0 melalui berbagai ancaman dan kerentanan terkait. Sumber utama risiko yang muncul di PT XYZ dengan penerapan industri 4.0 adalah sebagai berikut:

1. Kerangka kerja terintegrasi ruang cyber
2. Teknologi manufaktur canggih
3. Elemen kompleks
4. berbagai layanan outsourcing.

Keamanan informasi adalah salah satu alasan utama untuk berbagai risiko operasional di bidang manufaktur. Tantangan utama terletak pada melindungi lingkungan manufaktur dari berbagai serangan dunia maya. Pencegahan integritas data serta ketersediaan informasi adalah beberapa tantangan terkait lainnya. Tantangannya dapat dijawab melalui penerapan sistem manajemen keamanan informasi yang terutama digunakan oleh sektor TI [3].

Sistem manajemen informasi adalah semua tentang pemeliharaan kerahasiaan data yaitu, informasi terkait hanya dapat diakses oleh orang-orang yang telah diotorisasi. Saat ini, di PT XYZ sudah dilakukan dengan membatasi akses sesuai dengan peran dan tanggung jawabnya. Namun demikian, aspek penting lainnya yang telah disorot adalah ketersediaan data dan integritasnya. Ketersediaan memastikan bahwa personel yang berwenang memiliki akses ke informasi sebagaimana dan ketika diperlukan sementara di sisi lain integritas menandakan menjaga keakuratan data terkait dan karenanya kelengkapannya. Saat ini di PT XYZ belum ada aturan atau SOP yang mengatur bagaimana data disediakan dan dipertukarkan.

Oleh karena itu, ke depan sistem manajemen informasi harus mencakup fitur karakteristik standar ISO sehingga dapat menjadi sistem bersertifikat yang memenuhi persyaratan lingkungan, informasi, dan kualitas manajemen. Saat ini, hal tersebut sudah mulai dikembangkan oleh divisi TI PT XYZ melalui integrasi aplikasi melalui platform open source Joget, yaitu aplikasi Joget Workflow. Hal yang perlu perhatian bagi perusahaan adalah belum adanya bagian/unit kerja yang mengelola atau bertanggung jawab tentang sistem manajemen risiko perusahaan. Sebagai bagian dari rekomendasi dengan implementasi industri 4.0, sistem manajemen informasi harus memiliki kemampuan potensial untuk diintegrasikan

secara efektif ke dalam sistem Manajemen Risiko Perusahaan.

### III. PELUANG DAN RISIKO PT XYZ DALAM IMPELEMENTASI INDUSTRI 4.0

Industri 4.0 terdiri dari digitalisasi proses produktif di pabrik melalui sensor dan sistem informasi untuk mengubahnya dan membuatnya lebih efisien. Keberadaan industri 4.0 melalui digitalisasi dan penggunaan platform yang terhubung (IoT) dapat memberikan beberapa manfaat bagi PT XYZ sebagai berikut:

1. Adaptasi berkelanjutan terhadap permintaan industri
2. Mencakup kebutuhan pelanggan dengan cara yang lebih personal dan spesifik sesuai dengan keunggulan perusahaan saat ini
3. Menyediakan layanan penjualan yang lebih optimal
4. Perancangan dan produksi barang dalam waktu yang lebih jelas dan optimal.
5. Mempercepat waktu penjualan sehingga produk tidak harus disimpan di gudang terlalu lama.
6. Poduksi yang lebih singkat dan lebih menguntungkan dengan mempertimbangkan life cycle produk dari mulai desain sampai produk jadi.
7. Keuntungan dari informasi untuk analisis dan eksploitasi secara real-time

Tantangan yang berbeda yang akan dihadapi perusahaan dengan penerapan teknologi Industry 4.0 seperti Internet of Things pada saat pelaksanaannya, serta kemungkinan risiko internal dan eksternal yang akan diwakili oleh implementasi tersebut. Mengenai tantangan, investasi ekonomi yang harus dilakukan oleh perusahaan dan waktu yang diperlukan bagi perusahaan untuk mengadopsi teknologi baru itu adalah yang paling relevan. Mengenai risiko, pengangguran yang dihasilkan oleh penerapan teknologi baru dan kerentanan data karena manipulasi dan interkoneksi perangkat adalah yang paling relevan [5]. Berikut adalah peluang dan risiko yang di PT XYZ dalam Impelementasi Industri 4.0 ditinjau dari aspek: *Connectivity, Vulnerability, Employment, Education, Financial dan Time.*

TABEL I  
PELUANG DAN RISIKO IMPLEMENTASI INDUSTRI 4.0 PT XYZ

Aspek	Peluang	Risiko
Connectivity	Menerapkan sistem multi-sensing yang memungkinkan pengumpulan data dan proses pengambilan keputusan otomatis. Memastikan keterlacakan komponen di seluruh rantai nilai, aspek penentu untuk mengumpulkan	Permesinan memiliki ketergantungan teknologi yang sangat besar. Dengan demikian, kebutuhan mesin spesifik baru harus diidentifikasi dan dipenuhi sesegera mungkin.

Aspek	Peluang	Risiko
	informasi yang diperlukan dari setiap unit yang diproduksi. <b>Saat ini sedang di kembangkan melalui aplikasi Note-Js</b>	<b>Konsistensi data produksi dengan SAP dan aplikasi NoteJs.</b>
Vulnerability	Menghilangkan variabilitas untuk memastikan pengurangan kesalahan, cacat, dan kegagalan dalam proses pengiriman produk. <b>Saat ini produk cacat masih cukup banyak terjadi khususnya untuk produk packaging dan promotion. Selain itu, data produk cacat belum terintegrasi dengan SAP sehingga proses monitoring terhadap produk yang cacat masih bergantung pada operator yang menuliskan pada aplikasi Pro-ST (aplikasi inipun tidak terintegrasi dengan SAP).</b> Aplikasi Note-JS yang sedang dikembangkan akan menjadi salah satu solusi untuk permasalahan ini.	Tidak semua perusahaan dapat menyesuaikan diri dengan metode baru, karena alasan ini banyak industri menghadapi risiko menjadi usang karena perubahan yang cepat. Salah satu risiko yang saat ini menjadi perhatian adalah proses praktik manufaktur yang baik yang menjaga keselamatan dan kebersihan pelanggan. Oleh karena itu saat ini sedang dibangun <b>Ruang steril, atau cleanroom, sebagai ruang kedap di mana kontaminan, partikel, dan polutan yang ada di udara dikontrol secara internal. Ini sangat penting dalam industri plastik, PT XYZ mematuhi standar internasional tertinggi serta semua compliance yang ditetapkan untuk Perusahaan Multinasional (MNC) dalam Industri Fast Moving</b>

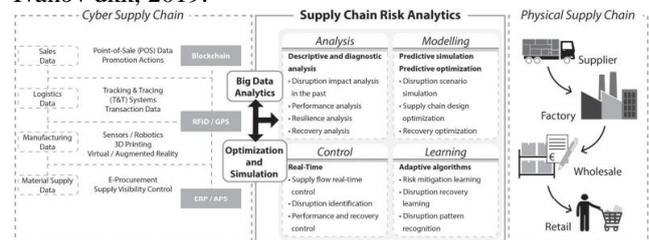
Aspek	Peluang	Risiko
		<b>Consumer Goods (FMCG).</b>
Employment	Industri 4.0 terdiri dari banyak teknologi baru, sehingga perusahaan membutuhkan pegawai profesional untuk implementasi Industri 4.0. <b>Saat ini pegawai yang memiliki kompetensi terkait untuk mendukung implementasi industri 4.0 sangat sedikit, sehingga peluang memberikan pelatihan atau melakukan rekrutasi pegawai sesuai kompetensi industri 4.0 sangat dimungkinkan</b>	Tenaga kerja dalam proses baru menuju Industri 4.0 perlu lebih terspesialisasi, dan tidak akan mudah untuk mengakses profil ini, yang juga membutuhkan remunerasi yang lebih tinggi. <b>Sehingga perusahaan memiliki risiko dengan dana operasional untuk gaji pegawai yang lebih besar. Selain gaji, kebutuhan pengeluaran untuk pelatihan dan sertifikasi juga perlu menjadi perhatian</b>
Education	Implementasi industri 4.0 membutuhkan keahlian khusus di banyak bidang teknologi. <b>Saat ini keahlian spesifik terkait 4.0 hanya ada di beberapa pegawai saja khususnya yang pernah melakukan bancmark ke perusahaan yang telah mengimplementasikan industri 4.0.</b> Peluang cukup terbuka untuk memberikan pemahaman melalui inhouse training dengan mengundang praktisi dan akademisi untuk memberikan wawasan kepada pegawai umumnya dan	Kemajuan baru yang tiba dengan Industri 4.0 dapat memperluas kesenjangan dan fragmentasi sosial, termasuk banyak pekerjaan yang hilang. <b>Saat ini sebagian besar pegawai yang terdampak dengan adanya industri 4.0 adalah pegawai kontrak. Risiko sosial terhadap keberadaan perusaan yang biasanya memanfaatkan tenaga kontrak untuk kebutuhan pekerjaan perlu</b>

Aspek	Peluang	Risiko
	<b>kepada BOD khususnya.</b>	<b>dipertimbangkan oleh perusahaan.</b>
Financial	Industri 4.0 akan menjadi sumber daya saing bagi industri dengan: biaya tenaga kerja, biaya energi, dan tingkat komitmen sosial. <b>Saat ini salah satu yang sedang dikembangkan oleh perusahaan adalah bagaimana efisiensi biaya energi dengan pengelolaan yang lebih baik.</b>	Akan ada keurangan teknologi dan perusahaan harus memperhitungkan dalam setiap proyek awal penghitungan ROI (Pengembalian Investasi), amortisasi investasi, di antara indikator keuangan lainnya. <b>Saat ini sebagian besar mesin produksi yang digunakan merupakan mesin produksi yang relatif baru (pembelian tahun 2009) namun demikian kebutuhan produksi yang lebih spesifik serta IML yang mumpuni, diperlukan antisipasi adanya risiko mesin yang digunakan tidak mumpuni untuk digunakan.</b>
Time	Implementasi banyak teknologi Industri 4.0 akan bervariasi dari jenis dan anggaran perusahaan. <b>Adanya anggaran atau investasi bagi industri 4.0 menjadi tantangan tersendiri bagi perusahaan saat ini. Hal ini disebabkan karena tidak adanya unit yang berperan dalam alokasi anggaran setiap tahunnya karena tidak ada perencanaan</b>	Beberapa perusahaan akan menghadapi masalah dan terlambat untuk implementasi industri 4.0. <b>Risiko ini dapat diminimalisir karena perusahaan saat ini menjadi salah satu pilot projet dari kementerian perindustrian RI untuk implementasi 4.0.</b>

Aspek	Peluang	Risiko
	<b>perusahaan yang sifatnya jangka panjang (masterplan bisnis dan masterplan TI)</b>	<b>Risiko yang perlu menjadi perhatian perusahaan adalah seberapa besar dukungan BOD khususnya Owner terkait implementasi perusahaan menuju 4.0.</b>

#### IV. ANALITIK RISIKO PADA RANTAI PASOK

Produk yang berkualitas tidak hanya ditentukan berdasarkan proses produksi tetapi pengadaan bahan baku dari supplier hingga proses *delivery on time* (Rantai Pasok) merupakan beberapa aspek yang tidak kalah penting. Berkembangnya konsep SCM perlu menjadi perhatian khusus bagi PT XYZ berkaitan dengan dampak dan risiko dari sebuah supply chain pada suatu perusahaan. Oleh karena itu, dapat memanfaatkan *digital supply chain risk analytics framework* yang diusulkan dalam penelitian Ivanov dkk, 2019.



Gambar. 1 Digital SC risk analytics framework [6]

Dalam penelitian [6] disebutkan bahwa Industri 4.0 mempengaruhi pengembangan paradigma, prinsip, dan model baru dalam manajemen rantai pasokan (SCM). Internet of Things (IoT), sistem fisik cyber, dan produk yang cerdas dan terhubung, memfasilitasi pengembangan rantai pasokan digital (SC) dan operasi cerdas [7]–[13]. Identifikasi klasifikasi berbagai teknologi digital dan dampaknya terhadap manajemen rantai pasok (SCM) meliputi [14]–[26].

1. Big data analytics (BDA)
2. Teknologi manufaktur canggih dengan sensor
3. Kontrol terdesentralisasi yang digerakkan oleh agent
4. Robot canggih
5. Augmented reality
6. Teknologi pelacakan dan penelusuran canggih
7. Manufaktur aditif

Perencanaan dan penjadwalan produksi, *tracing* produk, identifikasi kegagalan produksi, optimasi kinerja mesin produksi, *predictive maintenance*, dan optimasi rute

pengiriman, merupakan salah satu contoh bentuk penerapan simulasi dan optimasi sebagai dampak industri 4.0. Selain itu, penggunaan utama metode optimasi dan simulasi juga dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan. Berbagai sumber penghasil data yang ada digunakan perusahaan seperti sistem ERP, RFID, sensor, dan data yang berasal dari media sosial dengan algoritma pembelajaran mesin dan analitik big data dapat dimanfaatkan untuk mendapatkan pengetahuan sebagai dasar pengambilan keputusan pada manajemen rantai pasok.

## V. KESIMPULAN

Kemunculan industri 4.0 diharapkan membawa banyak manfaat bagi penciptaan nilai industri. Namun demikian, risiko yang berkaitan dengan implementasinya di industry perlu diidentifikasi sejak awal. Aspek connectivity, vulnerability, employment, education, financial dan time perlu diidentifikasi bagi perusahaan pada saat akan mengadopsi sebuah teknologi sebagai dampak keharusan untuk menuju industri 4.0. Perusahaan XYZ saat ini sedang menerapkan konsep industri 4.0 pada sebagian besar proses utama khususnya proses produksi. Hasil identifikasi peluang dan risiko implementasi industri 4.0 pada PT XYZ menunjukkan perlu adanya serangkaian perbaikan berkelanjutan. Hal ini dilakukan sebagai upaya menghadapi dampak yang mungkin muncul akibat risiko yang terjadi pada saat implementasi industri 4.0. PT XYZ juga dapat memanfaatkan kerangka analitik risiko pada rantai pasok berkaitan dengan dampak dan risiko dari sebuah supply chain pada suatu perusahaan.

## REFERENSI

- [1] D. Mora, M. Taisch, dan A. W. Colombo, "Towards an energy management system of systems: An industrial case study," dalam *IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference)*, 2012, hlm. 5811–5816. doi: 10.1109/IECON.2012.6389588.
- [2] K. Schwab, "The Fourth Industrial Revolution, by Klaus Schwab | World Economic Forum," *World Economic Forum*, 2017, doi: 978-1-5247-5886-8.
- [3] K. Kumar, D. Zindani, dan J. P. Davim, *Industry 4.0 Developments towards the Fourth Industrial Revolution*. 2019.
- [4] Heru Nugroho, "Analisis Manajemen Risiko Teknologi Informasi Menggunakan Kerangka Kerja COBIT 4.1," dipresentasikan pada Konferensi Nasional ICT-M Politeknik Telkom (KNIP) 2012, 2012.
- [5] D. O. M. Sanchez, "Sustainable development challenges and risks of industry 4.0: A literature review," dalam *Global IoT Summit, GIOTS 2019*, 2019, hlm. 1–6. doi: 10.1109/GIOTS.2019.8766414.
- [6] D. Ivanov, A. Dolgui, dan B. Sokolov, "The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics," *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 3, hlm. 829–846, 2019, doi: 10.1080/00207543.2018.1488086.
- [7] M. Fazili, U. Venkatadri, P. Cyrus, dan M. Tajbakhsh, "Physical Internet, conventional and hybrid logistic systems: a routing optimisation-based comparison using the Eastern Canada road network case study," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1285075.
- [8] Y. Liao, F. Deschamps, E. de F. R. Loures, dan L. F. P. Ramos, "Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- [9] T. Qu dkk., "System dynamics analysis for an Internet-of-Things-enabled production logistics system," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2016.1173738.
- [10] F. Strozzi, C. Colicchia, A. Creazza, dan C. Noè, "Literature review on the 'smart factory' concept using bibliometric tools," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2017.1326643.
- [11] H. Tran-Dang, N. Krommenacker, dan P. Charpentier, "Containers monitoring through the Physical Internet: a spatial 3D model based on wireless sensor networks," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2016.1206220.
- [12] Y. Yang, S. Pan, dan E. Ballot, "Innovative vendor-managed inventory strategy exploiting interconnected logistics services in the Physical Internet," *International Journal of Production Research*, 2017, doi: 10.1080/00207543.2016.1275871.
- [13] S. Minner, D. Battini, dan D. Çelebi, "Innovations in production economics," *International Journal of Production Economics*, 2017, doi: 10.1016/j.ijpe.2017.10.017.
- [14] S. I. Shafiq, C. Sanin, E. Szczerbicki, dan C. Toro, "Virtual engineering object/virtual engineering process: A specialized form of cyber physical system for industrie 4.0," *Procedia Computer Science*, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.08.166.
- [15] R. Addo-Tenkorang dan P. T. Helo, "Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review," *Computers and Industrial Engineering*, 2016, doi: 10.1016/j.cie.2016.09.023.
- [16] R. G. Richey, T. R. Morgan, K. Lindsey-Hall, dan F. G. Adams, "A global exploration of Big Data in the supply chain: Global exploration of Big Data," *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 2016, doi: 10.1108/IJPDLM-05-2016-0134.
- [17] T. D. Oesterreich dan F. Teuteberg, "Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry," *Computers in Industry*, 2016, doi: 10.1016/j.compind.2016.09.006.
- [18] S. Schrauf dan P. Bertram, "Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused," 2016.
- [19] A. Gunasekaran dkk., "Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance," *Journal of Business Research*, 2017, doi: 10.1016/j.jbusres.2016.08.004.
- [20] A. Gunasekaran, M. Kumar Tiwari, R. Dubey, dan S. Fosso Wamba, "Big data and predictive analytics applications in supply chain management," *Computers and Industrial Engineering*, 2016, doi: 10.1016/j.cie.2016.10.020.
- [21] T. Nguyen, L. ZHOU, V. Spiegler, P. Ieromonachou, dan Y. Lin, "Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review," *Computers and Operations Research*, 2018, doi: 10.1016/j.cor.2017.07.004.
- [22] M. Moghaddam dan S. Y. Nof, "Collaborative service-component integration in cloud manufacturing," *International Journal of Production Research*, 2018, doi: 10.1080/00207543.2017.1374574.
- [23] E. Hofmann dan M. Rüsçh, "Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics," *Computers in Industry*, 2017, doi: 10.1016/j.compind.2017.04.002.
- [24] T. M. Choi, S. W. Wallace, dan Y. Wang, "Big Data Analytics in Operations Management," *Production and Operations Management*, 2018, doi: 10.1111/poms.12838.
- [25] A. Gunasekaran, Y. Y. Yusuf, E. O. Adeleye, dan T. Papadopoulos, "Agile manufacturing practices: the role of big data and business analytics with multiple case studies," *International Journal of Production Research*, 2018, doi: 10.1080/00207543.2017.1395488.
- [26] M. Ben-Daya, E. Hassini, dan Z. Bahroun, "Internet of things and supply chain management: a literature review," *International Journal of Production Research*, 2019, doi: 10.1080/00207543.2017.1402140.