

VOSviewer: Bibliometric Analysis Tools for Industry 4.0 and Supply Chain

Bambang Niko Pasla¹, Evi Frimawaty², Iskandar Nasution³, Muhammad Dianto⁴, Rangga Almahendra⁵, Ika Sasti Ferina⁶

^{1,3,4}Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Provinsi Jambi, Jambi, Indonesia

²Universitas Indonesia, Jakarta Pusat, Indonesia

⁵Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

⁶Universitas Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Corresponding author email: b_niko_p@jambiprov.go.id

received: 09-09-2022, review: 23-09-2022, accepted: 08-11-2022

Abstract—Introduction/Main Objectives: Application of industry 4.0 to support the supply chain in manufacturing by using information and communication technology, a company can optimize integration into the environment, increase production capacity and capabilities, and increase customer value in facing the world of competition in the current era of globalization. The primary purpose of this study is to determine the extent of research on the application of industry 4.0 in the supply chain. **Background Problems:** Business competition in the manufacturing sector is getting faster and more dynamic. An organization must adapt to environmental changes to innovate to produce a more efficient production system by combining industrial 4.0 technology in a sustainable supply chain by optimizing resources, set-up time, labour costs, materials, production, and product design. **Novelty:** There is a research gap on logistics and warehouse variables that are not directly connected to industry 4.0 and supply chain management. **Research Methods:** The method used is a literature review, using bibliometric analysis of the VOSviewer application with data sourced from Scopus. **Finding/Results:** Found 155 research articles from 2015 to 2022, each year showing significant growth, especially a spike in 2020 to 2021, with 34 research articles. **Conclusion:** Scientific research related to the application of industry 4.0 in the supply chain in the field of engineering from 2015 to 2022 is increasing, with the direction of research being concentrated on the topic of circular economy, sustainability, cyber-physical system, smart manufacturing, internet of things, block chain, big data, and digitalization.

Keywords: VOSviewer; Revolusi industri; Bibliometric analysis tools; Block chain; Literature review on

Abstrak—Pendahuluan/Tujuan Utama: Penerapan *industry 4.0* untuk mendukung *supply chain* di bidang manufaktur dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi, suatu perusahaan dapat mengoptimalkan integrasi terhadap lingkungan, meningkatkan kapasitas dan kemampuan produksi, dan meningkatkan nilai pelanggan dalam menghadapi dunia persaingan di era globalisasi saat ini. Tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana penelitian yang telah dilakukan terkait penerapan *industry 4.0* pada *supply chain*. **Latar Belakang Masalah:** Persaingan bisnis di bidang manufaktur semakin cepat dan dinamis. Suatu organisasi harus mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan agar dapat berinovasi menghasilkan sistem produksi menjadi lebih efisien dengan menggabungkan teknologi *industry 4.0* pada *supply chain* berkelanjutan dengan mengoptimalkan sumber daya, waktu set up, biaya tenaga kerja, materi, produksi dan disain produk. **Kebaruan:** Terdapat gap penelitian terhadap variabel logistik dan pergudangan yang belum secara langsung terhubung dengan *industry 4.0* dan *supply chain management*. **Metode Penelitian:** Metode yang digunakan adalah literatur review, menggunakan analisis bibliometrik aplikasi VOSviewer dengan data bersumber dari Scopus. **Temuan/Hasil:** Ditemukan 155 artikel penelitian dari tahun 2015 sampai tahun 2022, setiap tahun menunjukkan pertumbuhan yang signifikan terutama terjadi lonjakan pada tahun 2020 sampai 2021 dengan jumlah artikel penelitian sebanyak 34 artikel. **Kesimpulan:** Penelitian ilmiah terkait penerapan *industry 4.0* pada *supply chain*, bidang *engineering* dari tahun 2015 sampai tahun 2022 semakin meningkat dengan arah penelitian terkonsentrasi pada topik *circular economy*, *sustainability*, *cyber-physical system*, *smart manufacturing*, *internet of things*, *block chain*, *big data*, dan *digitalization*

Kata kunci: VOSviewer; Revolusi industri; Alat analisis bibliometrik; Block chain; Literature review on

1. PENDAHULUAN

Globalisasi mempengaruhi semua tatanan perusahaan yang ada di negara maju maupun negara berkembang, perusahaan menginginkan kondisi lingkungan *sustainable supply chain* baik dari segi ekonomi (Silva et al. 2020), lingkungan (Clift et al. 2017; Batista et al. 2018; Ghadge et al. 2019), dan sosial (Yawar et al. 2015; Khalid et al. 2019; Lashitew et al. 2021). Perusahaan dengan sistim produksi tradisional masih menggunakan sistim model ekonomi linear dimana model tersebut tidak cocok diterapkan pada perusahaan moderen akan menghasilkan limbah dalam jumlah besar (Vachon, 2007; Golghate et al. 2012), dan akan menguras sumber daya alam yang tersedia lambat laun akan menjadi langka dan juga dapat berdampak pada pencemaran lingkungan (Green et al. 2012; Wu et al. 2015; Scur et al. 2017; Rong and Xu. 2020; Dong et al. 2021; Haiyun et al. 2021). Pemanasan global dan perubahan keragaman hayati membawa dampak akan bencana dimasa akan datang. *Industry 4.0* membuat sistim produksi menjadi lebih efisien, efektif, dan berkelanjutan merupakan terobosan besar industri dengan menggabungkan objek fisik dan teknologi digital seperti *the internet of people* (IoP) (Ghobakhloo, 2018), *internet of thing* (IoT) (Feldmann et al. 2010; Boyes et al. 2018; Tran-Dang et al. 2021), *cyber physical system* (CPS) (Gružauskas et al., 2018; Ud Din et al. 2021; Mrugalska et al. 2021; Lyu et al., 2021), *big data analytic* (BDA) (Ghobakhloo, 2018), *block chain* (BC) (Schwab. 2018; Saberi et al. 2018), *additive manufacturing* (AM) (Mellor et al. 2014; Tjahjono et al. 2017; Verboeket and Krikke 2019), *cloud computing* (CC) (Hofmann et al. 2017; Stergiou et al. 2018), *augmented reality* (AR) (Yew et al. 2016), *automation* (AU) (Lu et al. 2017; Mastos et al. 2020), *simulation* (SI) (Xu et al. 2017), *robotic* (RO) (Schwab, 2018; Duong et al. 2020), *semantic technologies* (STs) (Vujasinovic et al. 2009; Janssen et al. 2010) yang akan berdampak terhadap produktivitas dan fleksibilitas dimana teknologi *industry 4.0* dapat mengurangi waktu *set up*, biaya tenaga kerja, material, produksi dan desain (Schroeder et al. 2019; Koh et al. 2019; Fatorachian et al. 2021). *Supply chain* yang berkelanjutan dapat lebih dioptimalkan dengan menerapkan teknologi *industry 4.0* (Relich, 2017; Felsberger, 2022). Adapun tujuan utama dari penelitian ini untuk mengetahui sejauh mana penelitian yang telah dilakukan terkait aplikasi

industry 4.0 pada *supply chain* dengan menggunakan suatu pendekatan metode *literature review* (de Rijcke et al. 2016), menggunakan analisa bibliometrik (Waltman et al. 2010) pada perangkat lunak VOSviewer (van Eck et al. 2010; Bartol et al. 2013; Aria et al. 2017).

2. TINJAUAN LITERATUR

2.1 Rantai Pasokan

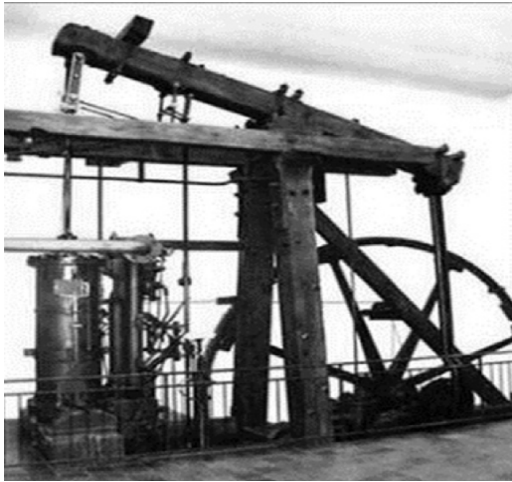
Persaingan di pasar global yang semakin kompetitif, suatu organisasi memerlukan manajemen proses yang efektif dan efisien. Chopra dan Meindl (2010) mendefenisikan *supply chain* terdiri dari semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. Ada berbagai tahapan yang terlibat dalam *supply chain* seperti pemasok, produser, distributor, pengecer, dan konsumen. Istilah rantai lebih tepat digambarkan sebagai jaringan yang luas yang saling berkaitan antar pihak karena ada keterikatan bisnis dengan tujuan agar proses produksi dari hulu sampai hilir, dan informasi dapat memberikan nilai tambah bagi pelanggan dan semua pemangku kepentingan yang terlibat dalam *supply chain* (Akkermans et al. 2003; Smith et al. 1999, Haddud et al. 2017). Teknologi *industry 4.0* memiliki dampak positif pada *supply chain* (Addo-Tenkorang & Helo, 2016, Scuotto et al. 2017, Ghadimi et al. 2019), dengan mewujudkan nilai manfaat tapi juga terdapat tantangan dari segi investasi teknologi yang membutuhkan biaya yang tinggi untuk mempersiapkan infrastruktur teknologi pada *supply chain* dan juga sumber daya manusia yang membutuhkan pelatihan dan perekrutan karyawan baru dengan keahlian khusus.

2.2 Revolusi Industri

2.2.1 Industri 1.0

Revolusi industri 1.0 dimulai di negara Inggris pada tahun 1760 ketika mesin uap ditemukan oleh James watt. Thomas savery (1698) dan Thomas newcomen (1712) juga mengembangkan mesin uap, yang mengubah bidang manufaktur secara menyeluruh yang disebut revolusi industri 1.0. Revolusi industri menyebar ke berbagai belahan dunia seperti negara belgia, perancis, dan Amerika Serikat pada tahun 1980. Ada tiga faktor utama penyebab revolusi industri 1.0, yaitu: pertanian, peningkatan populasi, dan keunggulan Inggris Raya yang mempengaruhi negara seluruh dunia. Dengan ditemukannya mesin uap dalam proses produksi menjadi sejarah yang sangat penting saat itu karena sebelumnya manusia hanya mengandalkan tenaga

manusia, tenaga air, dan tenaga angin (Demir et al. 2017; Kharb, 2018; Kiran 2019)



Sumber: Kiran (2019)

2.2.2 Industri 2.0

Awal abad ke-20 ketika tenaga listrik banyak digunakan sebagai pengganti tenaga uap, dengan dimulainya pengenalan penerangan listrik pada tahun 1882, motor listrik sebagai pemancar daya yang ekonomis dan handal menjadi kebutuhan dasar hampir disemua sektor industri di negara maju. Pada pertengahan abad ke 20, tenaga listrik memonopoli penggunaannya untuk pembangkit tenaga, era ini disebut sebagai industri 2.0. Mobil mulai diproduksi secara massal, dipabrik mobil setiap komponen dirakit dari awal sampai akhir tapi proses ini memiliki kelemahan yaitu perakitan dilakukan secara paralel secara bersamaan dan membutuhkan banyak tenaga pekerja dan keahlian khusus dibidangnya (Demir et al. 2017; Kharb, 2018; Kiran, 2019).

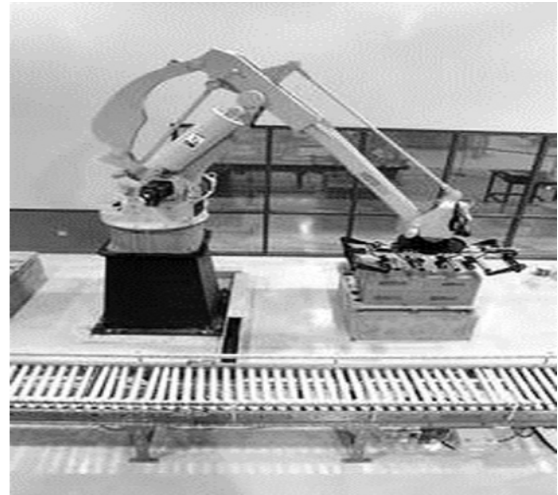


Sumber: Kiran (2019)

2.2.3 Industri 3.0

Mengacu pada paruh kedua abad ke-20 yang melibatkan penggunaan teknologi informasi dan

elektronik dalam sistem produksi, seperti yang digunakan saat ini. Pada tahap ini, ketika manufaktur terintegrasi dengan komputer (CIM) yang melibatkan perangkat lunak komputer dengan menggunakan aplikasi untuk mengontrol seluruh produksi baik tahap pengembangan maupun adaptasi secara global, masa ini disebut industri 3.0 (Demir et al. 2017; Kharb, 2018; Kiran, 2019)



Sumber: Kiran (2019)

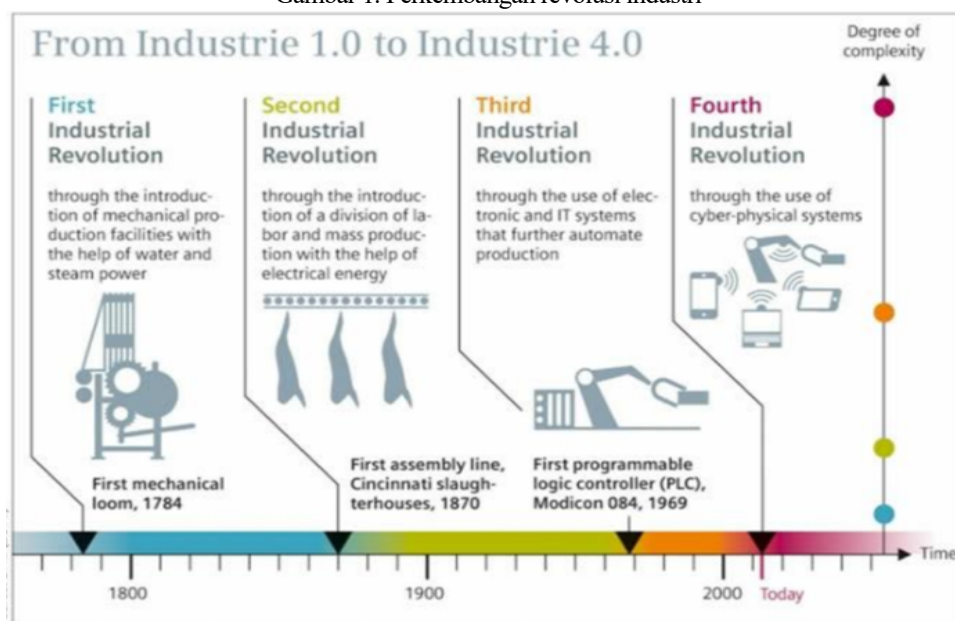
2.2.4 Industri 4.0

Secara keseluruhan, revolusi industri 4.0 digambarkan sebagai sosioteknik baru terbagi dalam dua kompoen utama, *front end* dan teknologi dasar (de Paula et al. 2020). Dimensi front end mencakup kerja cerdas, produk cerdas, *supply chain* cerdas, dan manufaktur cerdas (Tortorella et al. 2017; Bai et al. 2020). Sedangkan dimensi teknologi dasar meliputi layanan *cloud*, *internet of things*, *big data* dan *analytic*. Manufaktur cerdas terdiri dari pemantaua waktu, pemrosesan data, modul manufaktur, dan *big data* yang memungkinkan perusahaan lebih kompetitif melalui sistem pelacakan, penilaian material, manajemen efisiensi energi, dan pemeliharaan (Tao et al. 2018; Sony et al. 2019; Aghamohammadzadeh et al. 2020; Ghadge et al. 2022). Teknologi *industry 4.0* dapat meningkatkan kinerja *supply chain* ketika dikombinasikan satu sama lainnya (Hahn. 2019; Junge. 2019). Manfaat umum mengaplikasikan *industry 4.0* pada *supply chain* sebagai berikut: mengoptimalkan, integrasi, lingkungan yang lebih baik, dan meningkatkan nilai pelanggan. Optimasi *supply chain* memfasilitasi pengorganisasian dan berkontribusi peningkatan skalabilitas, inovasi, produktivitas, kualitas operasi, dan efisiensi (Strandhagen et al. 2017; Fatorachian et al. 2020b). *industry 4.0* menyediakan *supply chain* dengan

konektibilitas, transparansi, dan keterlacakan berdasarkan waktu nyata informasi, hal tersebut dapat mendukung pengambilan keputusan dan perencanaan, meningkatkan antisipasi sebelum terjadi masalah (Krykavskyy et al. 2019). *Industry 4.0* memungkinkan integrasi dengan meningkatkan kecerdasan, transparansi, konektivitas ditingkat *supply chain*, fasilitasi aliran material, dan mengurangi transaksi biaya mendorong kolaborasi diantara pelaku *supply chain* (Winkelhaus et al. 2019; Sharma, 2021). *Industry 4.0* berkontribusi pada munculnya *green supply chain* karena

meningkatkan daur ulang, mengurangi konsumsi energi dan sumber daya alam, dan mengurangi limbah (Bär et al. 2018; Jin et al. 2021; Le et al. 2022). Gambar 1 merupakan sejarah revolusi industri dari *industry 1.0* sampai menjadi *industry 4.0*. Sebelum produksi untuk tujuan komersial, sistem produksi masih menggunakan tangan dan peralatan sangat sederhana hingga terjadi perubahan secara signifikan dimana sistem produksi sudah ke arah komersial dalam skala besar menggunakan mesin dan teknologi baru yang sekarang disebut *industry 4.0*.

Gambar 1. Perkembangan revolusi industri



Sumber: K harb (2018)

3. METODE

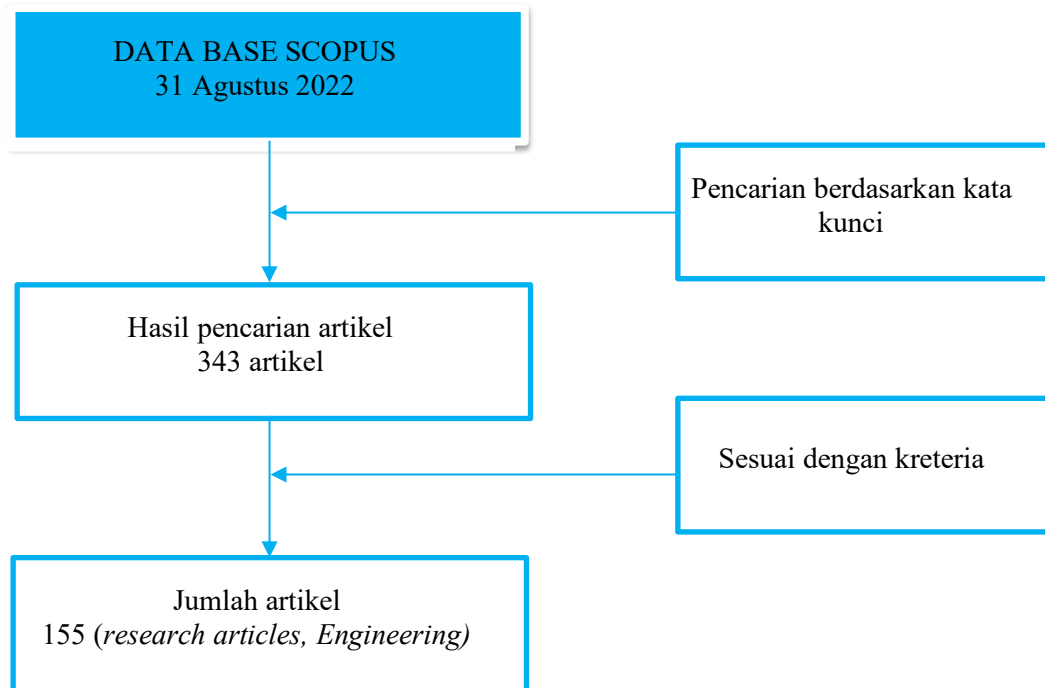
Metode yang dipergunakan untuk menjawab tujuan utama penelitian ini dengan menggunakan metodologi *literature review*, dengan analisa bibliometrik, data bersumber dari data base scopus (www.scopus.com) pada tanggal 31 Agustus 2022. Penelusuran artikel menggunakan kata kunci *industry 4.0* dan *supply chain* dengan rentang waktu tahun 2010 sampai dengan tahun 2022, tapi artikel hanya ditemukan dari tahun 2015 sampai dengan tahun 2022. Pencarian artikel menggunakan kata kunci dengan persamaan berikut: ("*Industry 4.0 AND Supply chains*"), artikel penelitian harus dikategorikan sebagai riset artikel bukan review artikel dan lain-lainnya, dengan subjek area di bidang *engineering*.

4. HASIL dan PEMBAHASAN

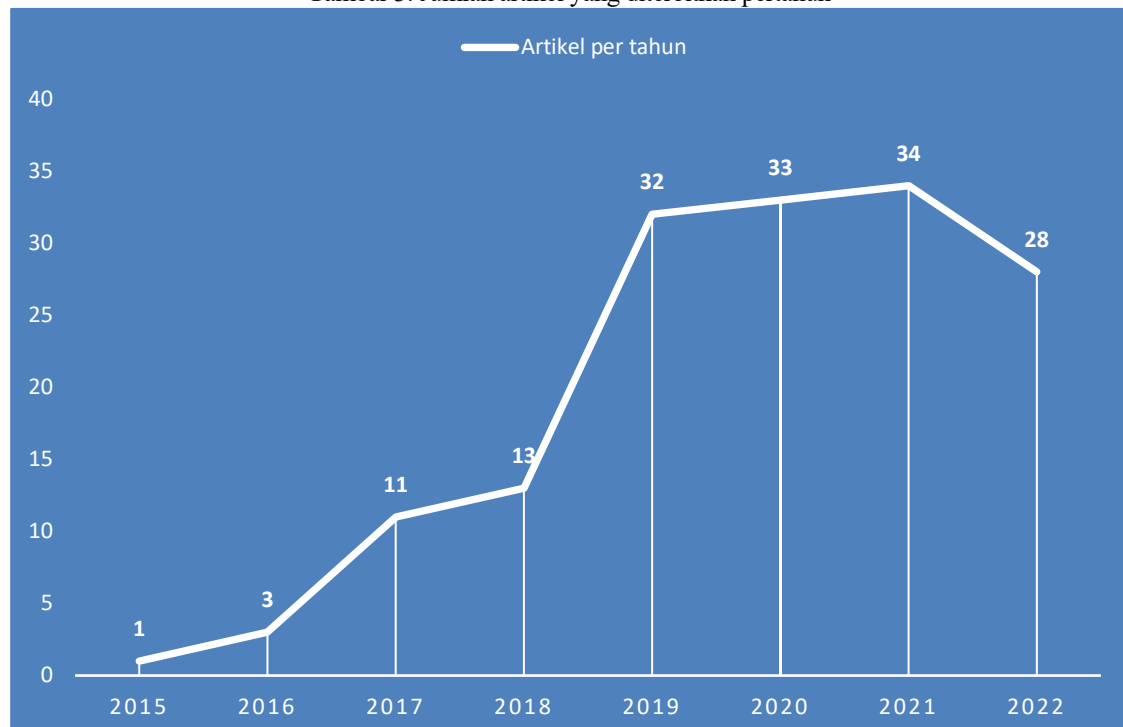
4.1 Ringkasan Data

Gambar 2 merupakan alur proses pencarian dan seleksi artikel penelitian yang ditemukan di data base scopus (www.scopus.com), sesuai dengan kriteria tujuan dari penelitian. Ditemukan 343 artikel penelitian dari tahun 2015 sampai tahun 2022, hanya 155 artikel yang masuk dalam kriteria penelitian. Distribusi publikasinya ditampilkan pada gambar 4, dimana publikasi artikel terbanyak oleh *procedia manufacturing* dengan jumlah 37 artikel penelitian. Berdasarkan gambar 3, tren penelitian setiap tahunnya menunjukkan pertumbuhan signifikan dengan level tertinggi antara tahun 2020 dan 2021, dengan jumlah artikel sebanyak 34 dari 155 artikel penelitian.

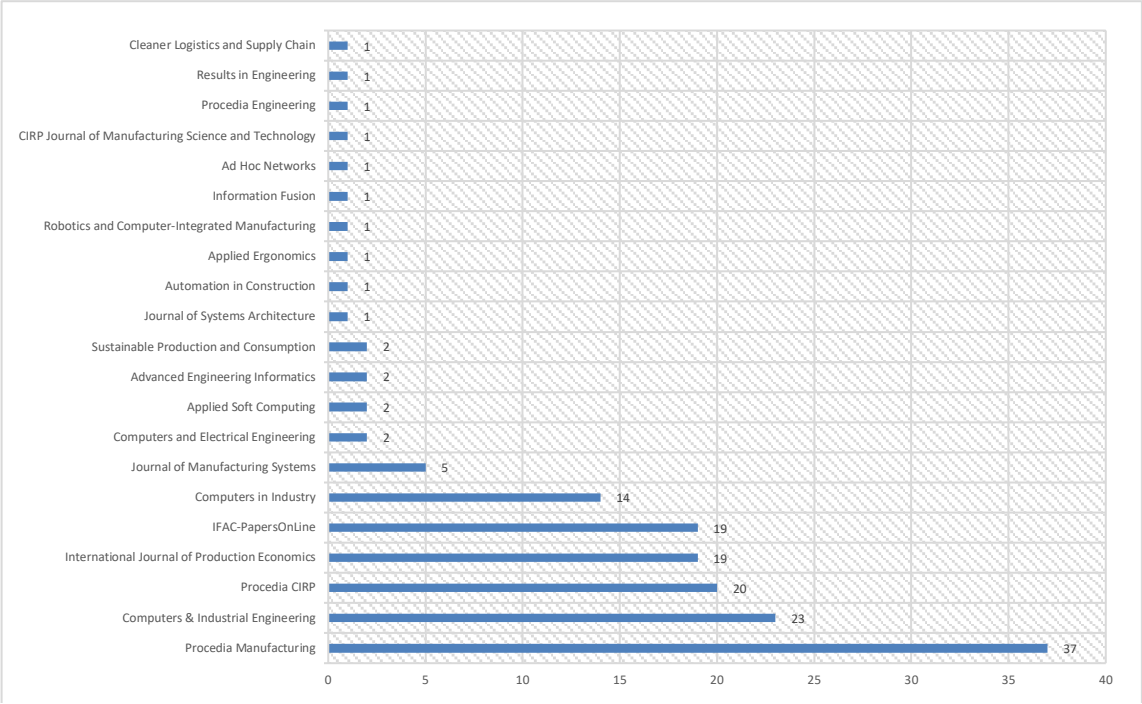
Gambar 2. Proses pencarian dan seleksi artikel penelitian



Gambar 3. Jumlah artikel yang diterbitkan pertahun



Gambar 4. Distribusi publikasi artikel

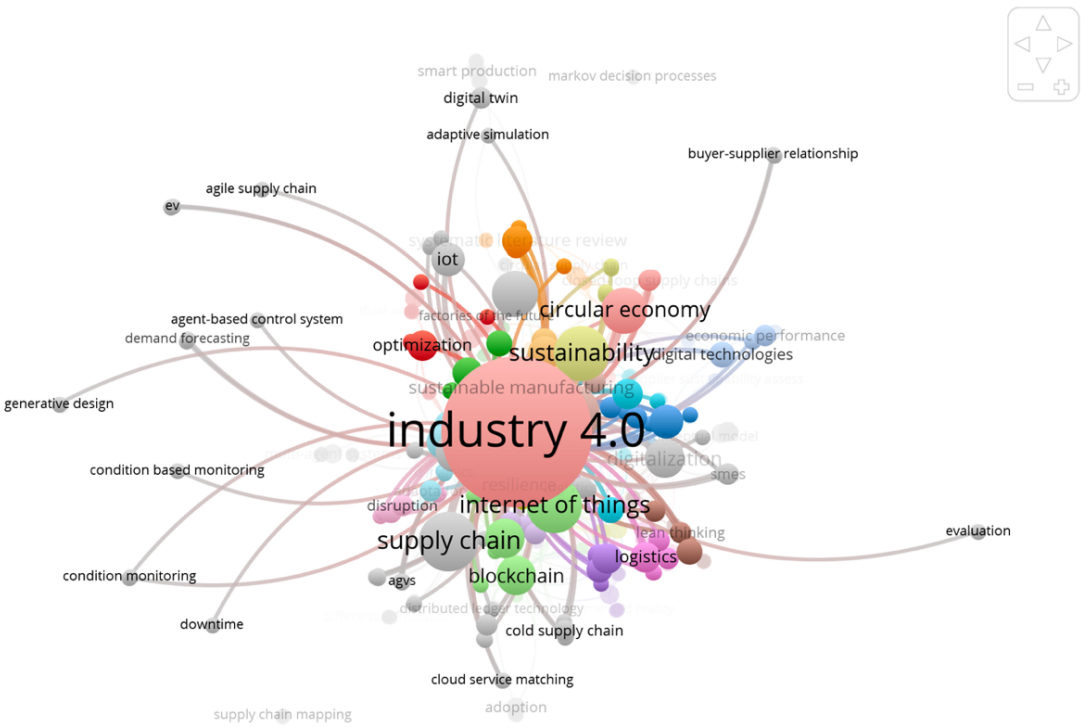


4.2 Analisis Bibliometrik

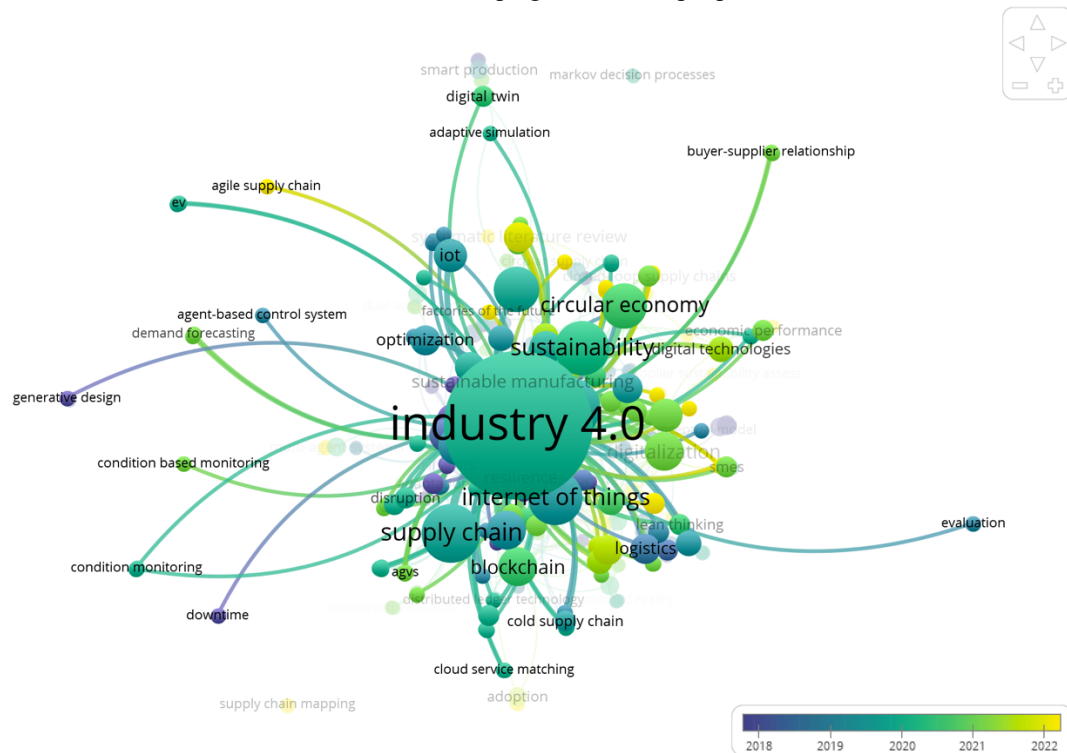
Analisa bibliometrik menggunakan aplikasi perangkat lunak VOSviewer yang memungkinkan peneliti menganalisa kejadian kemunculan kata kunci untuk membuat peta jaringan berdasarkan data yang didapat. Pada gambar 5, menampilkan kejadian kemunculan kata kunci dan kata kunci yang paling menonjol dari tahun 2015 sampai

tahun 2022 sebagai berikut: *circular economy, sustainability, cyber physical system, smart manufacturing, internet of things, block chain, big data dan digitalization*. Hal tersebut menunjukkan penelitian terkait penerapan *industry 4.0* pada *supply chain* lebih terkonsentrasi pada topik-topik tersebut

Gambar 5. Kejadian kemunculan kata kunci



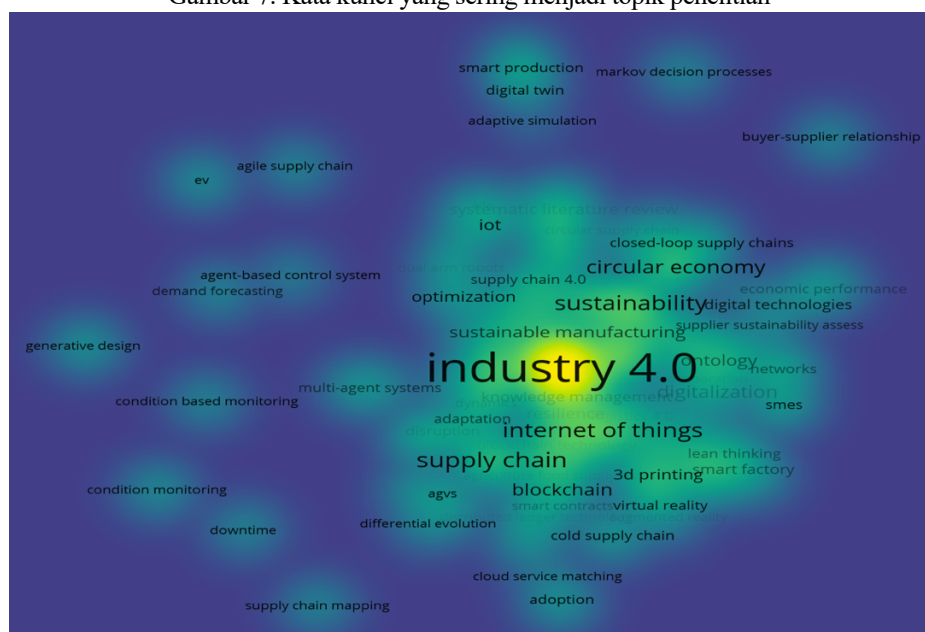
Gambar 6. Visualisasi pergeseran tren topik penelitian



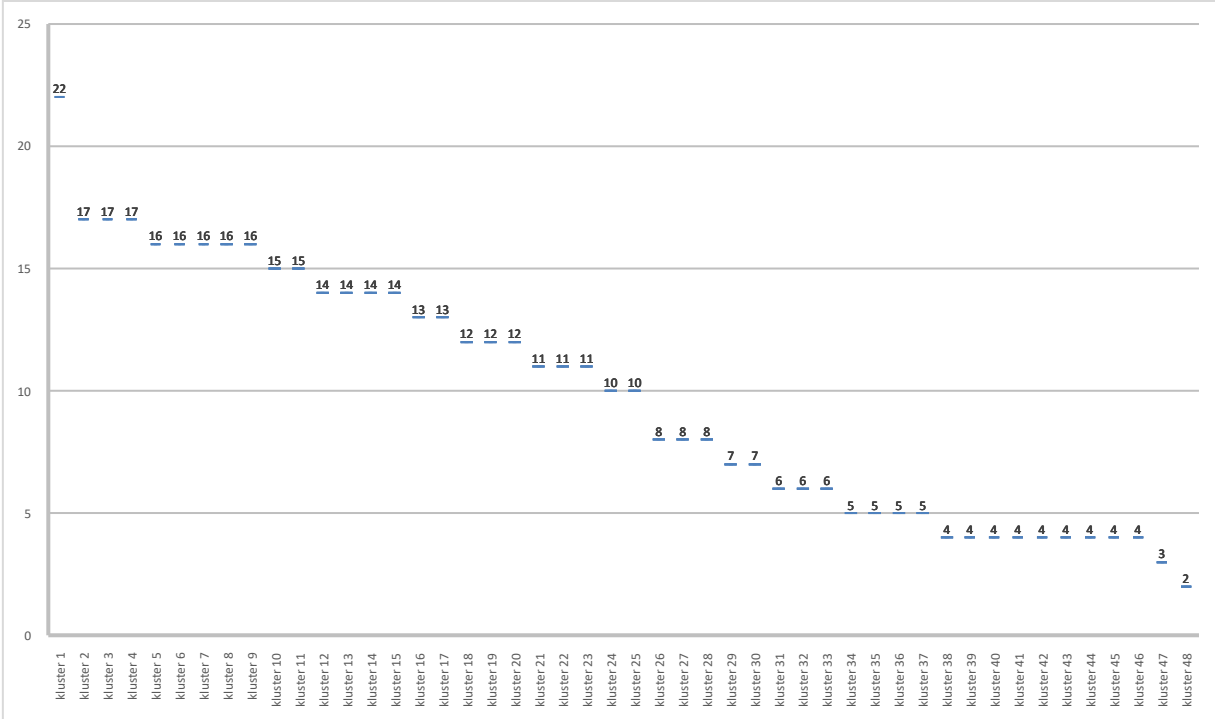
Sedangkan pada gambar 7, menunjukkan visualisasi pergeseran tren topik penelitian dari tahun 2018 sampai tahun 2022, dengan visualisasi pergeseran warna ungu ke warna kuning. Tren penelitian tahun 2020 sampai dengan tahun 2022 terfokus pada topik *block chain*, *circular economy*, *digitalization*, *3d printing*, *industry 4.0 technologies*, dan *environmental sustainability*. Pada gambar 8, semakin terang warna kuningnya, hal tersebut menunjukkan bahwa penelitian pada topik tersebut

telah sering dilakukan oleh para peneliti dari berbagai dunia, seperti topik: *industry 4.0*, *supply chain*, *internet of things*, *sustainability*, *sustainable manufacturing*, *circular economy*, *closed-loop supply chains*, *3d printing*, *block chain* dan lain-lainnya. Hasil pencarian di data base scopus berdasarkan rumus persamaan kata kunci ("*Industry 4.0 AND Supply chain*"), ditemukan 471 kejadian kemunculan kata kunci yang muncul terbagi menjadi beberapa 48 kluster (gambar 9).

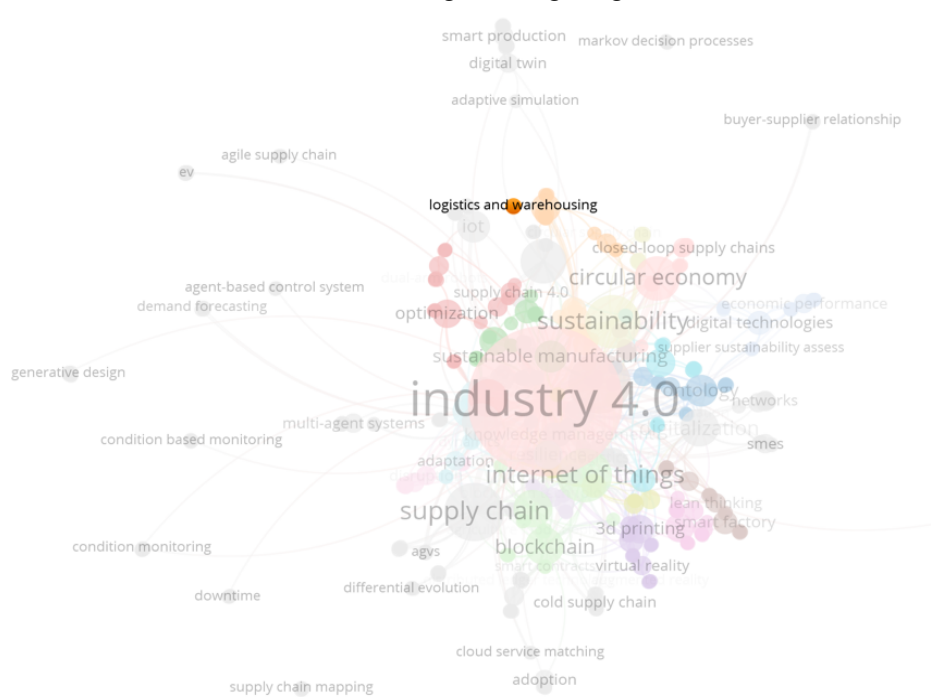
Gambar 7. Kata kunci yang sering menjadi topik penelitian



Gambar 8. Jumlah kata kunci berdasarkan kluster



Gambar 9. Logistik dan gudang



Penelitian tentang logistik dan gudang tumbuh sangat cepat dalam hal penelitian tapi belum ada penelitian yang meneliti secara langsung hubungan *industry 4.0* dengan logistik dan gudang (gambar 9). Isu dan tantangan saat menerapkan *industry 4.0* pada gudang sangat tergantung pada perangkat internet seperti IoT, GPS, pasokan listrik dan lain-lainnya. Jika salah satu perangkat ini tidak berfungsi

dengan baik, gangguan akan terjadi diseluruh jaringan *supply chain* yang akan menghentikan seluruh kegiatan dan menyebabkan kerugian finansial (Nantee et al. 2021). Penerapan *industry 4.0* masih sangat sedikit karena masih banyak gudang yang tidak menerapkan teknologi terutama gudang skala menengah dan kecil, banyak perusahaan tidak tertarik untuk menginvestasikan

teknologi karena faktor sosial seperti kesehatan manusia dan kelelahan karyawan di beberapa negara berkembang hal tersebut tidak dianggap penting (Dolgui et al. 2021), gudang kecil dan menengah menghadapi tantangan lebih lanjut dalam mengadopsi proses *supply chain* yang cerdas dan berkelanjutan (Upadhyay et al. 2021), kurang minatnya manajemen puncak (Gružauskas et al. 2018), implementasi *industry 4.0* akan menyebabkan terjadinya PHK masal dan kenaikan tagihan biaya listrik (Dusadeerungsikul et al., 2021; Ding et al. 2020).

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis bibliometrik dengan aplikasi VOSviewer, penelitian terkait penerapan *industry 4.0* pada *supply chain* bidang *engineering* dari tahun 2015 sampai tahun 2022, mengalami kenaikan yang cukup signifikan dengan topik penelitian terkonsentrasi pada *circular economy*, *sustainability*, *cyber physical system*, *smart manufacturing*, *internet of things*, *block chain*, *big data* dan *digitalization*, dengan tren penelitian dari tahun 2020 sampai tahun 2022 lebih ke arah *Sustainability*, *circular economy*, *block chain*, *digitalization*, *3d printing* dan *digital technologies*. Masih banyak perusahaan menghadapi kesulitan dalam transisi ke *industry 4.0* dengan tantangan sebagai berikut: keamanan dan privasi data, integrasi berbagai sumber data, pembiayaan, timbulnya kompleksitas manajemen, meruntuhkan struktur dan proses yang sudah mapan berjalan, mengimplementasikan tanpa mengurangi operasi yang ada, menjaga integritas dalam proses produksi, dan resistensi terhadap perubahan oleh pemangku kepentingan, terutama dalam hal mengintegrasikan penerapan *industry 4.0* pada manajemen *supply chain* dengan *logistics* dan *warehousing*. Penelitian ini memiliki keterbatasan yang harus menjadi perhatian, karena penelitian ini hanya berfokus pada riset artikel tidak memasukan sumber seperti buku, prosiding dan sumber lainnya.

5.2 Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya, dapat meneliti korelasi langsung antara *industry 4.0* dengan *logistics* dan *warehousing* (gambar 9), dan membandingkan data yang bersumber dari artikel penelitian seperti *Web of Science* (WoS), *Google Scholar*, *Science direct*, EBSCO, dan PROQUEST karena masing-masing mempunyai cara yang

berbeda dalam meliputi bidang ilmiah artikel (Waltman et al., 2010; Zupic et al. 2014)

DAFTAR PUSTAKA

- Addo-Tenkorang, R., & Helo, P. T. (2016). Big data applications in operations/supply-chain management: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 528–543. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2016.09.023>
- Aghamohammadzadeh, Ehsan, & Omid, Fatahi Valilai, and Omid Fatahi Valilai. 2020. "A Novel Cloud Manufacturing Service Composition Platform Enabled by Blockchain Technology." <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1715507> 58(17):5280–98. doi: 10.1080/00207543.2020.1715507.
- Akkermans, Henk A., Paul Bogerd, Enver Yücesan, and Luk N. van Wassenhove. 2003. "The Impact of ERP on Supply Chain Management: Exploratory Findings from a European Delphi Study." *European Journal of Operational Research* 146(2):284–301. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00550-7.
- Aria, Massimo, and Corrado Cuccurullo. 2017. "Bibliometrix: An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis." *Journal of Informetrics* 11(4):959–75. doi: 10.1016/J.JOI.2017.08.007.
- Bai, Chunguang, Patrick Dallasega, Guido Orzes, and Joseph Sarkis. 2020. "Industry 4.0 Technologies Assessment: A Sustainability Perspective." *International Journal of Production Economics* 229:107776. doi: 10.1016/J.IJPE.2020.107776.
- Batista, Luciano, Michael Bourlakis, Palie Smart, and Roger Maull. 2018. "In Search of a Circular Supply Chain Archetype – a Content-Analysis-Based Literature Review." <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1343502> 29(6):438–51. doi: 10.1080/09537287.2017.1343502.
- Bär, Kristina, Zaza Nadja Lee Herbert-Hansen, and Waqas Khalid. 2018. "Considering Industry 4.0 Aspects in the Supply Chain for an SME." *Production Engineering* 2018 12:6 12(6):747–58. doi: 10.1007/S11740-018-0851-Y.
- Bartol, Tomaz, Gordana Budimir, Doris Dekleva-Smrekar, Miro Pusnik, and Primož Juznic. 2013. "Assessment of Research Fields in Scopus and Web of Science in the View of

- National Research Evaluation in Slovenia.” *Scientometrics* 2013 98:2 98(2):1491–1504. doi: 10.1007/S11192-013-1148-8.
- Boyes, Hugh, Bil Hallaq, Joe Cunningham, and Tim Watson. 2018. “The Industrial Internet of Things (IIoT): An Analysis Framework.” *Computers in Industry* 101:1–12. doi: 10.1016/J.COMPIND.2018.04.015.
- Chopra, Sunil 1960-, and Peter 1970- Meindl. 2010. *Supply Chain Management : Strategy, Planning, and Operation / Sunil Chopra, Peter Meindl*. 4th ed. Pearson Education.
- Clift, Roland, Sarah Sim, Henry King, Jonathan L. Chenoweth, Ian Christie, Julie Clavreul, Carina Mueller, Leo Posthuma, Anne Marie Boulay, Rebecca Chaplin-Kramer, Julia Chatterton, Fabrice DeClerck, Angela Druckman, Chris France, Antonio Franco, Dieter Gerten, Mark Goedkoop, Michael Z. Hauschild, Mark A. J. Huijbregts, Thomas Koellner, Eric F. Lambin, Jacquetta Lee, Simon Mair, Stuart Marshall, Michael S. McLachlan, Llorenç Milà i Canals, Cynthia Mitchell, Edward Price, Johan Rockström, James Suckling, and Richard Murphy. 2017. “The Challenges of Applying Planetary Boundaries as a Basis for Strategic Decision-Making in Companies with Global Supply Chains.” *Sustainability* 2017, Vol. 9, Page 279 9(2):279. doi: 10.3390/SU9020279.
- Demir, K. A., & Cicibas, H. (2017, October). Industry 5.0 and a Critique of Industry 4.0. In *Proceedings of the 4th international management information systems conference, Istanbul, Turkey* (pp. 17-20).
- de Paula Ferreira, W., Armellini, F., & De Santa-Eulalia, L. A. (2020). Simulation in industry 4.0: A state-of-the-art review. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106868.
- de Rijcke, Sarah, Paul F. Wouters, Alex D. Rushforth, Thomas P. Franssen, and Björn Hammarfelt. 2016. “Evaluation Practices and Effects of Indicator Use—a Literature Review.” *Research Evaluation* 25(2):161–69. doi: 10.1093/RESEVAL/RVV038.
- Ding, Y., Jin, M., Li, S., & Feng, D. (2020). Smart logistics based on the internet of things technology: an overview. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>, 24(4), 323–345. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1757053>
- Dong, Zhiqing, Yusong Tan, Linhui Wang, Jiali Zheng, and Shengming Hu. 2021. “Green Supply Chain Management and Clean Technology Innovation: An Empirical Analysis of Multinational Enterprises in China.” *Journal of Cleaner Production* 310:127377. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.127377.
- Dolgui, A., & Ivanov, D. (2021). 5G in digital supply chain and operations management: fostering flexibility, end-to-end connectivity and real-time visibility through internet-of-everything. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2002969>, 60(2), 442–451. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2002969>
- Duong, L. N. K., Al-Fadhli, M., Jagtap, S., Bader, F., Martindale, W., Swainson, M., & Paoli, A. (2020). A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 355–364. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2020.10.028>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2021). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81.
- Fatorachian, Hajar, and Hadi Kazemi. 2020b. “Impact of Industry 4.0 on Supply Chain Performance.” <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1712487> 32(1):63–81. doi: 10.1080/09537287.2020.1712487.
- Felsberger, A., Qaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2022). The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: Evidence from the European manufacturing industries. *Production Planning & Control*, 33(2-3), 277-300.
- Feldmann, K., J. Franke, and F. Schüßler. 2010. “Development of Micro Assembly Processes for Further Miniaturization in Electronics Production.” *CIRP Annals* 59(1):1–4. doi: 10.1016/J.CIRP.2010.03.005.
- Ghadimi, P., Wang, C., Lim, M. K., & Heavey, C. (2019). Intelligent sustainable supplier selection using multi-agent technology: Theory and application for Industry 4.0 supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 588–600.

- <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2018.10.050>
- Ghadge, Abhijeet, Hendrik Wurtmann, and Stefan Seuring. 2019. "Managing Climate Change Risks in Global Supply Chains: A Review and Research Agenda." *Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2019.1629670* 58(1):44–64. doi: 10.1080/00207543.2019.1629670.
- Ghadge, Abhijeet, D. G. Mogale, Michael Bourlakis, Lohithaksha M. Maiyar, and Hamid Moradlou. 2022. "Link between Industry 4.0 and Green Supply Chain Management: Evidence from the Automotive Industry." *Computers and Industrial Engineering* 169. doi: 10.1016/J.CIE.2022.108303.
- Ghobakhloo, Morteza. 2018. "The Future of Manufacturing Industry: A Strategic Roadmap toward Industry 4.0." *Journal of Manufacturing Technology Management* 29(6):910–36. doi: 10.1108/JMTM-02-2018-0057/FULL/XML.
- Green, Kenneth W., Pamela J. Zelbst, Jeremy Meacham, and Vikram S. Bhaduria. 2012. "Green Supply Chain Management Practices: Impact on Performance." *Supply Chain Management* 17(3):290–305. doi: 10.1108/13598541211227126/FULL/XML.
- Golghate, Chandras D., and Maruti S. Pawar. 2012. "Green Supply Chain for Plastic Films: A Framework for the Coexistence of Ecosystems and Plastic Industry for a Better Environment." *Https://Doi.Org/10.1080/19397038.2011.609946* 5(1):17–32. doi: 10.1080/19397038.2011.609946.
- Gružauskas, V., Baskutis, S., & Navickas, V. (2018). Minimizing the trade-off between sustainability and cost effective performance by using autonomous vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 184, 709–717. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.02.302>
- Haddud, A., DeSouza, A., Khare, A., & Lee, H. (2017). Examining potential benefits and challenges associated with the Internet of Things integration in supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(8), 1055–1085. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2017-0094>
- Hahn, Gerd J. 2019. "Industry 4.0: A Supply Chain Innovation Perspective." *Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2019.1641642* 58(5):1425–41. doi: 10.1080/00207543.2019.1641642.
- Hofmann, Erik, and Marco Rüsch. 2017. "Industry 4.0 and the Current Status as Well as Future Prospects on Logistics." *Computers in Industry* 89:23–34. doi: 10.1016/J.COMPIND.2017.04.002.
- Industry 1.0 to 4.0 - Brief History of the Industrial Revolution - Sustainability Success.*
- Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future of Employment | Cleverism.*
- Janssen, Marijn, and Ralph Feenstra. 2010. "Service Portfolios for Supply Chain Composition: Creating Business Network Interoperability and Agility." *Https://Doi.Org/10.1080/09511921003642139* 23(8–9):747–57. doi: 10.1080/09511921003642139.
- Jin, Minyue, Xueqing Zhang, Yu Xiong, and Yu Zhou. 2021. "Implications of Green Optimism upon Sustainable Supply Chain Management." *European Journal of Operational Research* 295(1):131–39. doi: 10.1016/J.EJOR.2021.02.036.
- Junge, Anna Lisa. 2019. "Digital Transformation Technologies as an Enabler for Sustainable Logistics and Supply Chain Processes – an Exploratory Framework." *Brazilian Journal of Operations & Production Management* 16(3):462–72. doi: 10.14488/BJOPM.2019.V16.N3.A9.
- Khalid, Raja Usman, and Stefan Seuring. 2019. "Analyzing Base-of-the-Pyramid Research from a (Sustainable) Supply Chain Perspective." *Journal of Business Ethics* 155(3):663–86. doi: 10.1007/S10551-017-3474-X/TABLES/10.
- Kharb, A. (2018). INDUSTRIAL REVOLUTION – FROM INDUSTRY 1.0 TO INDUSTRY 4.0
- Kiran, D. R. (2019). Production planning and control: A comprehensive approach. *Production Planning and Control: A Comprehensive Approach*, 1–539. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-03856-6>
- Krykavskyy, Yevhen, Olena Pokhychenko, and Nataliya Hayvanovych. 2019. "Supply Chain Development Drivers in Industry 4.0 in Ukrainian Enterprises." *Oeconomia*

- Copernicana* 10(2):273–90. doi: 10.24136/OC.2019.014.
- Koh, Lenny, Guido Orzes, and Fu Jia. 2019. “The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): Technologies Disruption on Operations and Supply Chain Management.” *International Journal of Operations and Production Management* 39(6/7/8):817–28. doi: 10.1108/IJOPM-08-2019-788/FULL/PDF.
- Lashitew, Addisu A., Somendra Narayan, Eugenia Rosca, and Lydia Bals. 2021. “Creating Social Value for the ‘Base of the Pyramid’: An Integrative Review and Research Agenda.” *Journal of Business Ethics* 2021 178:2 178(2):445–66. doi: 10.1007/S10551-020-04710-2.
- Le, Thanh Tiep, Xuan Vinh Vo, and V. G. Venkatesh. 2022. “Role of Green Innovation and Supply Chain Management in Driving Sustainable Corporate Performance.” *Journal of Cleaner Production* 133875. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2022.133875.
- Lyu, M., Biennier, F., & Ghodous, P. (2021). Integration of ontologies to support Control as a Service in an Industry 4.0 context. *Service Oriented Computing and Applications* 2021 15:2, 15(2), 127–140. <https://doi.org/10.1007/S11761-021-00317-1>
- Mastos, T. D., Nizamis, A., Vafeiadis, T., Alexopoulos, N., Ntinis, C., Gkortzis, D., Papadopoulos, A., Ioannidis, D., & Tzovaras, D. (2020). Industry 4.0 sustainable supply chains: An application of an IoT enabled scrap metal management solution. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122377. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122377>
- Mrugalska, B., & Ahmed, J. (2021). Organizational Agility in Industry 4.0: A Systematic Literature Review. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 8272, 13(15), 8272. <https://doi.org/10.3390/SU13158272>
- Nantee, N., & Sureeyatanapas, P. (2021). The impact of Logistics 4.0 on corporate sustainability: a performance assessment of automated warehouse operations. *Benchmarking*, 28(10), 2865–2895. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2020-0583/FULL/PDF>
- Relich, Marcin. 2017. “The Impact of ICT on Labor Productivity in the EU.” <https://doi.org/10.1080/02681102.2017.1336071> 23(4):706–22. doi: 10.1080/02681102.2017.1336071.
- Rong, Luqing, and Maozeng Xu. 2020. “Impact of Revenue-Sharing Contracts on Green Supply Chain in Manufacturing Industry.” <https://doi.org/10.1080/19397038.2019.1709105> 13(4):316–26. doi: 10.1080/19397038.2019.1709105.
- Saberi, Sara, Mahtab Kouhizadeh, Joseph Sarkis, and Lejia Shen. 2018. “Blockchain Technology and Its Relationships to Sustainable Supply Chain Management.” <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261> 57(7):2117–35. doi: 10.1080/00207543.2018.1533261.
- Schroeder, Andreas, Ali Ziaee Bigdeli, Carlos Galera Zarco, and Tim Baines. 2019. “Capturing the Benefits of Industry 4.0: A Business Network Perspective.” <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1612111> 30(16):1305–21. doi: 10.1080/09537287.2019.1612111.
- Scuotto, V., Caputo, F., Villasalero, M., & del Giudice, M. (2017). A multiple buyer – supplier relationship in the context of SMEs’ digital supply chain management*. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375149>, 28(16), 1378–1388. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1375149>
- Schwab, K., & Davis, N. (2018). *Shaping the future of the fourth industrial revolution: A guide to building a better world*. Currency.
- Scur, Gabriela, and Mayara Emília Barbosa. 2017. “Green Supply Chain Management Practices: Multiple Case Studies in the Brazilian Home Appliance Industry.” *Journal of Cleaner Production* 141:1293–1302. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2016.09.158.
- Sharma, M., Kamble, S., Mani, V., Sehrawat, R., Belhadi, A., & Sharma, V. (2021). Industry 4.0 adoption for sustainability in multi-tier manufacturing supply chain in emerging economies. *Journal of cleaner production*, 281, 125013.
- Silva, Minelle E., Gustavo Picanço Dias, and Stefan Gold. 2020. “Exploring the Roles of Lead Organisations in Spreading Sustainability Standards throughout Food Supply Chains in an Emerging Economy.”

- International Journal of Logistics Management* 32(3):1030–49. doi: 10.1108/IJLM-05-2020-0201/FULL/XML.
- Smith, Thomas M., and James S. Reece. 1999. “The Relationship of Strategy, Fit, Productivity, and Business Performance in a Services Setting.” *Journal of Operations Management* 17(2):145–61. doi: 10.1016/S0272-6963(98)00037-0.
- Sony, Michael, and Subhash Naik. 2019. “Critical Factors for the Successful Implementation of Industry 4.0: A Review and Future Research Direction.” <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278> 31(10):799–815. doi: 10.1080/09537287.2019.1691278.
- Strandhagen, Jan Ola, Logan Reed Vallandingham, Giuseppe Fragapane, Jo Wessel Strandhagen, Aili Birrita Hætta Stangeland, and Nakul Sharma. 2017. “Logistics 4.0 and Emerging Sustainable Business Models.” *Advances in Manufacturing* 2017 5:4 5(4):359–69. doi: 10.1007/S40436-017-0198-1.
- Stergiou, Christos, Kostas E. Psannis, Byung Gyu Kim, and Brij Gupta. 2018. “Secure Integration of IoT and Cloud Computing.” *Future Generation Computer Systems* 78:964–75. doi: 10.1016/J.FUTURE.2016.11.031.
- Tao, Fei, Qinglin Qi, Ang Liu, and Andrew Kusiak. 2018. “Data-Driven Smart Manufacturing.” *Journal of Manufacturing Systems* 48:157–69. doi: 10.1016/J.JMSY.2018.01.006.
- Tjahjono, B., C. Esplugues, E. Ares, and G. Pelaez. 2017. “What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain?” *Procedia Manufacturing* 13:1175–82. doi: 10.1016/J.PROMFG.2017.09.191.
- Tortorella, Guilherme Luz, and Diego Fettermann. 2017. “Implementation of Industry 4.0 and Lean Production in Brazilian Manufacturing Companies.” <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1391420> 56(8):2975–87. doi: 10.1080/00207543.2017.1391420.
- Tran-Dang, H., & Kim, D. S. (2021). The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues. *IEEE Access*, 9, 164613–164631. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3131562>
- Ud Din, F., Paul, D., Ryan, J., Henskens, F., & Wallis, M. (2021). AOSR 2.0: A Novel Approach and Thorough Validation of an Agent-Oriented Storage and Retrieval WMS Planner for SMEs, under Industry 4.0. *Future Internet* 2021, Vol. 13, Page 155, 13(6), 155. <https://doi.org/10.3390/FI13060155>
- Vachon, Stephan. 2007. “Green Supply Chain Practices and the Selection of Environmental Technologies.” *International Journal of Production Research* 45(18–19):4357–79. doi: 10.1080/00207540701440303.
- Verboeket, Victor, and Harold Krikke. 2019. “The Disruptive Impact of Additive Manufacturing on Supply Chains: A Literature Study, Conceptual Framework and Research Agenda.” *Computers in Industry* 111:91–107. doi: 10.1016/J.COMPIND.2019.07.003.
- Vujasinovic, M., N. Ivezic, B. Kulvatunyou, E. Barkmeyer, M. Missikoff, F. Taglino, Z. Marjanovic, and I. Miletic. 2009. “A Semantic-Mediation Architecture for Interoperable Supply-Chain Applications.” <https://doi.org/10.1080/09511920802616781> 22(6):549–61. doi: 10.1080/09511920802616781.
- Waltman, Ludo, Nees Jan van Eck, and Ed C. M. Noyons. 2010. “A Unified Approach to Mapping and Clustering of Bibliometric Networks.” *Journal of Informetrics* 4(4):629–35. doi: 10.1016/J.JOI.2010.07.002.
- Winkelhaus, Sven, and Eric H. Grosse. 2019. “Logistics 4.0: A Systematic Review towards a New Logistics System.” <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964> 58(1):18–43. doi: 10.1080/00207543.2019.1612964.
- Wu, Kuo Jui, Ching Jong Liao, Ming Lang Tseng, and Anthony S. F. Chiu. 2015. “Exploring Decisive Factors in Green Supply Chain Practices under Uncertainty.” *International Journal of Production Economics* 159:147–57. doi: 10.1016/J.IJPE.2014.09.030.
- Yawar, Sadaat Ali, and Stefan Seuring. 2015. “Management of Social Issues in Supply Chains: A Literature Review Exploring Social Issues, Actions and Performance Outcomes.” *Journal of Business Ethics* 2015

141:3 141(3):621–43. doi: 10.1007/S10551-015-2719-9.

- Yew, A. W. W., S. K. Ong, and A. Y. C. Nee. 2016. “Towards a Griddable Distributed Manufacturing System with Augmented Reality Interfaces.” *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 39:43–55. doi: 10.1016/J.RCIM.2015.12.002.
- Zupic, I., & Čater, T. (2014). Bibliometric Methods in Management and Organization. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>, 18(3), 429–472.