



Tren Penelitian Industry 4.0 di Sektor Manufaktur: Analisis Bibliometrik

Ananda Fadlan^{1✉}, M Dhiky Ramadhan¹, Mhd. Dzaki Syauqi¹

⁽¹⁾Progam Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Medan, Indonesia

DOI: 10.31004/jutin.v9i1.55084

✉ Corresponding author:

[\[anandafadlan7@gmail.com\]](mailto:anandafadlan7@gmail.com)

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
Industry 4.0;
Manufacturing;
Bibliometric Analysis;
Scopus;
VOSviewer

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren dan perkembangan penelitian terkait *Industry 4.0* di sektor manufaktur menggunakan pendekatan bibliometrik. Data diperoleh dari *database Scopus* dengan rentang publikasi lima tahun terakhir (2022–2026), menghasilkan sebanyak 1.660 artikel yang dianalisis. Metode analisis dilakukan melalui analisis deskriptif dan pemetaan bibliometrik menggunakan VOSviewer untuk mengidentifikasi pola hubungan kata kunci, klaster penelitian, serta perkembangan topik penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Industry 4.0* merupakan tema utama yang terhubung erat dengan *internet of things*, *decision making*, dan *production process*. Selain itu, topik seperti *digital technologies*, *sustainability*, dan *supply chains* muncul sebagai fokus penelitian terkini. Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian *Industry 4.0* di sektor manufaktur berkembang secara multidisipliner dan semakin berorientasi pada keberlanjutan dan integrasi sistem industri..

Abstract

Keywords:
Industry 4.0;
Manufacturing;
Bibliometric Analysis;
Scopus;
VOSviewer

This study aims to analyze research trends and developments related to Industry 4.0 in the manufacturing sector using a bibliometric approach. Data were collected from the Scopus database covering the last five years (2022–2026), resulting in 1,660 articles for analysis. The analysis was conducted through descriptive analysis and bibliometric mapping using VOSviewer to identify keyword relationships, research clusters, and thematic trends. The results indicate that Industry 4.0 is the central theme, strongly connected with internet of things, decision making, and production process. Furthermore, emerging topics such as digital technologies, sustainability, and supply chains represent recent research focuses. These findings demonstrate that Industry 4.0 research in manufacturing is multidisciplinary and increasingly oriented toward sustainability and integrated industrial systems.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam sektor industri, khususnya melalui konsep *Industry 4.0* (Siregar, Syam, et al., 2022). *Industry 4.0* merepresentasikan integrasi teknologi digital

seperti *Internet of Things (IoT)*, kecerdasan buatan, *big data analytics*, dan sistem siber-fisik ke dalam proses manufaktur untuk meningkatkan efisiensi, fleksibilitas, dan daya saing industri manufaktur (Fan et al., 2026). Transformasi ini mendorong perubahan mendasar pada sistem produksi konvensional menuju smart manufacturing yang lebih adaptif dan terotomatisasi (Vora et al., 2026).

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian akademisi dan praktisi terhadap penerapan Industry 4.0 di sektor manufaktur terus meningkat. Berbagai penelitian telah membahas dampak Industry 4.0 terhadap kinerja operasional, keberlanjutan, kualitas, dan inovasi proses manufaktur (Ponce-Cruz et al., 2025). Meningkatnya jumlah publikasi menunjukkan bahwa topik ini menjadi salah satu fokus utama dalam bidang ilmu industri dan rekayasa manufaktur (Vergara et al., 2025). Namun demikian, pertumbuhan literatur yang pesat juga menimbulkan tantangan dalam memahami arah perkembangan penelitian, tema dominan, serta celah riset yang masih terbuka (Michael et al., 2025).

Sebagian besar studi sebelumnya cenderung berfokus pada tinjauan literatur sistematis atau kajian konseptual terkait *Industry 4.0* (Abduljaleel & AlDurgam, 2025). Meskipun pendekatan tersebut memberikan pemahaman teoritis yang mendalam, pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam memetakan struktur pengetahuan secara kuantitatif dan menyeluruh. Oleh karena itu, analisis bibliometrik menjadi pendekatan yang relevan untuk mengidentifikasi pola publikasi, tren penelitian, serta hubungan antar topik penelitian dalam skala besar secara objektif dan terukur (van der Pas et al., 2025).

Analisis bibliometrik memungkinkan pemetaan perkembangan penelitian berdasarkan indikator kuantitatif seperti jumlah publikasi, kata kunci, sumber jurnal, serta kolaborasi penelitian (Siregar, Bandio, et al., 2022). Dengan memanfaatkan database Scopus dan alat visualisasi seperti VOSviewer, analisis bibliometrik dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai lanskap penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur, termasuk klaster tema utama dan topik yang sedang berkembang (Sundaram & Zeid, 2023). Pendekatan ini telah banyak digunakan dalam penelitian terdahulu untuk memetakan tren riset di bidang manufaktur dan teknologi industri (Kang & Sun, 2025).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur menggunakan pendekatan bibliometrik (Dewberry et al., 2025). Secara khusus, penelitian ini memetakan perkembangan publikasi ilmiah, mengidentifikasi tema dan kata kunci dominan, serta mengungkap arah penelitian terkini dalam bidang Industry 4.0 pada sektor manufaktur (Mozaffar et al., 2025). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi akademisi dan praktisi dalam memahami perkembangan riset serta menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya di bidang ilmu industri (Goh et al., 2025).

Meskipun penelitian terkait *Industry 4.0* di sektor manufaktur telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir, sebagian besar studi yang ada masih berfokus pada tinjauan literatur sistematis atau kajian konseptual yang menekankan aspek teknologi tertentu, seperti Internet of Things, kecerdasan buatan, atau sistem siber-fisik. Pendekatan tersebut memberikan pemahaman mendalam terhadap teknologi individual, namun belum mampu menggambarkan struktur pengetahuan dan dinamika perkembangan penelitian *Industry 4.0* secara kuantitatif dan menyeluruh. Selain itu, sejumlah studi bibliometrik terdahulu umumnya menggunakan rentang waktu yang panjang atau dataset yang tidak sepenuhnya merepresentasikan perkembangan riset terkini, sehingga kurang sensitif dalam menangkap pergeseran fokus penelitian terbaru, khususnya yang berkaitan dengan keberlanjutan dan integrasi rantai pasok.

Lebih lanjut, masih terbatas penelitian bibliometrik yang secara spesifik memetakan hubungan antar tema penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur dengan menggabungkan analisis jaringan dan analisis temporal untuk mengidentifikasi evolusi topik penelitian dalam periode waktu mutakhir. Ketiadaan pemetaan yang terfokus pada tren lima tahun terakhir menyebabkan kurangnya pemahaman mengenai arah penelitian terbaru serta potensi celah riset yang dapat dikembangkan pada masa mendatang. Oleh karena itu, diperlukan suatu studi bibliometrik yang mampu mengisi celah tersebut dengan memanfaatkan dataset terkini dan teknik visualisasi bibliometrik untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai struktur, tren, dan arah perkembangan penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur.

Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pemetaan tren penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur yang dilakukan secara komprehensif dengan menggunakan dataset terkini dari database Scopus dalam rentang lima tahun terakhir (2022–2026). Berbeda dengan penelitian bibliometrik sebelumnya yang umumnya menggunakan rentang waktu lebih panjang atau fokus pada aspek teknologi tertentu, penelitian ini secara spesifik menyoroti dinamika perkembangan topik penelitian mutakhir melalui kombinasi analisis jaringan (*network visualization*) dan analisis temporal (*overlay visualization*) menggunakan VOSviewer. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi pergeseran fokus penelitian dari adopsi teknologi digital menuju integrasi

keberlanjutan, rantai pasok, dan kapabilitas digital industri. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyajikan gambaran kuantitatif struktur pengetahuan Industry 4.0 di sektor manufaktur, tetapi juga memberikan perspektif baru mengenai arah dan kecenderungan riset terkini yang dapat menjadi dasar bagi pengembangan penelitian selanjutnya maupun pengambilan keputusan strategis di bidang industri .

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik untuk menganalisis perkembangan dan tren penelitian terkait *Industry 4.0* di sektor manufaktur. Pendekatan bibliometrik dipilih karena mampu memberikan gambaran kuantitatif dan sistematis mengenai struktur, pola, serta dinamika publikasi ilmiah dalam suatu bidang penelitian berdasarkan data bibliografi (Smith et al., 2024).

2.1 Sumber Data dan Strategi Pencarian

Data penelitian diperoleh dari Database Scopus, yang dipilih karena merupakan salah satu basis data ilmiah terbesar dan memiliki kualitas metadata yang baik untuk analisis bibliometric (Osho et al., 2022). Proses pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik penelitian, yaitu "*Industry 4.0*" dan "*manufacturing*", yang diterapkan pada judul, abstrak, dan kata kunci artikel (Lin et al., 2025). Rentang waktu publikasi dibatasi pada lima tahun terakhir untuk menangkap perkembangan dan tren penelitian terkini (Sharotry et al., 2022).

2.2 Teknik Analisis Bibliometrik

Analisis bibliometrik dilakukan dengan mengombinasikan analisis deskriptif dari Scopus dan pemetaan visual menggunakan VOSviewer (van der Pas et al., 2025). Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik umum publikasi, seperti tren jumlah publikasi berdasarkan tahun dalam rentang waktu penelitian (Siregar et al., 2023).

Selanjutnya, pemetaan bibliometrik dilakukan menggunakan VOSviewer versi 1.6.xx untuk mengidentifikasi pola hubungan antar elemen penelitian (Yaqot et al., 2022). Tiga jenis visualisasi utama digunakan dalam penelitian ini. Pertama, visualisasi jaringan (*network visualization*) untuk memetakan hubungan dan kluster kata kunci penelitian (Butler et al., 2022). Kedua, visualisasi overlay (*overlay visualization*) untuk mengidentifikasi perkembangan topik penelitian berdasarkan dimensi waktu dalam bidang Industry 4.0 di sektor manufaktur (Dallasega et al., 2022). Ambang batas minimum kemunculan kata kunci ditetapkan untuk memastikan bahwa hanya kata kunci yang relevan dan signifikan yang dianalisis. Hasil visualisasi dari VOSviewer disajikan dalam bentuk tiga gambar yang digunakan sebagai dasar interpretasi pada bagian hasil dan pembahasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Dataset Penelitian

Berdasarkan Tabel 1, data penelitian diperoleh dari database Scopus menggunakan kata kunci yang merepresentasikan konsep Industry 4.0 dan sektor manufaktur pada judul, abstrak, dan kata kunci artikel. Strategi pencarian ini menghasilkan 1.660 artikel yang dipublikasikan dalam rentang waktu 2022–2026, menunjukkan tingginya intensitas penelitian terkait Industry 4.0 pada sektor manufaktur dalam lima tahun terakhir.

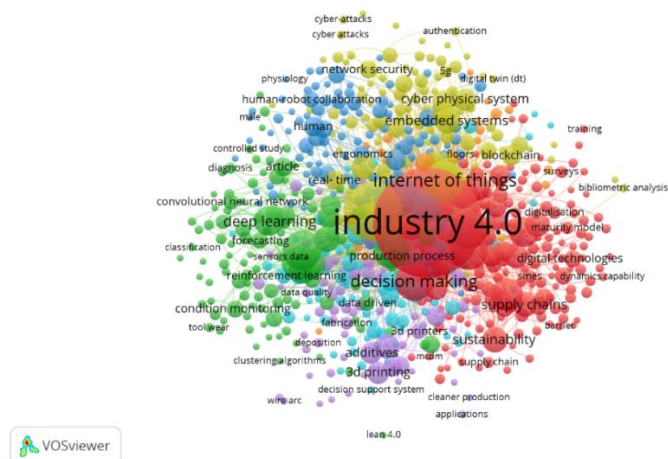
Tabel 1. Karakteristik dataset penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur

Keterangan	Informasi
Database	Scopus
Query pencarian	(TITLE-ABS-KEY ("Industry 4.0" OR "Industrie 4.0" OR "Fourth Industrial Revolution") AND TITLE-ABS-KEY ("manufacturing" OR "manufacturing industry" OR "industrial sector"))
Jumlah dokumen	1.660 DOKUMEN
Rentang tahun publikasi	2022–2026
Jenis dokumen	Article
Bahasa	English
Subject area	Engineering
Alat analisis	VOSviewer

Seluruh dokumen yang dianalisis merupakan artikel jurnal berbahasa Inggris dan berasal dari *subject area Engineering*, sehingga relevan dengan karakteristik penelitian di bidang ilmu industri. Dataset yang telah disaring ini kemudian dianalisis menggunakan VOSviewer untuk memetakan hubungan antar kata kunci, mengidentifikasi

klaster tema penelitian, serta menganalisis perkembangan topik penelitian yang disajikan dalam bentuk visualisasi bibliometrik pada bagian hasil selanjutnya.

3.2 Pemetaan Jaringan Kata Kunci Penelitian (*network visualitation*)

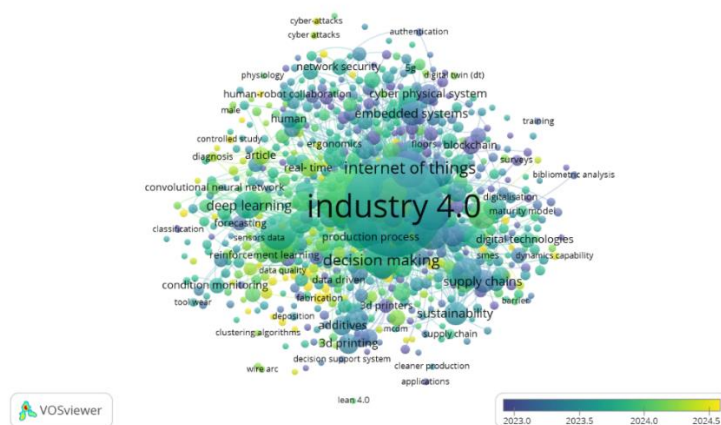


Gambar 1. Pemetaan jaringan kata kunci penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur berdasarkan analisis co-occurrence menggunakan VOSviewer.

Gambar menunjukkan hasil *network visualization* analisis *co-occurrence* kata kunci menggunakan VOSviewer pada penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur. Ukuran node merepresentasikan frekuensi kemunculan kata kunci, sedangkan hubungan antar node menunjukkan tingkat keterkaitan tematik.

Kata kunci "Industry 4.0" muncul sebagai node paling dominan dan terhubung kuat dengan *internet of things*, *decision making*, dan *production process*, yang menunjukkan fokus utama penelitian pada integrasi teknologi digital dalam proses manufaktur. Visualisasi ini juga memperlihatkan beberapa klaster penelitian yang mencerminkan tema teknologi digital dan sistem siber-fisik, kecerdasan buatan dan analitik data, serta rantai.

3.3 Visualisasi Overlay Tren Penelitian (*overlay visualitation*)



Gambar 2. Visualisasi overlay tren penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur berdasarkan tahun publikasi.

Gambar menunjukkan hasil overlay visualization analisis kata kunci penelitian Industry 4.0 di sektor manufaktur menggunakan VOSviewer (Hosseinzadeh et al., 2023). Warna pada node merepresentasikan rata-rata tahun publikasi, di mana warna lebih gelap menunjukkan topik yang lebih awal, sedangkan warna lebih terang menunjukkan topik penelitian yang lebih baru (Dewberry et al., 2025).

Hasil visualisasi memperlihatkan bahwa kata kunci utama seperti "Industry 4.0", internet of things, dan decision making bersifat lintas waktu dan menjadi fondasi utama penelitian. Sementara itu, topik yang berwarna lebih terang, seperti *digital technologies*, *sustainability*, *supply chains*, dan *dynamic capability*, menunjukkan kecenderungan sebagai fokus penelitian terkini.

Secara keseluruhan, visualisasi ini mengindikasikan pergeseran arah penelitian dari adopsi teknologi dasar menuju penguatan aspek keberlanjutan, integrasi rantai pasok, dan kapabilitas digital dalam implementasi Industry 4.0 di sektor manufaktur.

Implikasi Teoritis

Temuan penelitian ini memberikan implikasi teoritis yang signifikan terhadap pengembangan kajian *Industry 4.0* di sektor manufaktur. Hasil pemetaan bibliometrik menunjukkan bahwa *Industry 4.0* berperan sebagai konsep payung (*umbrella concept*) yang mengintegrasikan berbagai pendekatan teoritis, mulai dari sistem siber-fisik, pengambilan keputusan berbasis data, hingga kapabilitas dinamis organisasi. Dominasi kata kunci seperti *internet of things*, *decision making*, dan *production process* mengindikasikan bahwa pengembangan teori *Industry 4.0* tidak lagi berdiri pada aspek teknologi semata, tetapi telah berkembang menuju perspektif sistemik yang menggabungkan teknologi, proses, dan manusia.

Lebih lanjut, kemunculan topik-topik terkini seperti *sustainability*, *supply chains*, dan *dynamic capability* pada visualisasi overlay menunjukkan adanya pergeseran paradigma teoritis dari fokus efisiensi operasional menuju keberlanjutan dan ketahanan sistem industri. Temuan ini memperkuat kerangka teori yang memandang *Industry 4.0* sebagai enabler transformasi berkelanjutan (*sustainable digital transformation*), sekaligus membuka peluang pengembangan model konseptual baru yang mengaitkan transformasi digital dengan teori keberlanjutan, kapabilitas dinamis, dan integrasi rantai pasok dalam konteks manufaktur modern.

Implikasi Praktis

Dari sisi praktis, hasil penelitian ini memberikan panduan strategis bagi praktisi industri dan pengambil kebijakan dalam merancang dan mengimplementasikan inisiatif *Industry 4.0* di sektor manufaktur. Identifikasi kata kunci dominan dan klaster penelitian menunjukkan bahwa implementasi *Industry 4.0* yang efektif perlu memprioritaskan integrasi teknologi digital seperti *IoT* dan sistem pengambilan keputusan berbasis data ke dalam proses produksi secara menyeluruh, bukan sebagai solusi terpisah.

Selain itu, tren penelitian terkini yang menekankan aspek *sustainability* dan *supply chains* memberikan indikasi bahwa perusahaan manufaktur perlu mengarahkan investasi teknologi *Industry 4.0* tidak hanya untuk peningkatan produktivitas, tetapi juga untuk memperkuat keberlanjutan operasional dan ketahanan rantai pasok. Bagi pembuat kebijakan dan institusi pendidikan, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam penyusunan roadmap transformasi industri, pengembangan kurikulum teknik industri, serta perumusan kebijakan yang mendorong adopsi teknologi digital secara berkelanjutan dan terintegrasi di sektor manufaktur.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa kajian mengenai *Industry 4.0* di sektor manufaktur mengalami perkembangan yang signifikan dalam lima tahun terakhir. Hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa *Industry 4.0* menjadi tema sentral yang terintegrasi dengan berbagai topik penting, khususnya *teknologi digital*, pengambilan keputusan berbasis data, dan proses produksi. Visualisasi jaringan dan overlay mengindikasikan adanya pergeseran fokus penelitian dari adopsi teknologi menuju aspek keberlanjutan, integrasi rantai pasok, dan kapabilitas digital industri. Temuan ini memberikan gambaran komprehensif mengenai arah dan struktur penelitian *Industry 4.0* serta dapat menjadi referensi bagi akademisi dan praktisi dalam mengidentifikasi peluang dan arah penelitian selanjutnya di bidang ilmu industri.

5. REFERENSI

- Abduljaleel, J., & AlDurgam, M. M. (2025). Structural Properties and a Revised Value Iteration Algorithm for Dynamic Capacity Expansion and Reduction. *Mathematics*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/math13233865>
- Butler, Q., Ziada, Y., Stephenson, D., & Gadsden, S. A. (2022). Condition Monitoring of Machine Tool Feed Drives: A Review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 144(10). <https://doi.org/10.1115/1.4054516>
- Dallasega, P., Woschank, M., Sarkis, J., & Tippayawong, K. Y. (2022). Logistics 4.0 measurement model: empirical validation based on an international survey. *Industrial Management and Data Systems*, 122(5), 1384–1409. <https://doi.org/10.1108/IMDS-11-2021-0694>

- Dewberry, N. K., AlHmoud, I., Benton, K., Suarez, D., Chen, Y.-P., Karkaria, V., Tsai, Y.-K., Brock, M., Alazzawi, N., Chowdhury, S., Chen, W., Cao, J., & Gokaraju, B. (2025). A real-time VR-enabled digital twin framework for multi-user interaction in Industry 4.0. *Manufacturing Letters*, 44, 1486–1497. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.06.168>
- Fan, H., Chow, E., Lu, T., Fuh, J. Y. H., Lu, W. F., & Li, B. (2026). A unified framework for large language model-guided reinforcement learning in digital twin industrial environments. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2025.103215>
- Goh, S. Y., Mishra, A., Govindarasu, M., Ganapathysubramanian, B., & Krishnamurthy, A. (2025). Assessing the cybersecurity of connected 3D printers using large language models (LLMs). *Manufacturing Letters*, 44, 1187–1197. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.06.138>
- Hosseinzadeh, A., Chen, F., Shahin, M., & Bouzary, H. (2023). A predictive maintenance approach in manufacturing systems via AI-based early failure detection. *Manufacturing Letters*, 35, 1179–1186. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.125>
- Kang, M., & Sun, H. (2025). EthicalFab: Toward ethical fabrication process through privacy-preserving illegal product detection. *Manufacturing Letters*, 44, 1425–1431. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.06.162>
- Lin, Y., Lin, W., & Lin, Y. (2025). Real-Time Multimodal Defect Detection and MES Feedback on Edge Devices via Bayesian Fusion and Causal Adaptation. *IEEE Access*, 13, 162226–162237. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3610341>
- Michael, S. A., Atieh, A. M., Nkwocha, E., & Rawashdeh, N. A. (2025). Cyber-physical framework for smart paint manufacturing: Hybrid integration of PLC and recipe management simulation. *Advances in Mechanical Engineering*, 17(12). <https://doi.org/10.1177/16878132251406501>
- Mozaffar, F., Smith, L., & Morkos, B. (2025). Tunes of trust: A framework for auditory nudges in human-ai manufacturing collaboration. *Manufacturing Letters*, 44, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.06.024>
- Osho, J., Hyre, A., Pantelidakis, M., Ledford, A., Harris, G., Liu, J., & Mykoniatis, K. (2022). Four Rs Framework for the development of a digital twin: The implementation of Representation with a FDM manufacturing machine. *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 370–380. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.04.014>
- Ponce-Cruz, P., Maldonado-Romo, J., Anthony, B. W., Bradley, R., & Montesinos, L. (2025). A Symbiotic Digital Environment Framework for Industry 4.0 and 5.0: Enhancing Lifecycle Circularity. *Eng*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/eng6120355>
- Sharotry, A., Jiménez, J. A., Méndez Mediavilla, F. A. M., Wierschem, D., Koldenhoven, R. M., & Valles, D. (2022). Manufacturing Operator Ergonomics: A Conceptual Digital Twin Approach to Detect Biomechanical Fatigue. *IEEE Access*, 10, 12774–12791. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3145984>
- Siregar, Z. H., Bandio, F. R., & Nasution, R. H. (2022). Analisis kapasitas produksi menggunakan metode rough cut capacity planning (rccp). *Jurnal Vorteks*, 03. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i2.213>
- Siregar, Z. H., Mawardi, Puspita, R., Siregar, R., Fazri, M., Saktisahdan, T. J., Riggita, P., Refiza, & Zurairah, M. (2023). SOSIALISASI PENGADAAN RUMAH PRODUKSI PENGOLAHAN IKAN CUMI DI KEPULAUAN RIAU KABUPATEN KEPULAUAN ANAMBAS MELALUI KEGIATAN PEJUANG MUDA 2021. *Jurnal Deputy*, 3(1), 164–168. <https://doi.org/10.54123/deputi.v3i1.240>
- Siregar, Z. H., Syam, A. A., & Harahap, U. N. (2022). Perencanaan kapasitas dan waktu produksi menggunakan metode capacity requirement planning (crp) pada industri tahu tempe. *Jurnal Vorteks*, 03(01), 174–181. <https://doi.org/10.54123/vorteks.v3i1.152>
- Smith, N. D., Hovanski, Y., Tenny, J., & Bergner, S. (2024). Digital Performance Management: An Evaluation of Manufacturing Performance Management and Measurement Strategies in an Industry 4.0 Context. *Machines*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/machines12080555>
- Sundaram, S., & Zeid, A. (2023). Artificial Intelligence-Based Smart Quality Inspection for Manufacturing. *Micromachines*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/mi14030570>
- van der Pas, M. C. A., Akcay, A. E., Dijkman, R. M., & Adan, I. J. B. F. (2025). Combining case-based reasoning and process mining for root cause analysis in complex manufacturing environments. *Manufacturing Letters*, 46, 156–160. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2025.11.010>
- Vergara, M. Á., Villalobos, M. B., Castro-Rangel, P., Alvarez, J. C., & Lepore, R. (2025). Productivity Improvement Model in the Garment Industry: Application of Standardized Work and Poka Yoke with Artificial Vision. *Textiles (Switzerland)*, 5(4). <https://doi.org/10.3390/textiles5040064>
- Vora, H., Davoudi Kakhki, F., & Moghadam, A. (2026). Evaluating impact of occupational exoskeletons on physical

fatigue using wearable sensors and deep learning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-17213-z>

Yaqot, M., Franzoi, R. E., Islam, A., & Menezes, B. C. (2022). Cyber-Physical System Demonstration of an Automated Shuttle-Conveyor-Belt Operation for Inventory Control of Multiple Stockpiles: A Proof of Concept. *IEEE Access*, 10, 127636–127653. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3226942>