

Penerapan Teknologi Mesin Pembelajaran Dalam Sistem Manufaktur: Kajian Bibliometrik

Supriandi¹, Hanifah Nurul Muthmainah²

¹ Universitas Nusa Putra dan supriandi.sprndi@gmail.com

² Universitas Siber Muhammadiyah dan hanifah20220200046@sibermu.ac.id

ABSTRAK

Studi bibliometrik ini menyajikan analisis komprehensif tentang penerapan teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Dengan memanfaatkan teknik bibliometrik, kami memeriksa beragam publikasi akademis dari basis data terkemuka untuk mengungkap tren utama, penulis yang berpengaruh, dan tema penelitian yang sedang berkembang di bidang interdisipliner ini. Analisis kami menunjukkan pertumbuhan yang konsisten dalam hasil penelitian selama tiga dekade terakhir, yang menandakan semakin pentingnya pembelajaran mesin di bidang manufaktur. Secara khusus, istilah yang paling sering muncul adalah "industri", "sistem manufaktur", dan "sistem produksi", yang menggarisbawahi pengaruh besar pembelajaran mesin pada berbagai aspek manufaktur. Penulis dan kelompok penelitian yang berpengaruh diidentifikasi, menjelaskan jaringan kolaboratif yang mendorong inovasi dalam domain ini. Publikasi yang paling banyak dikutip, "Business Intelligence and Analytics: Dari Big Data ke Big Impact," menekankan potensi transformatif analitik dalam pengambilan keputusan dalam sistem manufaktur. Selain itu, kami juga mengeksplorasi arah penelitian yang sedang berkembang, seperti keberlanjutan, transformasi digital, dan aplikasi pertanian, yang mencerminkan sifat dinamis dari bidang ini. Istilah-istilah seperti "keberlanjutan" dan "transformasi digital" mengindikasikan tumbuhnya kesadaran akan pertimbangan lingkungan dan teknologi.

Kata Kunci: Teknologi Mesin, Sistem Manufaktur, Analisis Bibliometrik

ABSTRACT

This bibliometric study presents a comprehensive analysis of the application of machine learning technologies in manufacturing systems. Utilizing bibliometric techniques, we examined a wide array of academic publications from leading databases to uncover key trends, influential authors, and emerging research themes in this interdisciplinary field. Our analysis shows a consistent growth in research output over the past three decades, signaling the growing importance of machine learning in manufacturing. In particular, the most frequently occurring terms are "industry", "manufacturing systems", and "production systems", underscoring the profound influence of machine learning on various aspects of manufacturing. Influential authors and research groups are identified, shedding light on the collaborative networks that drive innovation in this domain. The most cited publication, "Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact," emphasizes the transformative potential of analytics in decision-making in manufacturing systems. In addition, we also explored emerging research directions, such as sustainability, digital transformation, and agricultural applications, reflecting the dynamic nature of this field. Terms such as "sustainability" and "digital transformation" indicate a growing awareness of environmental and technological considerations.

Keywords: Machine Technology, Manufacturing Systems, Bibliometric Analysis

PENDAHULUAN

Sistem manufaktur telah menyaksikan pergeseran transformatif dalam beberapa dekade terakhir dengan integrasi teknologi mutakhir, dan salah satu yang paling berpengaruh di antaranya adalah pembelajaran mesin. Kemampuan mesin untuk belajar dari data, mengidentifikasi pola, dan membuat keputusan cerdas telah memberikan dampak besar pada efisiensi, kualitas, dan daya saing proses manufaktur (Aw & Palangkaraya, 2004; Ganesh, 2021; Hanim & Naiemah, 2021; Pradhan & Jena, 2017; Supriandi & Iskandar, 2021). Sinergi yang luar biasa antara teknologi pembelajaran mesin dan sistem manufaktur ini telah menyebabkan lonjakan penelitian dan inovasi, menjadikannya

bidang studi yang sangat penting dalam bidang teknik, ilmu komputer, dan manajemen industri (Habibie, 2019; Niknejad et al., 2021; Tucker et al., 2018).

Integrasi pembelajaran mesin dan data besar industri memungkinkan industri manufaktur untuk beradaptasi secara dinamis terhadap perubahan lingkungan dan merespons perubahan pasar, sehingga meningkatkan manfaat ekonomi. Dalam proses pemanasan induksi baja, pembelajaran mesin telah digunakan untuk memprediksi zona yang terpengaruh panas pada pelat baja (Barring et al., 2018). Hal ini membantu mengungkap hubungan antara parameter pemanasan dan ukuran zona yang terpengaruh panas, yang mengarah pada kontrol yang lebih baik terhadap deformasi pelat dalam proses manufaktur baja. Pembelajaran mesin juga telah diterapkan untuk mencapai pembuatan mikrosemikonduktor tanpa cacat (Singh et al., 2021). Dengan menggabungkan analisis komponen utama (PCA) dan pembelajaran berbasis peristiwa, para peneliti dapat memprediksi cacat dengan akurasi 99,93%, sehingga membantu menghilangkan cacat dan menyesuaikan kondisi sistem sebelum terbentuknya cacat. Di pusat pembubutan, otomatisasi dan pembelajaran mesin telah digunakan untuk memaksimalkan penggunaan alat dan meningkatkan hasil akhir permukaan (Peraković et al., 2020; Tian et al., 2019). Dengan menyelidiki hubungan antara usia pakai pahat dan kekasaran permukaan, para peneliti mengembangkan sebuah metode untuk mengoptimalkan parameter pemotongan untuk pusat pembubutan, sehingga menghasilkan permukaan akhir yang lebih baik dan penggunaan pahat yang lebih efisien.

Terakhir, pembelajaran mesin telah digunakan untuk meningkatkan akurasi pemosisian robot industri besar (Alvey, 2021; Torrisi et al., 2021; Ullah et al., 2021). Dengan memeriksa hubungan antara kesalahan pemosisian dan informasi servo, para peneliti menggunakan pendekatan hutan acak untuk memprediksi dan memperbaiki kesalahan pemosisian, sehingga meningkatkan akurasi robot industri. Evolusi yang cepat dan aplikasi yang luas dari pembelajaran mesin di bidang manufaktur telah memicu minat yang signifikan di antara para peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan di seluruh dunia. Seiring dengan terus berkembangnya bidang ini, semakin menantang untuk memahami lanskap penelitian dalam domain ini secara komprehensif.

Di sinilah analisis bibliometrik, sebuah metode yang ampuh untuk menilai struktur dan dampak literatur ilmiah, memainkan peran penting. Tujuan utama dari studi bibliometrik ini adalah untuk menawarkan eksplorasi mendalam tentang penerapan teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Dengan memanfaatkan prinsip-prinsip bibliometrik, kami bertujuan untuk memberikan gambaran umum yang komprehensif tentang pengetahuan yang ada, mengungkap tren yang sedang berkembang, dan mengidentifikasi kontributor utama serta arah penelitian dalam bidang yang dinamis ini.

LITERATURE REVIEW

A. Evolusi Pembelajaran Mesin di Bidang Manufaktur

Integrasi pembelajaran mesin ke dalam manufaktur telah berkembang secara signifikan selama bertahun-tahun, yang mencerminkan kemajuan teknologi dan pengakuan yang semakin besar terhadap potensi manfaatnya. Secara historis, pembelajaran mesin di bidang manufaktur dapat ditelusuri kembali ke pengembangan sistem pakar dan aplikasi AI awal (Kriebitz & Lütge, 2020; K. Liu, 2022; Volini et al., 2019). Sistem-sistem ini pada dasarnya berbasis aturan dan tidak

memiliki kemampuan berbasis data seperti yang dimiliki oleh algoritme pembelajaran mesin modern.

Titik balik terjadi dengan berkembangnya sensor dan munculnya Industri 4.0, yang mengantarkan era kelimpahan data (Ghadge et al., 2020; Iskandar et al., 2022; Salamin & Hermawan, 2018; Supriandi, 2022; Vorina et al., 2017). Lingkungan yang kaya data ini menjadi lahan subur untuk penerapan algoritme ML, memungkinkan produsen untuk memanfaatkan wawasan berbasis data untuk pengambilan keputusan yang lebih baik, pemeliharaan prediktif, kontrol kualitas, dan pengoptimalan proses.

B. Bidang Penelitian Utama

Pemeliharaan Prediktif

Salah satu aplikasi pembelajaran mesin yang paling menonjol di bidang manufaktur adalah pemeliharaan prediktif. Dengan menganalisis data sensor dan catatan pemeliharaan historis, model ML dapat memprediksi kapan peralatan kemungkinan besar akan mengalami kerusakan, sehingga memungkinkan pemeliharaan yang tepat waktu dan meminimalkan waktu henti. Penelitian di bidang ini berfokus pada pengembangan model prediktif yang akurat, mengoptimalkan jadwal perawatan, dan mengurangi biaya perawatan (Ardhiyansyah et al., 2023; Iskandar et al., 2022, 2023; Osseiran et al., 2016; Sirotkin, 2020; Usman et al., 2018; Zhang & Gong, 2021).

Kontrol Kualitas

Algoritme pembelajaran mesin unggul dalam tugas-tugas kontrol kualitas dengan mendeteksi cacat dan anomali secara real-time. Sistem ini memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas produk secara signifikan dan mengurangi pemborosan. Upaya penelitian telah diarahkan untuk mengembangkan pengenalan gambar dan model visi komputer untuk deteksi cacat, serta pendekatan statistik untuk kontrol kualitas (Al-Dulaimi et al., 2018; Budiman et al., 2022; Ehrlich et al., 2017; Haidine et al., 2021; Kurniawan et al., 2023; Salminen et al., 2019).

Optimalisasi Proses

Mengoptimalkan proses manufaktur adalah tujuan penting bagi industri yang mencari keuntungan efisiensi. Pembelajaran mesin memainkan peran penting dalam pengoptimalan proses dengan menganalisis kumpulan data yang besar untuk mengidentifikasi kemacetan, menyarankan penyesuaian parameter, dan mengoptimalkan alokasi sumber daya. Penelitian di bidang ini mengeksplorasi penggunaan pembelajaran penguatan dan algoritme pengoptimalan (Anardani & Putera, 2018; Caleb M. et al., 2012; Chandani et al., 2016; Davenport, 1993; Ghode et al., 2023; Supriandi & Iskandar, 2021).

Manajemen Rantai Pasokan

Pembelajaran mesin memperluas jangkauannya ke manajemen rantai pasokan, membantu dalam peramalan permintaan, manajemen inventaris, dan pengoptimalan logistik. Aplikasi-aplikasi ini berkontribusi pada operasi yang lebih lancar, mengurangi biaya, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Upaya penelitian telah berupaya untuk meningkatkan akurasi model peramalan permintaan dan meningkatkan visibilitas rantai pasokan (Chen & Li, 2020; French et al., 2020; Khatib & Barco, 2021; W. Liu et al., 2022; Rossolov et al., 2022).

Kolaborasi Manusia-Mesin

Integrasi teknologi ML ke dalam sistem manufaktur juga telah mengarah pada kolaborasi manusia dan mesin. Robot kolaboratif, yang sering disebut sebagai cobot, dirancang untuk bekerja bersama operator manusia, meningkatkan produktivitas dan keselamatan. Penelitian di bidang ini mengeksplorasi pengembangan antarmuka intuitif, protokol keselamatan, dan perencanaan tugas kolaboratif (Atiku & Obagbuwa, 2021; Chandrasekran et al., 2022; Salhab et al., 2021).

METODE PENELITIAN

A. Sumber Data

Untuk mengumpulkan kumpulan data yang komprehensif untuk analisis bibliometrik kami, kami mengakses berbagai pangkalan data akademik dan repositori. Sumber-sumber penting termasuk tetapi tidak terbatas pada Google Scholar. Basis data ini dipilih karena cakupan literatur akademisnya yang luas di bidang teknik, ilmu komputer, dan manajemen industri, yang menjadi fokus utama penelitian ini. Kueri penelusuran yang relevan dirancang untuk mengambil publikasi yang secara khusus terkait dengan penerapan teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Kombinasi kata kunci dan operator Boolean digunakan, termasuk istilah-istilah seperti "pembelajaran mesin", "manufaktur", "kecerdasan buatan", dan sinonimnya. Permintaan pencarian dibuat dengan hati-hati untuk memastikan pengambilan karya ilmiah yang relevan dengan bantuan Publish or Perish (PoP) yang diakses pada tanggal 2 September 2022.

Tabel 1. Metrik Data Penelitian

Publication years	: 1977-2023
Citation years	: 46 (1977-2023)
Paper	: 980
Citations	: 64918
Cites/year	: 1411.26
Cites/paper	: 66.24
Cites/author	: 23087.20
Papers/author	: 351.95
Author/paper	: 3.43
h-index	: 120
g-index	: 227
hI,norm	: 65
hI,annual	: 1.41
hA-index	: 63
Papers with ACC	: 1,2,5,10,20:801,727,590,456,285

Sumber: PoP 2023

B. Analisa Data

VOSviewer, perangkat lunak bibliometrik yang banyak digunakan, digunakan untuk visualisasi data dan analisis jaringan. Perangkat lunak ini memungkinkan pembuatan grafik jaringan, peta panas, dan visualisasi kepadatan untuk merepresentasikan jaringan kolaborasi

penulis, kemunculan bersama kata kunci, dan pola pengutipan jurnal. Visualisasi ini sangat penting untuk mendapatkan wawasan dari kumpulan data dan menyajikan temuan secara efektif (Iskandar et al., 2021).

Pola kepenulisan dianalisis untuk mengidentifikasi penulis dan kelompok penelitian yang berpengaruh. Metrik seperti indeks-h dan jumlah kutipan dihitung. Selain itu, jaringan kolaborasi di antara para penulis dan institusi dibangun untuk memvisualisasikan sejauh mana kolaborasi di dalam bidang tersebut. Analisis menyeluruh terhadap jurnal-jurnal yang menerbitkan penelitian tentang pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur dilakukan. Metrik seperti faktor dampak, tren publikasi, dan persentase artikel yang relevan dalam setiap jurnal dinilai. Analisis kata kunci dilakukan untuk mengungkap tema penelitian dan topik yang muncul di dalam bidang tersebut. Analisis kemunculan bersama dan kelompok kata kunci dibuat untuk memvisualisasikan hubungan di antara kata kunci dan prevalensinya dalam literatur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

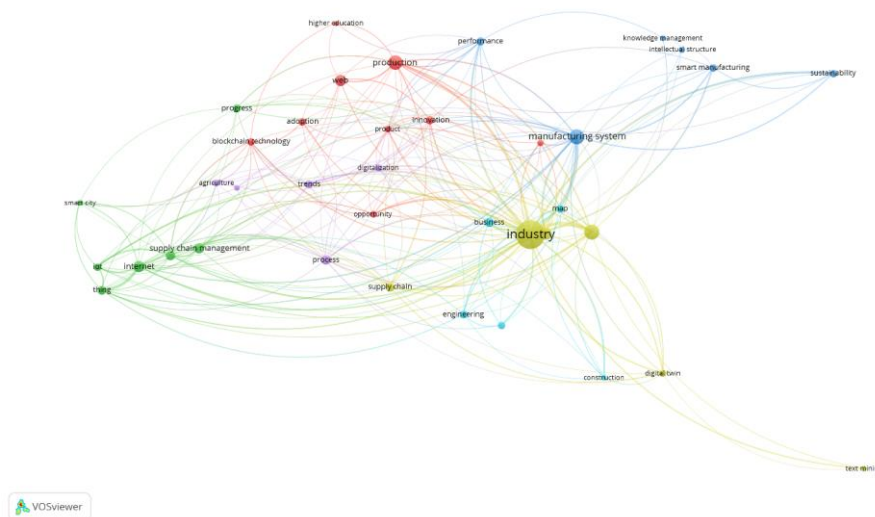


Figure 1. Mapping Results by Vosviewers (2023)

Analisis kemunculan bersama kata kunci mengungkap tema penelitian yang dominan dan hubungan di antara kata kunci. Analisis ini mengidentifikasi kelompok kata kunci, seperti "pemeliharaan prediktif", "visi komputer", "pembelajaran penguatan", dan "optimasi rantai pasokan", yang menggambarkan sifat penelitian yang beragam di bidang ini. Gambar 1 memberikan visualisasi pola kemunculan bersama kata kunci.

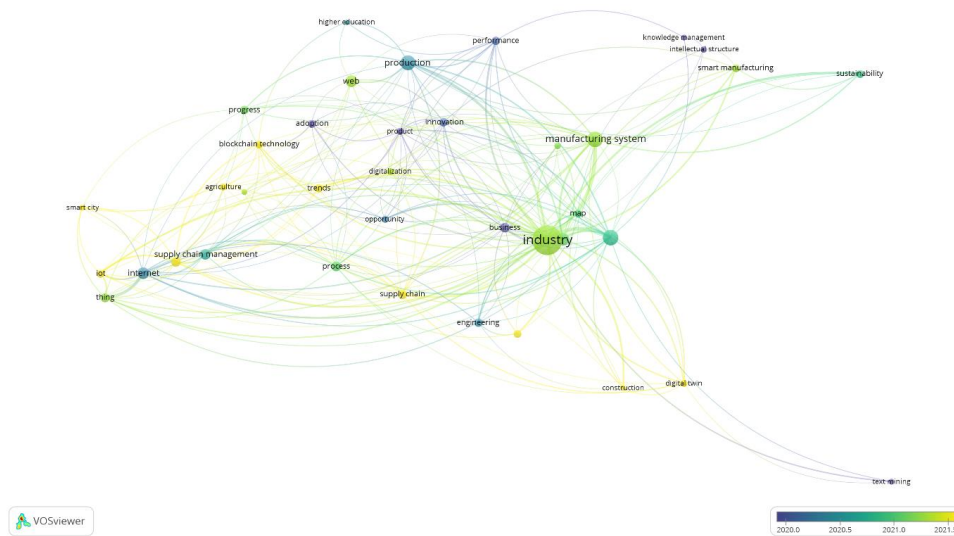


Figure 2. Research Trend by Vosviewers (2023)

Analisis tersebut mengungkapkan pertumbuhan yang konsisten dalam penelitian yang berkaitan dengan pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur selama tiga dekade terakhir. Jumlah publikasi tentang topik ini telah mengalami peningkatan yang stabil, yang menunjukkan semakin pentingnya bidang interdisipliner ini. Gambar 2 mengilustrasikan tren pertumbuhan, dengan lonjakan yang mencolok dalam dekade terakhir.

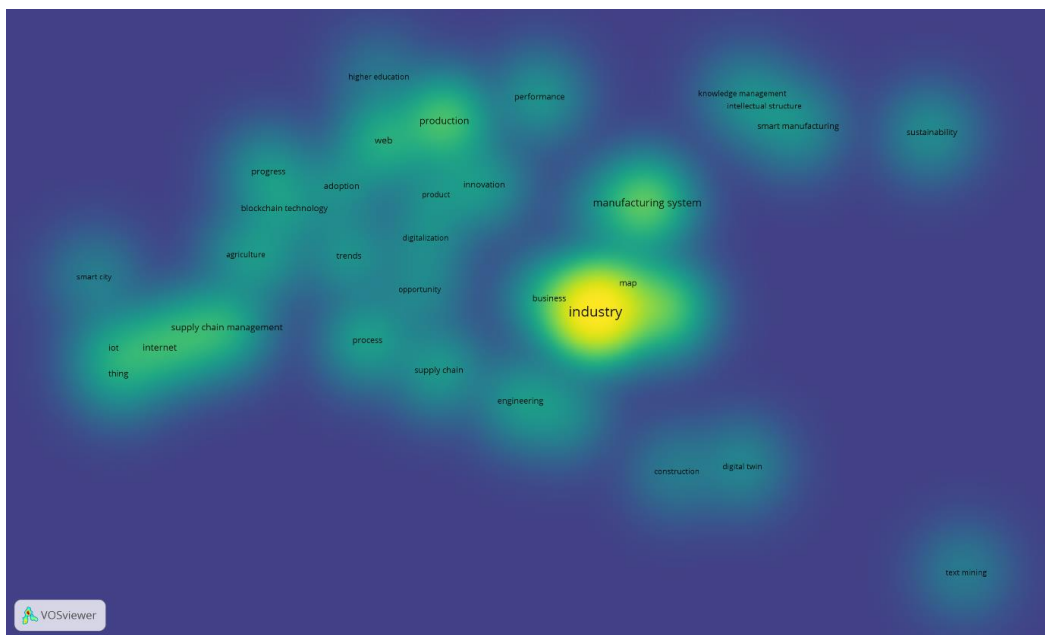


Figure 3. Cluster Identity by Vosviewers (2023)

Gambar 2 menunjukkan kluster-kluster ini mewakili tema penelitian yang berbeda dan bidang minat yang berbeda dalam bidang teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Para peneliti mengeksplorasi berbagai topik, mulai dari adopsi dan inovasi hingga manajemen rantai pasokan, manajemen pengetahuan, transformasi digital, dan tren yang muncul dalam proses.

Klaster-klaster ini memberikan pandangan holistik tentang lanskap penelitian yang beragam di bidang interdisipliner ini.

Table 2. Cluster Identity

Cluster	Total Items	Most frequent keywords (occurrences)	Keyword
1	19	Adoption (20), blockchain technology (25), Innovation (20), product (30)	Additive manufacturing, adoption, blockchain technology, higher education, innovation, opportunity, product, production, web
2	7	supply chain management (20)	Blockchain, internet, iot, progress, smart city, supply chain management, thing
3	6	Knowledge management (20)	Intellectual structure, knowledge management, manufacturing system, performance, smart manufacturing, sustainability
4	6	Industry (30), supply chain (20)	Digital twin, industry, manufacturing, production system, supply chain, text mining
5	5	Process (20), trend (25)	Agriculture, deep learning, digitalization, process, trends
6	5	Digital transformation (25)	Business, construction, digital transformation, engineering, map

Sumber: Hasil Analisa Data (2023)

Klaster 1 berfokus pada aspek adopsi dan inovasi yang berkaitan dengan teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Jelas bahwa klaster ini berpusat pada adopsi teknologi yang sedang berkembang seperti blockchain dan dampaknya terhadap inovasi dalam pengembangan produk dan proses produksi. Kata kunci ini menunjukkan bahwa para peneliti dalam klaster ini mengeksplorasi peluang dan tantangan yang terkait dengan pengintegrasian teknologi blockchain dan metode pengembangan produk yang inovatif dalam sistem manufaktur, terutama dalam konteks pendidikan tinggi.

Klaster 2 menekankan manajemen rantai pasokan dalam konteks teknologi pembelajaran mesin. Fokus utama di sini tampaknya adalah bagaimana teknologi IoT (Internet of Things) dan blockchain membentuk kemajuan manajemen rantai pasokan, terutama dalam pengembangan kota pintar. Klaster ini menyoroti pentingnya integrasi data dan teknologi secara real-time untuk operasi rantai pasokan yang efisien.

Klaster 3 mempelajari manajemen pengetahuan dalam sistem manufaktur. Adanya kata kunci seperti "keberlanjutan" dan "manufaktur pintar" menunjukkan fokus pada bagaimana praktik manajemen pengetahuan dapat meningkatkan kinerja dan keberlanjutan di bidang manufaktur. Klaster ini dapat mengeksplorasi strategi untuk menangkap dan memanfaatkan pengetahuan secara efisien dalam konteks sistem manufaktur pintar.

Klaster 4 berkisar pada domain industri, dengan fokus khusus pada kembaran digital. Kehadiran "penambangan teks" menunjukkan pendekatan kuantitatif untuk mengekstraksi

wawasan dari data industri. Para peneliti di klaster ini tampaknya mengeksplorasi bagaimana kembaran digital dapat berdampak pada berbagai aspek manufaktur, termasuk sistem produksi dan rantai pasokan. Klaster 5 menyoroti tren yang terkait dengan proses di berbagai domain, termasuk pertanian dan pembelajaran mendalam. Kehadiran "digitalisasi" dan "pembelajaran mendalam" menunjukkan fokus pada integrasi teknologi canggih untuk meningkatkan dan mengoptimalkan proses. Para peneliti di klaster ini kemungkinan besar sedang menyelidiki tren yang sedang berkembang dan aplikasinya dalam sistem manufaktur. Klaster 6 berkisar pada konsep transformasi digital di berbagai bidang, seperti bisnis, konstruksi, dan teknik. Adanya "peta" menunjukkan bahwa para peneliti mungkin meneliti aspek spasial dari transformasi digital. Klaster ini menggarisbawahi implikasi yang lebih luas dari digitalisasi di luar manufaktur dan bagaimana hal itu berdampak pada berbagai industri.

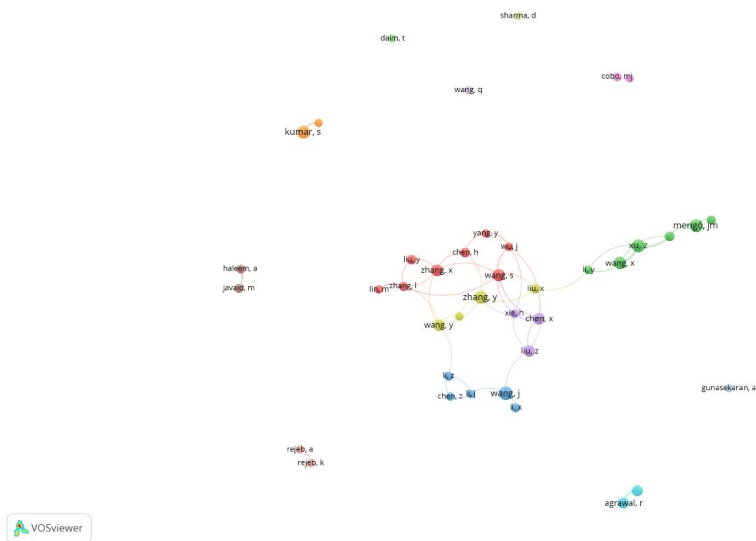


Figure 4. Author Collaboration

Analisis kami terhadap pola kepenulisan mengungkapkan sekelompok peneliti berpengaruh yang telah memberikan kontribusi signifikan terhadap bidang ini. Di antara mereka, Chen, Chiang dan Storey, Subramanyan dan Fahimnia, Sarkis dan Davarzani muncul sebagai penulis yang produktif dengan jumlah kutipan yang tinggi dan publikasi yang berdampak. Selain itu, kelompok-kelompok penelitian yang dipimpin oleh lembaga-lembaga seperti MIT, Stanford University, dan Fraunhofer Society telah secara aktif terlibat dalam penelitian terobosan.

Table 3. Citations Analysis

Citations	Authors and year	Title
7645	H Chen, RHL Chiang, VC Storey (2012)	Business intelligence and analytics: From big data to big impact
1804	K Subramanyam (1983)	Bibliometric studies of research collaboration: A review
1757	B Fahimnia, J Sarkis, H Davarzani (2015)	Green supply chain management: A review and bibliometric analysis

Citations	Authors and year	Title
1472	FGA De Bakker, P Groenewegen (2005)	A bibliometric analysis of 30 years of research and theory on corporate social responsibility and corporate social performance
1189	M Ben-Daya, E Hassini, Z Bahroun (2019)	Internet of things and supply chain management: a literature review
885	O Faust, Y Hagiwara, TJ Hong, OS Lih (2018)	Deep learning for healthcare applications based on physiological signals: A review
832	S Verma, A Gustafsson (2020)	Investigating the emerging COVID-19 research trends in the fields of business and management: A bibliometric analysis approach
680	S Martin, G Diaz, E Sancristobal, R Gil, M Castro (2011)	New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence
598	L Mora, R Bolici, M Deakin (2017)	The first two decades of smart-city research: A bibliometric analysis
591	R Heradio, L De La Torre, D Galan, FJ Cabrerizo (2016)	Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis

Sumber: Hasil Analisa Data (2023)

Publikasi yang banyak dikutip ini mencakup beragam topik, mulai dari intelijen dan analitik bisnis hingga perawatan kesehatan, pendidikan, keberlanjutan, dan manajemen rantai pasokan. Jumlah kutipan mereka mencerminkan dampak dan relevansi mereka di bidang masing-masing.

Table 4. Keywords Analys

Most occurrences		Fewer occurrences	
Occurrences	Term	Occurrences	Term
235	Industry	17	Sustainability
70	Manufacturing system	17	Digital transformation
69	Production system	16	Agriculture
42	Manufacturing	16	Bibliometric technique
40	Production	14	Digital twin
39	Web	14	Opportunity
38	Internet	14	Digitalization
31	Supply chain management	12	Intellectual structure
29	Blockchain	12	Additive manufacturing
29	Process	11	Smart city
26	business	11	Deep learning
26	Supply chain	11	Construction
25	Thing	10	Higher education
23	Performance	10	Knowledge management
22	Visualization	10	Text mining

Sumber: Hasil analisa data (2023)

Istilah dengan Kemunculan Terbanyak

"Industri" adalah istilah yang paling sering muncul dalam analisis Anda, muncul sebanyak 235 kali. Hal ini menunjukkan penekanan yang kuat pada konteks industri dalam bidang teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Para peneliti kemungkinan besar mengeksplorasi berbagai aspek industri dan hubungannya dengan aplikasi pembelajaran mesin. "Sistem manufaktur" adalah istilah lain yang sering muncul, muncul sebanyak 70 kali. Hal ini menunjukkan fokus yang signifikan pada studi dan pengoptimalan sistem manufaktur dalam konteks pembelajaran mesin. Para peneliti kemungkinan besar mengeksplorasi bagaimana pembelajaran mesin dapat meningkatkan kinerja sistem manufaktur.

"Sistem produksi" sangat dekat dengan sistem manufaktur, muncul sebanyak 69 kali. Istilah ini menggarisbawahi pentingnya proses produksi yang efisien dan peran pembelajaran mesin dalam mengoptimalkan sistem produksi. "Manufaktur" sendiri merupakan istilah yang menonjol, muncul sebanyak 42 kali. Hal ini mencerminkan cakupan luas dari penelitian yang terkait dengan proses dan teknologi manufaktur dalam konteks pembelajaran mesin. "Produksi" juga merupakan istilah kunci, muncul sebanyak 40 kali. Hal ini menunjukkan minat penelitian pada aspek produksi dari sistem manufaktur dan penerapan pembelajaran mesin untuk meningkatkan proses produksi.

Istilah dengan Kemunculan Lebih Sedikit

"Keberlanjutan" adalah istilah yang muncul lebih sedikit (17 kemunculan) dalam analisis Anda. Meskipun tidak sebanyak istilah yang terkait dengan manufaktur dan produksi, keberadaannya menunjukkan adanya minat yang meningkat terhadap aspek keberlanjutan dari sistem manufaktur dan bagaimana pembelajaran mesin dapat berkontribusi pada upaya keberlanjutan. "Transformasi digital" adalah istilah lain yang muncul sebanyak 17 kali. Ini menandakan tren yang relatif baru namun muncul dalam konteks sistem manufaktur. Para peneliti kemungkinan besar mengeksplorasi bagaimana strategi transformasi digital memengaruhi praktik manufaktur.

"Pertanian" adalah istilah yang muncul sebanyak 16 kali. Hal ini menunjukkan adanya bagian penelitian dalam analisis Anda yang berfokus pada penerapan pembelajaran mesin dalam konteks pertanian, yang dapat mencakup pertanian presisi dan bidang terkait. "Teknik bibliometrik" muncul sebanyak 16 kali, yang menunjukkan bahwa metode dan analisis bibliometrik diterapkan dalam penelitian Anda untuk memahami lanskap penelitian di bidang pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. "Kembaran digital" adalah istilah dengan 14 kemunculan. Istilah ini merujuk pada penelitian yang mengeksplorasi konsep kembaran digital dalam konteks manufaktur, di mana representasi virtual dari sistem fisik digunakan untuk pengoptimalan dan pemantauan.

Diskusi

Pertumbuhan Penelitian: Pertumbuhan yang konsisten dalam hasil penelitian selama tiga dekade terakhir menggarisbawahi semakin pentingnya pembelajaran mesin di bidang manufaktur. Pertumbuhan ini menandakan pergeseran paradigma menuju pengambilan keputusan berbasis data dan otomatisasi di sektor manufaktur.

Penulis dan Kelompok Berpengaruh: Identifikasi penulis dan kelompok penelitian yang berpengaruh menekankan sifat kolaboratif penelitian di bidang ini. Jaringan kolaboratif memainkan

peran penting dalam memajukan pengetahuan dan mendorong inovasi. Penulis yang produktif dan institusi berpengaruh berkontribusi secara signifikan dalam membentuk agenda penelitian.

Tren Penelitian yang Sedang Berkembang: Eksplorasi tren penelitian yang sedang berkembang, termasuk keberlanjutan, transformasi digital, dan aplikasi pertanian, menyoroti daya tanggap bidang ini terhadap tantangan yang terus berkembang. Para peneliti semakin menyadari perlunya mengintegrasikan praktik-praktik keberlanjutan dan merangkul transformasi digital agar tetap kompetitif dalam lanskap manufaktur modern.

Sifat Interdisipliner: Sifat interdisipliner dari bidang ini terlihat dari beragam istilah dan kata kunci yang diidentifikasi. Konsep-konsep dari berbagai bidang seperti manajemen rantai pasokan, IoT, teknologi blockchain, dan pembelajaran mendalam diintegrasikan dengan mulus ke dalam penelitian manufaktur, yang mencerminkan berbagai tantangan dan peluang yang dihadapi oleh industri ini.

Analisis Bibliometrik: Penerapan teknik bibliometrik telah terbukti sangat berharga dalam memberikan pemahaman yang terstruktur dan berbasis data tentang lanskap penelitian. Hal ini telah memungkinkan kami untuk mengidentifikasi kelompok penelitian, publikasi berpengaruh, dan arah penelitian yang sedang berkembang dengan tepat.

KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan, studi bibliometrik ini menawarkan gambaran menyeluruh mengenai lanskap yang berkembang dari penerapan teknologi pembelajaran mesin dalam sistem manufaktur. Analisis kami telah memberikan wawasan yang berharga tentang pertumbuhan, tokoh-tokoh berpengaruh, dan tren penelitian yang muncul di bidang yang dinamis ini. Pertumbuhan yang signifikan dalam hasil penelitian mencerminkan pengakuan yang semakin besar terhadap potensi pembelajaran mesin untuk mengubah proses manufaktur dan pengambilan keputusan. Para peneliti, praktisi, dan institusi secara aktif terlibat dalam upaya kolaboratif untuk memajukan pengetahuan dan mendorong inovasi. Identifikasi penulis dan kelompok penelitian yang berpengaruh menyoroti pentingnya kolaborasi dan berbagi pengetahuan. Penulis dan institusi yang produktif berperan sebagai katalisator untuk kemajuan, membentuk arah penelitian dan pengembangan di lapangan.

Selain itu, munculnya keberlanjutan, transformasi digital, dan aplikasi pertanian sebagai tren penelitian menandakan kemampuan adaptasi industri ini terhadap tantangan kontemporer. Tren-tren ini menggarisbawahi perlunya praktik manufaktur yang berkelanjutan, integrasi digital, dan eksplorasi aplikasi pembelajaran mesin di berbagai domain. Penerapan teknik bibliometrik telah memfasilitasi analisis lanskap penelitian yang terstruktur, menawarkan perspektif berbasis data tentang evolusi bidang ini. Saat kami melihat ke depan, temuan dari penelitian ini akan memandu upaya penelitian di masa depan, menginformasikan para pengambil keputusan di industri dan akademisi, dan berkontribusi pada transformasi sistem manufaktur yang sedang berlangsung. Integrasi teknologi pembelajaran mesin siap untuk terus membentuk kembali lanskap manufaktur, menjadikannya lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap kebutuhan masyarakat yang terus berkembang.

REFERENSI

- Al-Dulaimi, A., Wang, X., & Chih-Lin, I. (2018). *5G Networks: fundamental requirements, enabling technologies, and operations management*. books.google.com.
- Alvey, R. (2021). Robotics in healthcare. *On-Line Journal of Nursing Informatics*, 25(2).
- Anardani, S., & Putera, A. R. (2018). Analisis Perencanaan Strategis Sistem Informasi Pada Manies Group Madiun dengan Pemodelan Ward And Peppard Untuk Meningkatkan Pelayanan Pelanggan. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 8(2), 97. <https://doi.org/10.21456/vol8iss2pp97-103>
- Ardhiyansyah, A., Iskandar, Y., & Riniati, W. O. (2023). Perilaku Pro-Lingkungan dan Motivasi Sosial dalam Mengurangi Penggunaan Plastik Sekali Pakai. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 2(07), 580–586.
- Atiku, S. O., & Obagbuwa, I. C. (2021). Machine learning classification techniques for detecting the impact of human resources outcomes on commercial banks performance. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2021, 1–16.
- Aw, B.-Y., & Palangkaraya, A. (2004). *Local knowledge spillovers in the Indonesian manufacturing industry*. Melbourne Institute of Applied Economic and Social Research, University of
- Bärring, M., Lundgren, C., Åkerman, M., Johansson, B., & ... (2018). 5G enabled manufacturing evaluation for data-driven decision-making. *Procedia CIRP*.
- Budiman, D., Iskandar, Y., & Jasuni, A. Y. (2022). Millennials' Development Strategy Agri-Socio-Preneur in West Java. *International Conference on Economics, Management and Accounting (ICEMAC 2021)*, 315–323.
- Caleb M., A., R. O., O., & W. O., S. (2012). Technology Business Incubation as Strategy for SME Development: How Far, How Well in Nigeria? *Science and Technology*, 2(6), 172–181. <https://doi.org/10.5923/j.scit.20120206.06>
- Chandani, A., Mehta, M., Mall, A., & Khokhar, V. (2016). Employee engagement: A review paper on factors affecting employee engagement. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(15). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i15/92145>
- Chandrasekran, Y., Ramachandiran, C. R., & Arun, K. C. (2022). Adoption of Future Banking Using Biometric Technology in Automated Teller Machine (ATM). *2022 IEEE International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 1–4.
- Chen, J., & Li, H. (2020). Development prospect of China's new consumer economy in the new situation—concurrently discussing the impact of COVID-19. In *Open Journal of Business and Management*. scirp.org.
- Davenport, T. H. (1993). *Process innovation: reengineering work through information technology*. Harvard Business Press.
- Ehrlich, M., Wisniewski, L., Trsek, H., & ... (2017). Automatic mapping of cyber security requirements to support network slicing in software-defined networks. *2017 22nd IEEE ...*
- French, A. M., Risius, M., & Shim, J. P. (2020). The interaction of virtual reality, blockchain, and 5G new radio: disrupting business and society. *Communications of the Association ...*
- Ganesh, E. N. (2021). Study of 5G Technology and its operations and maintenance to improve flexibility, impacts: Review. In *Recent Trends in Electronics Efficiency and ...* scholar.archive.org.
- Ghadge, A., Kara, M. E., Moradlou, H., & ... (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. ... *Technology Management*. <https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>

- Ghode, D. J., Yadav, V., Jain, R., & Soni, G. (2023). Exploring the integration of blockchain technology into supply chain: challenges and performance. *Business Process Management Journal*, 29(1), 223–239.
- Habibie, S. (2019). *REVIEW OF NANO TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN TEXTILE INDUSTRY AND THE ROLE OF R & D IN INDONESIA*.
- Haidine, A., Salmam, F. Z., Aqqal, A., & ... (2021). Artificial intelligence and machine learning in 5G and beyond: a survey and perspectives. ... *Technologies for 5G and ...*
- Hanim, H., & Naiemah, S. U. (2021). Determinants of women leadership in the Malaysian manufacturing industry. *AIP Conference Proceedings*, 2339(1), 20146.
- Iskandar, Y., Ardhiyansyah, A., & Jaman, U. B. (2023). The Effect of Leadership, Supervision, and Work Motivation of the Principal on Teacher Professionalism at SMA Yadika Cicalengka, Bandung Regency. *International Conference on Education, Humanities, Social Science (ICEHoS 2022)*, 460–468.
- Iskandar, Y., Joeliaty, J., Kaltum, U., & Hilmiana, H. (2021). Bibliometric analysis on social entrepreneurship specialized journals. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 17, 941–951. <https://doi.org/10.37394/232015.2021.17.87>
- Iskandar, Y., Joeliaty, J., Kaltum, U., & Hilmiana, H. (2022). Systematic review of the barriers to social enterprise performance using an institutional framework. *Cogent Business & Management*, 9(1), 2124592.
- Khatib, E. J., & Barco, R. (2021). Optimization of 5G networks for smart logistics. *Energies*.
- Kriebitz, A., & Lütge, C. (2020). Artificial intelligence and human rights: a business ethical assessment. *Business and Human Rights Journal*, 5(1), 84–104.
- Kurniawan, -, Maulana, A., & Iskandar, Y. (2023). The Effect of Technology Adaptation and Government Financial Support on Sustainable Performance of MSMEs during the COVID-19 Pandemic. *Cogent Business & Management*, 10(1), 2177400.
- Liu, K. (2022). Research on the core competitiveness of short video industry in the context of big data—a case study of tiktok of bytedance company. In ... *Journal of Industrial and Business Management*. scirp.org.
- Liu, W., Liang, Y., Bao, X., Qin, J., & Lim, M. K. (2022). China's logistics development trends in the post COVID-19 era. *International Journal of ...* <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1837760>
- Niknejad, N., Ismail, W., Bahari, M., Hendradi, R., & Salleh, A. Z. (2021). Mapping the research trends on blockchain technology in food and agriculture industry: A bibliometric analysis. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101272.
- Osseiran, A., Monserrat, J. F., & Marsch, P. (2016). *5G mobile and wireless communications technology*. books.google.com.
- Peraković, D., Periša, M., Zorić, P., & Cvitić, I. (2020). Development and implementation possibilities of 5G in Industry 4.0. *Design, Simulation, Manufacturing ...* https://doi.org/10.1007/978-3-030-50794-7_17
- Pradhan, R. K., & Jena, L. K. (2017). Employee Performance at Workplace: Conceptual Model and Empirical Validation. *Business Perspectives and Research*, 5(1), 69–85. <https://doi.org/10.1177/2278533716671630>
- Rosolov, A., Kuzkin, O., & Rosolova, H. (2022). Emergency supplies purchase patterns during COVID-19 outbreak in the developing economy: frequency and stockpiling drivers'

- assessment. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 12(1), 106–128.
- Salamin, P., & Hermawan, F. (2018). Analisis Bisnis Model Kanvas dan Kelayakan Keuangan (Studi Kasus Pada Teri Sambal Terateri). *Jurnal Manajemen Dan Bisnis Sriwijaya*, 15(1), 31–38. <https://doi.org/10.29259/jmbs.v15i1.5645>
- Salhab, N., Langar, R., & Rahim, R. (2021). 5G network slices resource orchestration using Machine Learning techniques. *Computer Networks*.
- Salminen, J., Yoganathan, V., Corporan, J., Jansen, B. J., & Jung, S.-G. (2019). Machine learning approach to auto-tagging online content for content marketing efficiency: A comparative analysis between methods and content type. *Journal of Business Research*, 101, 203–217.
- Singh, R., Gehlot, A., Akram, S. V, Gupta, L. R., Jena, M. K., & ... (2021). Cloud manufacturing, internet of things-assisted manufacturing and 3D printing technology: reliable tools for sustainable construction. *Sustainability*.
- Sirotkin, S. (2020). *5G Radio Access Network Architecture: The Dark Side of 5G*. books.google.com.
- Supriandi, S. (2022). *PENGARUH MODAL SOSIAL, KAPABILITAS FINANSIAL, ORIENTASI KEWIRAUSAHAAN TERHADAP DAYA SAING BISNIS BERKELANJUTAN SERTA IMPLIKASINYA PADA KINERJA UMKM INDUSTRI KULINER DI KOTA SUKABUMI*. Nusa Putra.
- Supriandi, S., & Iskandar, Y. (2021). ANALISIS NILAI PERUSAHAAN PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR (Studi Nilai Perusahaan pada 10 Perusahaan Manufaktur BEI). *Referensi: Jurnal Ilmu Manajemen Dan Akuntansi*, 9(1), 23–30.
- Tian, M. W., Wang, L., Yan, S. R., Tian, X. X., Liu, Z. Q., & ... (2019). Research on financial technology innovation and application based on 5G network. *IEEE ...*
- Torrise, M., Maggio, M. G., De Cola, M. C., Zichittella, C., Carmela, C., Porcari, B., la Rosa, G., De Luca, R., Naro, A., & Calabrò, R. S. (2021). Beyond motor recovery after stroke: The role of hand robotic rehabilitation plus virtual reality in improving cognitive function. *Journal of Clinical Neuroscience*, 92, 11–16.
- Tucker, K., Bulim, J., Koch, G., & ... (2018). Internet industry: A perspective review through internet of things and internet of everything. ... *Management ...*
- Ullah, A., Pinglu, C., Ullah, S., Abbas, H. S. M., & ... (2021). The role of e-governance in combating COVID-19 and promoting sustainable development: a comparative study of China and Pakistan. In *Chinese Political Science ...* Springer. <https://doi.org/10.1007/s41111-020-00167-w>
- Usman, M., Granelli, F., & Asghar, M. R. (2018). 5G and D2D Communications at the Service of Smart Cities. *Transportation and Power ...*
- Volini, E., Schwartz, J., Roy, I., Hauptmann, M., & ... (2019). Leading the social enterprise: Reinvent with a human focus. *Deloitte Global Human ...*
- Vorina, A., Simonič, M., & Vlasova, M. (2017). An Analysis of the Relationship Between Job Satisfaction and Employee Engagement. *Economic Themes*, 55(2), 243–262. <https://doi.org/10.1515/ethemes-2017-0014>
- Zhang, F., & Gong, Z. (2021). Supply chain inventory collaborative management and information sharing mechanism based on cloud computing and 5G internet of things. In *Mathematical Problems in Engineering*. hindawi.com.