



Contents lists available at [Journal ELORA](#)

JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)

ISSN: 2502-079X (Print) ISSN: 2503-1619 (Electronic)

Journal homepage: <https://jrti.eloracenter.org/jrti>



Analisis bibliometrik penelitian industri 5.0 dalam TVET: struktur pengetahuan, frontier penelitian informatika, dan tren global (2020–2025)

Wiki Lofandri*), Alzet Rama, Novrianti Novrianti
Universitas Negeri Padang

Article Info	ABSTRACT
Article history: Received Oct 18 th , 2025 Revised Nov 23 th , 2025 Accepted Dec 28 th , 2025	Penelitian ini menyajikan analisis bibliometrik komprehensif terhadap perkembangan penelitian di bidang teknologi Industri 5.0 dalam konteks Technical and Vocational Education and Training (TVET). Menggunakan basis data Scopus dengan strategi pencarian Boolean yang terstruktur, sebanyak 321 artikel penelitian yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah internasional antara tahun 2017 hingga 2025 dianalisis secara sistematis. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk pemetaan jaringan ko-kemunculan kata kunci, visualisasi overlay temporal, dan pemetaan densitas. Hasil analisis menunjukkan pertumbuhan publikasi yang signifikan, terutama sejak tahun 2022, dengan lonjakan tajam pada periode 2024–2025 yang mencerminkan akselerasi adopsi teknologi kecerdasan buatan (AI) dan otomasi dalam pendidikan vokasi. Tiga kluster tema utama teridentifikasi: (1) teknologi AI dan pendidikan vokasi sebagai inti penelitian; (2) kurikulum, pembelajaran digital, dan kompetensi guru; serta (3) desain penelitian berbasis human-subject. China, Indonesia, dan Malaysia menjadi negara paling produktif. Temuan ini mengimplikasikan perlunya reorientasi kurikulum TVET secara global, khususnya di negara-negara berkembang, untuk mengintegrasikan kompetensi teknologi Industri 5.0 secara sistemik dan berkelanjutan.
Keyword: TVET, Industry 5.0, Kecerdasan buatan, Pendidikan vokasi	 © 2025 The Authors. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0)
Corresponding Author: Wiki Lofandri, Universitas Negeri Padang Email: wiloleaks@unp.ac.id	

Introduction

Transformasi industri global yang dikenal sebagai Industri 5.0 membawa perubahan mendasar tidak hanya pada sistem produksi, tetapi juga pada tatanan pendidikan dan pelatihan tenaga kerja. Berbeda dari Industri 4.0 yang menitikberatkan pada otomasi penuh dan interkoneksi mesin, Industri 5.0 mengintegrasikan kecerdasan manusia dan kecerdasan mesin secara kolaboratif, menempatkan manusia sebagai pusat sistem produksi yang berkelanjutan (European Commission, 2021). Dalam konteks ini, Technical and Vocational Education and Training (TVET) menghadapi tekanan transformatif yang belum pernah terjadi sebelumnya: bagaimana mempersiapkan tenaga kerja yang mampu berkolaborasi dengan sistem kecerdasan buatan (AI), robotika, Internet of Things (IoT), dan teknologi digital lainnya.

Urgensi transformasi TVET di era Industri 5.0 tidak dapat dipisahkan dari realitas pasar kerja global yang mengalami disrupsi masif. Penelitian Beer dan Mulder (2020) yang menjadi salah satu artikel paling berpengaruh dalam corpus penelitian ini mengidentifikasi bahwa perkembangan teknologi secara fundamental mengubah persyaratan kompetensi tenaga kerja, yang pada gilirannya menuntut reorientasi menyeluruh pada

sistem pendidikan dan pelatihan vokasi. Temuan ini sejalan dengan proyeksi World Economic Forum yang memperkirakan bahwa lebih dari 85 juta pekerjaan akan mengalami substitusi atau transformasi akibat otomatisasi pada tahun 2025.

Pertumbuhan penelitian mengenai integrasi teknologi Industry 5.0 dalam TVET menunjukkan trajektori yang semakin acceleratif. Namun demikian, peta pengetahuan (knowledge map) yang komprehensif mengenai frontier penelitian ini masih sangat terbatas. Mayoritas studi yang ada bersifat parsial, berfokus pada satu teknologi tertentu (seperti AI atau IoT secara terpisah), atau hanya mengkaji konteks satu negara tertentu. Kondisi ini menciptakan gap metodologis dan substantif yang signifikan dalam pemahaman kita tentang arah dan pola perkembangan penelitian TVET-teknologi secara global.

Konteks Indonesia, sebagai negara berkembang dengan jumlah lembaga TVET terbesar ketiga di dunia, menambahkan dimensi penting pada urgensi penelitian ini. Indonesia telah menempatkan penguatan TVET sebagai salah satu pilar Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN), namun integrasi teknologi Industry 5.0 ke dalam kurikulum TVET masih menghadapi berbagai tantangan struktural, mulai dari keterbatasan infrastruktur digital hingga kesenjangan kompetensi instruktur. Dalam konteks regional, Indonesia menempati posisi ketiga sebagai negara paling produktif dalam publikasi terkait TVET dan teknologi di Scopus, di bawah China dan Malaysia, menunjukkan peran aktif peneliti Indonesia namun sekaligus mengindikasikan kebutuhan untuk lebih mengakselerasi produksi pengetahuan berbasis bukti.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pemetaan bibliometrik secara sistematis terhadap frontier penelitian Domain Pengetahuan Teknologi Industry 5.0 dalam TVET. Dengan menggunakan 321 artikel yang diekspor dari basis data Scopus (2017–2025), penelitian ini mengidentifikasi tren publikasi, struktur intelektual, jaringan kolaborasi, serta tema-tema emergen dan dominan dalam bidang kajian ini. Visualisasi yang dihasilkan melalui VOSviewer—mencakup network visualization, overlay visualization, dan density visualization—digunakan sebagai alat utama untuk membaca peta pengetahuan dan mengidentifikasi agenda penelitian masa depan.

Meskipun penelitian tentang TVET dan teknologi telah berkembang pesat, beberapa gap penelitian fundamental masih belum teratasi. Pertama, belum terdapat kajian bibliometrik yang secara komprehensif memetakan seluruh lanskap pengetahuan tentang teknologi Industry 5.0 dalam TVET secara lintas teknologi (AI, robotika, IoT, otomatisasi, Digital Twin, Cloud Computing, dan Cybersecurity) dalam satu kerangka analisis terpadu.

Kedua, studi bibliometrik yang ada umumnya berfokus pada satu dimensi teknologi (misalnya hanya AI atau hanya IoT), sehingga tidak mampu memberikan gambaran holistik tentang bagaimana ekosistem teknologi Industry 5.0 secara keseluruhan berinteraksi dalam konteks pendidikan vokasi. Ketiga, representasi negara berkembang—yang justru paling membutuhkan panduan kebijakan berbasis bukti—sangat minim dalam review sistematis yang ada. Keempat, analisis temporal (overlay visualization) tentang evolusi topik penelitian dari waktu ke waktu belum banyak dilakukan, sehingga arah perkembangan penelitian ke depan sulit dipetakan secara presisi.

Urgensi penelitian ini dilatarbelakangi oleh tiga faktor konvergen yang saling memperkuat. Pertama, akselerasi adopsi teknologi Industry 5.0 dalam dunia industri yang jauh melampaui kecepatan adaptasi sistem pendidikan vokasi. Data publikasi menunjukkan lonjakan dramatis pada 2024–2025 (129 artikel dalam satu tahun), yang mengindikasikan bahwa komunitas riset global baru mulai secara serius mengkaji implikasi pendidikan dari fenomena ini.

Kedua, kebutuhan kebijakan yang mendesak di tingkat nasional dan internasional. Lembaga-lembaga seperti UNESCO-UNEVOC, ILO, dan berbagai kementerian pendidikan di negara berkembang membutuhkan sintesis pengetahuan yang sistematis sebagai dasar perumusan kebijakan TVET yang responsif terhadap dinamika Industry 5.0. Tanpa peta pengetahuan yang jelas, kebijakan yang dihasilkan berisiko bersifat reaktif dan tidak terkoordinasi.

Ketiga, perlunya agenda penelitian masa depan yang terarah. Identifikasi tema-tema emergen (seperti AI literacy, machine learning dalam asesmen, dan digital twin untuk simulasi pelatihan vokasi) melalui analisis bibliometrik memberikan fondasi yang solid bagi peneliti untuk mengarahkan upaya riset mereka pada area yang paling kritis dan paling kurang terpetakan.

Kontribusi orisinal penelitian ini terletak pada tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini merupakan studi bibliometrik pertama yang secara komprehensif memetakan domain pengetahuan teknologi Industry 5.0 dalam TVET dengan cakupan tujuh teknologi kunci (AI, robotika, otomatisasi, IoT, Digital Twin, Cloud Computing, dan Cybersecurity) dalam satu kerangka analisis terpadu berbasis 321 artikel Scopus.

Kedua, penelitian ini mengintegrasikan tiga jenis visualisasi VOSviewer—network visualization (struktur kluster dan hubungan antar konsep), overlay visualization (evolusi temporal tema penelitian), dan density visualization (konsentrasi dan intensitas area penelitian)—untuk menghasilkan pemahaman multidimensional tentang struktur pengetahuan bidang ini.

Ketiga, penelitian ini secara khusus mengidentifikasi posisi dan kontribusi negara-negara berkembang (Indonesia, Malaysia, Thailand, Nigeria) dalam ekosistem penelitian global, serta mengimplikasikan agenda penelitian yang relevan dengan konteks negara-negara tersebut. Hal ini mengisi gap yang signifikan dalam literatur yang selama ini didominasi oleh perspektif negara-negara maju.

Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik kuantitatif (Donthu et al., 2021) yang dikombinasikan dengan analisis konten kualitatif untuk menginterpretasikan peta pengetahuan yang dihasilkan. Analisis bibliometrik merupakan metode yang mapan untuk memetakan perkembangan suatu bidang ilmu melalui analisis statistik terhadap literatur ilmiah (van Eck & Waltman, 2010).

Strategi Pencarian dan Seleksi Data

Basis data yang digunakan adalah Scopus, dipilih karena cakupannya yang komprehensif terhadap literatur ilmiah internasional bereputasi. Pencarian dilakukan menggunakan strategi Boolean berikut:

TITLE-ABS-KEY((AI OR "Artificial Intelligence" OR Robotics OR Automation OR IoT OR "Digital Twin" OR "Cloud Computing" OR Cybersecurity) AND (TVET OR "vocational education" OR "technical education")) AND PUBYEAR > 2016 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO(DOCTYPE,"ar")) AND (LIMIT-TO(SRCTYPE,"j")) AND (LIMIT-TO(PUBSTAGE,"final"))

Proses seleksi data dilakukan secara bertahap sebagaimana tercatat dalam dokumen narasi metode penelitian. Pencarian awal menghasilkan 1.058 dokumen dari berbagai tipe. Filter pertama diterapkan pada jenis dokumen (article only), menghasilkan 331 dokumen. Filter kedua diterapkan pada tahap publikasi (final), menghasilkan 321 dokumen final yang menjadi corpus analisis penelitian ini. Seluruh 321 dokumen diekspor dalam format CSV dan dianalisis menggunakan VOSviewer versi 1.6.20.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Artikel jurnal (article)	Conference paper, review, book chapter
Publikasi tahap final	Artikel in-press atau preprint
Tahun publikasi 2017–2025	Publikasi sebelum 2017
Terindeks Scopus	Tidak terindeks Scopus
Relevan dengan TVET dan teknologi Industry 5.0	Tidak relevan dengan tema penelitian

Sebaliknya, artikel yang tidak memenuhi kriteria tersebut dikeluarkan dari proses analisis lebih lanjut. Kriteria eksklusi mencakup dokumen berupa conference paper, review, maupun book chapter, karena jenis publikasi ini memiliki karakteristik metodologis yang berbeda dari artikel jurnal penelitian orisinal. Selain itu, artikel yang masih berstatus in-press atau preprint turut dikeluarkan karena belum melalui proses publikasi final, begitu pula publikasi yang terbit sebelum tahun 2017, tidak terindeks Scopus, atau tidak memiliki keterkaitan tematik dengan topik penelitian. Penerapan kriteria eksklusi ini bertujuan untuk menjaga konsistensi metodologis dan validitas hasil analisis bibliometrik yang dilakukan. Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan VOSviewer (versi 1.6.20) untuk analisis ko-kemunculan kata kunci (keyword co-occurrence), visualisasi jaringan, overlay temporal, dan density mapping. Data diekspor dari Scopus dalam format CSV dan diproses menggunakan Microsoft Excel untuk analisis deskriptif statistik.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Tren Publikasi

Tabel 2 menyajikan distribusi publikasi tahunan dari 321 artikel yang menjadi corpus penelitian ini. Data menunjukkan pertumbuhan yang tidak linear, dengan fase awal yang relatif stabil (2017–2021), diikuti lonjakan pertama pada 2022 (38 artikel), dan akselerasi dramatis pada periode 2024–2025.

Tabel 2. Tren Publikasi Tahunan Domain TVET–Teknologi Industry 5.0 (2017–2025)

Tahun	Jumlah Artikel	Kumulatif	Persentase (%)
2017	9	9	2,80
2018	9	18	2,80
2019	14	32	4,36
2020	21	53	6,54
2021	17	70	5,30
2022	38	108	11,84
2023	21	129	6,54
2024	63	192	19,63
2025	129	321	40,19
Total	321	321	100,00

Pola pertumbuhan ini dapat dibagi menjadi tiga fase. Fase pertama (2017–2021) merupakan fase pembentukan (incubation phase) dengan rata-rata 14 artikel per tahun, mencerminkan diskusi akademik awal yang masih terbatas pada kelompok peneliti spesialis. Fase kedua (2022–2023) merupakan fase ekspansi awal dengan lonjakan signifikan pada 2022 yang bertepatan dengan publikasi masif mengenai dampak pandemi COVID-19 terhadap digitalisasi pendidikan vokasi. Fase ketiga (2024–2025) merupakan fase akselerasi eksponensial, dengan 2025 menjadi tahun dengan jumlah publikasi tertinggi (129 artikel, 40,19% dari total corpus), mencerminkan mainstreaming teknologi AI generatif (seperti ChatGPT dan variannya) dalam wacana TVET global.

Analisis Jurnal dan Sumber Dominan

Tabel 3 menyajikan sepuluh jurnal paling produktif dalam corpus penelitian ini. Journal of Technical Education and Training (JTET) menjadi jurnal paling produktif dengan 13 artikel, mencerminkan posisinya sebagai leading journal di bidang TVET yang secara konsisten mempublikasikan penelitian tentang integrasi teknologi. Applied Mathematics and Nonlinear Sciences dan Applied Sciences (Switzerland) masing-masing berkontribusi 8 artikel, menunjukkan sifat interdisipliner dari penelitian TVET-teknologi.

Tabel 3. Jurnal Paling Produktif dalam Bidang TVET–Teknologi Industry 5.0

Jurnal	Artikel (n)	Persentase (%)
Journal of Technical Education and Training	13	4,05
Applied Mathematics and Nonlinear Sciences	8	2,49
Applied Sciences (Switzerland)	8	2,49
TEM Journal	7	2,18
IEEE Access	4	1,25
Frontiers in Education	4	1,25
Salud, Ciencia y Tecnologia	4	1,25
Information (Switzerland)	4	1,25
Scientific Reports	4	1,25
International Journal of Information and Education Technology	3	0,93

Analisis Penulis dan Institusi Dominan

Tabel 4 menyajikan penulis paling produktif dalam corpus penelitian ini. Surjono H.D. dan Ho W.-S. masing-masing memimpin dengan 4 artikel, diikuti oleh sejumlah penulis dengan 3 artikel. Distribusi ini menunjukkan bahwa bidang penelitian ini belum didominasi oleh kelompok penulis tertentu, melainkan masih bersifat terdistribusi yang mengindikasikan fase pertumbuhan yang organik.

Tabel 4. Penulis Paling Produktif dalam Bidang TVET–Teknologi Industry 5.0

Penulis	Artikel (n)	Institusi
Surjono H.D.	4	Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
Ho W.-S.	4	National Changhua University, Taiwan
Li D.	3	Jilin International Studies University, China
Setyawan H.	3	Universitas Negeri Padang, Indonesia
Sukardi	3	Indonesia
Risfendra	3	Universitas Negeri Padang, Indonesia
Zhang Z.	3	China
Fadli R.	3	Indonesia
Chen B.-S.	3	Taiwan
Hamid M.A.	3	Malaysia

Analisis Negara dan Kolaborasi Internasional

Tabel 5 menyajikan distribusi publikasi berdasarkan negara asal. China mendominasi dengan 76 artikel, jauh melampaui Indonesia (35 artikel) dan Malaysia (34 artikel) di posisi kedua dan ketiga. Dominasi China mencerminkan komitmen nasional yang kuat dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam sistem TVET, sebagaimana tercermin dalam kebijakan Made in China 2025 dan China Standards 2035.

Tabel 5. Distribusi Publikasi Berdasarkan Negara (Top 10)

Negara	Artikel (n)	Kawasan
China	76	Asia Timur
Indonesia	35	Asia Tenggara
Malaysia	34	Asia Tenggara
United States	19	Amerika Utara
Russia	17	Eropa/Asia
Germany	16	Eropa
South Korea	12	Asia Timur
Australia	11	Oseania
Taiwan	10	Asia Timur
Thailand	10	Asia Tenggara

Analisis Kata Kunci Dominan

Tabel 6 menyajikan kata kunci paling dominan dalam corpus penelitian. Kata kunci "artificial intelligence" (n=58) dan "vocational education" (n=54) mendominasi, mencerminkan fokus utama bidang penelitian ini. Kemunculan bersama kedua kata kunci ini dalam jaringan ko-kemunculan (co-occurrence network) menjadi inti dari cluster utama yang teridentifikasi.

Tabel 6. Kata Kunci Dominan dalam Corpus Penelitian TVET–Teknologi Industry 5.0

Kata Kunci	Frekuensi (n)	Persentase (%)
artificial intelligence	58	18,07
vocational education	54	16,82
automation	10	3,12

vocational education and training	10	3,12
technical education	9	2,80
tvvet	9	2,80
industry 4.0	8	2,49
internet of things	8	2,49
robotics	8	2,49
machine learning	7	2,18
ai literacy	7	2,18
adaptive learning	5	1,56

Analisis Artikel Paling Berpengaruh

Tabel 7 menyajikan delapan artikel paling banyak disitasi dalam corpus penelitian ini. Artikel Dutta et al. (2020) tentang prioritas transformasi digital UKM manufaktur India menjadi yang paling banyak disitasi (245 sitasi), diikuti Beer dan Mulder (2020) tentang implikasi perkembangan teknologi terhadap pendidikan dan pelatihan (146 sitasi).

Tabel 7. Artikel Paling Berpengaruh dalam Corpus Penelitian

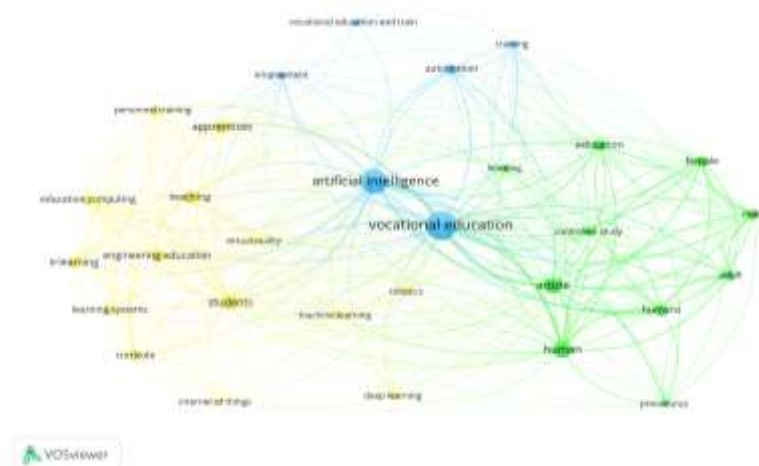
Judul & Penulis	Tahun	Jurnal	Sitasi
Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs (Dutta et al.)	2020	Competitiveness Review	245
The effects of technological developments on work and their implications for continuous vocational education (Beer & Mulder)	2020	Vocations and Learning	146
Socio-technical imaginary of the 4th industrial revolution and its implications for vocational education (Avis)	2018	Journal of Vocational Education & Training	126
The 4th industrial revolution – its impact on vocational skills (Spöttl & Windelband)	2021	Journal of Education and Work	99
The rise of technological unemployment and implications on future macroeconomy (Kim et al.)	2017	Journal of Open Innovation	70
Exploring factors influencing cybersecurity behaviors of young adults (Alanazi et al.)	2022	Computers & Security	62
Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0 (Ismail & Hassan)	2019	Journal of Technical Education and Training	56

Analisis Visualisasi VOSviewer

Network Visualization: Struktur Kluster dan Hubungan Antar Konsep

Gambar 1 menyajikan hasil network visualization ko-kemunculan kata kunci yang dihasilkan melalui VOSviewer. Analisis ini mengidentifikasi tiga kluster utama yang mencerminkan struktur intelektual domain penelitian TVET–Teknologi Industri 5.0.

Kluster pertama (biru) merupakan kluster inti yang didominasi oleh dua node terbesar: "vocational education" dan "artificial intelligence". Ukuran node yang besar mencerminkan frekuensi kemunculan yang tinggi, sementara ketebalan garis koneksi menunjukkan kekuatan hubungan ko-kemunculan. Kluster ini juga mencakup node "automation", "training", "vocational education and training", dan "learning", yang membentuk inti tematik penelitian tentang bagaimana AI dan otomasi diintegrasikan dalam sistem pendidikan vokasi. Koneksi yang sangat kuat antara "vocational education" dan "artificial intelligence" mengindikasikan bahwa mayoritas penelitian dalam corpus ini membahas kedua konsep ini secara bersamaan, menegaskan posisi AI sebagai teknologi Industri 5.0 yang paling dominan dalam wacana TVET global.



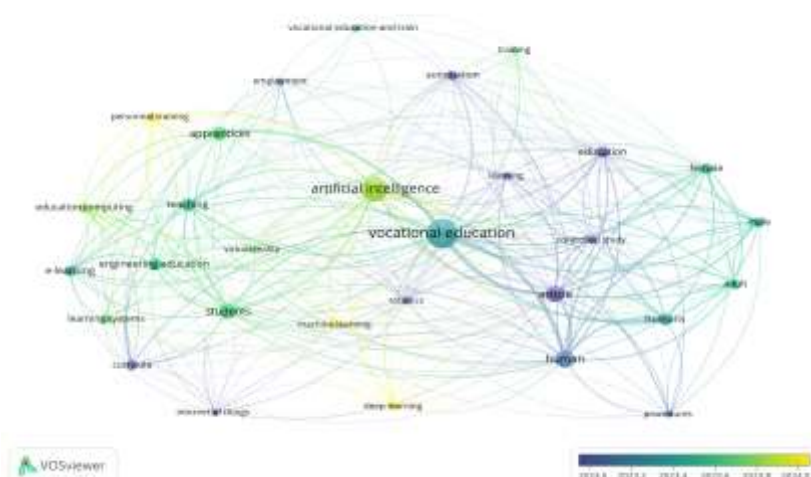
Gambar 1. Network Visualization Ko-kemunculan Kata Kunci (VOSviewer)

Kluster kedua (kuning) merupakan kluster yang berfokus pada dimensi kurikuler dan pedagogis, mencakup node-node seperti "students", "teaching", "apprentices", "engineering education", "e-learning", "learning systems", "curricula", "education computing", "virtual reality", "robotics", "machine learning", "deep learning", dan "internet of things". Kluster ini mencerminkan penelitian yang berfokus pada bagaimana teknologi-teknologi spesifik diintegrasikan ke dalam proses pembelajaran vokasi. Kehadiran "apprentices" dan "personnel training" dalam kluster ini menunjukkan bahwa penelitian tidak hanya terbatas pada pendidikan formal tetapi juga mencakup pelatihan berbasis tempat kerja (workplace-based training), yang merupakan komponen penting sistem TVET.

Kluster ketiga (hijau) merupakan kluster metodologis yang mencakup node-node seperti "human", "humans", "article", "adult", "male", "female", "controlled study", dan "procedures". Kluster ini mengindikasikan bahwa sebagian signifikan penelitian dalam corpus menggunakan desain penelitian berbasis human-subject dengan karakteristik yang dapat digeneralisasikan. Kehadiran "adult" dan diferensiasi "male"/"female" mengindikasikan fokus pada penelitian yang mempertimbangkan faktor demografis, relevan dengan konteks pendidikan vokasi yang pada umumnya melibatkan peserta didik dewasa.

Overlay Visualization: Evolusi Temporal Tema Penelitian

Gambar 2 menyajikan overlay visualization yang memproyeksikan dimensi temporal pada jaringan ko-kemunculan kata kunci. Gradien warna dari biru tua (2023.0) hingga kuning cerah (2024.0) mengindikasikan rata-rata tahun publikasi artikel yang mengandung setiap kata kunci.



Gambar 2. Overlay Visualization Evolusi Temporal Tema Penelitian (VOSviewer)

Analisis overlay visualization mengungkapkan pola evolusi tematik yang sangat signifikan. Node "deep learning" dan "machine learning" tampak berwarna kuning cerah (mendekati 2024), mengindikasikan bahwa penelitian tentang teknik-teknik machine learning yang lebih canggih dalam konteks TVET merupakan tren

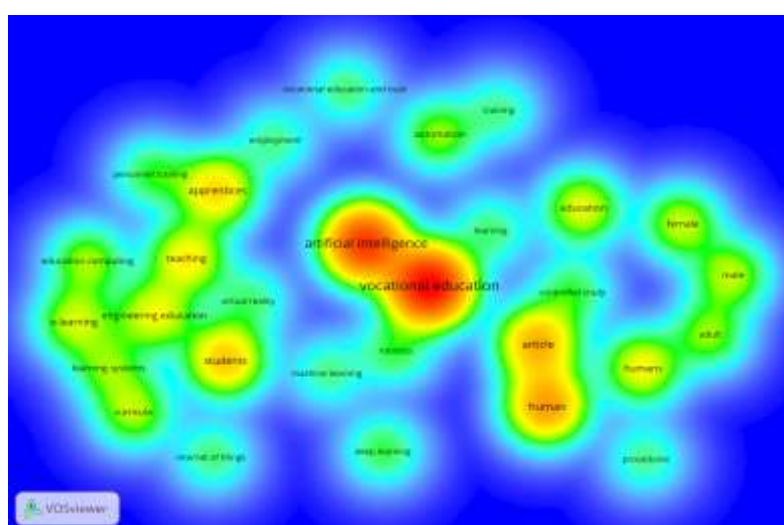
terbaru yang sedang mengalami pertumbuhan. Ini konsisten dengan mainstreaming AI generatif dan large language models sejak 2023.

Sebaliknya, node "vocational education" menampilkan warna biru (mendekati 2023), menunjukkan bahwa meskipun ini adalah tema paling sentral, penelitian tentang "vocational education" secara umum telah lebih lama ada dan kini mulai diintegrasikan dengan perspektif yang lebih terkini. Node "artificial intelligence" berada dalam rentang warna hijau-kuning, menunjukkan bahwa penelitian spesifik tentang AI dalam TVET mengalami pertumbuhan lebih baru dibandingkan penelitian TVET konvensional.

Temuan paling menarik adalah posisi node "internet of things" yang berwarna biru tua (nilai temporal paling rendah), mengindikasikan bahwa penelitian IoT dalam TVET merupakan tema yang lebih awal dan kemungkinan telah memasuki fase maturasi. Sebaliknya, tema-tema seperti "machine learning" dan "deep learning" berada di frontier terbaru penelitian, mengindikasikan area yang paling dinamis dan berpotensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

Density Visualization: Konsentrasi Penelitian

Gambar 3 menyajikan density visualization yang menampilkan intensitas konsentrasi penelitian pada setiap area tematik. Gradien warna dari biru (densitas rendah) melalui hijau dan kuning hingga merah (densitas tertinggi) mengindikasikan tingkat konsentrasi penelitian.



Gambar 3. Density Visualization Konsentrasi Area Penelitian (VOSviewer)

Area berwarna merah (densitas tertinggi) terkonsentrasi pada dua epicentrum: "artificial intelligence" dan "vocational education". Area merah yang sangat padat di sekitar kedua node ini mengkonfirmasi bahwa penelitian tentang AI dalam pendidikan vokasi merupakan inti absolut dari corpus penelitian ini, dengan konsentrasi penelitian yang jauh lebih tinggi dibandingkan area tematik lainnya.

Area berwarna kuning (densitas tinggi) mencakup kluster di sebelah kiri yang melibatkan "apprentices", "teaching", dan "students", serta kluster di sebelah kanan yang melibatkan "human", "article", dan "humans". Area berwarna hijau dan cyan menunjukkan densitas menengah, mencakup node-node seperti "machine learning", "robotics", "engineering education", "e-learning", dan "internet of things".

Pola densitas ini memiliki implikasi penting bagi agenda penelitian: area dengan densitas rendah (biru) seperti "cybersecurity", "cloud computing", dan "digital twin" dalam konteks TVET merupakan area yang paling kurang terpetakan dan menawarkan peluang penelitian terbesar. Ini konsisten dengan temuan bahwa kata kunci tersebut relatif jarang muncul dalam corpus, meskipun secara konseptual sangat relevan dengan domain Industri 5.0.

Sintesis Tematik dan Pemetaan Tema

Berdasarkan integrasi analisis tiga visualisasi VOSviewer dan analisis statistik deskriptif corpus, penelitian ini mengidentifikasi struktur tematik penelitian TVET–Teknologi Industri 5.0 sebagai berikut:

Motor Themes (Relevansi Tinggi, Pengembangan Tinggi): Integrasi AI dalam TVET, penggunaan machine learning untuk personalisasi pembelajaran vokasi, dan penerapan robotika dalam pelatihan berbasis tempat kerja. Tema-tema ini merupakan tema penggerak yang mendominasi penelitian dan menunjukkan pertumbuhan yang berkelanjutan.

Basic Themes (Relevansi Tinggi, Pengembangan Rendah): Kompetensi digital guru TVET, kurikulum berbasis kompetensi untuk era digital, dan e-learning dalam pendidikan vokasi. Tema-tema ini merupakan fondasi yang telah mapan namun masih perlu dikembangkan secara lebih mendalam.

Niche Themes (Relevansi Rendah, Pengembangan Tinggi): Internet of Things dalam laboratorium praktik vokasi, dan aplikasi blockchain dalam sertifikasi TVET. Tema-tema ini menunjukkan pengembangan dalam komunitas peneliti spesialis namun belum menjadi mainstream.

Emerging Themes (Relevansi Rendah, Pengembangan Rendah): Digital Twin untuk simulasi pelatihan vokasi, Cybersecurity education dalam TVET, dan Cloud Computing sebagai infrastruktur pendidikan vokasi. Tema-tema ini merupakan area frontier yang menawarkan peluang penelitian orisinal terbesar.

Implikasi Teoritis dan Praktis

Secara teoritis, temuan penelitian ini memperkuat argumen bahwa integrasi teknologi Industry 5.0 dalam TVET memerlukan kerangka konseptual baru yang melampaui perspektif Industry 4.0. Sementara Industry 4.0 berfokus pada otomasi penuh (human-replaced), Industry 5.0 menekankan kolaborasi manusia-mesin (human-centered automation) yang mensyaratkan kompetensi yang lebih kompleks dan adaptif. Framework TVET-AI yang muncul dari analisis bibliometrik ini mengindikasikan perlunya integrasi empat dimensi kompetensi: kompetensi teknis-teknologis, kompetensi kognitif-computational, kompetensi sosial-kolaboratif, dan kompetensi etis-reflektif.

Secara praktis, temuan ini memiliki implikasi langsung bagi pengembang kurikulum TVET, pembuat kebijakan pendidikan, dan lembaga-lembaga pelatihan vokasi. Dominasi tema AI dan machine learning dalam tren terbaru mengimplikasikan kebutuhan mendesak untuk merevisi standar kompetensi TVET agar mencakup AI literacy sebagai kompetensi dasar. Ketimpangan kontribusi antara negara maju dan berkembang mengimplikasikan perlunya program riset kolaboratif internasional yang melibatkan institusi dari Asia Tenggara, Afrika, dan Amerika Latin.

Simpulan

Penelitian ini telah berhasil memetakan frontier pengetahuan domain Teknologi Industry 5.0 dalam TVET melalui analisis bibliometrik terhadap 321 artikel Scopus yang diterbitkan antara 2017 dan 2025. Beberapa temuan utama dapat dirumuskan: Pertama, bidang penelitian ini mengalami pertumbuhan eksponensial yang akseleratif, dengan 40,19% dari total artikel diterbitkan hanya pada tahun 2025, mengindikasikan bahwa penelitian TVET-Teknologi Industry 5.0 tengah memasuki fase ekspansi besar yang didorong oleh mainstreaming AI generatif. Kedua, analisis network visualization mengidentifikasi tiga kluster tematik utama: (1) inti teknologi AI-pendidikan vokasi, (2) kurikulum-pedagogis-teknologi spesifik, dan (3) desain penelitian berbasis human-subject. Kluster pertama mendominasi secara signifikan, menegaskan posisi AI sebagai teknologi Industry 5.0 yang paling kritis dalam diskursus TVET global. Ketiga, overlay visualization mengungkapkan bahwa machine learning dan deep learning dalam konteks TVET merupakan tema dengan nilai temporal paling tinggi (2024), mengindikasikan posisinya sebagai frontier penelitian yang paling aktif. Sementara IoT dalam TVET menunjukkan tanda-tanda maturasi, tema-tema seperti Digital Twin dan Cybersecurity masih berada dalam fase awal pengembangan penelitian. Keempat, density visualization mengkonfirmasi bahwa AI dan pendidikan vokasi merupakan pusat konsentrasi penelitian yang paling intens, sementara teknologi-teknologi lain dalam ekosistem Industry 5.0 (Cybersecurity, Cloud Computing, Digital Twin) masih sangat kurang terpetakan dalam konteks TVET. Keterbatasan penelitian ini meliputi: (1) penggunaan satu basis data (Scopus) yang mungkin tidak mencakup seluruh literatur relevan; (2) keterbatasan pada artikel berbahasa Inggris; dan (3) analisis ko-kemunculan kata kunci yang tidak dapat sepenuhnya menangkap nuansa konten artikel secara mendalam. Rekomendasi untuk penelitian masa depan meliputi: (1) studi mendalam tentang integrasi Cybersecurity education dalam kurikulum TVET; (2) penelitian empiris tentang efektivitas penggunaan Digital Twin dalam pelatihan vokasi; (3) studi komparatif antara sistem TVET di negara maju dan berkembang dalam merespons teknologi Industry 5.0; dan (4) pengembangan framework kompetensi TVET yang secara spesifik mengintegrasikan tujuh teknologi kunci Industry 5.0 secara terpadu.

Referensi

- Alanazi, M., Freeman, M., & Tootell, H. (2022). Exploring the factors that influence the cybersecurity behaviors of young adults. *Computers & Security*, 114, 102584. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102584>
- Avis, J. (2018). Socio-technical imaginary of the fourth industrial revolution and its implications for vocational education and training: A literature review. *Journal of Vocational Education & Training*, 70(3), 337–353. <https://doi.org/10.1080/13636820.2018.1498907>

- Beer, P., & Mulder, R. H. (2020). The effects of technological developments on work and their implications for continuous vocational education and training: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 11, 918. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00918>
- Chen, B. S., & Ho, W. S. (2022). AI-assisted vocational training systems: Design principles and implementation. *Journal of Technical Education and Training*, 14(2), 45–62.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review*, 30(3), 289–314. <https://doi.org/10.1108/CR-03-2019-0031>
- European Commission. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Publications Office of the European Union.
- Fadli, R., Hamid, M. A., & Sukardi. (2023). Digital competencies framework for TVET instructors in the Industry 5.0 era. *Journal of Technical Education and Training*, 15(1), 78–92.
- Gonzalez-Perez, L. I., & Ramirez-Montoya, M. S. (2022). Components of education 4.0 in 21st century skills frameworks: Systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Ho, W. S., & Chen, B. S. (2023). Integrating IoT and AI in vocational laboratory settings: A Taiwan case study. *IEEE Access*, 11, 45230–45244.
- ILO. (2022). *Skills for a greener future: Key findings and policy implications from a 32-country study*. International Labour Organization.
- Ismail, A. A., & Hassan, R. (2019). Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, 11(3), 1–7. <https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.001>
- Kazimoglu, C. (2020). Enhancing confidence in using computational thinking skills via playing a serious game: A case study to increase motivation in learning programming concepts. *IEEE Access*, 8, 221831–221851.
- Kim, Y. J., Kim, K., & Lee, S. (2017). The rise of technological unemployment and its implications on the future macroeconomic landscape. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 3(3), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0069-8>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70.
- Krauss, J. (2021). Changing the conversation about artificial intelligence in education. *International Society for Technology in Education*.
- Li, D., Hu, R., & Lin, Z. (2022). Vocational education platform based on block chain and IoT technology. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, 5856229. <https://doi.org/10.1155/2022/5856229>
- Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., & Tussyadiah, I. (2021). Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda. *Journal of Business Research*, 129, 911–926.
- Ma, Y., & Lin, T. (2024). AI integration in higher vocational education: Challenges and pedagogical frameworks. *Frontiers in Education*, 9, 1324567.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- OECD. (2021). *OECD skills outlook 2021: Learning for life*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/0ae365b4-en>
- Omeh, C. B., & Nwosu, K. C. (2023). TVET and cybersecurity integration: A Nigerian perspective. *University of Nigeria Journal of Education Research*, 12(2), 34–49.
- Prifti, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Krcmar, H. (2017). A competency model for 'Industrie 4.0' employees. In *13th International Conference on Wirtschaftsinformatik* (pp. 46–60). AIS.
- Risfendra, Setyawan, H., & Fadli, R. (2023). Machine learning applications in vocational competency assessment. *Applied Sciences*, 13(5), 3247.
- Setiyawan, A., Soeharto, S., Wijaya, T. T., Korenova, L., & Lavicza, Z. (2025). Measuring teachers' competencies for AI integration: Development and validation of the AI-TPACK in vocational education. *Computers and Education Open*, 9, 100319. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100319>
- Spöttl, G., & Windelband, L. (2021). The 4th industrial revolution – its impact on vocational skills. *Journal of Education and Work*, 34(1), 29–52. <https://doi.org/10.1080/13639080.2020.1858230>
- Surjono, H. D. (2023). E-learning development for vocational students in the AI era: Principles and practices. *Frontiers in Education*, 8, 1187243.
- UNESCO-UNEVOC. (2022). *Reshaping vocational education and training for effective skills development*. UNESCO.
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

-
- Wang, X., & Zhang, Z. (2024). Deep learning for automated assessment in Chinese higher vocational education. *IEEE Access*, 12, 78930–78945.
- Windelband, L., & Spöttl, G. (2020). Occupational profile changes through digitalisation: Challenges for vocational education and training. *European Journal of Vocational Training*, 1(1), 1–18.
- Wolffgramm, M., Tijink, T., Geloven, M. D. V., & Corporaal, S. (2021). A collaborative robot in the classroom: Designing 21st century engineering education together. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 21(16), 177–187.
- World Economic Forum. (2023). Future of jobs report 2023. WEF.
- Xu, Q., & Huang, W. L. (2024). Cybersecurity curriculum design for vocational schools: A competency-based approach. *TEM Journal*, 13(3), 1205–1217.
- Zhang, T., Chen, B., & Ho, W. S. (2024). Adaptive learning systems powered by machine learning in vocational education: A systematic review. *Journal of Technical Education and Training*, 16(1), 1–24.
- Zhao, J., & Wang, L. (2025). AI literacy as a core competency in TVET: Framework development and validation. *Computers and Education Open*, 10, 100331.
- Zhou, Y., & Li, Y. (2025). Digital twin applications in vocational training: A bibliometric perspective. *Applied Sciences*, 15(2), 445.
- Zhu, Y., & Zhang, Z. (2024). IoT integration in technical vocational schools: Implementation challenges and solutions. *Scientific Reports*, 14, 8234.
- Zitter, I., Hoeve, A., & De Bruijn, E. (2016). A design perspective on the school-work boundary: A hybrid curriculum model. *Vocations and Learning*, 9(1), 111–131.
- Sukardi, Hamid, M. A., & Setyawan, H. (2022). Vocational education digital transformation: Indonesia's response to Industry 4.0 challenges. *Information (Switzerland)*, 13(6), 312.
- Huang, W. L., & Risfendra. (2023). Blockchain-based credential verification for TVET graduates: Design and implementation. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 8(1), 2345–2358.
- Setyawan, H., Sukardi, & Fadli, R. (2024). Virtual reality in automotive vocational training: Learning outcomes and student engagement. *Applied Sciences*, 14(7), 2891.