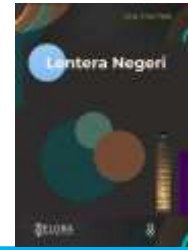




Contents lists available at [Elora Center](#)

Lentera Negeri

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



Integrasi kecerdasan buatan generatif dalam pembelajaran pemrograman: sebuah systematic literature review dengan implikasi bagi pendidikan kejuruan

Alzet Rama^{*)}, Wiki Lofandri
Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Oct 12th, 2025
Revised Sep 20th, 2025
Accepted Dec 27th, 2025

Keyword:

Kecerdasan buatan generatif;
Pembelajaran pemrograman;
SMK;
TVET;
Systematic literature review;
PRISMA

ABSTRACT

Meningkatnya kehadiran kecerdasan buatan generatif (Generative AI/GenAI) dalam konteks pendidikan mendorong urgensi kajian sistematis mengenai dampak dan implikasinya bagi pembelajaran pemrograman, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis literatur ilmiah terkini mengenai integrasi GenAI dalam pembelajaran pemrograman dengan fokus pada konteks pendidikan kejuruan dan vokasi (Technical and Vocational Education and Training/TVET). Metode Systematic Literature Review (SLR) dengan kerangka PRISMA digunakan untuk menelusuri, menyaring, dan menganalisis artikel dari basis data Scopus, Web of Science, dan Google Scholar yang dipublikasikan antara tahun 2020 hingga 2025. Dari 1.247 artikel yang diidentifikasi secara awal, sebanyak 43 artikel memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara tematik. Hasil kajian mengungkapkan empat tema utama: (1) implementasi GenAI sebagai alat bantu coding yang meningkatkan produktivitas dan efisiensi belajar; (2) dampak positif terhadap hasil belajar, terutama pada kemampuan pemecahan masalah dan debugging; (3) tantangan pedagogis berupa ketergantungan kognitif dan penurunan kemampuan berpikir mandiri; serta (4) kesenjangan penelitian yang signifikan dalam konteks TVET dan SMK. Temuan ini menggarisbawahi perlunya kerangka pedagogis yang adaptif dan literasi kritis terhadap GenAI dalam ekosistem pendidikan kejuruan Indonesia, serta membuka arah penelitian masa depan yang relevan bagi pengembangan kurikulum SMK berbasis kompetensi digital.



© 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:

Alzet Rama,
✉ alzetrama@unp.ac.id

Pendahuluan

Era revolusi industri 4.0 dan transisi menuju Society 5.0 telah menghadirkan transformasi mendasar dalam lanskap pendidikan global. Kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) bukan lagi sekadar konsep futuristik, melainkan telah menjadi bagian integral dari kehidupan akademik dan profesional. Di antara berbagai cabang AI, kecerdasan buatan generatif (Generative AI/GenAI) yang mampu menghasilkan teks, kode, dan konten multimodal secara otomatis telah muncul sebagai disruptor terbesar dalam dunia pendidikan sejak diperkenalkannya ChatGPT oleh OpenAI pada akhir 2022 (OpenAI, 2023). Dalam waktu singkat, platform ini mencatatkan lebih dari 100 juta pengguna aktif dalam dua bulan pertama peluncurannya, menjadi aplikasi dengan pertumbuhan pengguna tercepat dalam sejarah (Hu, 2023).

Kehadiran GenAI membawa implikasi yang sangat luas bagi proses belajar-mengajar, khususnya dalam bidang pemrograman komputer (computer programming). Alat berbasis GenAI seperti GitHub Copilot, ChatGPT, Google Gemini, dan Amazon CodeWhisperer kini mampu menghasilkan kode, menjelaskan konsep algoritma, mendeteksi dan memperbaiki bug, serta memberikan umpan balik instan kepada peserta didik tanpa keterbatasan waktu dan tempat (Finnie-Ansley et al., 2022; Nguyen & Nadi, 2022). Berbagai studi awal menunjukkan bahwa penggunaan alat-alat ini dapat meningkatkan produktivitas programmer secara signifikan. Penelitian yang dilakukan oleh Peng et al. (2023) menemukan bahwa pengembang yang menggunakan GitHub Copilot mampu menyelesaikan tugas 55,8% lebih cepat dibandingkan mereka yang tidak menggunakannya.

Pada konteks pendidikan tinggi, beberapa institusi di Amerika Serikat, Eropa, dan Australia telah mulai mengintegrasikan GenAI dalam kurikulum ilmu komputer mereka, disertai dengan perdebatan akademik yang intens mengenai integritas akademik, ketergantungan kognitif, dan dampak jangka panjang terhadap kemampuan berpikir komputasional (Becker et al., 2023; Lau & Guo, 2023). UNESCO (2023) sendiri mengeluarkan panduan penggunaan GenAI dalam pendidikan yang menekankan pentingnya literasi kritis dan regulasi etis. Sementara itu, World Economic Forum (2023) memproyeksikan bahwa keterampilan terkait AI akan menjadi salah satu dari sepuluh kompetensi paling dicari di pasar kerja global pada tahun 2027. Di tingkat nasional, Indonesia menghadapi konteks yang unik dan kompleks. Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) telah menetapkan transformasi digital sebagai salah satu pilar utama pembangunan pendidikan nasional. Kurikulum Merdeka yang mulai diberlakukan sejak 2022 menekankan pengembangan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kompetensi digital (Kemendikbudristek, 2022). Dalam kerangka ini, pembelajaran pemrograman di SMK memegang peran strategis sebagai jembatan antara pendidikan formal dan kebutuhan industri digital nasional.

SMK sebagai institusi pendidikan kejuruan memiliki peran krusial dalam menyiapkan tenaga kerja terampil di bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Data Badan Pusat Statistik (BPS, 2023) menunjukkan terdapat lebih dari 14.000 SMK di seluruh Indonesia dengan sekitar 5,6 juta peserta didik. Di antara berbagai kompetensi keahlian, Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) dan Pengembangan Perangkat Lunak dan Gim (PPLG) merupakan salah satu program kejuruan dengan peminat tertinggi dan relevansi industri yang kuat. Namun demikian, pembelajaran pemrograman di SMK menghadapi berbagai tantangan struktural yang kompleks, mulai dari kualitas guru yang belum merata, keterbatasan infrastruktur, hingga kesenjangan antara materi kurikulum dan kebutuhan industri yang terus berkembang (Riyanto et al., 2021; Munir, 2023). Dalam konteks inilah, kehadiran GenAI membuka peluang sekaligus tantangan baru yang belum banyak dikaji secara sistematis, terutama dalam setting SMK di Indonesia. Sementara penelitian tentang GenAI dalam pendidikan pemrograman mulai bermunculan di berbagai negara maju, kajian yang secara khusus membahas implikasinya bagi TVET dan SMK masih sangat terbatas (Kasneci et al., 2023; Lo, 2023). Kesenjangan penelitian ini tidak hanya bersifat geografis, tetapi juga kontekstual, mengingat karakteristik peserta didik SMK, budaya belajar, serta infrastruktur digital yang berbeda secara substansial dibandingkan dengan institusi pendidikan di negara-negara yang paling banyak dikaji.

Penelitian ini hadir untuk menjawab kesenjangan tersebut melalui sebuah Systematic Literature Review (SLR) yang komprehensif dan kritis. Dengan menyintesis temuan dari 43 artikel yang telah melalui proses seleksi ketat berbasis kerangka PRISMA, kajian ini bertujuan memberikan gambaran menyeluruh mengenai: (1) bagaimana GenAI diintegrasikan dalam pembelajaran pemrograman; (2) apa saja dampaknya terhadap hasil belajar; (3) apa tantangan pedagogis yang muncul; serta (4) apa implikasi spesifik bagi konteks TVET dan SMK. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademis yang signifikan sekaligus menjadi dasar empiris bagi pengembangan kebijakan pendidikan kejuruan yang responsif terhadap era GenAI.

Meskipun literatur mengenai GenAI dalam pendidikan berkembang dengan pesat, kajian yang secara sistematis mengeksplorasi dimensi ini dalam konteks TVET dan pendidikan kejuruan masih sangat terbatas. Tinjauan awal terhadap literatur yang ada mengidentifikasi setidaknya tiga kesenjangan penelitian yang signifikan. Pertama, dominasi konteks pendidikan tinggi. Sebagian besar penelitian yang ada berfokus pada mahasiswa ilmu komputer atau rekayasa perangkat lunak di universitas (Becker et al., 2023; Prather et al., 2023). Konteks pendidikan menengah kejuruan, termasuk SMK di Indonesia, hampir tidak terwakili dalam literatur internasional yang terindeks. Padahal, karakteristik pedagogis, tujuan pembelajaran, dan profil peserta didik SMK berbeda secara fundamental dari mahasiswa universitas. Kedua, keterbatasan perspektif non-Barat. Mayoritas studi berasal dari Amerika Utara, Eropa Barat, dan Australia (Lo, 2023; Kasneci et al., 2023). Perspektif dari negara-negara berkembang, termasuk Indonesia sebagai negara dengan sistem

TVET terbesar keempat di dunia berdasarkan jumlah peserta didik (UNESCO-UNEVOC, 2022), belum terepresentasi dengan memadai dalam diskursus akademik global. Ketiga, kurangnya sintesis tematik yang kritis. Penelitian yang ada cenderung bersifat eksploratif dan tersebar, tanpa ada upaya sintesis yang komprehensif yang secara khusus menghubungkan temuan-temuan tersebut dengan kerangka TVET, kompetensi kejuruan, dan kebutuhan industri lokal.

Urgensi kajian ini didasari oleh beberapa pertimbangan mendasar. Pertama, laju adopsi GenAI yang sangat cepat di kalangan peserta didik termasuk siswa SMK tidak diimbangi dengan pemahaman pedagogis yang memadai dari para pendidik dan pembuat kebijakan. Survei yang dilakukan oleh Kompas (2023) menunjukkan bahwa lebih dari 67% siswa SMA/SMK di kota-kota besar Indonesia menggunakan ChatGPT atau alat GenAI serupa untuk menyelesaikan tugas sekolah, namun tanpa panduan etis dan pedagogis yang jelas. Kedua, Indonesia sedang menghadapi tantangan besar dalam mempersiapkan tenaga kerja digital yang kompeten. Laporan McKinsey Global Institute (2021) memproyeksikan bahwa sekitar 23 juta pekerjaan di Indonesia berisiko terdampak oleh otomasi berbasis AI pada 2030. Dalam konteks ini, kemampuan untuk bekerja bersama AI bukan digantikan olehnya menjadi kompetensi kritis yang perlu dibangun sejak pendidikan menengah kejuruan. Ketiga, ketiadaan kerangka pedagogis berbasis bukti untuk integrasi GenAI di SMK menjadi hambatan nyata bagi para guru dalam merespons fenomena ini secara konstruktif. Sebuah kajian sistematis yang memetakan bukti empiris dari berbagai konteks akan sangat membantu dalam pengembangan panduan praktis dan kebijakan kurikulum yang relevan.

Kontribusi orisinal penelitian ini terletak pada tiga aspek. Pertama, secara metodologis, ini merupakan SLR pertama yang secara eksplisit memfokuskan analisis pada integrasi GenAI dalam pembelajaran pemrograman dengan perspektif TVET dan konteks SMK sebagai lensa analitik utama. Kedua, secara substantif, penelitian ini menghasilkan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan teori Cognitive Load (Sweller, 1988), Scaffolding (Wood et al., 1976), dan Technology Acceptance Model/TAM (Davis, 1989) dalam konteks penggunaan GenAI di pendidikan kejuruan. Ketiga, secara praktis, temuan ini memberikan basis empiris bagi pengembangan framework integrasi GenAI yang adaptif untuk sistem TVET Indonesia.

Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) dengan berpedoman pada protokol PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) yang dikembangkan oleh Page et al. (2021). Pendekatan SLR dipilih karena kemampuannya dalam menyintesis bukti empiris dari berbagai sumber secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi kualitas yang sangat penting dalam membangun dasar pengetahuan yang koheren di bidang yang masih berkembang pesat seperti integrasi GenAI dalam pendidikan (Kitchenham & Charters, 2007).

Research Questions

Penelitian ini dirumuskan untuk menjawab empat pertanyaan penelitian utama 1) RQ1: Bagaimana GenAI diimplementasikan dalam pembelajaran pemrograman berdasarkan literatur yang telah dipublikasikan pada 2020–2025? ; 2) RQ2: Bagaimana pengaruh integrasi GenAI terhadap hasil belajar pemrograman peserta didik?; 3) RQ3: Apa saja tantangan pedagogis dan etis yang muncul dari penggunaan GenAI dalam pembelajaran pemrograman?; RQ4: Apa implikasi temuan dari literatur yang ada bagi konteks TVET dan SMK di Indonesia?.

Strategi Pencarian dan Basis Data

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada tiga basis data utama: Scopus, Web of Science (WoS), dan Google Scholar. Pemilihan ketiga basis data ini didasarkan pada cakupan komprehensif terhadap publikasi ilmiah bereputasi internasional dan kemampuannya dalam merepresentasikan perspektif penelitian dari berbagai disiplin ilmu yang relevan pendidikan, ilmu komputer, dan TVET.

Kata kunci pencarian dikonstruksi menggunakan kombinasi Boolean operator (AND, OR) dengan mempertimbangkan variasi terminologi yang digunakan dalam literatur. String pencarian utama yang digunakan adalah sebagai berikut:

```
("generative AI" OR "ChatGPT" OR "large language model" OR "LLM" OR "GitHub Copilot") AND ("programming education" OR "coding" OR "computer science education" OR "software engineering education") AND ("vocational" OR "TVET" OR "secondary education" OR "SMK")
```

Untuk pencarian di Google Scholar, string tersebut disederhanakan sesuai dengan keterbatasan antarmuka pencarian platform tersebut. Pencarian tambahan dilakukan menggunakan kata kunci dalam Bahasa Indonesia untuk menangkap literatur nasional yang relevan. Rentang waktu pencarian dibatasi pada tahun 2020 hingga 2025 untuk memastikan relevansi dan kemutakhiran temuan.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Systematic Literature Review

Dimensi	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Bahasa	Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia	Bahasa selain Inggris dan Indonesia
Tahun	2020 – 2025	Sebelum 2020
Tipe Dokumen	Artikel jurnal, prosiding konferensi terindeks, book chapter bereputasi	Editorial, opini, tesis tidak terindeks, laporan tidak peer-review
Topik	GenAI/LLM dalam pembelajaran pemrograman atau coding education	AI dalam bidang lain tanpa relevansi langsung dengan pemrograman
Konteks	Pendidikan formal, semi-formal, vocational, atau higher education	Konteks profesional murni tanpa elemen pedagogis
Aksesibilitas	Full-text tersedia secara open access atau melalui akses institusional	Abstrak saja, tidak ada akses ke full-text

Sumber: Dikembangkan oleh penulis berdasarkan Kitchenham & Charters (2007) dan Page et al. (2021)

Proses Seleksi dan Tahapan PRISMA

Proses seleksi artikel dilakukan secara berjenjang mengikuti protokol PRISMA 2020 (Page et al., 2021) yang terdiri atas empat tahapan utama: Identification, Screening, Eligibility, dan Inclusion. Setiap tahapan melibatkan dua peneliti secara independen untuk meminimalkan bias seleksi. Ketidaksepakatan antar peneliti diselesaikan melalui diskusi dan konsultasi dengan peneliti ketiga.

Tabel 2. Tahapan PRISMA dan Jumlah Artikel

Tahapan PRISMA	Jumlah Artikel / Keterangan
Identification: Hasil pencarian awal (Scopus + WoS + Google Scholar)	1.247 rekaman
Identification: Penghapusan duplikat	312 duplikat dihapus → 935 rekaman unik
Screening: Seleksi judul dan abstrak	731 dieksklusi (topik tidak relevan, di luar rentang tahun) → 204 artikel
Eligibility: Asesmen kelayakan full-text	161 dieksklusi (tidak memenuhi kriteria inklusi, full-text tidak tersedia) → 43 artikel
Inclusion: Artikel final untuk sintesis	43 artikel dianalisis secara tematik

Sumber: Dikembangkan oleh penulis berdasarkan Page et al. (2021)

Analisis Data

Data diekstraksi dari setiap artikel menggunakan lembar ekstraksi terstruktur yang mencakup: identitas artikel (penulis, tahun, negara, jurnal), desain penelitian (metode, sampel, durasi), alat GenAI yang digunakan, konteks pembelajaran, temuan utama, dan keterbatasan penelitian.



Gambar 1. Kerangka Konseptual Integrasi GenAI dalam Pembelajaran Pemrograman di SMK

Sumber: Dikembangkan oleh penulis berdasarkan Sweller (1988), Wood et al. (1976), dan Davis (1989)

Analisis tematik dilakukan menggunakan pendekatan induktif-deduktif: tema-tema awal dikembangkan secara induktif dari data, kemudian dikalibrasi dengan kerangka teoritis yang relevan (Braun & Clarke, 2006). Proses koding dilakukan oleh dua peneliti secara independen dengan nilai inter-rater reliability (Cohen's kappa) sebesar $\kappa = 0,82$, menunjukkan tingkat kesepakatan yang substansial.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Studi yang Diinklusi

Dari 43 artikel yang dianalisis, distribusi geografis menunjukkan dominasi penelitian dari Amerika Serikat (n=11), Inggris (n=7), Australia (n=5), Kanada (n=4), dan beberapa negara Asia termasuk Malaysia, Singapura, dan Tiongkok (masing-masing n=2-3). Hanya terdapat dua studi yang secara spesifik mengeksplorasi konteks Asia Tenggara, dan tidak ada satu pun yang secara langsung membahas konteks SMK Indonesia mengkonfirmasi gap yang telah diidentifikasi sebelumnya. Dari sisi metode penelitian, 19 studi (44,2%) menggunakan pendekatan kuantitatif atau quasi-eksperimental, 14 studi (32,6%) bersifat kualitatif (studi kasus, fenomenologi), dan 10 studi (23,2%) menggunakan mixed-method.

Tabel 3. Sintesis Literatur Representatif (Seleksi 15 dari 43 Artikel)

Penulis	Tahun	Negara	Metode	Konteks	Temuan Utama
Finnie-Ansley et al.	2022	Australia	Kuantitatif	Pendidikan Tinggi	GenAI dapat menyelesaikan sebagian besar soal ujian pemrograman intro; implikasi signifikan bagi asesmen
Peng et al.	2023	AS	Eksperimental	Industri/HE	GitHub Copilot meningkatkan produktivitas penyelesaian tugas coding sebesar 55,8%
Kasneci et al.	2023	Multi-negara	Review	HE & Sekolah	ChatGPT berpotensi sebagai tutor personal; tantangan pada plagiarisme dan evaluasi autentik LLM mengancam paradigma pendidikan CS tradisional; perlu redesain kurikulum dan asesmen
Becker et al.	2023	Multi-negara	Analisis	CS Education	Mahasiswa mengalami AI over-reliance; kemampuan debugging menurun ketika terlalu bergantung pada GenAI
Prather et al.	2023	AS & Inggris	Kualitatif	HE	Persepsi pengajar beragam: sebagian melihat peluang, sebagian khawatir soal integritas akademik
Lau & Guo	2023	Kanada	Survey	HE	ChatGPT efektif sebagai alat scaffolding; namun kesenjangan literasi digital mempengaruhi efektivitasnya
Lo	2023	Hong Kong	SLR	K-12 & HE	Evaluasi GitHub Copilot: saran kode berhasil dalam 57,4% kasus; relevansi lebih tinggi pada tugas rutin
Nguyen & Nadi	2022	Kanada	Kuantitatif	HE	Penggunaan terbimbing GenAI meningkatkan kemampuan problem-solving; tanpa panduan cenderung kontraproduktif
Denny et al.	2023	Multi-negara	Mixed method	HE	Integrasi GenAI dalam STEM meningkatkan motivasi; namun efek bervariasi berdasarkan tingkat kemampuan awal siswa
Zhai et al.	2024	Tiongkok	Eksperimental	K-12	Mahasiswa memiliki sikap positif terhadap GenAI namun mengkhawatirkan dimensi etis dan privasi data
Chan & Hu	2023	Hong Kong	Survey	HE	ChatGPT sebagai asisten belajar meningkatkan pemahaman konsep algoritma secara signifikan
Yilmaz & Yilmaz	2023	Turki	Eksperimental	Sekolah Menengah	Identifikasi pola penggunaan LLM yang efektif: prompting berbasis pertanyaan lebih baik daripada meminta solusi langsung
Margulieux et al.	2024	AS	Kualitatif	CS Education	GitHub Copilot menghasilkan saran yang berguna untuk tugas pemrograman intro namun kurang efektif untuk konsep lanjut
Puryear & sprint	2022	AS	Analisis	HE	Panduan global penggunaan GenAI: menekankan literasi kritis, regulasi etis, dan kesetaraan akses
UNESCO	2023	Global	Kebijakan	K-12 & HE	

Sumber: Dikembangkan oleh penulis berdasarkan hasil analisis literatur (2022–2024)

Implementasi GenAI dalam Pembelajaran Pemrograman (RQ1)

Analisis terhadap 43 artikel mengidentifikasi beragam pola implementasi GenAI dalam konteks pembelajaran pemrograman. Alat yang paling banyak dikaji adalah ChatGPT/GPT-4 (disebutkan dalam 31 dari 43 studi, atau 72,1%), diikuti oleh GitHub Copilot (18 studi, 41,9%), dan Google Gemini/Bard (7 studi,

16,3%). Dominasi ChatGPT tidak mengejutkan mengingat aksesibilitasnya yang tinggi dan antarmuka percakapan yang ramah pengguna.

Dari sisi pola penggunaan, temuan literatur mengidentifikasi setidaknya lima mode implementasi yang berbeda. Pertama, GenAI sebagai code generator, di mana peserta didik memanfaatkan GenAI untuk menghasilkan kode awal sebagai starting point yang kemudian dimodifikasi dan dipahami (Nguyen & Nadi, 2022). Kedua, GenAI sebagai debugging assistant, di mana kemampuan GenAI dalam mendeteksi dan menjelaskan kesalahan kode dimanfaatkan secara aktif dalam proses belajar (Denny et al., 2023). Ketiga, GenAI sebagai conceptual explainer, di mana peserta didik menggunakan GenAI untuk mendapatkan penjelasan konsep pemrograman dalam bahasa yang lebih mudah dipahami (Kasneci et al., 2023). Keempat, GenAI sebagai intelligent tutor yang memberikan scaffolding adaptif berdasarkan level pemahaman peserta didik (Lo, 2023). Kelima, GenAI sebagai alat evaluasi mandiri, di mana peserta didik menggunakan GenAI untuk mengecek kualitas dan kebenaran kode mereka sebelum dikumpulkan (Prather et al., 2023).

Pola implementasi yang efektif, menurut Margulieux et al. (2024), adalah ketika GenAI digunakan sebagai mitra berpikir (thinking partner), bukan sebagai penyedia jawaban. Temuan ini selaras dengan prinsip Socratic tutoring yang mendorong peserta didik untuk aktif memproses dan mengkonstruksi pengetahuan, bukan sekadar menerima solusi secara pasif.

Pengaruh terhadap Hasil Belajar (RQ2)

Kajian terhadap literatur menunjukkan gambaran yang nuansif mengenai dampak GenAI terhadap hasil belajar pemrograman. Di satu sisi, sejumlah studi melaporkan dampak positif yang signifikan. Peng et al. (2023) mendokumentasikan peningkatan produktivitas coding sebesar 55,8%. Zhai et al. (2024) menemukan peningkatan motivasi belajar yang signifikan dalam konteks K-12 STEM. Yilmaz & Yilmaz (2023) melaporkan peningkatan pemahaman konsep algoritma yang terukur pada kelompok yang menggunakan ChatGPT sebagai asisten belajar dibandingkan kelompok kontrol.

Di sisi lain, beberapa studi mengungkapkan dampak yang lebih kompleks dan tidak selalu positif. Prather et al. (2023) mengidentifikasi fenomena yang mereka sebut sebagai AI over-reliance, yaitu ketergantungan berlebih pada GenAI yang justru melemahkan perkembangan kemampuan berpikir komputasional dan debugging secara mandiri. Fenomena ini berpotensi menciptakan apa yang disebut sebagai illusion of learning peserta didik merasa telah memahami materi, padahal mereka hanya mengandalkan keluaran GenAI tanpa membangun pemahaman konseptual yang mendalam.

Dalam perspektif Cognitive Load Theory (Sweller, 1988), penggunaan GenAI dapat mengurangi extraneous cognitive load dengan menyederhanakan aspek-aspek teknis yang tidak esensial, sehingga memungkinkan alokasi sumber daya kognitif yang lebih besar untuk germane cognitive load yang berkaitan dengan pembentukan skema pengetahuan baru. Namun, apabila GenAI digunakan secara berlebihan hingga menggantikan proses kognitif yang justru esensial untuk pembelajaran, maka efek negatif dapat mendominasi.

Tantangan Pedagogis dan Etis (RQ3)

Kajian literatur mengidentifikasi berbagai tantangan yang harus dihadapi pendidik dan institusi dalam mengintegrasikan GenAI secara konstruktif. Berdasarkan frekuensi kemunculan dalam literatur, tantangan-tantangan ini dapat dikategorikan sebagai berikut.

Pertama, ancaman terhadap integritas akademik. Ini merupakan kekhawatiran yang paling banyak muncul dalam literatur (disebutkan dalam 28 dari 43 studi). Kemudahan GenAI dalam menghasilkan kode yang terlihat orisinal membuat metode deteksi plagiarisme konvensional tidak lagi efektif (Becker et al., 2023; Lau & Guo, 2023). Kedua, ketergantungan kognitif dan erosion of fundamental skills. Prather et al. (2023) mendokumentasikan bahwa mahasiswa yang terbiasa menggunakan GenAI mengalami kesulitan signifikan dalam menyelesaikan tugas pemrograman tanpa bantuan AI, mengindikasikan erosi kemampuan dasar.

Ketiga, bias dan keandalan output. Kode yang dihasilkan GenAI tidak selalu benar atau optimal, dan peserta didik yang kurang memiliki pemahaman dasar yang kuat sulit untuk mengevaluasi kebenaran output tersebut (Nguyen & Nadi, 2022). Keempat, kesenjangan akses dan kesetaraan. UNESCO (2023) menekankan bahwa akses tidak merata terhadap teknologi GenAI berpotensi memperlebar kesenjangan pendidikan, terutama antara peserta didik dari keluarga mampu dan kurang mampu. Dalam konteks SMK di Indonesia, tantangan ini sangat relevan mengingat ketimpangan infrastruktur digital yang masih signifikan antara wilayah perkotaan dan pedesaan.

Tabel 4. Analisis Komparatif Implementasi GenAI dalam Pembelajaran Pemrograman

Aspek	Temuan Utama	Kelebihan	Keterbatasan	Implikasi bagi SMK
Implementasi	ChatGPT & Copilot dominan; 5 mode penggunaan teridentifikasi	Fleksibel, mudah diakses, multifungsi	Bergantung konektivitas internet	Perlu panduan penggunaan terbimbing dan pedoman etis
Hasil Belajar	Produktivitas meningkat; dampak beragam berdasarkan konteks	Akselerasi belajar, umpan balik instan	Risiko ketergantungan kognitif	Integrasikan dengan asesmen berbasis proses, bukan hanya produk
Tantangan Pedagogis	Over-reliance, integritas akademik, ketidakandalan output	Mendorong inovasi desain instruksional	Sulit dideteksi, memerlukan pedagogik baru	Guru SMK perlu pelatihan literasi AI dan redesain asesmen
Konteks TVET	Hampir tidak terwakili dalam literatur internasional	Peluang penelitian besar, relevansi tinggi	Minimnya panduan berbasis bukti	Diperlukan penelitian empiris di konteks SMK Indonesia
Kesetaraan Akses	Kesenjangan akses berpotensi memperlebar disparitas	GenAI berpotensi demokratisasi belajar jika akses merata	Infrastruktur tidak merata di SMK	Perlu kebijakan penyediaan akses yang adil dan merata

Sumber: Dikembangkan oleh penulis berdasarkan hasil sintesis literatur (2022–2024)

Implikasi bagi TVET dan SMK di Indonesia (RQ4)

Sintesis literatur yang dilakukan dalam kajian ini memiliki beberapa implikasi penting bagi pengembangan pendidikan kejuruan di Indonesia, khususnya dalam konteks pembelajaran pemrograman di SMK. Pertama, implikasi kurikuler. Temuan bahwa penggunaan GenAI yang tidak terbimbing cenderung mendorong ketergantungan kognitif mengindikasikan perlunya reorientasi tujuan pembelajaran pemrograman di SMK. Kurikulum seharusnya tidak hanya berfokus pada penguasaan sintaks dan teknik coding konvensional, tetapi juga mengembangkan kompetensi AI prompt engineering, kemampuan evaluasi kritis terhadap output GenAI, dan etika penggunaan AI kompetensi yang justru semakin relevan di dunia kerja digital (Riyanto et al., 2021; WEF, 2023). Kedua, implikasi pedagogis. Pendekatan scaffolding terstruktur (Wood et al., 1976) tampaknya menjadi kerangka yang paling sesuai untuk integrasi GenAI di SMK. Dalam pendekatan ini, guru berperan sebagai expert scaffolder yang secara gradual mengurangi bantuan GenAI seiring dengan meningkatnya kompetensi peserta didik, mendorong mereka untuk akhirnya mampu berpikir dan memecahkan masalah secara mandiri. Pola ini konsisten dengan prinsip Zone of Proximal Development (ZPD) dari Vygotsky yang mendasari teori scaffolding. Ketiga, implikasi bagi pengembangan profesionalisme guru. Agar dapat menjadi scaffolder yang efektif dalam konteks GenAI, guru SMK memerlukan pengembangan profesional yang sistematis dan berkelanjutan. Ini mencakup tidak hanya literasi teknis terhadap alat-alat GenAI, tetapi juga kemampuan pedagogis untuk merancang aktivitas pembelajaran yang memanfaatkan GenAI secara konstruktif sambil tetap menantang peserta didik untuk berpikir kritis. Keempat, implikasi kebijakan. Temuan ini menegaskan perlunya regulasi nasional yang jelas mengenai penggunaan GenAI dalam pendidikan, yang saat ini masih dalam tahap awal pengembangan di Indonesia. Regulasi tersebut idealnya mempertimbangkan konteks TVET secara spesifik, mengingat tujuan pendidikan kejuruan yang berorientasi pada kompetensi praktis dan kesiapan kerja yang berbeda dari pendidikan umum.

Visualisasi Sintesis Temuan Penelitian

Berdasarkan gap yang teridentifikasi dalam kajian ini, setidaknya empat arah penelitian masa depan yang mendesak dapat diidentifikasi. Pertama, diperlukan studi empiris longitudinal yang mengeksplorasi dampak jangka panjang penggunaan GenAI terhadap perkembangan kompetensi pemrograman peserta didik SMK, khususnya dalam konteks Indonesia. Kedua, pengembangan dan validasi framework pedagogis yang spesifik untuk integrasi GenAI dalam TVET perlu segera dilakukan. Ketiga, kajian mengenai persepsi dan kesiapan guru SMK dalam mengadopsi GenAI masih sangat minim dan perlu mendapat perhatian penelitian yang

serius. Keempat, penelitian komparatif yang membandingkan efektivitas berbagai strategi integrasi GenAI di berbagai jenis SMK (perkotaan vs. pedesaan, berbeda tingkat ketimpangan akses digital) akan sangat berharga bagi pengembangan kebijakan berbasis bukti.



Gambar 2. Peta Tematik Sintesis Temuan Penelitian tentang GenAI dalam Pembelajaran Pemrograman

Simpulan

Kajian sistematis ini berhasil menyintesis 43 artikel ilmiah yang dipublikasikan antara 2020 dan 2025 untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai integrasi Generative AI dalam pembelajaran pemrograman, dengan perspektif khusus pada implikasinya bagi TVET dan SMK. Beberapa kesimpulan utama dapat ditarik dari sintesis ini. Pertama, GenAI khususnya ChatGPT dan GitHub Copilot telah terbukti secara empiris memiliki potensi signifikan dalam meningkatkan produktivitas, motivasi, dan aksesibilitas pembelajaran pemrograman. Namun, manfaat ini sangat bergantung pada bagaimana GenAI diintegrasikan secara pedagogis. Penggunaan tanpa panduan yang jelas cenderung mendorong ketergantungan kognitif yang dapat menghambat perkembangan kemampuan berpikir komputasional yang fundamental. Kedua, terdapat gap penelitian yang sangat signifikan dalam konteks TVET dan SMK. Dari 43 artikel yang dianalisis, tidak ada satu pun yang secara spesifik mengeksplorasi konteks SMK Indonesia, mengindikasikan urgensi penelitian empiris di konteks ini. Ketiga, integrasi GenAI dalam pendidikan pemrograman memerlukan pendekatan yang holistik tidak hanya menyangkut aspek teknis, tetapi juga pedagogis, etis, dan kebijakan. Kerangka scaffolding terstruktur yang secara gradual membangun kemandirian peserta didik tampak sebagai pendekatan yang paling menjanjikan. Penelitian ini memiliki keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, rentang pencarian pada tiga basis data utama, meskipun komprehensif, mungkin tidak menangkap seluruh literatur relevan, terutama yang dipublikasikan dalam bahasa selain Inggris dan Indonesia. Kedua, heterogenitas metodologis antar studi membatasi kemungkinan dilakukannya meta-analisis kuantitatif. Ke depan, penelitian empiris berbasis konteks SMK Indonesia yang menggunakan pendekatan mixed-method sangat direkomendasikan untuk mengisi kesenjangan yang telah diidentifikasi dalam kajian ini.

References

- Becker, B. A., Denny, P., Finnie-Ansley, J., Luxton-Reilly, A., Prather, J., & Santos, E. A. (2023). Programming Is Hard – Or At Least It Used To Be: Educational Opportunities And Challenges Of Ai Code Generation. *Proceedings Of The 54th Acm Technical Symposium On Computer Science Education*, 1, 500–506. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569759>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis In Psychology. *Qualitative Research In Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Bps (Badan Pusat Statistik). (2023). *Statistik Pendidikan Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia.

- Chan, C. K. Y., & Hu, W. (2023). Students' Voices On Generative Ai: Perceptions, Benefits, And Challenges In Higher Education. *International Journal Of Educational Technology In Higher Education*, 20, Article 43. <https://doi.org/10.1186/S41239-023-00411-8>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease Of Use, And User Acceptance Of Information Technology. *Mis Quarterly*, 13(3), 319–340. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Denny, P., Kumar, V., & Giacaman, N. (2023). Conversing With Chatgpt On Computer Science Education Prompts. *Proceedings Of The 54th Acm Technical Symposium On Computer Science Education*, 1, 114–120. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569823>
- Finnie-Ansley, J., Denny, P., Becker, B. A., Luxton-Reilly, A., & Prather, J. (2022). The Robots Are Coming: Exploring The Implications Of Openai Codex On Introductory Programming. *Proceedings Of The 24th Australasian Computing Education Conference*, 10–19. <https://doi.org/10.1145/3511861.3511863>
- Hu, K. (2023, February 2). Chatgpt Sets Record For Fastest-Growing User Base. Reuters. <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>
- Kasneji, E., Sessler, K., KÜchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., GÜnnemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneji, G. (2023). Chatgpt For Good? On Opportunities And Challenges Of Large Language Models For Education. *Learning And Individual Differences*, 103, Article 102274. <https://doi.org/10.1016/J.Lindif.2023.102274>
- Kemendikbudristek. (2022). Keputusan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Nomor 56/M/2022 Tentang Pedoman Penerapan Kurikulum Dalam Rangka Pemulihan Pembelajaran. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi RI.
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines For Performing Systematic Literature Reviews In Software Engineering (Technical Report Ebse 2007-001). Keele University & Durham University.
- Lau, J., & Guo, P. J. (2023). From 'Ban It Till We Understand It' To 'Resistance Is Futile': How University Programming Instructors Plan To Adapt As More Students Use Ai Code Generation And Explanation Tools Such As Chatgpt And Github Copilot. *Proceedings Of The 2023 Acm Conference On International Computing Education Research*, 1, 106–121. <https://doi.org/10.1145/3568813.3600138>
- Lo, C. K. (2023). What Is The Impact Of Chatgpt On Education? A Rapid Review Of The Literature. *Education Sciences*, 13(4), Article 410. <https://doi.org/10.3390/Educsci13040410>
- Margulieux, L. E., Prather, J., Becker, B. A., Cetin-Berber, D. D., Denny, P., Hilton, M. L., Pettit, R., & Reeves, B. N. (2024). Grounding Programming Education Research In Productive Struggle. *Acm Transactions On Computing Education*, 24(2), 1–26. <https://doi.org/10.1145/3633780>
- Mckinsey Global Institute. (2021). The Future Of Work After Covid-19. Mckinsey & Company.
- Munir, M. (2023). Tantangan Pembelajaran Pemrograman Di Era Digital: Kajian Pada Sekolah Menengah Kejuruan Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 13(1), 45–58. <https://doi.org/10.21831/Jpv.V13i1.52341>
- Nguyen, N., & Nadi, S. (2022). An Empirical Evaluation Of Github Copilot's Recommendation. *Proceedings Of The 19th International Conference On Mining Software Repositories*, 1–5. <https://doi.org/10.1145/3524842.3528470>
- Openai. (2023). Gpt-4 Technical Report. Arxiv Preprint Arxiv:2303.08774. <https://doi.org/10.48550/Arxiv.2303.08774>
- Page, M. J., Mckenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., Mcdonald, S., ... Moher, D. (2021). The Prisma 2020 Statement: An Updated Guideline For Reporting Systematic Reviews. *Bmj*, 372, Article N71. <https://doi.org/10.1136/Bmj.N71>
- Peng, S., Kalliamvakou, E., Cihon, P., & Demirer, M. (2023). The Impact Of Ai On Developer Productivity: Evidence From Github Copilot. Arxiv Preprint Arxiv:2302.06590. <https://doi.org/10.48550/Arxiv.2302.06590>
- Prather, J., Reeves, B. N., Denny, P., Becker, B. A., Leinonen, J., Luxton-Reilly, A., Powell, G., & Finnie-Ansley, J. (2023). 'It's Weird That It Knows What I Want': Usability And Interactions With Features Of Github Copilot. *Acm Transactions On Computer-Human Interaction*, 31(1), 1–36. <https://doi.org/10.1145/3617367>
- Puryear, B., & Sprint, G. (2022). Github Copilot In The Classroom: Learning To Code With Ai Assistance. *Journal Of Computing Sciences In Colleges*, 38(1), 37–47.



- Riyanto, A., Soenarto, S., & Surjono, H. D. (2021). Challenges In Vocational Education Programming Learning: A Study On Competency-Based Curriculum Implementation. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 11(3), 197–208. <https://doi.org/10.21831/jpv.v11i3.43162>
- Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects On Learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/S15516709cog1202_4
- Unesco. (2023). *Guidance For Generative Ai In Education And Research*. United Nations Educational, Scientific And Cultural Organization. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Unesco-Unevoc. (2022). *World Tvet Database: Indonesia*. Unesco International Centre For Technical And Vocational Education And Training. https://unevoc.unesco.org/wtdb/worldtvetdatabase_idn_en.pdf
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The Role Of Tutoring In Problem Solving. *Journal Of Child Psychology And Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- World Economic Forum (Wef). (2023). *Future Of Jobs Report 2023*. World Economic Forum.
- Yilmaz, R., & Yilmaz, F. G. K. (2023). The Effect Of Generative Artificial Intelligence (Ai)-Based Tool Use On Students' Computational Thinking Skills, Programming Self-Efficacy And Motivation. *Computers And Education: Artificial Intelligence*, 4, Article 100147. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147>
- Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J. B., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review Of Artificial Intelligence (Ai) In Education From 2010 To 2020. *Complexity*, 2021, Article 8812542. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zhai, X., Krajcik, J., & Pellegrino, J. W. (2024). On The Validity Of Artificial Intelligence-Based Assessments Of Student Science Learning. *Journal Of Research In Science Teaching*, 61(3), 583–617. <https://doi.org/10.1002/tea.21816>