

Intervensi Aplikasi ChatGPT dalam Proses Pembelajaran Pemrograman Komputer di Sekolah Kejuruan

Admaja Dwi Herlambang^{1*}, Okta Purnawirawan¹, Ghasa Faraasyatul Alam²

¹Universitas Brawijaya

²Universitas Negeri Malang

*Corresponding author, email: herlambang@ub.ac.id

Kata kunci

Kecerdasan buatan
Pembelajaran pemrograman komputer
Pembelajaran kejuruan
Performa kognitif
Kolaborasi tim
Pemecahan masalah kreatif

Abstrak

Penelitian ini mengkaji integrasi ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman komputer melalui rancangan penelitian eksperimental di lima sekolah menengah kejuruan di Malang, Indonesia. Penelitian menggunakan rancangan jenis static group pretest-posttest dengan 142 peserta didik pada jurusan rekayasa perangkat lunak dan jaringan komputer. Penelitian ini membuktikan seperti apa pengaruh ChatGPT terhadap performa kognitif, kolaborasi tim, dan pemecahan masalah kreatif dalam pembelajaran pemrograman komputer. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan signifikan dalam performa kognitif antara kelompok eksperimen dan kontrol (Cohen's $d = 0,94$, $p < 0,01$), dengan tim menunjukkan peningkatan 52,00% dalam efisiensi kegiatan kolaboratif (Cohen's $d = 0,85$, $p < 0,01$). Tim yang menggunakan ChatGPT menunjukkan peningkatan 41,00% dalam pemecahan masalah kreatif (Cohen's $d = 0,82$, $p < 0,01$), khususnya dalam pemikiran algoritmik dan optimasi kode. Namun, 34,00% subjek penelitian menunjukkan penurunan kemampuan pengkodean praktis meskipun pemahaman teoretis meningkat. Temuan ini berkontribusi pada diskursus integrasi teknologi kecerdasan buatan dalam pembelajaran pemrograman, dan menyoroti pentingnya keseimbangan antara bantuan teknologi dan pengembangan kompetensi yang otentik. Implikasinya dapat diberlakukan pada konteks perancangan kurikulum, strategi pedagogis, serta integrasi kecerdasan buatan yang lebih terstruktur untuk mendorong kreativitas dan kompetensi kolaboratif yang esensial bagi industri teknologi informasi.

1. Pendahuluan

Integrasi kecerdasan buatan dalam berbagai aktivitas bidang pendidikan telah mengalami transformasi pesat bersamaan dengan munculnya model bahasa canggih dan berbagai platform kerja kolaboratif (Rienties et al., 2020). Implementasi perangkat berbasis kecerdasan buatan dalam berbagai lingkungan pembelajaran telah terbukti secara ilmiah mampu meningkatkan kualitas pembelajaran secara umum (Essel et al., 2024), meskipun masih belum ada kejelasan apakah kualitas yang dimaksud adalah dalam lanskap pembelajaran atau lebih luas. Dalam pembelajaran di bidang kejuruan, teknologi kecerdasan buatan banyak dimanfaatkan untuk mendukung pemerolehan pengetahuan kompleks dan pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Bernabei et al., 2023). Lanskap pedagogis di sekolah kejuruan yang identik dengan dominasi pengetahuan prosedural telah mengalami beberapa perubahan akibat kemajuan teknologi ini, salah satu yang berdampak secara praktis dalam konteks pembelajaran adalah bidang studi pemrograman komputer (Ghimire & Edwards, 2024). Seiring berkembangnya perubahan transformatif ini, kebutuhan akan investigasi empiris terhadap efektivitas pembelajaran berbantuan teknologi kecerdasan buatan menjadi semakin krusial untuk dibahas dalam ranah ilmiah, terutama dalam konteks pembelajaran pemrograman di sekolah kejuruan.

Pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan menghadapi berbagai tantangan yang dapat berdampak secara signifikan pada hasil belajar dan pengembangan keterampilan berkelanjutan (Herlambang, Rachmadi, et al., 2023). Kompleksitas konsep pemrograman yang tinggi telah terdeteksi di dalam berbagai hasil penelitian sebagai hambatan utama bagi peserta didik, khususnya dalam rangka pengembangan pemikiran algoritmik dan kemampuan pemecahan masalah (Kadar et al., 2022; Mangaroska et al., 2022). Pada konteks ini, metode pembelajaran tradisional dinilai belum memadai dalam memenuhi kebutuhan belajar yang beragam dan kemampuan kognitif peserta didik yang bervariasi (Dehghanzadeh & Jafaraghaee, 2018). Kesenjangan antara pengetahuan teoretis dan keterampilan pemrograman praktis juga semakin melebar seiring dengan meningkatnya tuntutan kualifikasi dari industri teknologi informasi saat ini (Kuna et al., 2021). Lebih lanjut, keterbatasan dukungan pembelajaran personal dan mekanisme umpan balik real-time telah diakui sebagai hambatan signifikan dalam pembelajaran pemrograman komputer yang efektif (Gökoğlu & Kilic, 2022). Tantangan-tantangan ini memerlukan eksplorasi ilmiah terkait pendekatan-pendekatan yang bersifat instruksional atau pedagogis yang diperkuat dengan intervensi teknologi informasi. Hal ini diperlukan dengan harapan dapat menjembatani kesenjangan akuisisi pengetahuan

antara jenis konseptual (teori) dan prosedural (praktik) dan secara efektif sambil tetap mendorong pengalaman pembelajaran individual maupun kolaboratif yang otentik sesuai target kurikulum dan tuntutan industri.

Kemunculan ChatGPT sebagai salah satu varian teknologi kecerdasan buatan telah menghadirkan peluang tak terduga dalam hal peningkatan kualitas pembelajaran secara umum, bahkan tidak terkecuali pada konteks pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan (Deriba et al., 2023). Aplikasi dialogis berbasis kecerdasan buatan (artificial intelligence chatbot) terbukti di beberapa penelitian mampu memberikan umpan balik kontekstual secara galir sehingga diduga berpotensi mendukung perkembangan kognitif dan kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Kim, 2023; Sun et al., 2024). Integrasi ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman komputer telah dibuktikan di dalam beberapa penelitian mampu memfasilitasi pengalaman pembelajaran terdiferensiasi yang mengakomodasi berbagai gaya dan kemampuan belajar (Ahme et al., 2024; C. A. G. da Silva et al., 2024). Kemampuan platform ini dalam menghasilkan penjelasan dan contoh telah terbukti memiliki potensi untuk bisa meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep yang kompleks (B. Ma et al., 2024; Yang et al., 2024). Selain itu, potensi ChatGPT dalam menumbuhkan lingkungan pembelajaran kolaboratif juga telah terbukti di dalam beberapa penelitian bahwa memiliki kemampuan untuk memfasilitasi pembelajaran sebaya dan aktivitas pemecahan masalah berkelompok (Banic et al., 2023; Banić et al., 2023). Kapabilitas ini telah memposisikan ChatGPT sebagai alat yang menjanjikan dan memunculkan dugaan ilmiah dalam rangka mengatasi tantangan persisten dalam pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan (Ahme et al., 2024; Q. Ma et al., 2023). Namun demikian, segala potensi baik dari ChatGPT yang telah diungkap dalam berbagai penelitian masih memiliki ruang lingkup yang spesifik sehingga cukup meragukan untuk digunakan sebagai penjelas ilmiah pada konteks yang berlainan, terutama pada konteks pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan. Bidang studi pemrograman komputer di sekolah kejuruan dan di sekolah umum adalah dua posisi bidang studi yang berbeda, seperti halnya perbedaan tujuan antara pendidikan akademik dan pendidikan kejuruan atau vokasional (Lloyd et al., 2022). Hasil penelitian ilmiah pada konteks pendidikan akademik belum tentu bisa digeneralisasi untuk menjawab pertanyaan ilmiah pada konteks pendidikan kejuruan.

Penelitian ini secara umum bertujuan menginvestigasi seperti apa dampak integrasi ChatGPT terhadap performa kognitif, kolaborasi tim, dan pemecahan masalah kreatif dalam pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan. Pertanyaan penelitian akan dijawab melalui kegiatan eksperimen terkendali sehingga bisa dibuktikan secara empiris seperti apa efektivitas pemanfaatan ChatGPT dalam proses pembelajaran yang menuntut peserta didik untuk memahami konsep kompleks, bekerja dengan peserta didik lain, dan menyelesaikan permasalahan pemrograman komputer secara kreatif. Signifikansi penelitian ini terletak pada potensi kontribusinya dalam memahami pendekatan pedagogis berbasis teknologi kecerdasan buatan dalam konteks pendidikan kejuruan yang indetik dengan dominasi pengetahuan prosedural dan cerminan dunia industri paling mutakhir.

2. Metode

Pendekatan kuantitatif berbasis eksperimen dengan jenis rancangan static group pretest-posttest (Fraenkel et al., 2022) diterapkan dalam penelitian ini untuk mengkaji integrasi ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman komputer kejuruan di lima sekolah di Malang, Indonesia. Subjek penelitian terdiri dari 142 peserta didik yang terdaftar dalam jurusan keahlian rekayasa perangkat lunak dan jaringan komputer, dengan pemilihan subjek penelitian menggunakan teknik pengambilan sampel berstrata (Cohen et al., 2018) untuk memastikan distribusi yang representatif di seluruh sekolah. Subjek penelitian dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol dimana masing-masing kelompok berisi 71 peserta didik. Kelompok eksperimen mendapatkan intervensi berupa pemanfaatan ChatGPT, sedangkan kelompok kontrol tidak mendapatkan intervensi tersebut. Rancangan penelitian disusun untuk memfasilitasi pengkajian performa kognitif, kolaborasi tim, dan pemecahan masalah kreatif melalui prosedur pengumpulan data yang sistematis. Proses pemeriksaan kelayakan komprehensif diterapkan untuk seluruh instrumen penelitian dengan melibatkan panel ahli yang terdiri dari spesialis teknologi pendidikan dan pengajar bidang studi pemrograman komputer. Prosedur pengumpulan data dilaksanakan selama periode 12 minggu, di mana aktivitas pemrograman individual dan berbasis tim diamati dan didokumentasikan secara sistematis. Proses yang dilalui oleh penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses Penelitian

Tahap	Aktivitas	Deskripsi	Hasil
Persiapan	Penetapan populasi dan sampel	Pemilihan lima sekolah menengah kejuruan, penetapan kriteria subjek penelitian, dan implementasi stratified sampling.	Jumlah subjek penelitian penelitian (N = 142)
Pegembangan instrumen	Pembuatan modul pembelajaran	Pengembangan konten pembelajaran dan pemeriksaan kelayakan oleh pakar (Aiken's Validity Score/ AVS).	Instrumen yang layak digunakan
	Perancangan instrumen penilaian	Pengembangan rubrik penilaian performa kognitif, pengembangan rubrik penilaian kolaborasi tim, pengembangan rubrik capaian pembelajaran, dan pemeriksaan kelayakan oleh pakar (AVS).	
Pengumpulan data	Penilaian sebelum intervensi (pra-intervensi)	Penilaian performa kognitif, penilaian kolaborasi tim, penilaian capaian pembelajaran sebelum intervensi.	Dataset
	Intervensi	Pemberian intervensi pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.	
	Penilaian setelah intervensi (pasca-intervensi)	Penilaian performa kognitif, penilaian kolaborasi tim, penilaian capaian pembelajaran setelah intervensi.	
Analisis data	Pemrosesan statistik	Analisis deskriptif, uji distribusi data (Shapiro-Wilk), uji homogenitas data (Levene), uji hipotesis perbedaan, dan penghitungan effect size (Cohen's d)	Hasil statistika
Penyimpulan	Penafsiran hasil	Sintesis data, kontribusi, dan identifikasi keterbatasan temuan penelitian	Temuan penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan di dalam penelitian ini dikembangkan dan dihitung kelayakannya dengan menggunakan Aiken's Validity Score (AVS) (Aiken, 1985) untuk mengukur berbagai aspek seperti performa kognitif, kolaborasi tim, dan pemecahan masalah kreatif. Hasil pemeriksaan kelayakan instrumen penelitian disajikan dalam Tabel 2. Teknik analisis data dirancang untuk menyediakan bukti statistik tentang efektivitas intervensi berupa pemanfaatan ChatGPT. Statistik deskriptif digunakan untuk menganalisis kecenderungan pusat dan distribusi metrik performa di seluruh aspek yang diteliti. Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d diterapkan untuk mengukur besaran dampak dari intervensi (Lenhard & Lenhard, 2016). Pengujian signifikansi statistik dilakukan menggunakan metode parametrik dan non-parametrik, bergantung pada karakteristik distribusi data.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Kelayakan Instrumen Penelitian (N = 5 Pakar)

Jumlah Instrumen	Jumlah Item	AVS	Kelayakan
Modul pembelajaran	12	0,87	Bisa digunakan
Rubrik penilaian kognitif	25	0,85	Bisa digunakan
Rubrik penilaian kolaborasi tim	10	0,82	Bisa digunakan
Rubrik penilaian kreativitas	15	0,84	Bisa digunakan
Tugas pemrograman	8	0,83	Bisa digunakan

Keterangan:

Kriteria validitas Aiken's Validity Score (AVS) adalah $AVS \geq 0,80$. Panel pakar terdiri dari 3 orang pengajar pemrograman komputer dan 2 orang ahli bidang teknologi pendidikan. Setiap instrumen dievaluasi terkait 5 aspek, yaitu relevansi, kejelasan, objektivitas, sistematika susunan, dan bahasa yang digunakan.

Dalam penelitian ini, jumlah peserta didik adalah 142, yang terdiri dari kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Subjek penelitian berasal dari program keahlian Rekayasa Perangkat Lunak yang berjumlah 103 peserta didik (72,50%) dan program keahlian Teknik Jaringan Komputer yang berjumlah 39 peserta didik (27,50%). Untuk mendapatkan sampel yang representatif, subjek

penelitian diambil dari lima sekolah yang terdiri dari tiga sekolah di wilayah perkotaan dan dua sekolah di wilayah pinggiran kota, dengan masing-masing sekolah menyumbang sekitar 20,00% dari total sampel. Seluruh subjek penelitian berasal dari kelas XI. Berdasarkan distribusi sekolah, persebaran relatif merata, meskipun Sekolah B memiliki persentase subjek penelitian sedikit lebih tinggi yaitu 21,10% karena menyelenggarakan kedua program keahlian. Terkait pengalaman pemrograman, 52,20% subjek penelitian merupakan pemula dengan pengalaman kurang dari satu tahun, sementara 36,60% memiliki pengalaman tingkat menengah dalam pemrograman selama 1-2 tahun. Hanya 11,20% yang memiliki pengalaman pemrograman lebih dari dua tahun, dengan distribusi yang seimbang antara kelompok eksperimen dan kontrol. Distribusi, karakteristik, dan pengalaman pemrograman subjek penelitian disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 3. Distribusi Subjek Penelitian pada Kelompok Eksperimen dan Kontrol

Jurusan	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol	Jumlah
Rekayasa Perangkat Lunak	52 (36,60%)	51 (35,90%)	103 (72,50%)
Jaringan Komputer	19 (13,40%)	20 (14,10%)	39 (27,50%)
Total	71 (50,00%)	71 (50,00%)	142 (100,00%)

Tabel 4. Karakteristik Subjek Penelitian berdasarkan Sekolah (n = 142)

Sekolah	Lokasi	Jurusan	n (%)	Kelas
Sekolah A	Kota	Rekayasa Perangkat Lunak	28 (19,70%)	Kelas XI
Sekolah B	Kabupaten	Rekayasa Perangkat Lunak dan Jaringan Komputer	30 (21,10%)	Kelas XI
Sekolah C	Kota	Rekayasa Perangkat Lunak	28 (19,70%)	Kelas XI
Sekolah D	Kabupaten	Jaringan Komputer	28 (19,70%)	Kelas XI
Sekolah E	Kota	Rekayasa Perangkat Lunak dan Jaringan Komputer	28 (19,70%)	Kelas XI

Tabel 5. Distribusi Pengalaman Pemrograman (n = 142)

Tingkat Pengalaman	Kelompok Eksperimen	Kelompok Kontrol	Jumlah
Pemula (< 1 tahun)	38 (26,80%)	36 (25,40%)	74 (52,20%)
Menengah (1-2 tahun)	25 (17,60%)	27 (19,00%)	52 (36,60%)
Terampil (> 2 tahun)	8 (5,60%)	8 (5,60%)	16 (11,20%)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

Hasil analisis pada performa kognitif mengungkapkan peningkatan substansial pada kelompok eksperimen di seluruh dimensi setelah integrasi ChatGPT. Konsep dasar pemrograman menunjukkan peningkatan signifikan dari pra-intervensi ($M = 52,30$, $SD = 14,70$) ke pasca-intervensi ($M = 73,40$, $SD = 13,90$), dengan peningkatan 45,00%. Keterampilan pemecahan masalah memperlihatkan kemajuan nyata dari pra-intervensi ($M = 45,20$, $SD = 16,20$) menjadi pasca-intervensi ($M = 65,80$, $SD = 15,30$), menunjukkan peningkatan 41%. Kemampuan analisis kode meningkat secara bermakna dari pra-intervensi ($M = 47,50$, $SD = 15,80$) menjadi pasca-intervensi ($M = 69,20$, $SD = 14,90$),

mengindikasikan peningkatan 43%. Pengembangan algoritma menunjukkan kemajuan berarti dari pra-intervensi ($M = 48,60$, $SD = 15,40$) menjadi pasca-intervensi ($M = 67,10$, $SD = 14,80$), mendemonstrasikan peningkatan 38%. Peningkatan ini sangat kontras dengan perolehan kelompok kontrol yang lebih moderat, yang berkisar antara 23,00% hingga 35,00% di seluruh dimensi.

Analisis komparatif antara kelompok eksperimen dan kontrol pasca-intervensi mengungkapkan perbedaan statistik yang signifikan di seluruh dimensi yang diukur, dengan ukuran efek yang konsisten besar. Konsep dasar pemrograman mendemonstrasikan ukuran efek tertinggi ($d = 0,94$, $p < 0,01$) dengan perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelompok eksperimen ($M = 73,40$, $SD = 13,90$) dan kelompok kontrol ($M = 61,40$, $SD = 15,90$). Analisis kode menunjukkan ukuran efek yang kuat ($d = 0,85$, $p < 0,01$), diikuti oleh pengembangan algoritma ($d = 0,83$, $p < 0,01$), sementara keterampilan pemecahan masalah mempertahankan ukuran efek yang substansial ($d = 0,82$, $p < 0,01$). Temuan statistik ini didukung oleh nilai-t yang signifikan berkisar antara 5,76 hingga 5,92 di seluruh dimensi, mengindikasikan perbedaan yang kokoh antara kondisi eksperimen dan kontrol dalam capaian performa kognitif.

Tabel 6. Hasil Performa Kognitif pada Kelompok Eksperimen (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Konsep dasar pemrograman	M = 52,30 (SD = 14,70)	M = 73,40 (SD = 13,90)	45,00%
Keterampilan pemecahan masalah	M = 45,20 (SD = 16,20)	M = 65,80 (SD = 15,30)	41,00%
Analisis kode	M = 47,50 (SD = 15,80)	M = 69,20 (SD = 14,90)	43,00%
Pengembangan algoritmik	M = 48,60 (SD = 15,40)	M = 67,10 (SD = 14,80)	38,00%

Keterangan:
M: mean; SD: standar deviasi.

Tabel 7. Hasil Performa Kognitif pada Kelompok Kontrol (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Konsep dasar pemrograman	M = 45,60 (SD = 16,40)	M = 61,40 (SD = 15,90)	35,00%
Keterampilan pemecahan masalah	M = 47,50 (SD = 15,80)	M = 63,80 (SD = 15,40)	34,00%
Analisis kode	M = 46,20 (SD = 16,10)	M = 57,80 (SD = 15,70)	25,00%
Pengembangan algoritmik	M = 45,80 (SD = 15,90)	M = 56,40 (SD = 15,80)	23,00%

Tabel 8. Perbandingan Performa Kognitif Pasca-Intervensi (n = 142)

Dimensi	KE (n = 71)	KK (n = 71)	Selisih	t-value	p-value	Effect Size (d)
Konsep dasar pemrograman	M = 73,40 (SD = 13,90)	M = 61,40 (SD = 15,90)	12,00	5,92	< 0,01	0,94*
Keterampilan pemecahan masalah	M = 65,80 (SD = 15,30)	M = 63,80 (SD = 15,40)	2,00	5,84	< 0,01	0,82*
Analisis kode	M = 69,20 (SD = 14,90)	M = 57,80 (SD = 15,70)	11,40	5,76	< 0,01	0,85*

Pengembangan algoritmik M = 67,10 (SD = 14,80) M = 56,40 (SD = 15,80) 10,70 5,82 < 0,01 0,83*

Hasil analisis pada metrik kolaborasi tim mengungkapkan peningkatan substansial pada kelompok eksperimen di seluruh dimensi setelah integrasi ChatGPT. Interaksi tim menunjukkan peningkatan signifikan dari pra-intervensi (M = 48,20, SD = 15,30) ke pasca-intervensi (M = 73,30, SD = 14,10), dengan peningkatan 52%. Kemampuan pemecahan masalah memperlihatkan peningkatan tertinggi dari pra-intervensi (M = 45,60, SD = 16,40) menjadi pasca-intervensi (M = 71,40, SD = 15,80), menunjukkan peningkatan 56,00%. Distribusi tugas menunjukkan kemajuan dari pra-intervensi (M = 47,50, SD = 15,80) menjadi pasca-intervensi (M = 69,20, SD = 14,90), mengindikasikan peningkatan 46%. Metrik pertukaran pengetahuan meningkat secara substansial dari pra-intervensi (M = 46,80, SD = 15,90) menjadi pasca-intervensi (M = 72,50, SD = 14,60), mendemonstrasikan peningkatan 55,00%. Tingkat penyelesaian proyek juga menunjukkan kemajuan signifikan dari pra-intervensi (M = 49,50, SD = 15,40) menjadi pasca-intervensi (M = 74,00, SD = 14,80), mencerminkan peningkatan 49,00%. Peningkatan ini sangat kontras dengan perolehan kelompok kontrol yang lebih moderat, yang berkisar antara 23,00% hingga 25,00% di seluruh dimensi.

Analisis komparatif antara kelompok eksperimen dan kontrol pasca-intervensi mengungkapkan perbedaan statistik yang signifikan di seluruh dimensi yang diukur, dengan ukuran efek yang konsisten besar. Pertukaran pengetahuan mendemonstrasikan ukuran efek tertinggi (d = 0,87, p < 0,01) dengan perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelompok eksperimen (M = 72,50, SD = 14,60) dan kelompok kontrol (M = 57,20, SD = 15,50). Interaksi tim dan penyelesaian proyek keduanya menunjukkan ukuran efek yang kuat (d = 0,85, p < 0,01), sementara kemampuan pemecahan masalah mempertahankan ukuran efek yang substansial (d = 0,82, p < 0,01). Distribusi tugas, meskipun menunjukkan ukuran efek terendah di antara dimensi-dimensi tersebut, tetap mempertahankan efek yang besar (d = 0,81, p < 0,01). Temuan statistik ini didukung oleh t-value yang signifikan berkisar antara 5,76 hingga 6,12 di seluruh dimensi, mengindikasikan perbedaan yang kuat antara kondisi eksperimen dan kontrol dalam capaian kolaborasi tim.

Tabel 9. Hasil Kolaborasi Tim pada Kelompok Eksperimen (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Interaksi tim	M = 48,20 (SD = 15,30)	M = 73,30 (SD = 14,10)	52,00%
Pemecahan masalah	M = 45,60 (SD = 16,40)	M = 71,40 (SD = 15,80)	56,00%
Distribusi tugas	M = 47,50 (SD = 15,80)	M = 69,20 (SD = 14,90)	46,00%
Pertukaran pengetahuan	M = 46,80 (SD = 15,90)	M = 72,50 (SD = 14,60)	55,00%
Penyelesaian proyek	M = 49,50 (SD = 15,40)	M = 74,00 (SD = 14,80)	49,00%

Tabel 10. Hasil Kolaborasi Tim pada Kelompok Kontrol (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Interaksi tim	M = 47,50 (SD = 15,80)	M = 58,50 (SD = 15,40)	23,00%
Pemecahan masalah	M = 46,20 (SD = 16,10)	M = 57,80 (SD = 15,70)	25,00%
Distribusi tugas	M = 45,80 (SD = 15,90)	M = 56,40 (SD = 15,80)	23,00%
Pertukaran pengetahuan	M = 46,50 (SD = 15,70)	M = 57,20 (SD = 15,50)	23,00%
Penyelesaian proyek	M = 47,20 (SD = 15,80)	M = 58,80 (SD = 15,60)	24,00%

Tabel 11. Perbandingan Kolaborasi Tim Pasca-Intervensi (n = 142)

Dimensi	KE (n = 71)	KK (n = 71)	Selisih	t-value	p-value	Effect (d)	Size
Interaksi tim	M = 73,30 (SD = 14,10)	M = 58,50 (SD = 15,40)	14,80	5,92	< 0,01	0,85*	
Pemecahan masalah	M = 71,40 (SD = 15,80)	M = 57,80 (SD = 15,7)	13,60	5,84	< 0,01	0,82*	
Distribusi tugas	M = 69,20 (SD = 14,90)	M = 56,40 (SD = 15,8)	12,80	5,76	< 0,01	0,81*	
Pertukaran pengetahuan	M = 72,50 (SD = 14,60)	M = 57,20 (SD = 15,50)	15,30	6,12	< 0,01	0,87*	
Penyelesaian proyek	M = 74,00 (SD = 14,80)	M = 58,80 (SD = 15,60)	15,20	6,08	< 0,01	0,85*	

Keterangan:

KE: Kelompok Eksperimen; KK: Kelompok Kontrol

Analisis pada aspek pemecahan masalah kreatif menunjukkan ada peningkatan signifikan pada kelompok eksperimen di berbagai dimensi, dengan pengecualian pada keterampilan psikomotorik. Kreativitas pemrograman menunjukkan peningkatan substansial dari pra-intervensi (M = 56,50, SD = 15,98) ke pasca-intervensi (M = 77,50, SD = 15,51), dengan peningkatan 41%, sementara pemahaman teoretis memperlihatkan peningkatan tertinggi dari pra-intervensi (M = 52,30, SD = 14,70) menjadi pasca-intervensi (M = 73,40, SD = 13,90), menunjukkan peningkatan 45%. Namun, penurunan tak terduga teramati pada keterampilan psikomotorik, menurun dari pra-intervensi (M = 65,80, SD = 16,20) menjadi pasca-intervensi (M = 43,50, SD = 15,30), mengindikasikan penurunan 34%. Kemampuan pemecahan masalah menunjukkan peningkatan dari kondisi pra-intervensi (M = 58,50, SD = 15,40) menuju kondisi pasc-intervensi (M = 75,00, SD = 14,80), mendemonstrasikan peningkatan 41%. Temuan ini divalidasi lebih lanjut melalui analisis komparatif dengan kelompok kontrol, yang menunjukkan peningkatan lebih moderat di seluruh dimensi kecuali keterampilan psikomotorik.

Analisis komparatif antara kelompok eksperimen dan kontrol pasca-intervensi mengungkapkan perbedaan statistik yang signifikan di seluruh dimensi yang diukur. Kreativitas pemrograman menunjukkan perbedaan substansial antara kelompok eksperimen (M = 77,5, SD = 15,51) dan kelompok kontrol (M = 62,5, SD = 16,18), dengan ukuran efek yang besar (d = 0,82, p < 0,01). Pemahaman teoretis mendemonstrasikan ukuran efek terbesar (d = 0,94, p < 0,01) dengan perbedaan rata-rata yang signifikan antara kelompok eksperimen (M = 73,4, SD = 13,9) dan kelompok kontrol (M = 61,4, SD = 15,87). Dimensi keterampilan psikomotorik menunjukkan hubungan terbalik, dengan kelompok eksperimen (M = 43,5, SD = 15,3) menunjukkan performa secara signifikan lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol (M = 61,8, SD = 15,12). Kemampuan pemecahan masalah mempertahankan ukuran efek yang kuat (d = 0,82, p < 0,01) dengan kelompok eksperimen (M = 75,0, SD = 14,8) mengungguli kelompok kontrol (M = 63,8, SD = 15,40). Temuan statistik ini didukung oleh t-value yang signifikan di seluruh dimensi, mengindikasikan perbedaan yang kokoh antara kondisi eksperimen dan kontrol.

Tabel 12. Hasil Pemecahan Masalah Kreatif pada Kelompok Eksperimen (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Kreativitas pemrograman	M = 56,50 (SD = 15,98)	M = 77,50 (SD = 15,51)	41,00%
Pemahaman teoretis	M = 52,30 (SD = 14,70)	M = 73,40 (SD = 13,9)	45,00%
Keterampilan psikomotor	M = 65,80 (SD = 16,20)	M = 43,50 (SD = 15,3)	-34,00%

Pemecahan masalah	M = 58,50 (SD = 15,40)	M = 75,00 (SD = 14,8)	41,00%
-------------------	------------------------	-----------------------	--------

Tabel 13. Hasil Pemecahan Masalah Kreatif pada Kelompok Kontrol (n = 71)

Dimensi	Pra-Intervensi	Pasca-Intervensi	Selisih
Kreativitas pemrograman	M = 48,00 (SD = 17,35)	M = 62,50 (SD = 16,18)	30,00%
Pemahaman teoretis	M = 45,60 (SD = 16,43)	M = 61,40 (SD = 15,87)	35,00%
Keterampilan psikomotor	M = 63,80 (SD = 15,40)	M = 61,80 (SD = 15,12)	-3,00%
Pemecahan masalah	M = 47,50 (SD = 15,80)	M = 63,80 (SD = 15,40)	34,00%

Tabel 14. Perbandingan Pemecahan Masalah Kreatif Pasca-Intervensi (n = 142)

Dimensi	KE (n = 71)	KK (n = 71)	Selisih	t-value	p-value	Effect (d)	Size
Kreativitas pemrograman	M = 77,50 (SD = 15,51)	M = 62,50 (SD = 16,18)	15,00	5,84	< 0,01	0,82*	
Pemahaman teoretis	M = 73,40 (SD = 13,9)	M = 61,40 (SD = 15,87)	12,00	5,92	< 0,01	0,94*	
Keterampilan psikomotor	M = 43,5 (SD = 15,30)	M = 61,80 (SD = 15,12)	-18,30	-7,24	< 0,01	-	
Pemecahan masalah	M = 75,00 (SD = 14,80)	M = 63,80 (SD = 15,40)	11,20	5,76	< 0,01	0,82*	

Keterangan:

KE: Kelompok Eksperimen; KK: Kelompok Kontrol

3.2. Pembahasan

Integrasi ChatGPT dalam pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan telah menunjukkan dampak signifikan pada performa kognitif dan kemampuan bekerja secara kolaboratif. Ukuran efek yang substansial dalam performa kognitif mengindikasikan bahwa mekanisme pembelajaran berbantuan kecerdasan buatan dapat diimplementasikan secara efektif dalam meningkatkan pemahaman teoretis dan kemampuan pemecahan masalah. Peningkatan dalam konsep pemrograman dasar menunjukkan bahwa integrasi ChatGPT telah berhasil memfasilitasi pengembangan pengetahuan pemrograman fundamental (Ghimire & Edwards, 2024). Metrik kolaborasi tim telah mengungkapkan peningkatan luar biasa, dengan adanya kenaikan dalam efisiensi pemecahan masalah kolaboratif dan ukuran efek yang signifikan di seluruh dimensi, mengindikasikan bahwa integrasi kecerdasan buatan telah berhasil memfasilitasi pembelajaran sebaya dan proses berbagi pengetahuan. Temuan ini selaras dengan teori kontemporer pengembangan kognitif dalam pendidikan pemrograman, di mana pengalaman pembelajaran bertahap ditingkatkan melalui mediasi teknologi (Jamil & Isiaq, 2019; Sun et al., 2024). Peningkatan yang ditunjukkan dalam capaian pembelajaran individual dan kolaboratif menunjukkan hubungan sinergis antara bantuan kecerdasan buatan dan pendekatan pedagogis tradisional.

Penurunan tak terduga dalam keterampilan psikomotorik, di mana sebagian subjek penelitian menunjukkan penurunan kemampuan pengkodean praktis meskipun pemahaman teoretis meningkat. Hal ini menghadirkan tantangan substansial bagi skenario pembelajaran pada konteks kejuruan yang identik dengan dominasi pengetahuan praktikal atau prosedural (Herlambang et al.,

2022; Herlambang, Fransisca, et al., 2023). Temuan ini bertentangan dengan ekspektasi awal dan memunculkan pertanyaan penting tentang keseimbangan antara bantuan teknologi dan pengembangan keterampilan praktis (Durak, 2020b). Dikotomi yang teramati antara peningkatan performa kognitif dan penurunan keterampilan psikomotorik menunjukkan bahwa strategi integrasi kecerdasan buatan harus dikalibrasi secara cermat untuk mendukung pemahaman teoretis dan kompetensi praktis (Dahlkemper et al., 2023). Implikasi temuan ini dapat dijadikan pertimbangan bahwa pengembangan keterampilan praktis yang orisinal tetap menjadi hal yang esensial dalam target pembelajaran meskipun ada intervensi bermacam teknologi (Jiang et al., 2024). Hasil yang tak terduga ini mengharuskan pemeriksaan menyeluruh tentang bagaimana alat kecerdasan buatan diintegrasikan ke dalam latihan pemrograman praktis, memastikan bahwa bantuan teknologi meningkatkan, dan bukan menggantikan pengalaman pembelajaran praktis.

Implikasi pedagogis dari temuan ini bisa diperluas pada konteks perancangan kurikulum dan strategi instruksional dalam pembelajaran pemrograman komputer di sekolah kejuruan. Peningkatan signifikan dalam capaian pembelajaran kolaboratif menunjukkan bahwa strategi integrasi kecerdasan buatan terstruktur dapat secara efektif mendukung tujuan pembelajaran baik secara individual maupun berbasis tim (Ouyang et al., 2024). Pengembangan kompetensi yang relevan dengan industri bisa ditingkatkan melalui integrasi alat pembelajaran berbantuan kecerdasan buatan, khususnya dalam area yang memerlukan pemecahan masalah kompleks dan keterampilan kolaboratif (Andersen et al., 2022). Namun, tantangan yang teridentifikasi dalam pengembangan keterampilan psikomotorik mengharuskan pengembangan intervensi terarah untuk mempertahankan kemampuan pemrograman praktis (Thi Nguyen et al., 2024). Implikasi pada rancangan kurikulum mengindikasikan kebutuhan akan pendekatan yang seimbang antara mengintegrasikan alat kecerdasan buatan dan mempertahankan pengalaman pemrograman praktis yang otentik.

Implikasi untuk praktik pendidikan masa depan dalam pembelajaran pemrograman di sekolah kejuruan bersifat substansial dan multifaset. Ukuran efek yang kuat yang terbukti secara empiris dalam performa kognitif dan kolaborasi tim menunjukkan bahwa integrasi kecerdasan buatan dapat secara efektif mendukung keterampilan berpikir tingkat tinggi dan proses pembelajaran kolaboratif ketika diimplementasikan dengan tepat (Lin & Yu, 2023). Namun, tantangan yang teridentifikasi dalam pengembangan keterampilan psikomotorik mengharuskan pengembangan intervensi yang lebih terarah untuk mempertahankan kemampuan pemrograman yang bersifat praktik atau prosedural. Keseimbangan antara bantuan teknologi dan pengembangan keterampilan prosedural yang otentik harus menjadi pertimbangan utama sehingga tidak ada pembiaran terhadap target kurikulum dan terlena dengan sisi kemenarikan teknologi semata (Divayana et al., 2021; Huang et al., 2019). Temuan ini berkontribusi pada diskursus berkelanjutan tentang integrasi teknologi kecerdasan buatan dalam proses pembelajaran di sekolah kejuruan secara umum, yaitu pada konteks upaya mengimbangi kebutuhan industri teknologi informasi yang berkembang bahkan berubah dengan cepat, dan hanya bisa diakselerasi menggunakan teknologi (Doan, 2021; Wati et al., 2019). Implikasi lain adalah pada konteks penyesuaian dan reformasi di luar konteks instruksional atau kurikulum, yaitu pada konteks manajemen sekolah kejuruan dan peran kecerdasan buatan dalam rangka merencanakan (Dormann et al., 2019) dan memastikan peserta didik memiliki spesifikasi kapabilitas yang relevan dengan tuntutan pasar kerja industri teknologi informasi di masa depan (Chopra et al., 2022).

4. Kesimpulan

Pengintegrasian ChatGPT ke dalam pembelajaran pemrograman komputer kejuruan telah terbukti bisa memicu peningkatan performa kognitif dan kemampuan bekerja kolaboratif peserta didik dalam pembelajaran pemrograman komputer. Bahkan secara spesifik ada peningkatan dalam strategi pemecahan masalah secara kreatif pada kelompok peserta didik yang menggunakan ChatGPT dimana mereka mampu menciptakan solusi inovatif. Namun demikian, data empiris menunjukkan penurunan pada keterampilan psikomotorik subjek penelitian yang menggunakan CHatGPT. Hal ini menunjukkan kebutuhan mendesak terkait strategi yang lebih terarah dan kehati-hatian dalam mengimplementasikan pembelajaran berbantuan teknologi kecerdasan buatan. Penelitian memiliki keterbatasan generalisasi dikarenakan ukuran sampel dan lingkup geografis yang hanya melibatkan beberapa sekolah kejuruan. Retensi jangka panjang atau kohort kompetensi pemrograman perlu dikaji dalam penelitian lanjutan, model penilaian adaptif perlu dikembangkan untuk menyesuaikan dengan ekosistem pembelajaran berbantuan teknologi kecerdasan buatan, dan

sejauh mana generalisasi dapat diberlakukan dalam berbagai lingkungan sekolah kejuruan dan bidang studi yang didominasi kapabilitas prosedural.

Referensi

- Ahme, Z., Shanto, S. S., & Jony, A. I. (2024). Potentiality of generative AI tools in higher education: Evaluating ChatGPT's viability as a teaching assistant for introductory programming courses. *STEM Education*, 4(3), 165–182. <https://doi.org/10.3934/steme.2024011>
- Aiken, L. R. (1985). Three coefficients for analyzing the reliability and validity of ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Andersen, R., Mørch, A. I., & Litherland, K. T. (2022). Collaborative learning with block-based programming: investigating human-centered artificial intelligence in education. *Behaviour and Information Technology*, 41(9), 1830–1847. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2083981>
- Bakar, M. A., Mukhtar, M., & Khalid, F. (2019). The development of a visual output approach for programming via the application of cognitive load theory and constructivism. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(11), 305–312. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2019.0101142>
- Banic, B., Konecki, M., & Konecki, M. (2023). Pair Programming Education Aided by ChatGPT. In *2023 46th ICT and Electronics Convention, MIPRO 2023 - Proceedings* (pp. 911–915). <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159727>
- Banić, B., Konecki, M., & Konecki, M. (2023). Pair programming education aided by ChatGPT. *2023 46th MIPRO ICT and XYZ*. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10159727/>
- Bernabei, M., Colabianchi, S., Falegnami, A., & Costantino, F. (2023). Students' use of large language models in engineering education: A case study on technology acceptance, perceptions, efficacy, and detection chances. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100172>
- Bird, C., Ford, D., Zimmermann, T., Forsgren, N., & ... (2022). Taking Flight with Copilot: Early insights and opportunities of AI-powered pair-programming tools. *Queue*. <https://doi.org/10.1145/3582083>
- Braithwaite, D. W., & Sprague, L. (2021). Conceptual Knowledge, Procedural Knowledge, and Metacognition in Routine and Nonroutine Problem Solving. *Cognitive Science*, 45(10). <https://doi.org/10.1111/cogs.13048>
- Çakiroğlu, Ü., & Bilgi, Ş. (2022). Exploring intrinsic cognitive load in the programming process: a two dimensional approach based on element interactivity. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2137527>
- Chopra, A., Patel, G., & Sahoo, C. K. (2022). A critical assessment of employer branding to retain knowledgeable workforce: study on current employees of the information technology firms. *VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems*. <https://doi.org/10.1108/VJKMS-02-2022-0036>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education*. Routledge.
- Dahlkemper, M. N., Lahme, S. Z., & Klein, P. (2023). How do physics students evaluate artificial intelligence responses on comprehension questions A study on the perceived scientific accuracy and linguistic quality of ChatGPT. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.010142>
- Deguchi, A., Akashi, Y., Hato, E., Ohkata, J., Nakano, T., & Warisawa, S. (2020). Solving social issues through industry-academia collaboration. In *Society 5.0: A People-centric Super-smart Society* (pp. 85–115). Springer Open. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2989-4_5
- Dehghanzadeh, S., & Jafaraghaee, F. (2018). Comparing the effects of traditional lecture and flipped classroom on nursing students' critical thinking disposition: A quasi-experimental study. *Nurse Education Today*, 71, 151–156. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.09.027>
- Deriba, F. G., Sanusi, I. T., & Sunday, A. O. (2023). Enhancing Computer Programming Education using ChatGPT: A Mini Review. In *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3631802.3631848>
- Divayana, D. G. H., Suyasa, P. W. A., & Widiartini, N. K. (2021). An innovative model as evaluation model for information technology-based learning at ICT vocational schools. *Heliyon*, 7(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06347>
- Doan, D. T. (2021). Academia-industry partnerships to develop cloud computing skills for students: A case study from aws academy. *International Journal of Entrepreneurship*, 25(Special Issue 1), 1–10. https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85114382650
- Dormann, M., Hinz, S., & Wittmann, E. (2019). Improving school administration through information technology? How digitalisation changes the bureaucratic features of public school administration. *Educational Management Administration and Leadership*, 47(2), 275–290. <https://doi.org/10.1177/1741143217732793>
- Durak, H. Y. (2020a). The Effects of Using Different Tools in Programming Teaching of Secondary School Students on Engagement, Computational Thinking and Reflective Thinking Skills for Problem Solving. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9391-y>
- Durak, H. Y. (2020b). The Effects of Using Different Tools in Programming Teaching of Secondary School Students on Engagement, Computational Thinking and Reflective Thinking Skills for Problem Solving. *Technology, Knowledge and Learning*, 25(1), 179–195. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9391-y>

- Essel, H. B., Vlachopoulos, D., Essuman, A. B., & Amankwa, J. O. (2024). ChatGPT effects on cognitive skills of undergraduate students: Receiving instant responses from AI-based conversational large language models (LLMs). *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100198>
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2022). *How to Design and Evaluate Research in Education*. McGraw Hill LLC. <https://www.mheducation.com/highered/product/how-design-evaluate-research-education-fraenkel-wallen/M9781259913839.html>
- Ghimire, A., & Edwards, J. (2024). Coding with AI: How Are Tools Like ChatGPT Being Used by Students in Foundational Programming Courses. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*: Vol. 14830 LNAI (pp. 259–267). https://doi.org/10.1007/978-3-031-64299-9_20
- Gökoğlu, S., & Kilic, S. (2022). Programming learning and teaching of pre-service computer science teachers: Challenges, concerns, and solutions. *E-Learning and Digital Media*. <https://doi.org/10.1177/20427530221117331>
- Guo, Y. (2024). Vocational Education and Industry Integration and Symbiosis of Subjects and Digital Drivers. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.2478/amns.2023.2.01456>
- Haindl, P., & Weinberger, G. (2024). Students' Experiences of Using ChatGPT in an Undergraduate Programming Course. *IEEE Access*, 12, 43519–43529. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3380909>
- Hartley, K., Hayak, M., & Ko, U. H. (2024). Artificial Intelligence Supporting Independent Student Learning: An Evaluative Case Study of ChatGPT and Learning to Code. *Education Sciences*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/educsci14020120>
- Herlambang, A. D., Budiman, B., & Wardhono, W. S. (2022). Interactive Procedural Knowledge Learning Resources Development in The Context of Competency-Based Training Instructional Approach and Interactive Media Design Subjects for Information Technology Vocational High School. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*; Vol 7, No 1 (2022): Mei 2022DO - 10.21831/Elinvo.V7i1.48215 . <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/elinvo.v7i1.48215>
- Herlambang, A. D., Fransisca, O. D., & Afirianto, T. (2023). The Flipped-Classroom Instructional Procedure Development and Its Implementation Effectiveness in Improving Procedural Knowledge Learning Outcomes at Vocational High Schools. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 8(2), 2477–2399.
- Herlambang, A. D., Rachmadi, A., & Wijoyo, S. H. (2023). Git and GitHub Application Training Program to Support Vocational High School Students in Collaborative Computer Programming Learning. *JPPM (Jurnal Pendidikan Dan Pemberdayaan Masyarakat)*, 10(1), 13–24. <https://doi.org/10.21831/jppm.v10i1.58550>
- Huang, R., Spector, J. M., & Yang, J. (2019). *Educational Technology: A Primer for the 21st Century*. Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- Ismail, M. N., Ngah, N. A., & Umar, I. N. (2010). The effects of mind mapping with cooperative learning on programming performance, problem solving skill and metacognitive knowledge among computer science students. *Journal of Educational Computing Research*, 42(1), 35–61. <https://doi.org/10.2190/EC.42.1.b>
- Istiyowati, L. S., Syahrial, Z., & Muslim, S. (2020). Programmer's competencies between industry and education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(9 A), 10–15. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082002>
- Jamil, M. G., & Isiaq, S. O. (2019). Teaching technology with technology: approaches to bridging learning and teaching gaps in simulation-based programming education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0159-9>
- Jiang, X., Xu, J., & Xu, X. (2024). An overview of domestic and international applications of digital technology in teaching in vocational education: Systematic literature mapping. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12528-y>
- Jung, J., Shin, Y., Chung, H. J., & Fanguy, M. (2024). The effects of pre-training types on cognitive load, self-efficacy, and problem-solving in computer programming. *Journal of Computing in Higher Education*. <https://doi.org/10.1007/s12528-024-09407-3>
- Kadar, R., Mahlan, S. B., Shamsuddin, M., Othman, J., & Wahab, N. A. (2022). Analysis of Factors Contributing to the Difficulties in Learning Computer Programming among Non-Computer Science Students. In *2022 12th IEEE Symposium on Computer Applications and Industrial Electronics, ISCAIE 2022* (pp. 89–94). <https://doi.org/10.1109/ISCAIE54458.2022.9794546>
- Kim, T. W. (2023). Application of artificial intelligence chatbots, including ChatGPT, in education, scholarly work, programming, and content generation and its prospects: a narrative review. In *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* (Vol. 20). <https://doi.org/10.3352/jeehp.2023.20.38>
- Koltovskaia, S., Rahmati, P., & Saeli, H. (2024). Graduate students' use of ChatGPT for academic text revision: Behavioral, cognitive, and affective engagement. *Journal of Second Language Writing*, 65. <https://doi.org/10.1016/j.jslw.2024.101130>
- Kong, S. C., & Wang, Y. Q. (2020). Formation of computational identity through computational thinking perspectives development in programming learning: A mediation analysis among primary school students. *Computers in Human Behavior*, 106. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106230>
- Kuna, P., Haskova, A., & Arras, P. (2021). International interinstitutional coordination of vocational education and training of programmers for industry 4.0 needs. In *2021 IEEE European Technology and Engineering Management Summit, E-TEMS 2021 - Conference Proceedings* (pp. 93–98). <https://doi.org/10.1109/E-TEMS51171.2021.9524888>

- Lacave, C., & Molina, A. I. (2021). The impact of covid-19 in collaborative programming. Understanding the needs of undergraduate computer science students. *Electronics* (Switzerland), 10(14). <https://doi.org/10.3390/electronics10141728>
- Lai, C. Y., Cheung, K. Y., Chan, C. S., & Law, K. K. (2024). Integrating the adapted UTAUT model with moral obligation, trust and perceived risk to predict ChatGPT adoption for assessment support: A survey with students. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100246>
- Lai, R. P. Y. (2022). Beyond Programming: A Computer-Based Assessment of Computational Thinking Competency. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(2), 27 Pages. <https://doi.org/10.1145/3486598>
- Lenhard, W., & Lenhard, A. (2016). Computation of Effect Sizes. *Psychometrica*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17823.92329>
- Lin, Y., & Yu, Z. (2023). A bibliometric analysis of artificial intelligence chatbots in educational contexts. *Interactive Technology and Smart Education*. <https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2022-0165>
- Lloyd, G. A., Dean, B. A., Eady, M. J., West, C., Yanamandram, V., Moroney, T., Glover-Chambers, T., & O'Donnell, N. (2022). Academic's perceptions of work-integrated learning in non-vocational disciplines. *Higher Education, Skills and Work-Based Learning*, 12(5), 809–820. <https://doi.org/10.1108/HESWBL-09-2021-0181>
- Lo, C. K., Hew, K. F., & Jong, M. S. yung. (2024). The influence of ChatGPT on student engagement: A systematic review and future research agenda. *Computers and Education*, 219. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105100>
- Lu, Q., Yao, Y., Xiao, L., Yuan, M., Wang, J., & Zhu, X. (2024). Can ChatGPT effectively complement teacher assessment of undergraduate students' academic writing? *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 49(5), 616–633. <https://doi.org/10.1080/02602938.2024.2301722>
- Luxton-Reilly, A., Simon, Albluwi, I., Becker, B. A., Giannakos, M., Kumar, A. N., Ott, L., Paterson, J., Scott, M. J., Sheard, J., & Szabo, C. (2018). Introductory programming: A systematic literature review. *Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE*, 55–106. <https://doi.org/10.1145/3293881.3295779>
- Ma, B., Chen, L., & Konomi, S. (2024). Enhancing Programming Education with ChatGPT: A Case Study on Student Perceptions and Interactions in a Python Course. In *Communications in Computer and Information Science: Vol. 2150 CCIS* (pp. 113–126). https://doi.org/10.1007/978-3-031-64315-6_9
- Ma, Q., Wu, T., & Koedinger, K. (2023). Is ai the better programming partner? human-human pair programming vs. human-ai pair programming. *ArXiv Preprint ArXiv:2306.05153*. <https://arxiv.org/abs/2306.05153>
- Mangaroska, K., Sharma, K., Gašević, D., & Giannakos, M. (2022). Exploring students' cognitive and affective states during problem solving through multimodal data: Lessons learned from a programming activity. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 40–59. <https://doi.org/10.1111/jcal.12590>
- Ouyang, F., Guo, M., Zhang, N., Bai, X., & Jiao, P. (2024). Comparing the effects of instructor manual feedback and ChatGPT intelligent feedback on collaborative programming in China's higher education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 2227–2239. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3486749>
- Pala, F. K., & Mihci Türker, P. (2021). The effects of different programming trainings on the computational thinking skills. *Interactive Learning Environments*, 29(7), 1090–1100. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1635495>
- Ramabu, T., & Malebane, T. (2024). Guidelines for Effective Use of ChatGPT in Introductory Programming Education. In *2024 IST-Africa Conference, IST-Africa 2024*. <https://doi.org/10.23919/IST-Africa63983.2024.10569684>
- Rienties, B., K hler Simonsen, H., & Herodotou, C. (2020). Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00128>
- Schmid, R., & Petko, D. (2019). Does the use of educational technology in personalized learning environments correlate with self-reported digital skills and beliefs of secondary-school students? *Computers and Education*, 136, 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.03.006>
- Silva, C. A. G. da, Ramos, F. N., de Moraes, R. V., & Santos, E. L. dos. (2024). ChatGPT: Challenges and Benefits in Software Programming for Higher Education. *Sustainability* (Switzerland), 16(3). <https://doi.org/10.3390/su16031245>
- Silva, L., Mendes, A. J., & Gomes, A. (2020). Computer-supported Collaborative Learning in Programming Education: A Systematic Literature Review. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1086–1095.
- Sun, D., Boudouaia, A., Zhu, C., & Li, Y. (2024). Would ChatGPT-facilitated programming mode impact college students' programming behaviors, performances, and perceptions? An empirical study. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00446-5>
- Thi Nguyen, T. N., Van Lai, N., & Thi Nguyen, Q. (2024). Artificial Intelligence (AI) in Education: A Case Study on ChatGPT's Influence on Student Learning Behaviors. *Educational Process: International Journal*, 13(2), 105–121. <https://doi.org/10.22521/edupij.2024.132.7>
- Unal, A., & Topu, F. B. (2021). Effects of teaching a computer programming language via hybrid interface on anxiety, cognitive load level and achievement of high school students. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5291–5309. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10536-w>
- Urban, M., D cht renko, F., Lukavsk y, J., Hrabalov a, V., Svacha, F., Brom, C., & Urban, K. (2024). ChatGPT improves creative problem-solving performance in university students: An experimental study. *Computers and Education*, 215. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105031>

- Wang, L., Chen, X., Wang, C., Xu, L., Shadiev, R., & Li, Y. (2024). ChatGPT's capabilities in providing feedback on undergraduate students' argumentation: A case study. *Thinking Skills and Creativity*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101440>
- Wati, C. W., Sugandi, R. M., & Isnandar. (2019). Analysis of job competency requirements in the construction services industry for vocational high school of construction and property engineering expertise programs. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 8(1), 29–38. https://api.elsevier.com/content/abstract/scopus_id/85077874206
- Yang, A. C. M., Lin, J. Y., Lin, C. Y., & Ogata, H. (2024). Enhancing python learning with PyTutor: Efficacy of a ChatGPT-Based intelligent tutoring system in programming education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100309>