JEDUMATIC
e-ISSN 3031-8408
Journal of Education and Informatics Research /Vol.7, No.1 2026

Rancang Bangun Media Pembelajaran Cerdas Berbasis Web pada Mata Pelajaran Pemrograman Web Dinamis untuk Siswa SMK Program Keahlian RPL

Naharotul Istiqomah
Program Studi S2 Pendidikan Teknologi Informasi, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia
email: naharotulistiqomah@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan pada mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis untuk siswa SMK Program Keahlian Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) meliputi rendahnya kemampuan logika pemrograman siswa, kebiasaan menyalin kode tanpa memahami konsep, keterbatasan guru dalam memberikan umpan balik individual, serta belum tersedianya sistem deteksi miskonsepsi secara otomatis. Penelitian ini bertujuan merancang media pembelajaran cerdas berbasis web yang adaptif dan interaktif untuk mengatasi permasalahan tersebut melalui pendekatan *Artificial Intelligence* (AI), *automated feedback*, *adaptive learning*, dan *learning analytics*. Metode penelitian yang digunakan adalah *Design and Development Research* (DDR) dengan lima tahapan: analisis kebutuhan, perancangan arsitektur sistem, perancangan antarmuka, validasi ahli, dan evaluasi *usability*. Subjek penelitian melibatkan 32 siswa kelas XI RPL dan dua guru produktif di SMKN 2 Bangkalan. Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa 93,7% siswa membutuhkan fitur latihan *coding* interaktif, 87,5% memerlukan umpan balik langsung saat mengerjakan kode, dan 81,2% menginginkan materi yang disesuaikan dengan kemampuan mereka. Berdasarkan temuan tersebut, dirancang sistem yang mengintegrasikan empat fitur kecerdasan: *automated feedback* berlapis (sintaksis, logika, dan konseptual), *adaptive learning engine* berbasis *Bayesian Knowledge Tracing*, modul deteksi miskonsepsi otomatis, dan *dashboard learning analytics* untuk guru. Keseluruhan sistem dibangun di atas arsitektur *Sense–Reason–Act–Learn* (SRAL) yang memposisikan media sebagai agen pembelajaran adaptif dan responsif. Kontribusi utama dan kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi keempat komponen kecerdasan tersebut ke dalam satu arsitektur sistem SRAL yang secara spesifik dirancang untuk mengatasi miskonsepsi pada pembelajaran pemrograman web vokasi di Indonesia, di mana pendekatan terpadu semacam ini belum pernah diterapkan sebelumnya.

Kata Kunci: *adaptive learning*, *artificial intelligence*, media pembelajaran cerdas, *learning analytics*, sekolah menengah kejuruan

ABSTRACT

Problems in the subject of Dynamic Web Programming for students of Vocational High Schools majoring in Software Engineering (RPL) include low programming logic skills, students' tendency to copy code without understanding concepts, limited individual teacher feedback, and the absence of an automatic misconception detection system. This study aims to design a web-based intelligent learning media that is adaptive and interactive to address these problems through Artificial Intelligence (AI), automated feedback, adaptive learning, and learning analytics approaches. The research method employed is Design and Development Research (DDR) with five stages: needs analysis, system architecture design, interface design, expert validation, and usability evaluation. The research

subjects involved 32 Grade XI RPL students and two subject teachers at SMKN 2 Bangkalan. A preliminary study revealed that 93.7% of students needed interactive coding practice features, 87.5% required immediate feedback during coding tasks, and 81.2% wanted learning materials tailored to their ability levels. Based on these findings, a system was designed integrating four intelligent features: layered automated feedback (syntactic, logical, and conceptual), a Bayesian Knowledge Tracing-based adaptive learning engine, an automatic misconception detection module, and a learning analytics dashboard for teachers. The entire system is built on a Sense–Reason–Act–Learn (SRAL) architecture that positions the media as an adaptive and responsive learning agent. The main contribution and novelty of this research lie in the integration of these four intelligent components into a single SRAL system architecture specifically designed to address misconceptions in vocational web programming education in Indonesia, a unified approach that has not been previously implemented.

Keywords: *adaptive learning, artificial intelligence, intelligent learning media, learning analytics, vocational education*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*/AI) telah mendorong transformasi signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pengembangan media pembelajaran yang lebih adaptif, interaktif, dan personal. Sistem pembelajaran berbasis AI tidak lagi sekadar menyajikan konten, melainkan mampu menganalisis perilaku belajar, memberikan umpan balik otomatis, dan menyesuaikan pengalaman belajar berdasarkan performa individual siswa (Alanazi et al., 2025). Dalam konteks kebijakan pendidikan nasional, pemerintah Indonesia telah menetapkan penguatan pendidikan vokasi sebagai prioritas strategis melalui Peraturan Presiden Nomor 68 Tahun 2022 tentang Revitalisasi Pendidikan Vokasi dan Pelatihan Vokasi. Kebijakan ini menekankan pentingnya *link and match* antara kompetensi lulusan SMK dengan kebutuhan industri digital yang terus berkembang. Namun, kesenjangan antara tuntutan kompetensi industri dan kesiapan belajar siswa masih menjadi tantangan nyata, terutama dalam bidang rekayasa perangkat lunak di mana kemampuan pemrograman menjadi kompetensi inti yang tidak dapat ditawar. Di sinilah peran media pembelajaran berbasis teknologi menjadi krusial, bukan sekadar sebagai alat bantu mengajar, melainkan sebagai ekosistem belajar yang mampu merespons kebutuhan setiap siswa secara individual dan adaptif.

Pada pendidikan vokasi, khususnya SMK Program Keahlian Rekayasa Perangkat Lunak (RPL), kompetensi pemrograman merupakan inti dari kurikulum yang harus dikuasai siswa. Mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis menuntut siswa untuk tidak hanya memahami sintaks, tetapi juga mampu menerapkan logika pemrograman dalam membangun aplikasi web berbasis server. Namun, Al Husaeni et al. (2022) menemukan bahwa siswa SMK RPL secara konsisten mengalami kesulitan pada konsep kondisi dan perulangan, yang merupakan fondasi utama pemrograman prosedural. Kesulitan ini diperparah oleh kebiasaan menyalin kode tanpa memahami konsep yang menyebabkan siswa tidak mampu menyelesaikan permasalahan pemrograman secara mandiri. Tantangan ini semakin kompleks bila ditinjau dari perspektif beban kerja guru. Dalam satu kelas dengan rasio rata-rata 32 siswa, guru produktif SMK hampir tidak memiliki kapasitas untuk memberikan umpan balik individual yang bermakna kepada setiap siswa secara bersamaan. Kondisi ini menciptakan *feedback gap*, kesenjangan antara kebutuhan siswa akan umpan balik yang tepat waktu dan spesifik dengan kemampuan guru untuk menyediakannya. Penelitian Treve (2024)

mengonfirmasi bahwa keterbatasan umpan balik individual merupakan salah satu faktor utama yang menghambat perkembangan kompetensi siswa dalam lingkungan pembelajaran berbasis teknologi. Oleh karena itu, solusi yang dibutuhkan bukan sekadar media digital biasa, melainkan sistem yang mampu bertindak sebagai *surrogate tutor*, menggantikan fungsi umpan balik guru secara otomatis, adaptif, dan berkelanjutan.

Salah satu solusi yang berkembang pesat adalah penerapan *automated feedback* berbasis AI dalam pembelajaran pemrograman. Cavalcanti et al. (2021) dalam tinjauan sistematis mereka menemukan bahwa umpan balik otomatis yang tepat waktu dan spesifik secara signifikan meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa. Lebih lanjut, Hussain et al. (2024) membuktikan bahwa sistem *e-learning* yang dilengkapi identifikasi gaya belajar otomatis dan mekanisme adaptif mampu meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar secara individual. Sementara itu, Masiello et al. (2024) menegaskan bahwa *dashboard learning analytics* memberikan visibilitas yang lebih baik bagi instruktur dalam memantau kemajuan dan mengidentifikasi siswa yang berisiko mengalami kegagalan belajar.

Dalam literatur teknologi pendidikan, sistem yang mampu menjalankan fungsi tersebut dikenal sebagai *Intelligent Tutoring System* (ITS). Berbeda dengan media pembelajaran digital konvensional yang hanya menyajikan konten secara statis, ITS dirancang untuk beradaptasi terhadap kondisi belajar pengguna secara dinamis melalui pemodelan pengetahuan siswa, pemodelan pedagogi, dan antarmuka yang responsif (Cavalcanti et al., 2021). Komponen kecerdasan dalam ITS mencakup kemampuan mendiagnosis kesalahan, memberikan umpan balik yang disesuaikan, dan merekomendasikan jalur belajar berikutnya berdasarkan performa aktual siswa. Meskipun ITS telah terbukti efektif meningkatkan hasil belajar di berbagai domain, penerapannya dalam konteks pembelajaran pemrograman web dinamis di SMK Indonesia masih sangat terbatas. Sebagian besar implementasi yang ada menggunakan pendekatan berbasis konten statis atau paling jauh dilengkapi kuis otomatis, tanpa komponen kecerdasan yang sesungguhnya mampu mendeteksi miskonsepsi atau mempersonalisasi jalur belajar secara algoritmik. Meskipun penelitian tentang media pembelajaran berbasis web dan AI telah berkembang pesat, terdapat kesenjangan (gap) penelitian yang signifikan. Pertama, sebagian besar penelitian berfokus pada satu fitur cerdas secara terpisah (hanya *feedback* atau hanya *adaptive learning*), tanpa mengintegrasikan keduanya dalam satu sistem yang kohesif. Kedua, penelitian yang secara khusus menyasar konteks pembelajaran pemrograman web dinamis di SMK RPL Indonesia masih sangat terbatas. Ketiga, belum ada rancangan sistem yang secara eksplisit mengintegrasikan modul deteksi miskonsepsi pemrograman sebagai komponen inti, padahal miskonsepsi merupakan hambatan belajar yang berulang dan sistematis (Leinonen et al., 2023).

Kondisi ini diperkuat oleh temuan Masiello et al. (2024) yang menegaskan bahwa meskipun riset tentang *learning analytics* dan media adaptif berkembang pesat secara global, implementasinya pada konteks pendidikan vokasi khususnya di negara berkembang, masih sangat jarang terdokumentasi secara sistematis. Hal ini menunjukkan urgensi hadirnya rancangan sistem yang tidak hanya merespons kebutuhan lokal SMKN 2 Bangkalan, tetapi juga dapat menjadi model referensi bagi pengembangan media pembelajaran cerdas di SMK RPL Indonesia secara lebih luas.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang media pembelajaran cerdas berbasis web yang mengintegrasikan empat komponen kecerdasan secara terpadu, yaitu: (1) *automated feedback* berlapis berbasis AI, (2) *adaptive learning engine* berbasis *Bayesian Knowledge Tracing*, (3) modul deteksi miskonsepsi otomatis, dan (4) *dashboard learning*

analytics untuk guru, khusus untuk mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis di SMK Program Keahlian RPL. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi keempat komponen tersebut dalam satu arsitektur sistem *Sense–Reason–Act–Learn* (SRAL) yang belum pernah diterapkan secara spesifik pada konteks pembelajaran pemrograman web vokasi di Indonesia.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) yang dikemukakan oleh Richey & Klein (2014), yaitu sebuah pendekatan penelitian yang berfokus pada perancangan, pengembangan, dan evaluasi produk atau program pembelajaran secara sistematis. DDR dipilih karena tujuan utama penelitian ini adalah menghasilkan rancangan media pembelajaran berbasis web yang valid, fungsional, dan *usable*, bukan sekadar menguji hipotesis statistik (Richey & Klein, 2014). DDR memiliki dua kategori utama penelitian, yaitu: (1) penelitian pada produk dan alat (*Type 1*) yang berfokus pada pengembangan dan evaluasi produk spesifik, dan (2) penelitian pada model desain dan pengembangan (*Type 2*) yang berfokus pada pengujian dan validasi model teoretis. Penelitian ini termasuk dalam kategori *Type 1*, karena menghasilkan rancangan produk konkret berupa media pembelajaran cerdas berbasis web beserta spesifikasi arsitektur sistemnya. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk secara sistematis mendokumentasikan proses perancangan, keputusan desain, dan rasionalisasi setiap komponen sistem berdasarkan temuan empiris dari analisis kebutuhan pengguna nyata.

Penelitian ini secara khusus berada pada fase *Analysis* dan *Design* dalam siklus DDR, yang mencakup analisis kebutuhan pengguna, analisis konteks pembelajaran, serta perancangan arsitektur sistem dan antarmuka media pembelajaran cerdas berbasis web.

Subjek dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di SMKN 2 Bangkalan, Madura, Jawa Timur. Subjek penelitian terdiri atas dua kelompok: (1) siswa kelas XI Program Keahlian Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) sebanyak 32 orang yang menjadi pengguna utama media pembelajaran, dan (2) dua orang guru produktif mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis sebagai validator kebutuhan sistem dan representasi pengguna pendidik. Pemilihan subjek menggunakan teknik *purposive sampling* dengan pertimbangan bahwa kelas XI RPL sedang aktif menempuh mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis dan guru yang dipilih memiliki pengalaman mengajar minimal tiga tahun di bidang pemrograman web.

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian dilaksanakan secara berurutan sebagai berikut:

Tahap 1 – Analisis Kebutuhan. Dilakukan melalui observasi langsung di kelas, wawancara terstruktur dengan guru dan siswa, serta penyebaran angket analisis kebutuhan. Tujuannya adalah mengidentifikasi permasalahan pembelajaran, kebutuhan fitur sistem, serta karakteristik pengguna.

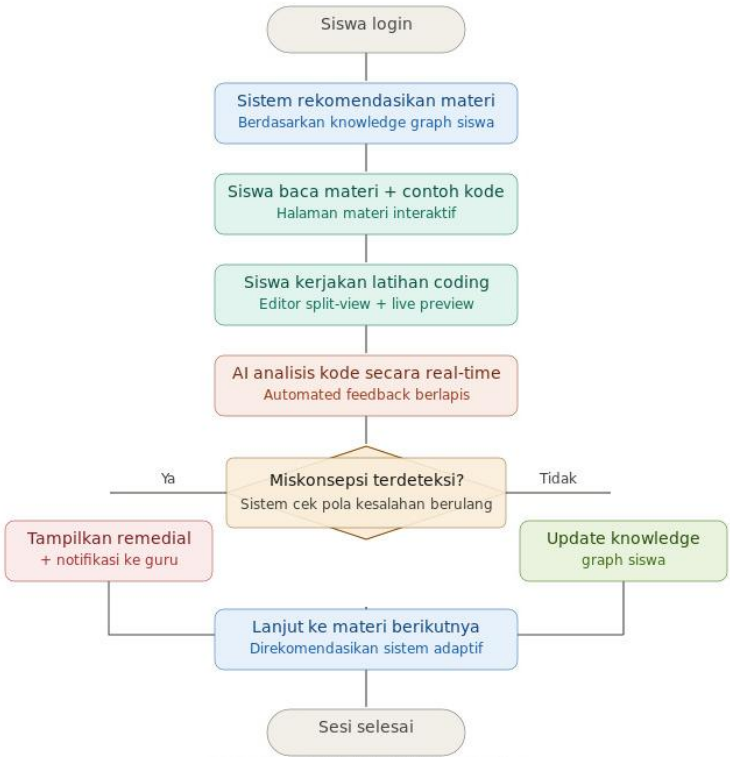
Tahap 2 – Perancangan Arsitektur Sistem. Merancang arsitektur sistem berbasis web menggunakan pendekatan *Sense–Reason–Act–Learn* (SRAL), yang meliputi perancangan komponen *automated feedback, adaptive learning engine, misconception detection module*, dan *dashboard learning analytics*.

Tahap 3 – Perancangan Antarmuka (UI/UX). Merancang *wireframe* dan *mockup* antarmuka untuk tiga peran pengguna: siswa, guru, dan administrator. Desain antarmuka mengacu pada prinsip *usability* (ISO, 2019; Nielsen, 1994) dan pedoman aksesibilitas WCAG 2.2 (World Wide Web Consortium, 2023).

Tahap 4 – Validasi Ahli. Rancangan sistem dan antarmuka divalidasi oleh dua ahli media pembelajaran dan satu ahli materi pemrograman web. Validasi dilakukan menggunakan lembar penilaian berbasis skala Likert 1–5 yang mencakup aspek kelayakan isi, kebahasaan, tampilan, dan kecerdasan sistem.

Tahap 5 – Evaluasi Usability. *Prototype* yang telah divalidasi dievaluasi *usability*-nya menggunakan *System Usability Scale* (SUS) dengan 10 butir pernyataan berskala Likert 1–5. Skor SUS dihitung dan dikategorikan berdasarkan skala Bangor et al. (2009): Unacceptable (<50), Marginal (50–69), Acceptable (70–84), dan Excellent (≥85).

Alur keseluruhan penggunaan sistem oleh siswa dalam kelima tahapan di atas dapat divisualisasikan melalui flowchart pada Gambar 1. Flowchart tersebut menggambarkan proses pembelajaran dari login siswa, penerimaan rekomendasi materi adaptif, pengerjaan latihan coding, penerimaan *feedback* AI berlapis, hingga deteksi miskonsepsi dan pembaruan *knowledge graph* siswa secara dinamis.



Gambar 1. Flowchart Alur Penggunaan Sistem oleh Siswa

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas empat jenis: (1) Pedoman observasi pembelajaran untuk merekam aktivitas dan kesulitan belajar siswa di kelas; (2) Pedoman wawancara terstruktur untuk guru dan siswa guna menggali kebutuhan fitur sistem secara mendalam; (3) Angket analisis

kebutuhan siswa yang terdiri dari 20 butir pernyataan mencakup kebutuhan fitur, preferensi antarmuka, dan harapan terhadap umpan balik; serta (4) Lembar validasi ahli media dan ahli materi yang dikembangkan berdasarkan indikator penilaian media pembelajaran interaktif berbasis web dari Sartika et al. (2025), mencakup aspek kelayakan visualisasi, usabilitas, dan efektivitas konten, yang telah dimodifikasi sesuai konteks media pembelajaran cerdas. Secara lebih rinci, kisi-kisi instrumen penelitian disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kisi-Kisi Instrumen Penelitian

No	Instrumen	Sasaran	Jumlah Butir	Skala
1	Pedoman Observasi	Aktivitas & kesulitan belajar siswa	12 item	Checklist
2	Pedoman Wawancara Guru	Kebutuhan fitur & kendala pembelajaran	10 pertanyaan	Terbuka
3	Pedoman Wawancara Siswa	Preferensi antarmuka & harapan feedback	8 pertanyaan	Terbuka
4	Angket Analisis Kebutuhan	Kebutuhan fitur, antarmuka, umpan balik	20 butir	Likert 1–5
5	Lembar Validasi Ahli Media	Visualisasi, usabilitas, efektivitas konten	25 butir	Likert 1–5
6	Lembar Validasi Ahli Materi	Ketepatan konten pemrograman web	20 butir	Likert 1–5
7	Kuesioner SUS	Usability prototype sistem	10 butir	Likert 1–5

Validasi instrumen angket kebutuhan dan lembar validasi ahli dilakukan melalui uji validitas isi (*content validity*) oleh dua pakar di bidang teknologi pendidikan dan satu pakar pemrograman web. Validator ahli media dipilih berdasarkan kriteria: (1) memiliki kualifikasi akademik minimal S2 di bidang teknologi pendidikan atau informatika, (2) memiliki pengalaman minimal tiga tahun dalam pengembangan media pembelajaran digital, dan (3) pernah mempublikasikan karya ilmiah di bidang e-learning atau media interaktif. Validator ahli materi dipilih berdasarkan keahlian di bidang pemrograman web dinamis dengan pengalaman mengajar minimal lima tahun di SMK atau perguruan tinggi vokasi.

Teknik Analisis Data

Data kualitatif dari observasi dan wawancara dianalisis menggunakan teknik analisis tematik melalui tiga alur kegiatan yang berlangsung secara simultan: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan (Sartika et al., 2025). Data kuantitatif dari angket kebutuhan dan lembar validasi ahli dianalisis menggunakan rumus persentase kelayakan sebagai berikut:

$$P = \left(\sum skor\ perolehan \div \sum skor\ maksimal\right) \times 100\%$$

Kategori kelayakan ditentukan berdasarkan kriteria (Arikunto, 2013): Sangat Layak (81–100%), Layak (61–80%), Cukup Layak (41–60%), Kurang Layak (21–40%), dan Tidak Layak (0–20%). Media dinyatakan layak apabila persentase validasi ahli mencapai minimal 61%.

Untuk data kualitatif hasil wawancara, analisis dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, *reduksi data* yaitu proses pemilihan, pemusatan perhatian, dan transformasi data kasar dari catatan lapangan. Kedua, *penyajian data* dalam bentuk uraian singkat dan tabel temuan kebutuhan yang terorganisir berdasarkan

tema. Ketiga, *penarikan kesimpulan* sebagai interpretasi makna dari pola-pola yang ditemukan (Sartika et al., 2025). Keabsahan data kualitatif dijamin melalui teknik *triangulasi sumber*, yaitu dengan membandingkan data hasil observasi, wawancara guru, dan wawancara siswa untuk memastikan konsistensi temuan kebutuhan sistem.

Adapun untuk menghitung skor SUS, setiap butir ganjil (pernyataan positif) dihitung dengan formula *(skor - 1)*, sedangkan butir genap (pernyataan negatif) dihitung dengan formula *(5 - skor)*. Jumlah total dikali 2,5 untuk menghasilkan skor akhir dalam rentang 0–100 (Bangor et al., 2009). Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menyajikan rerata skor SUS beserta kategori kelayakannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi pembelajaran dan wawancara terstruktur dengan siswa kelas XI RPL dan guru produktif di SMKN 2 Bangkalan. Hasil analisis menunjukkan empat permasalahan utama dalam pembelajaran Pemrograman Web Dinamis:

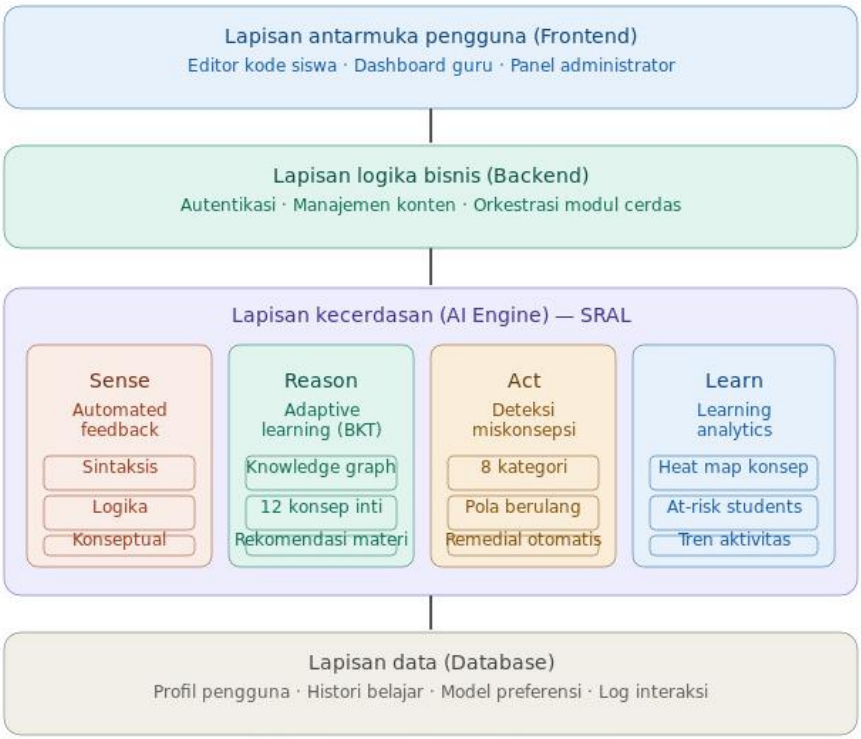
Pertama, rendahnya kemampuan logika pemrograman siswa, terutama pada konsep kondisi (if-else) dan perulangan (*looping*). Sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam mentransfer konsep ke dalam penulisan kode yang fungsional. Kedua, kebiasaan *copy-paste* kode tanpa pemahaman konsep menjadi pola belajar yang dominan, yang menyebabkan siswa tidak mampu menyelesaikan masalah pemrograman secara mandiri. Ketiga, guru mengalami keterbatasan dalam memberikan umpan balik individual akibat rasio siswa yang tinggi (rata-rata 32 siswa per kelas) dan waktu pembelajaran yang terbatas. Keempat, belum tersedianya sistem yang mampu mendeteksi miskonsepsi pemrograman secara otomatis sehingga guru tidak dapat mengintervensi kesulitan belajar siswa secara tepat waktu.

Hasil studi pendahuluan melalui angket kebutuhan terhadap 32 siswa menunjukkan bahwa 87,5% siswa menyatakan membutuhkan umpan balik langsung saat mengerjakan kode, 81,2% menginginkan materi yang dapat disesuaikan dengan kemampuan mereka, dan 93,7% menyatakan tertarik dengan fitur latihan *coding* interaktif berbasis web. Temuan ini sejalan dengan penelitian Al Husaeni et al. (2022) yang menegaskan bahwa media pembelajaran berbasis web yang interaktif berpengaruh signifikan terhadap pemahaman siswa SMK pada konsep perulangan.

Rancangan Arsitektur Sistem

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, sistem dirancang menggunakan kerangka *Sense–Reason–Act–Learn* (SRAL) sebagai landasan arsitektur kecerdasan media pembelajaran. Kerangka ini diadaptasi dari konsep *intelligent tutoring systems* (ITS) yang menempatkan sistem sebagai agen pembelajaran yang mampu merasakan (*sense*) perilaku belajar, menalar (*reason*) pola kesalahan, bertindak (*act*) memberikan umpan balik, dan belajar (*learn*) dari akumulasi data interaksi.

Arsitektur sistem terdiri atas empat lapisan utama: (1) Lapisan Antarmuka Pengguna (*Frontend*) berbasis teknologi web responsif yang dapat diakses melalui browser desktop maupun mobile; (2) Lapisan Logika Bisnis (*Backend*) yang mengelola autentikasi, manajemen konten, dan orkestrasi modul-modul cerdas; (3) Lapisan Kecerdasan (AI Engine) yang memuat modul automated *feedback*, *adaptive learning*, dan *misconception detection*; serta (4) Lapisan Data (*Database Layer*) yang menyimpan data pengguna, histori aktivitas belajar, dan model preferensi pembelajaran.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Media Pembelajaran Cerdas Berbasis Web (Kerangka SRAL)

Rancangan Fitur Cerdas Sistem

a. *Automated Feedback* Berbasis AI

Modul *automated feedback* dirancang untuk menganalisis kode yang ditulis siswa secara *real-time* menggunakan kombinasi *static code analysis* dan model bahasa (*language* model). Pendekatan ini sejalan dengan Zhang et al. (2023) yang menunjukkan bahwa model bahasa besar (LLM) mampu menghasilkan umpan balik pemrograman yang relevan dan mudah dipahami siswa. Sistem akan memberikan umpan balik dalam tiga tingkatan: (1) umpan balik sintaksis yang mendeteksi kesalahan penulisan kode; (2) umpan balik logika yang mengidentifikasi kesalahan alur program meskipun sintaks sudah benar; dan (3) umpan balik konseptual yang menjelaskan mengapa suatu pendekatan kurang tepat dan menyarankan alternatif yang lebih baik. Pendekatan berlapis ini memastikan siswa tidak hanya mendapatkan jawaban benar, tetapi memahami proses penalarannya (Guo et al., 2024).

b. *Adaptive Learning* dan Rekomendasi Materi

Mesin *adaptive learning* dirancang menggunakan pendekatan *knowledge tracing* berbasis model *Bayesian Knowledge Tracing* (BKT) yang telah terbukti efektif dalam memodelkan penguasaan konsep siswa secara dinamis. Sistem akan memetakan kompetensi siswa ke dalam *knowledge graph* yang terdiri dari 12 konsep utama pemrograman web dinamis (variabel, tipe data, kondisi, perulangan, fungsi, array, string manipulation, form handling, database query, session management, validasi input, dan pemrosesan file). Berdasarkan skor penguasaan tiap konsep, sistem merekomendasikan urutan materi belajar yang dipersonalisasi untuk setiap siswa. Hussain et al. (2024) membuktikan bahwa integrasi identifikasi gaya belajar otomatis dan analisis sentimen dalam *e-learning* secara signifikan meningkatkan adaptabilitas sistem terhadap kebutuhan belajar individual.

c. Deteksi Miskonsepsi Otomatis

Modul deteksi miskonsepsi dirancang untuk mengidentifikasi pola kesalahan berulang yang mengindikasikan miskonsepsi konseptual, bukan sekadar kesalahan sintaks acak. Sistem mengklasifikasikan miskonsepsi ke dalam katalog yang dikembangkan berdasarkan studi literatur dan hasil observasi, mencakup delapan kategori miskonsepsi umum dalam pemrograman web dinamis, di antaranya: miskonsepsi tentang scope variabel, miskonsepsi tentang eksekusi kondisional bersarang, dan miskonsepsi tentang pengelolaan sesi. Saat pola miskonsepsi terdeteksi, sistem secara otomatis memunculkan penjelasan konsep remedial yang ditargetkan dan memberikan notifikasi kepada guru melalui dashboard.

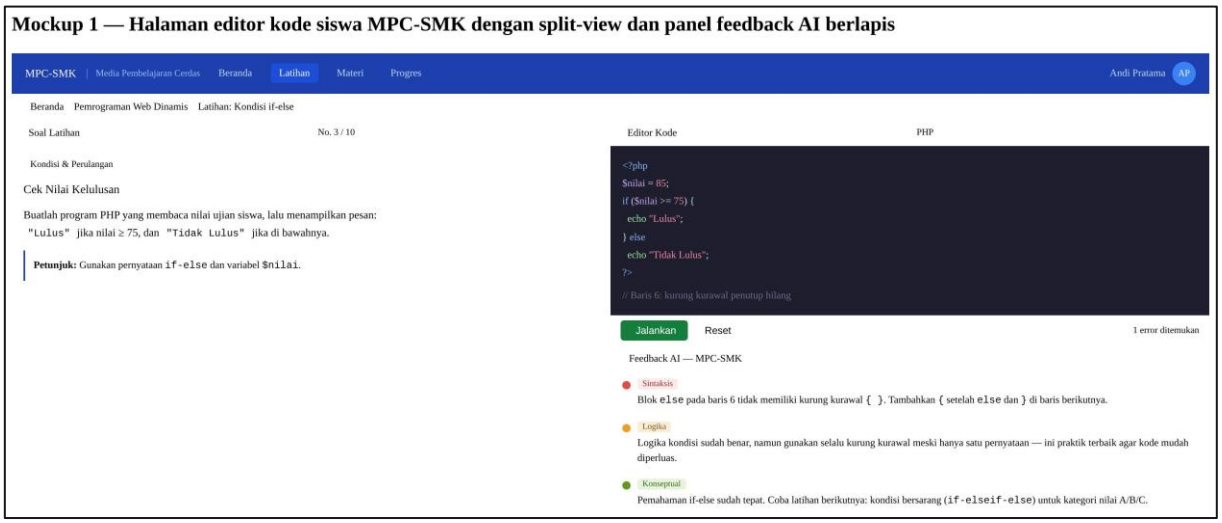
d. *Dashboard Learning Analytics*

Dashboard learning analytics dirancang untuk membantu guru memantau perkembangan belajar seluruh siswa secara agregat maupun individual. Susnjak et al. (2022) menegaskan bahwa *dashboard learning analytics* yang dirancang dengan baik mampu mengubah data interaksi belajar menjadi wawasan yang dapat ditindaklanjuti (*actionable insights*) oleh instruktur. Fitur utama dashboard meliputi: (1) peta panas (*heat map*) ketuntasan konsep per siswa; (2) grafik tren aktivitas belajar harian dan mingguan; (3) daftar siswa berisiko (*at-risk students*) yang diidentifikasi berdasarkan penurunan *engagement* dan akumulasi kesalahan; serta (4) laporan pola kesalahan *coding* yang paling sering terjadi di kelas. Informasi ini memungkinkan guru mengambil keputusan pedagogis berbasis data, seperti menentukan konsep mana yang perlu diperkuat melalui pengajaran langsung dan siswa mana yang membutuhkan intervensi tambahan (Peraić & Grubišić, n.d.).

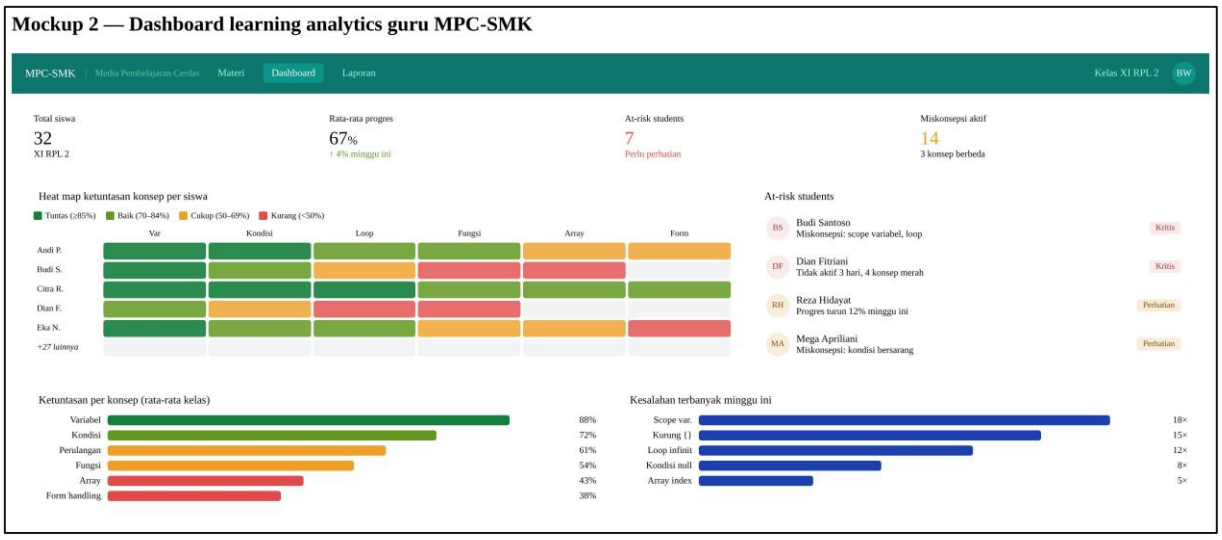
Rancangan Antarmuka Pengguna

Antarmuka sistem dirancang untuk tiga peran pengguna dengan alur navigasi yang berbeda. Untuk siswa, halaman utama menampilkan progress belajar, rekomendasi materi hari ini, dan notifikasi *feedback* dari latihan terakhir. Halaman editor kode dirancang menggunakan prinsip *split-view*, di mana panel kiri menampilkan instruksi soal dan panel kanan menampilkan *code* editor dengan output eksekusi langsung (*live preview*). Umpan balik AI ditampilkan di panel bawah dengan kode warna: merah untuk kesalahan sintaks, kuning untuk peringatan logika, dan hijau untuk konfirmasi kebenaran.

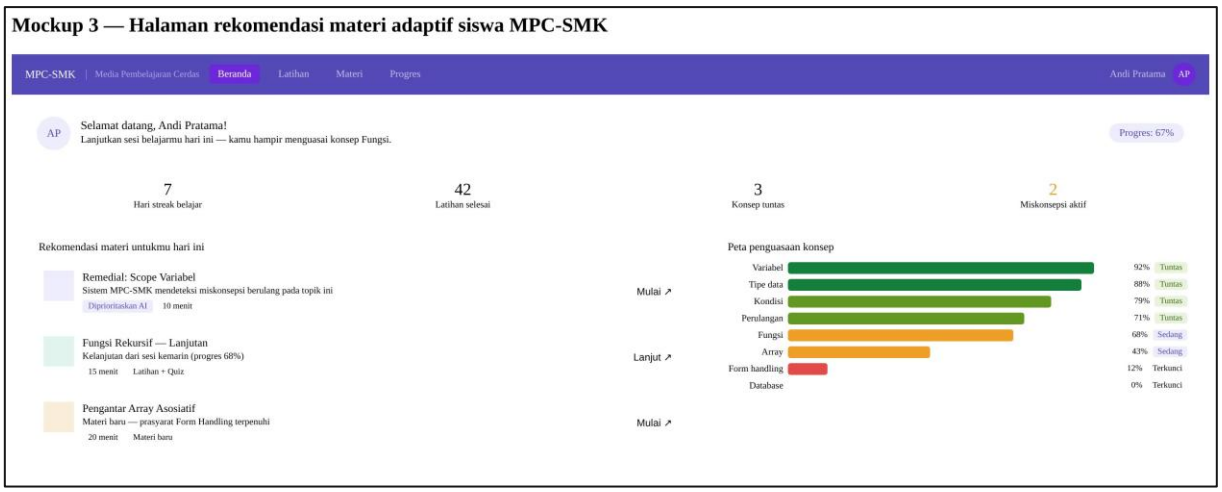
Untuk guru, antarmuka dashboard dirancang mengutamakan keterbacaan data dengan visualisasi yang ringkas dan dapat difilter berdasarkan tanggal, konsep materi, atau nama siswa. Desain antarmuka secara keseluruhan mengacu pada prinsip kesederhanaan dan konsistensi visual untuk meminimalkan beban kognitif pengguna, sesuai dengan teori *Cognitive Load Theory Sweller* (1988) yang menekankan pentingnya desain yang tidak membebani working memory pengguna.



Gambar 3. Tampilan halaman editor kode siswa – split-view soal dan editor dengan feedback AI berlapis



Gambar 4. Tampilan dashboard learning analytic untuk guru



Gambar 5. Tampilan halaman rekomendasi materi adaptif untuk siswa

Diskusi

Rancangan media pembelajaran cerdas ini merespons secara langsung keempat permasalahan yang teridentifikasi dalam analisis kebutuhan. Fitur *automated feedback* mengatasi keterbatasan guru dalam memberi umpan balik individual (Cavalcanti et al., 2021), *adaptive learning* menjawab kebutuhan personalisasi materi (Hussain et al., 2024), deteksi miskonsepsi memungkinkan intervensi tepat waktu (Leinonen et al., 2023), dan *dashboard analytics* memberdayakan guru dengan data yang actionable (Masiello et al., 2024).

Keunggulan rancangan ini dibandingkan media pembelajaran web konvensional terletak pada sifatnya yang responsif terhadap performa belajar individual. Sartika et al. (2025) menegaskan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis web yang adaptif terbukti lebih efektif meningkatkan kompetensi siswa SMK dibandingkan media statis. Jika media konvensional hanya menyajikan konten yang sama kepada seluruh siswa, sistem yang dirancang ini mampu menyesuaikan jalur belajar, tingkat kesulitan soal, dan jenis umpan balik berdasarkan profil kompetensi masing-masing siswa secara dinamis. Alanazi et al. (2025) dalam meta-analisis mereka mengonfirmasi bahwa integrasi AI dalam pembelajaran pemrograman secara konsisten menghasilkan peningkatan hasil belajar yang signifikan dibandingkan pendekatan konvensional.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada cakupan yang masih berada pada tahap rancangan konseptual. Validasi empiris terhadap efektivitas fitur kecerdasan sistem, khususnya akurasi model deteksi miskonsepsi dan relevansi rekomendasi *adaptive learning*, masih memerlukan pengujian lebih lanjut melalui tahap pengembangan *prototype* dan uji coba lapangan pada penelitian berikutnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah menghasilkan rancangan arsitektur dan antarmuka media pembelajaran cerdas berbasis web yang terintegrasi khusus untuk mata pelajaran Pemrograman Web Dinamis di SMK Program Keahlian RPL. Rancangan yang dibangun berlandaskan kerangka kerja *Sense Reason Act Learn* (SRAL) ini secara efektif memadukan empat modul kecerdasan *automated feedback* berbasis AI, *adaptive learning engine* berbasis *Bayesian Knowledge Tracing*, modul deteksi miskonsepsi, dan *learning analytics dashboard* untuk menjawab tantangan kurangnya logika pemrograman dan minimnya umpan balik individual dari guru.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi dengan memperluas literatur mengenai penerapan arsitektur SRAL pada pendidikan vokasi di Indonesia, sekaligus membuktikan bahwa berbagai modul kecerdasan buatan dapat diintegrasikan dalam satu ekosistem terpadu guna menangani miskonsepsi spesifik dalam pembelajaran pemrograman. Secara praktis, penelitian ini menghasilkan cetak biru (*blueprint*) komprehensif yang siap diimplementasikan ke dalam tahap pengembangan perangkat lunak, yang tidak hanya bermanfaat bagi SMKN 2 Bangkalan, tetapi juga dapat direplikasi oleh SMK penyelenggara program keahlian RPL lainnya di Indonesia.

Implikasi rancangan ini terhadap pembelajaran pemrograman web di SMK sangat signifikan, yaitu mendorong transformasi dari model pembelajaran statis yang berpusat pada guru menjadi pembelajaran yang adaptif, personal, dan mandiri. Media ini memposisikan dirinya sebagai tutor pendamping (*surrogate tutor*) yang mampu mendeteksi pola kesalahan dan memberikan intervensi *real-time* kepada siswa, sehingga beban kerja administratif dan evaluasi rutin guru dapat diminimalkan. Dengan demikian, guru dapat lebih fokus pada pengambilan keputusan pedagogis yang strategis berdasarkan data yang disajikan melalui *dashboard learning analytics*.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk merealisasikan rancangan konseptual ini ke dalam pengembangan *prototype* fungsional secara utuh, dilanjutkan dengan uji coba lapangan guna mengukur efektivitasnya secara empiris terhadap peningkatan hasil belajar dan reduksi miskonsepsi pemrograman pada siswa SMK Program Keahlian RPL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Surabaya, SMKN 2 Bangkalan, serta seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

Al Husaeni, D. F., Budisantoso, E. N. Q., Urwah, M. A., Azizah, N. N., Dinata, P. Z., Apriliany, S., & Siregar, H. (2022). The Effect of Using Web-Based Interactive Learning Media for Vocational High School Students to Understanding of Looping: Qualitative Approach. *Journal of Science Learning*, *5*(1), 115–126. https://doi.org/10.17509/jsl.v5i1.35534

Alanazi, M., Soh, B., Samra, H., & Li, A. (2025). The Influence of Artificial Intelligence Tools on Learning Outcomes in Computer Programming: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *Computers* (Vol. 14, Number 5). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/computers14050185

Arikunto, S. (2013). *Prosedur penelitian suatu pendekatan praktik*. PT Rineka Cipta.

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. In *Journal of Usability Studies* (Vol. 4).

Cavalcanti, A. P., Barbosa, A., Carvalho, R., Freitas, F., Tsai, Y. S., Gašević, D., & Mello, R. F. (2021). Automatic feedback in online learning environments: A systematic literature review. In *Computers and Education: Artificial Intelligence* (Vol. 2). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100027

Guo, S., Latif, E., Zhou, Y., Huang, X., & Zhai, X. (2024). *Using Generative AI and Multi-Agents to Provide Automatic Feedback*. http://arxiv.org/abs/2411.07407

Hussain, T., Yu, L., Asim, M., Ahmed, A., & Wani, M. A. (2024). Enhancing E-Learning Adaptability with Automated Learning Style Identification and Sentiment Analysis: A Hybrid Deep Learning Approach for Smart Education. *Information (Switzerland)*, *15*(5). https://doi.org/10.3390/info15050277

ISO. (2019). *ISO 9241-210:2019 ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*. International Organization for Standardization.

Leinonen, J., Hellas, A., Sarsa, S., Reeves, B., Denny, P., Prather, J., & Becker, B. A. (2023). Using Large Language Models to Enhance Programming Error Messages. *SIGCSE 2023 - Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, *1*, 563–569. https://doi.org/10.1145/3545945.3569770

Masiello, I., Mohseni, Z., Palma, F., Nordmark, S., Augustsson, H., & Rundquist, R. (2024). A Current Overview of the Use of Learning Analytics Dashboards. In *Education Sciences* (Vol. 14, Number 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/educsci14010082

Nielsen, J. (1994). Enhancing the Explanatory Power of Usability Heuristics. *Human Factors in Computing Systems*.

Peraić, I., & Grubišić, A. (n.d.). *Development and Evaluation of a Learning Analytics Dashboard for Moodle Learning Management System*. 1–20. Retrieved www.moodle.org

Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). Design and development research. In *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition* (pp. 141–150). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_12

Sartika, I., Maksum, H., Novaliendry, D., Prodi, N., Padang, P., Prof, J., Air, H., Bar, T., & Padang, K. (2025). Pengembangan Bahan Ajar Interaktif Berbasis Web bagi Guru SMK: Tinjauan Sistematis Literatur Development of Web-Based Interactive Learning Materials for Vocational High School Teachers: A Systematic Literature Review. *Reflection Journal*, *5*(2), 1135–1145. https://doi.org/10.36312/nf0xv812

Susnjak, T., Ramaswami, G. S., & Mathrani, A. (2022). Learning analytics dashboard: a tool for providing actionable insights to learners. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *19*(1), 12. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00313-7

Treve, M. (2024). Integrating Artificial Intelligence in Education: Impacts on Student Learning and Innovation. *International Journal of Vocational Education and Training Research*, *10*(2), 61–69. https://doi.org/10.11648/j.ijvetr.20241002.14

World Wide Web Consortium. (2023). *Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.2*. https://www.w3.org/TR/WCAG22/

Zhang, Z., Dong, Z., Shi, Y., Matsuda, N., Price, T., & Xu, D. (2023). *Students' Perceptions and Preferences of Generative Artificial Intelligence Feedback for Programming*. http://arxiv.org/abs/2312.11567