



Pemanfaatan Expert System dalam Mendukung Proses Pembelajaran pada Engineering Education: A Systematic Literature Review

Ryan Pranata Siagian, Arisman Viktory Purba, Alfa Berkat Deo Zega, Stanley Christian Abigail Purba, Agung Warta Isa Ginting

Program studi Pendidikan Teknologi Informatika dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan
ryanpranata293@gmail.com, arismanpurba214@gmail.com, alfazega68@gmail.com, stanleypurba59@gmail.com,
agungwartaginting14@gmail.com

Abstrak

Sistem pakar dapat menghubungkan pengetahuan ahli dengan keputusan pembelajaran, tetapi manfaat pendidikannya perlu dibedakan dari keberfungsian teknis dan kepuasan pengguna. Systematic literature review kami ini bertujuan menelaah fungsi, bukti evaluasi, dan kebutuhan penerapan sistem pakar pada perguruan tinggi teknik serta sekolah menengah kejuruan bidang teknik melalui strategi penelusuran terbatas yang didokumentasikan secara eksplisit. Empat kueri Crossref menghasilkan 200 rekaman publikasi dalam rentang 2022–2026 dan dilengkapi 37 rujukan yang telah diidentifikasi sebelumnya, sehingga setelah penghapusan 14 duplikat terdapat 223 rekaman yang disaring, 12 laporan yang dicari, sembilan teks lengkap yang dinilai, dan lima studi yang memenuhi kriteria. Studi terpilih membahas diagnosis jaringan komputer, perancangan instalasi listrik, penilaian praktikum, rekomendasi kompetensi teknik sipil, dan pembelajaran rangkaian arus searah, dengan bukti berupa validasi ahli, hubungan skor, persepsi belajar, serta evaluasi sebelum–sesudah pada satu kelompok. Sintesis menunjukkan bahwa representasi pengetahuan dan kesesuaian konteks dapat mendukung rekomendasi yang dapat diperiksa, tetapi perbedaan ukuran hasil, keterbatasan perbandingan, dan dominasi penelitian pengembangan belum mendukung estimasi efektivitas gabungan maupun kesimpulan kausal tentang peningkatan belajar. Sistem pakar lebih tepat diposisikan sebagai pendukung terbatas di bawah pengawasan pendidik, sementara penelitian berikutnya perlu mendokumentasikan perolehan pengetahuan, menguji konsistensi keputusan, serta mengukur transfer dan retensi dengan memperhatikan keterbatasan cakupan pencarian, akses teks lengkap, dan tidak adanya penyaringan independen oleh dua penelaah.

Kata kunci: Expert System, Engineering Education, Pendidikan Kejuruan, Systematic Literature Review, Evaluasi Pembelajaran

Abstract

Expert systems can connect specialist knowledge with instructional decisions, but their educational value must be distinguished from technical functionality and user satisfaction. This systematic literature review examines the functions, evaluation evidence, and implementation requirements of expert systems in engineering higher education and technical vocational secondary education through a bounded, explicitly documented search strategy. Four Crossref queries retrieved 200 records published within 2022–2026, supplemented by 37 previously identified references; after removing 14 duplicates, 223 records were screened, 12 reports were sought, nine were assessed in full text, and five studies met the eligibility criteria. The included studies addressed computer network diagnosis, electrical installation design, practical assessment, civil engineering competency guidance, and direct-current circuit learning, with evidence ranging from expert validation and score association to self-reported learning and a single-group pretest–posttest evaluation. The synthesis found that knowledge representation and contextual alignment can support inspectable recommendations, but heterogeneous outcomes, limited comparisons, and reliance on development studies prevent a pooled effectiveness estimate or a general causal claim about improved learning. Expert systems are therefore best positioned as bounded supports under educator oversight, while future research should document knowledge acquisition, test decision consistency, and measure learning transfer and retention; conclusions remain limited by relevance-ranked retrieval, incomplete full-text access, and the absence of independent duplicate screening.

Keywords: Expert System, Engineering Education, Vocational Education, Systematic Literature Review, Learning Evaluation

1. Pendahuluan

Pembelajaran teknik menuntut peserta didik menghubungkan konsep, prosedur, dan pertimbangan keselamatan ketika menyelesaikan persoalan nyata. Kesulitan dapat muncul ketika peserta didik mengetahui rumus atau urutan kerja, tetapi belum mampu menjelaskan alasan pemilihan langkah tertentu. Perkembangan kecerdasan buatan

membuka peluang untuk memberikan bantuan yang lebih responsif, meskipun manfaatnya bergantung pada tugas, rancangan pembelajaran, dan cara teknologi tersebut dievaluasi (Chiu et al., 2023).

Peluang tersebut relevan bagi perguruan tinggi teknik maupun sekolah menengah kejuruan karena keduanya memadukan pengetahuan konseptual dengan kegiatan praktik. Namun, kedalaman analisis, tingkat kemandirian, dan sasaran kompetensinya tidak dapat dianggap sama. Kajian tentang AI dalam pendidikan teknik menunjukkan ragam aplikasi yang luas, sehingga pemilihan teknologi perlu mengikuti kebutuhan pembelajaran yang spesifik (Alghazo et al., 2025).

Salah satu pendekatan yang sesuai untuk persoalan dengan aturan domain relatif jelas adalah sistem pakar. Pendekatan ini mengorganisasi pengetahuan ahli agar suatu masukan dapat dihubungkan dengan kesimpulan atau rekomendasi melalui mekanisme penalaran tertentu. Pemetaan bibliometrik terhadap riset sistem pakar dalam pendidikan teknik memperlihatkan bahwa bidang ini memiliki riwayat penelitian yang panjang, tetapi peta publikasi saja belum menunjukkan kekuatan bukti hasil belajarnya (Siregar et al., 2026).

Kesenjangan antara kemampuan menghasilkan rekomendasi dan kemampuan meningkatkan belajar menjadi persoalan utama dalam membaca penelitian pengembangan. Aplikasi yang dinilai layak oleh ahli belum tentu menghasilkan perubahan pemahaman, sedangkan kepuasan pengguna tidak selalu berjalan searah dengan kemampuan memecahkan masalah. Tinjauan luas tentang AI dan pendidikan juga menempatkan kualitas evaluasi serta kesesuaian konteks sebagai pertimbangan penting dalam menafsirkan manfaat teknologi (Bond et al., 2024; Luo et al., 2025).

Karena itu, artikel ini menelaah sistem pakar dengan menempatkan fungsi pedagogis dan mutu bukti sebagai pusat pembahasan. Pertanyaan kajian mencakup fungsi yang didukung sistem pakar, jenis evaluasi yang digunakan, serta persyaratan penerapannya pada perguruan tinggi teknik dan SMK teknik. Kontribusi artikel berupa sintesis terhadap studi yang lolos seleksi sistematis yang memisahkan keberhasilan teknis, kelayakan implementasi, dan hasil belajar sehingga rekomendasi penggunaannya dapat disusun secara lebih proporsional.

1.1. Kajian Pustaka

Sistem pakar dalam kajian ini dipahami sebagai sistem yang menggunakan representasi pengetahuan domain dan mekanisme inferensi untuk mendukung keputusan pada masalah tertentu. Aturan dapat dinyatakan secara eksplisit, sedangkan ketidakpastian dapat ditangani melalui pendekatan seperti logika fuzzy atau penalaran probabilistik. Definisi operasional tersebut membantu membedakan sistem pakar dari aplikasi AI lain yang sama-sama menghasilkan keluaran berupa saran (Iatrellis et al., 2023; Palilingan et al., 2025).

Perbedaan itu terlihat ketika sistem pakar dibandingkan dengan model prediksi kinerja akademik. Model prediktif mempelajari hubungan dalam data untuk memperkirakan hasil, sedangkan sistem berbasis pengetahuan dapat menelusuri hubungan antara fakta masukan dan aturan yang digunakan. Penelitian prediksi pada pendidikan teknik karena itu relevan sebagai pembanding, tetapi tidak otomatis menjadi bukti keberhasilan sistem pakar (Jiao et al., 2022; Ouyang et al., 2023).

Antarmuka chatbot juga perlu dipisahkan dari mekanisme penalaran yang bekerja di belakangnya. Percakapan dapat menjadi sarana mengakses aturan, mengambil dokumen, atau menghasilkan teks, sehingga bentuk percakapan saja tidak cukup untuk mengidentifikasi suatu aplikasi sebagai sistem pakar. Kajian chatbot pendidikan menyediakan konteks tentang interaksi pengguna, tetapi temuan tersebut perlu dibaca sesuai arsitektur dan tugas pembelajaran masing-masing sistem (Kuhail et al., 2023; Labadze et al., 2023).

Kedekatan sistem pakar dengan intelligent tutoring system terutama terletak pada kemungkinan pemberian bantuan yang menyesuaikan kebutuhan peserta didik. Namun, sistem tutor dapat mencakup model peserta didik, strategi pengajaran, dan pengelolaan urutan materi yang lebih luas daripada suatu mesin inferensi. Literatur mengenai sistem tutor digunakan dalam artikel ini untuk memahami fungsi umpan balik dan evaluasi pembelajaran, tanpa menyamakan seluruh sistem tutor dengan sistem pakar (Cuéllar-Rojas et al., 2022; Lin et al., 2023).

Penjelasan keputusan merupakan penghubung penting antara komponen teknis dan tujuan pendidikan. Peserta didik perlu memahami alasan suatu rekomendasi muncul, bukan hanya mengetahui jawaban yang dinyatakan benar

oleh sistem. Perspektif explainable AI dalam pendidikan mendukung perhatian terhadap pengguna, konteks penjelasan, dan kegunaan penjelasan bagi tindakan pembelajaran (Khosravi et al., 2022).

Atas dasar tersebut, keberhasilan sistem pakar perlu dinilai melalui beberapa tingkat yang saling melengkapi. Validitas teknis berkaitan dengan kesesuaian pengetahuan dan keputusan, kelayakan implementasi berkaitan dengan penggunaan dalam kegiatan belajar, sedangkan hasil belajar berkaitan dengan perubahan kemampuan peserta didik. Pemisahan ini menjadi kerangka analisis untuk membaca studi pengembangan dan menghindari penggunaan satu indikator sebagai pengganti seluruh indikator lainnya.

2. Metode Penelitian

2.1. Rancangan dan Kriteria Kelayakan

Penelitian ini menggunakan systematic literature review dengan penelusuran terstruktur terbatas dan sintesis naratif. Prosedur mencakup penetapan kriteria, pencarian, penghapusan duplikat, penyaringan, penilaian teks lengkap, ekstraksi, dan penelaahan kualitas pelaporan. Pencatatan tahapan mengikuti prinsip transparansi penelusuran dalam protokol tinjauan AI dan pendidikan, tanpa mengklaim bahwa seluruh literatur dalam bidang ini telah tercakup (Stracke et al., 2023).

Pertanyaan kajian diarahkan pada fungsi sistem pakar dalam pembelajaran teknik, bentuk bukti evaluasinya, serta persyaratan penerapan yang dapat diturunkan dari bukti tersebut. Kriteria kerja dituliskan sebelum pencarian tambahan pada 14 Oktober 2026, tetapi tidak diregistrasikan pada repositori protokol publik. Perguruan tinggi teknik dan SMK teknik sama-sama dimasukkan, dengan jenjang, tugas, dan jenis hasil tetap dibedakan ketika melakukan sintesis.

Artikel yang memenuhi syarat merupakan penelitian primer atau pengembangan yang melaporkan implementasi sistem berbasis pengetahuan dan evaluasi dalam pembelajaran, penilaian, atau pengembangan kompetensi teknik. Rentang tahun didasarkan pada tahun publikasi 2022–2026 hingga tanggal pencarian, bukan tahun pengumpulan data studi asal. Artikel tinjauan, aplikasi industri tanpa fungsi pendidikan, dan pemetaan profil umum tanpa tugas teknik dikeluarkan dari sintesis utama, walaupun sebagian tetap digunakan untuk pembahasan konseptual.

Kelayakan teks lengkap ditentukan oleh tersedianya informasi mengenai konteks, mekanisme sistem, dan cara evaluasi. Sumber berbahasa Indonesia dan Inggris dibaca langsung, sedangkan sumber berbahasa lain dipertimbangkan apabila bagian metode dan hasil dapat ditafsirkan dengan dukungan abstrak, tabel, atau diagram berbahasa Inggris. Artikel Thailand yang disertakan diperiksa melalui teks lengkap dengan bantuan penerjemahan AI dan perbandingan terhadap unsur berbahasa Inggris, sehingga kemungkinan kekeliruan interpretasi bahasa tetap menjadi keterbatasan.

Tabel 1. Kriteria kelayakan studi

Aspek	Kriteria inklusi
Publikasi	Artikel jurnal primer/pengembangan; 2022–14 Oktober 2026.
Konteks	Perguruan tinggi teknik atau SMK teknik; tugas pembelajaran, penilaian, atau kompetensi.
Sistem	Pengetahuan domain dan mekanisme inferensi dapat diidentifikasi.
Evaluasi	Implementasi dan evaluasi dilaporkan; teks lengkap dapat ditelaah.
Eksklusi	Tinjauan, tutorial tanpa evaluasi, aplikasi nonpendidikan, atau profil umum tanpa tugas teknik.

2.2. Strategi Pencarian dan Seleksi

Pencarian utama dilakukan melalui Crossref REST API pada 14 Oktober 2026 dengan filter journal-article dan tanggal publikasi 1 Januari 2022 sampai 14 Oktober 2026. Setiap kueri mengambil 50 rekaman pertama yang

diurutkan berdasarkan relevansi, sehingga jumlah rekaman merupakan hasil yang benar-benar diunduh dan bukan seluruh kecocokan dalam indeks. Crossref digunakan sebagai indeks metadata, bukan dianggap setara dengan pencarian komprehensif pada Scopus, Web of Science, atau Google Scholar.

Dua kueri awal menggunakan kolom query.bibliographic, kemudian dua kueri judul ditambahkan karena hasil awal memuat banyak aplikasi di luar pendidikan. Penambahan tersebut dicatat sebagai perluasan strategi selama proses pencarian, bukan disebut sebagai bagian protokol yang telah diregistrasikan sebelumnya. Sebanyak 37 referensi dari penelusuran pendahuluan ditambahkan sebagai jalur identifikasi lain dan menjalani kriteria penyaringan yang sama.

Tabel 2. Kueri Crossref (50 hasil per kueri)

ID / kolom	Teks kueri
Q1 / bibliographic	expert system engineering education
Q2 / bibliographic	sistem pakar pembelajaran teknik
Q3 / title	expert system learning
Q4 / title	sistem pakar pembelajaran

Duplikat dikenali berdasarkan DOI yang diseragamkan dan judul yang dinormalisasi dengan menghapus perbedaan kapitalisasi, tanda baca, dan markah HTML. Penyaringan dilakukan terhadap judul serta abstrak atau deskripsi penerbit yang tersedia, kemudian laporan yang berpotensi memenuhi syarat dicari melalui DOI dan laman penerbit. Pencarian web pada tahap ini digunakan untuk memperoleh atau memeriksa laporan yang telah teridentifikasi, bukan dihitung sebagai jalur penemuan rekaman tambahan.

Setiap keputusan dicatat bersama identitas sumber, tahap seleksi, dan alasan pengeluaran. Penyaringan serta ekstraksi dilakukan dalam satu alur penelaahan berbantuan AI tanpa penelaah kedua yang bekerja secara independen, sehingga tidak dihitung koefisien kesepakatan antarpemelaah. Laporan yang tidak diperoleh teks lengkapnya dipisahkan dari laporan yang telah dibaca tetapi gagal memenuhi kriteria agar kedua jenis kehilangan bukti tidak tercampur.

2.3. Ekstraksi, Penilaian, dan Sintesis

Data yang diekstrak meliputi konteks dan jenjang, fungsi pedagogis, bentuk pengetahuan atau inferensi, rancangan evaluasi, hasil yang relevan, dan batas interpretasinya. Penilaian kualitas menggunakan lima pertanyaan deskriptif tentang kejelasan konteks, mekanisme, metode evaluasi, kesesuaian indikator dengan klaim, serta keterbatasan dukungan kausal. Penilaian ini merupakan kerangka kerja kajian, bukan instrumen risiko bias tervalidasi atau skor mutu numerik.

Sintesis mengelompokkan temuan menjadi validitas teknis, kelayakan penggunaan, dan hasil belajar. Hasil yang berbasis persepsi dipisahkan dari tes kemampuan, sedangkan korelasi nilai dipisahkan dari kesepakatan penilaian. Meta-analisis tidak dilakukan karena rancangan studi dan ukuran hasil tidak sebanding, serta tidak tersedia kumpulan efek intervensi terkontrol yang memadai untuk digabungkan.

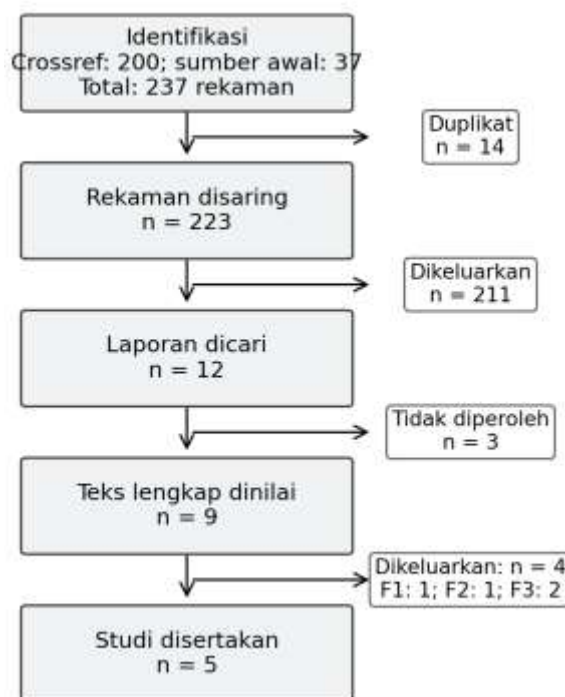
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Seleksi dan Karakteristik Studi

Empat kueri menghasilkan 200 rekaman, kemudian 37 referensi pendahuluan ditambahkan sehingga terdapat 237 rekaman sebelum deduplikasi. Penghapusan 14 duplikat menyisakan 223 rekaman untuk penyaringan, dan 211 di antaranya dikeluarkan karena tidak memenuhi fokus kajian. Dari 12 laporan yang dicari, tiga teks lengkap tidak diperoleh, sementara penilaian terhadap sembilan laporan menghasilkan lima studi untuk sintesis utama.

Empat laporan dikeluarkan pada tahap teks lengkap dengan alasan yang berbeda. Satu laporan tidak memberikan aplikasi pembelajaran teknik yang konsisten dengan isi metode, satu laporan berupa tutorial dan rubrik tanpa

evaluasi empiris, serta dua laporan tidak menyatakan konteks peserta atau tugas engineering secara memadai. Alur pada Gambar 1 membedakan pengeluaran tersebut dari hambatan akses, dan rincian keputusan per rekaman disimpan dalam catatan seleksi pendamping.



Gambar 1. Alur seleksi. F1: isi tidak konsisten dengan konteks pembelajaran teknik; F2: tanpa evaluasi empiris; F3: konteks teknik tidak memadai.

Lima studi terpilih mencakup tiga aplikasi yang ditujukan pada pembelajaran atau penilaian di SMK teknik dan dua aplikasi pada pendidikan tinggi teknik. Empat studi berasal dari konteks Indonesia, sedangkan satu studi membahas pendidikan kooperatif teknik sipil di Thailand. Komposisi ini menggambarkan korpus yang berhasil diperoleh melalui strategi terbatas, sehingga tidak dapat digunakan untuk menyatakan dominasi negara atau jenjang pada seluruh penelitian sistem pakar pendidikan teknik.

Tabel 3 merangkum fungsi dan jenis bukti setiap studi dengan kode E1–E5. Dua aplikasi mendukung penalaran pada masalah teknis, satu mendukung evaluasi praktikum, satu memberikan rekomendasi kompetensi, dan satu menyediakan bantuan pembelajaran konseptual melalui chatbot. Pengelompokan tersebut menunjukkan bahwa keluaran sistem dan ukuran keberhasilan perlu dibaca menurut tugas masing-masing, bukan disatukan sebagai satu jenis efektivitas.

Tabel 3. Karakteristik lima studi utama

Studi / konteks	Sistem dan fungsi	Evaluasi / batas bukti
E1: (Cahyono et al., 2022)	Delphi; diagnosis gangguan jaringan melalui gejala dan keputusan.	ADDIE; validasi materi/media. Tidak mengukur dampak belajar.
E2: (Cahyono & Priyogi, 2023)	Forward chaining; perancangan instalasi listrik.	ADDIE; validasi ahli. Sasaran SMK, bukan mahasiswa.
E3: (Sagala & Arifin, 2023)	Fuzzy Mamdani; evaluasi praktikum aircraft electrical.	Hubungan skor sistem–manual; Spearman 0,609. Bukan uji kesepakatan.

Studi / konteks	Sistem dan fungsi	Evaluasi / batas bukti
E4: (Yamoat & Polnigongit, 2024)	Aturan kompetensi dan bobot; rekomendasi posisi kerja serta materi.	Evaluasi pengguna, 127 mahasiswa; persepsi belajar dan kegunaan.
E5: (Sianipar et al., 2026)	Chatbot berbasis aturan; konsep rangkaian arus searah.	25 mahasiswa; satu kelompok pretest–posttest; N-gain 0,32.

3.2. Fungsi Pedagogis dan Representasi Pengetahuan

Pada pembelajaran jaringan komputer, sistem berbasis Delphi menyusun gejala dan keputusan diagnosis sebagai bantuan memahami gangguan jaringan (Cahyono et al., 2022). Studi E1 menggunakan pengembangan ADDIE dan validasi materi serta rancangan media dalam konteks SMK 2 Serang. Bukti ini mendukung pembacaan aplikasi sebagai media pembelajaran yang telah dinilai kelayakannya, bukan sebagai intervensi yang telah terbukti meningkatkan keterampilan diagnosis siswa.

Studi E2 menggunakan forward chaining untuk membantu perancangan instalasi listrik melalui penentuan titik lampu, kebutuhan daya, dan pengamanan (Cahyono & Priyogi, 2023). Pengembangannya dilakukan pada lingkungan perguruan tinggi dengan kebutuhan pembelajaran SMK sebagai sasaran, sehingga tempat pengembangan tidak boleh disamakan dengan populasi uji mahasiswa. Validasi ahli materi dan media menunjukkan kelayakan awal, sementara pengaruhnya terhadap kemampuan peserta didik masih memerlukan pengujian.

Studi E3 menempatkan fuzzy expert system pada evaluasi penguasaan praktikum aircraft electrical siswa kelas XI Electrical Avionics (Sagala & Arifin, 2023). Aplikasi mengolah kriteria penilaian menjadi keluaran tingkat penguasaan dan membandingkannya dengan penilaian manual. Fungsi ini berbeda dari tutor karena sistem terutama membantu keputusan penilaian, sehingga konsistensi aturan dan arti skor menjadi perhatian utama.

Pada studi E4, pengetahuan kompetensi teknik sipil dihubungkan dengan penilaian diri dan bobot kompetensi untuk memberikan rekomendasi pengembangan (Yamoat & Polnigongit, 2024). Teks lengkap menjelaskan basis pengetahuan, bagian inferensi, dan penjelasan keluaran pada aplikasi web responsif, disertai evaluasi pengguna dari pendidikan kooperatif. Hasil belajar yang dilaporkan terutama berbentuk persepsi, sehingga rekomendasi kompetensi tidak dapat disamakan dengan peningkatan keterampilan yang diukur melalui tes kinerja.

Studi E5 menggunakan chatbot berbasis sistem pakar untuk membantu pemahaman analisis rangkaian arus searah (Sianipar et al., 2026). Antarmuka percakapan ditempatkan sebagai sarana pemberian bantuan konseptual, bukan alasan untuk menggolongkan seluruh chatbot sebagai sistem pakar. Contoh ini memperlihatkan bahwa bentuk interaksi dapat berubah, sementara kejelasan pengetahuan domain dan penalarannya tetap menjadi syarat utama klasifikasi sistem.

Kelima studi menunjukkan bahwa pemilihan mekanisme perlu mengikuti bentuk tugas yang ingin dibantu. Diagnosis berbasis gejala memerlukan hubungan fakta dan keputusan yang dapat ditelusuri, sedangkan penilaian praktik memerlukan kriteria dan batas kategori yang dapat dijelaskan. Pada rekomendasi kompetensi, perhatian tambahan perlu diberikan pada asal bobot dan ketepatan penilaian diri yang menjadi masukan sistem.

3.3. Kualitas Pelaporan dan Kekuatan Bukti

Penilaian deskriptif memperlihatkan bahwa kejelasan fungsi sistem lebih konsisten daripada kekuatan bukti perubahan kemampuan peserta didik. Dua studi pengembangan berfokus pada validasi ahli, satu pada hubungan hasil penilaian, satu pada evaluasi persepsi pengguna, dan satu memasukkan pengukuran sebelum–sesudah. Perbedaan tersebut menjadi dasar penafsiran dalam Tabel 4 dan tidak diubah menjadi peringkat efektivitas antaraplikasi.

Tabel 4. Penilaian deskriptif bukti utama

Studi	Pelaporan yang tersedia	Batas inferensi
E1	Konteks, basis keputusan, pengembangan, validasi ahli.	Validasi kelayakan; hasil belajar tidak diuji.
E2	Konteks sasaran, forward chaining, validasi materi/media.	Tidak ada pembandingan hasil belajar.
E3	Konteks praktikum, inferensi fuzzy, hubungan skor.	Korelasi tidak menunjukkan kesepakatan atau dampak.
E4	Konteks kompetensi, pembobotan, evaluasi pengguna.	Hasil terutama persepsi; tanpa tes transfer objektif.
E5	Konteks, aturan, sampel, tes sebelum–sesudah.	Tanpa kelompok kontrol; kausalitas terbatas.

Validasi ahli pada E1 dan E2 memberikan bukti tentang kesesuaian isi atau rancangan produk. Namun, validasi seperti itu belum membandingkan kemampuan peserta didik yang menggunakan sistem dengan peserta didik yang belajar melalui pendekatan lain. Pernyataan bahwa produk layak digunakan dengan demikian harus dibatasi pada aspek yang diperiksa oleh validator.

Pada E3, korelasi Spearman sebesar 0,609 menunjukkan hubungan peringkat antara keluaran aplikasi dan penilaian (Sagala & Arifin, 2023). Korelasi tersebut tidak membuktikan kesamaan skor, ketepatan keputusan kelulusan, atau peningkatan hasil belajar. Untuk penggunaan penilaian yang lebih menentukan, evaluasi perlu memeriksa selisih skor dan kasus ketika keputusan sistem berbeda dari penilaian pendidik.

Pada E4, hasil evaluasi perlu dipahami sebagai tanggapan peserta terhadap lingkungan belajar dan kegunaan rekomendasi (Yamoat & Polnigongit, 2024). Pengukuran persepsi dapat menjelaskan penerimaan dan pengalaman pengguna, tetapi belum menggantikan penilaian kompetensi melalui tugas autentik. Selain itu, tahun terbit yang masih berada dalam rentang kajian tidak berarti seluruh pengumpulan data dilakukan pada rentang tahun yang sama.

Pada E5, evaluasi sebelum–sesudah melibatkan 25 mahasiswa dan melaporkan N-gain sebesar 0,32 (Sianipar et al., 2026). Temuan tersebut menunjukkan perubahan selama kegiatan pembelajaran, tetapi desain satu kelompok tidak dapat memisahkan kontribusi sistem dari latihan tes, pembelajaran reguler, atau faktor lain. Oleh karena itu, bukti ini diperlakukan sebagai indikasi awal, bukan dasar klaim kausal umum.

Keterbatasan tersebut perlu dibaca bersama cakupan penelusuran yang sempit. Tidak ditemukannya studi dengan pembandingan terkontrol dalam lima artikel ini tidak membuktikan bahwa studi semacam itu tidak tersedia di luar korpus. Kesimpulan yang dapat dipertahankan adalah bahwa bukti terpilih belum cukup untuk mengestimasi pengaruh rata-rata sistem pakar terhadap hasil belajar teknik.

3.4. Hubungan dengan Literatur Pendukung

Literatur di luar lima studi utama digunakan untuk menempatkan temuan dalam perkembangan AI pendidikan, bukan untuk menambah jumlah bukti intervensi. Tinjauan pada AI pendidikan, pembelajaran sains, dan pendidikan tinggi menunjukkan keragaman teknologi serta rancangan evaluasi yang perlu dibedakan (Almasri, 2024; Ouyang et al., 2022; S. Wang et al., 2024). Kajian sistem tutor dalam konteks pendidikan nyata juga membantu menjelaskan pentingnya lingkungan penerapan dan bentuk pembandingan ketika menafsirkan hasil (H. Wang et al., 2023).

Beberapa sumber memberikan contoh fungsi yang berdekatan tetapi tidak menjadi dasar sintesis utama. Contoh tersebut meliputi asesmen magang umum, asesmen soft skills berbasis fuzzy, dan konsultasi akademik, yang tidak seluruhnya menyediakan konteks teknik atau teks lengkap yang memadai untuk ekstraksi pada kajian ini (Iatrellis et al., 2023; Novais et al., 2024; Rizal et al., 2025). BattleInTheSky juga menunjukkan rancangan pembelajaran

expert system melalui gamifikasi, tetapi hanya digunakan sebagai konteks karena teks lengkapnya tidak diperoleh (Alcaraz-Valencia et al., 2025).

3.5. Perbedaan Kebutuhan Perguruan Tinggi dan SMK

Perguruan tinggi teknik dan SMK teknik memiliki irisan pada pembelajaran berbasis praktik, tetapi tujuan pengambilan keputusan pendidikannya berbeda. Dalam kajian ini, perguruan tinggi ditempatkan sebagai konteks yang dapat menuntut analisis model dan alasan desain, sedangkan SMK ditempatkan sebagai konteks penguasaan kompetensi kerja dengan prosedur yang teramati. Perbedaan tersebut merupakan kerangka interpretasi untuk membaca sumber, bukan hasil perbandingan empiris langsung antara kedua jenjang.

Pada perguruan tinggi, rekomendasi sistem sebaiknya menjadi bahan untuk menguji penalaran mahasiswa. Sebagai contoh rancangan pembelajaran, mahasiswa dapat diminta menjelaskan aturan yang aktif, mempertimbangkan kondisi ketika aturan gagal, dan membandingkan alternatif penyelesaian sebelum menerima rekomendasi. Pendekatan ini menghubungkan penggunaan sistem dengan kebutuhan pemahaman AI yang mempertimbangkan masukan mahasiswa dan karakter disiplin teknik (Hao et al., 2025).

Pada SMK, manfaat potensial dapat diarahkan pada bantuan langkah kerja, pemeriksaan hasil praktik, dan penjelasan kesalahan yang terkait dengan kompetensi tertentu. Contoh instalasi listrik dan aircraft electrical menunjukkan domain dengan informasi teknis yang dapat dinyatakan melalui aturan atau kriteria penilaian (Cahyono & Priyogi, 2023; Sagala & Arifin, 2023). Namun, penggunaan sistem tetap memerlukan pendampingan guru ketika keputusan melibatkan keselamatan, penanganan alat, dan kondisi kerja yang tidak sepenuhnya tercakup dalam aplikasi.

Penerapan pada kedua jenjang juga berbeda dalam kebutuhan kedalaman umpan balik. Peserta didik yang belum menguasai prosedur dasar dapat memerlukan petunjuk bertahap, sedangkan peserta didik yang lebih berpengalaman dapat memerlukan alasan pemilihan strategi dan kondisi batasnya. Variasi bantuan tersebut perlu diuji berdasarkan kemampuan awal dan tugas yang diberikan, bukan ditetapkan hanya berdasarkan label jenjang pendidikan.

Sebagai konteks pendukung di luar korpus utama, kajian pada pendidikan pemrograman dan ilmu komputer memperlihatkan bahwa konteks teknik sendiri tidak bersifat tunggal (Golrang & Sharma, 2025; Manorat et al., 2025). Umpan balik untuk kode program, diagnosis rangkaian, dan penilaian kerja bengkel melibatkan representasi kesalahan serta konsekuensi keputusan yang berbeda. Karena itu, temuan dari satu disiplin sebaiknya digunakan sebagai dasar pengembangan hipotesis penerapan pada disiplin lain, bukan sebagai bukti transfer manfaat yang sudah pasti.

Literatur pendukung tentang tutor pada matematika memberikan pembandingan lain untuk fungsi petunjuk bertahap dan penyesuaian bantuan (Niño-Rojas et al., 2024; Son, 2024). Akan tetapi, keberhasilan pada tugas matematika tidak cukup untuk menyimpulkan keberhasilan pada praktik teknik yang melibatkan alat dan lingkungan kerja. Pengembangan lintas domain memerlukan pemeriksaan ulang terhadap pengetahuan yang digunakan, cara merekam aktivitas, serta indikator keterampilan yang hendak dinilai.

3.6. Personalisasi, Penjelasan, dan Kendali Pendidik

Personalisasi sering menjadi alasan penggunaan AI dalam pendidikan, tetapi dasar penentuan bantuan harus diperiksa secara kritis. Sistem dapat memanfaatkan jawaban salah, langkah penyelesaian, atau riwayat tugas untuk memilih dukungan yang relevan. Dalam kerangka artikel kami ini, informasi tersebut lebih dekat dengan kebutuhan tindakan pembelajaran apabila hubungan antara masukan dan bantuan dapat dijelaskan serta diuji.

Sebagian sistem pakar menggunakan identifikasi gaya belajar sebagai dasar rekomendasi. Di luar korpus utama, contohnya mencakup aplikasi berbasis web di SMK Negeri 5 Padang, pendekatan Dempster–Shafer dan Bayesian network, serta metode Euclidean probability (Palilingan et al., 2025; Putri & Wahyuni, 2024; Rahma et al., 2025). Keberadaan aplikasi tersebut menunjukkan suatu arah pengembangan, tetapi ketepatan klasifikasi profil tidak dengan sendirinya membuktikan bahwa pencocokan pembelajaran dengan kategori gaya belajar meningkatkan hasil belajar.

Pendidik karena itu perlu memperlakukan keluaran profil sebagai informasi yang masih memerlukan pemeriksaan, bukan label tetap peserta didik. Rekomendasi dapat dibandingkan dengan pengamatan terhadap penyelesaian tugas, pemahaman konsep, dan kebutuhan bantuan yang muncul selama kegiatan. Sikap ini menjaga agar keputusan pembelajaran tetap bertumpu pada bukti perilaku belajar yang relevan dengan tujuan kompetensi.

Penjelasan keputusan sistem dapat membantu pemeriksaan tersebut apabila disusun dalam bentuk yang dapat digunakan pendidik dan peserta didik. Penjelasan sebaiknya memperlihatkan masukan yang dipertimbangkan, aturan atau alasan yang digunakan, serta batas kepastian rekomendasi. Kerangka explainable AI dalam pendidikan mendukung perhatian pada kegunaan penjelasan, sehingga keterbukaan teknis perlu diterjemahkan menjadi informasi yang membantu tindakan belajar (Darvishi et al., 2022).

Kendali manusia juga relevan ketika AI digunakan pada penilaian. Penelitian tentang AI dan analitik pembelajaran dalam penilaian sejawat menyediakan konteks untuk membahas kepercayaan terhadap sistem serta hubungan antara keputusan otomatis dan penilaian manusia (Darvishi et al., 2022). Pada pendidikan teknik, pendidik perlu dapat meninjau alasan skor, memperbaiki masukan yang keliru, dan menjelaskan keputusan akhir kepada peserta didik.

Integrasi dengan antarmuka generatif membuka kemungkinan konsultasi yang lebih luwes, tetapi memperluas pula kebutuhan verifikasi keluaran. Penelitian tentang evaluasi asisten berbasis retrieval-augmented generation dalam pendidikan teknik menunjukkan bahwa mutu jawaban memerlukan kerangka pemeriksaan yang khusus (Hua et al., 2025). Jika pendekatan tersebut digabungkan dengan sistem pakar, sumber pengetahuan dan aturan keputusan perlu tetap dapat ditelusuri agar jawaban percakapan tidak mengaburkan dasar rekomendasi.

3.7. Kerangka Evaluasi dan Arah Pengembangan

Berdasarkan sintesis sebelumnya, evaluasi sistem pakar dapat disusun sebagai rangkaian pemeriksaan yang membedakan tiga tingkat bukti. Tingkat pertama memeriksa pengetahuan dan keputusan, tingkat kedua memeriksa penggunaan dalam pembelajaran, dan tingkat ketiga memeriksa perubahan kemampuan peserta didik. Kerangka pada Tabel 5 merupakan usulan konseptual dari kajian ini dan belum diuji sebagai instrumen penilaian yang tervalidasi.

Tabel 5. Usulan tingkat evaluasi sistem pakar

Tingkat	Yang diperiksa	Contoh bukti
Teknis	Sumber aturan, konsistensi, kasus batas.	Penelaahan ahli dan pengujian keputusan.
Implementasi	Alur penggunaan, hambatan, beban pendidik.	Observasi tugas dan catatan interaksi.
Pembelajaran	Pemahaman, transfer, retensi, kemandirian.	Tes sesuai tujuan dan perbandingan.

Pada tingkat teknis, dokumentasi basis pengetahuan perlu menyebutkan sumber aturan dan proses pemeriksaannya. Pengujian sebaiknya mencakup kasus yang lazim, masukan yang tidak lengkap, dan situasi ketika beberapa aturan menghasilkan saran yang berbeda. Hasil pengujian dapat digunakan untuk menetapkan batas penggunaan sistem serta kondisi yang mengharuskan pengguna meminta bantuan pendidik.

Pada tingkat implementasi, pengujian perlu ditempatkan dalam alur pembelajaran yang sebenarnya. Kemudahan penggunaan dapat diperiksa bersama waktu penyelesaian tugas, jenis kesulitan pengguna, dan beban pendidik ketika menafsirkan keluaran sistem. Dengan cara ini, penilaian kepraktisan menjadi lebih informatif daripada sekadar pernyataan bahwa pengguna menyukai aplikasi.

Pada tingkat pembelajaran, instrumen perlu mengukur kemampuan yang memang menjadi sasaran intervensi. Jika sistem dimaksudkan untuk membantu diagnosis kesalahan rangkaian, penilaian sebaiknya memeriksa diagnosis

dan alasan perbaikannya, bukan hanya hafalan istilah. Perbandingan yang sesuai, pengukuran kemampuan awal, dan penjelasan durasi penggunaan diperlukan agar perubahan skor dapat ditafsirkan secara lebih kuat.

Pengukuran transfer dan retensi dapat memperluas evaluasi melampaui penyelesaian tugas yang dibantu aplikasi. Transfer dapat diperiksa dengan memberikan variasi masalah yang belum pernah digunakan dalam latihan, sedangkan retensi memerlukan pengukuran setelah jeda waktu tertentu. Keduanya membantu membedakan kemampuan menggunakan bantuan dari penguasaan pengetahuan yang tetap tersedia ketika bantuan dikurangi.

Pengurangan bantuan secara bertahap juga layak menjadi bagian dari rancangan penelitian berikutnya. Pada tahap awal, sistem dapat menyajikan petunjuk rinci, kemudian meminta peserta didik memilih atau menjelaskan langkah sebelum rekomendasi ditampilkan. Usulan tersebut perlu diuji secara empiris, tetapi memberikan hubungan yang lebih jelas antara fitur sistem dan tujuan membangun kemandirian belajar.

Kesiapan institusi merupakan syarat yang memengaruhi keberlanjutan penggunaan. Basis pengetahuan membutuhkan pemeliharaan ketika materi, peralatan, atau prosedur berubah, sementara pendidik membutuhkan kesempatan untuk memahami dan meninjau rekomendasi. Perhatian terhadap kolaborasi, etika, dan ketelitian penelitian dalam kajian AI pendidikan tinggi memperkuat pentingnya dukungan institusional tersebut (Bond et al., 2024).

Perlindungan data perlu mengikuti kebutuhan fungsi sistem dan tidak diperluas tanpa alasan pendidikan yang jelas. Data yang digunakan untuk memberi umpan balik sebaiknya dibatasi pada informasi yang relevan, dengan hak akses dan masa penyimpanan yang ditentukan oleh institusi. Transparansi penggunaan data menjadi bagian dari kepercayaan terhadap sistem, terutama apabila rekaman interaksi ikut dipakai untuk memberi nilai atau rekomendasi akademik.

Agenda penelitian yang lebih kuat dapat dimulai dari satu domain dan satu keputusan yang terdefinisi dengan baik. Peneliti kemudian dapat membandingkan bantuan sistem dengan praktik pembelajaran yang relevan, menggunakan instrumen yang sesuai, serta melaporkan keterbatasan dan kasus kegagalan secara terbuka. Pendekatan tersebut memungkinkan akumulasi bukti yang lebih berguna daripada memperluas fitur tanpa memperjelas kontribusinya terhadap proses belajar.

3.8. Keterbatasan Kajian

Keterbatasan utama kajian adalah penggunaan satu indeks metadata dengan pembatasan 50 hasil teratas pada setiap kueri. Penambahan referensi pendahuluan membantu memperluas sumber, tetapi tidak menghilangkan bias akibat pemeringkatan relevansi dan strategi pencarian yang diperluas selama proses berlangsung. Karena kami tidak lakukan pencarian menyeluruh pada beberapa basis data akademik, hasil kajian harus dipahami sebagai SLR dengan cakupan penelusuran terbatas.

Akses teks lengkap juga memengaruhi studi yang dapat disertakan dalam sintesis. Tiga laporan yang berpotensi relevan tidak berhasil diperoleh, sehingga kegagalan akses tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti bahwa isi atau hasilnya tidak memenuhi syarat. Penyaringan berbantuan AI tanpa penelaah independen dan interpretasi satu teks berbahasa Thailand menambah kemungkinan kekeliruan seleksi maupun ekstraksi yang perlu diperiksa melalui replikasi.

Lima studi yang disertakan berbeda dalam tugas, konteks, serta ukuran hasil, dan sebagian hanya memberikan evaluasi pengembangan. Literatur sekunder pada pembahasan dapat mencakup penelitian yang tumpang tindih, sehingga tidak dihitung sebagai studi tambahan atau dukungan statistik independen. Kerangka evaluasi yang diusulkan merupakan hasil sintesis konseptual dan masih memerlukan pengujian sebelum digunakan sebagai instrumen standar.

4. Kesimpulan

SLR dengan penelusuran terbatas ini mengidentifikasi lima studi tentang pemanfaatan sistem pakar dalam pembelajaran teknik. Fungsi yang ditemukan mencakup bantuan diagnosis dan perancangan, evaluasi praktikum, rekomendasi kompetensi, serta dukungan pemahaman konsep. Bukti terpilih lebih banyak menjelaskan kelayakan dan fungsi aplikasi daripada memberikan dukungan kausal terhadap peningkatan hasil belajar. Penerapan sistem

pakar memerlukan kesesuaian antara pengetahuan domain, tugas pembelajaran, dan indikator evaluasi. Pada perguruan tinggi teknik maupun SMK teknik, rekomendasi sebaiknya tetap dapat diperiksa pendidik dan digunakan untuk mendukung penalaran peserta didik. Penelitian berikutnya perlu memperluas pencarian bukti, menyediakan perbandingan yang sesuai, serta mengukur transfer dan retensi agar manfaat pendidikan dapat dinilai secara lebih kuat.

Referensi

1. Alcaraz-Valencia, P. A., Santana-Mancilla, P. C., & Gaytán-Lugo, L. S. (2025). BattleInTheSky: A low-cost gamified expert system for explainable artificial intelligence education. *Computer Applications in Engineering Education*, 33(6), e70115. <https://doi.org/10.1002/cae.70115>
2. Alghazo, M., Ahmed, V., & Bahroun, Z. (2025). Exploring the applications of artificial intelligence in mechanical engineering education. *Frontiers in Education*, 9, 1492308. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1492308>
3. Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: A systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, 54(5), 977–997. <https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3>
4. Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: a call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z>
5. Cahyono, B. D., Irwanto, & Jatnika, A. (2022). Sistem pakar penanganan jaringan komputer berbasis Delphi. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(4), 469–475. <https://doi.org/10.54259/diajar.v1i4.1220>
6. Cahyono, B. D., & Priyogi, G. (2023). Sistem pakar perancangan instalasi listrik dengan Delphi 7. *SATESI: Jurnal Sains Teknologi Dan Sistem Informasi*, 3(2), 73–78. <https://doi.org/10.54259/satesi.v3i2.2117>
7. Chiu, T. K. F., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, 100118. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118>
8. Cuéllar-Rojas, O.-A., Hincapié-Montoya, M., Contero, M., & Güemes-Castorena, D. (2022). Bibliometric analysis and systematic literature review of the intelligent tutoring systems. *Frontiers in Education*, 7, 1047853. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1047853>
9. Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Incorporating AI and learning analytics to build trustworthy peer assessment systems. *British Journal of Educational Technology*, 53(4), 844–875. <https://doi.org/10.1111/bjet.13233>
10. Golrang, A., & Sharma, K. (2025). The role of AI in shaping educational experiences in computer science: A systematic review. *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, 6, 100199. <https://doi.org/10.1016/j.chbah.2025.100199>
11. Hao, Y., Liu, Y., Liu, B., Amarantidis, G., & Ghannam, R. (2025). Integrating AI in engineering education: A comprehensive review and student-informed module design for U.K. students. *IEEE Transactions on Education*, 68(2), 173–185. <https://doi.org/10.1109/te.2025.3536105>
12. Hua, L., Guo, L., Zheng, N., Lu, Y., Xu, J., & Deng, J. (2025). Proactive framework for evaluating retrieval-augmented generation-based learning assistants in engineering education. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 40(26), 4651–4668. <https://doi.org/10.1111/mice.70063>
13. Iatrellis, O., Stamatidis, E., Samaras, N., Panagiotakopoulos, T., & Fitsilis, P. (2023). An intelligent expert system for academic advising utilizing fuzzy logic and semantic web technologies for smart cities education. *Journal of Computers in Education*, 10(2), 293–323. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00232-0>
14. Jiao, P., Ouyang, F., Zhang, Q., & Alavi, A. H. (2022). Artificial intelligence-enabled prediction model of student academic performance in online engineering education. *Artificial Intelligence Review*, 55(8), 6321–6344. <https://doi.org/10.1007/s10462-022-10155-y>
15. Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y.-S., Kay, J., Knight, S., Martinez-Maldonado, R., Sadiq, S., & Gašević, D. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074>
16. Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., & Alhejori, K. (2023). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28(1), 973–1018. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11177-3>
17. Labadze, L., Grigolia, M., & Machaidze, L. (2023). Role of AI chatbots in education: systematic literature review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 56. <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00426-1>
18. Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: a systematic review. *Smart Learning Environments*, 10, 41. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>
19. Luo, J., Zheng, C., Yin, J., & Teo, H. H. (2025). Design and assessment of AI-based learning tools in higher education: a systematic review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 22, 42. <https://doi.org/10.1186/s41239-025-00540-2>
20. Manorat, P., Tuarob, S., & Pongpaichet, S. (2025). Artificial intelligence in computer programming education: A systematic literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 8, 100403. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100403>
21. Niño-Rojas, F., Lancheros-Cuesta, D., Jiménez-Valderrama, M. T. P., Mestre, G., & Gómez, S. (2024). Systematic review: Trends in intelligent tutoring systems in mathematics teaching and learning. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 12(1), 203–229. <https://doi.org/10.46328/ijemst.3189>
22. Novais, A. S. de, Matelli, J. A., & Silva, M. B. (2024). Fuzzy soft skills assessment through active learning sessions. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(2), 416–451. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00332-7>
23. Ouyang, F., Wu, M., Zheng, L., Zhang, L., & Jiao, P. (2023). Integration of artificial intelligence performance prediction and learning analytics to improve student learning in online engineering course. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20, 4. <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00372-4>
24. Ouyang, F., Zheng, L., & Jiao, P. (2022). Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7893–7925. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10925-9>
25. Palilingan, T., Krismiati, & Wahyono, T. (2025). Expert system for learning styles diagnosis using Dempster–Shafer and Bayesian network. *CogITo Smart Journal*, 11(1), 126–139. <https://doi.org/10.31154/cogito.v11i1.943.126-139>

26. Putri, I. F. K., & Wahyuni, T. S. (2024). Rancang bangun sistem pakar identifikasi gaya belajar siswa berbasis web (studi kasus: SMK Negeri 5 Padang). *Jurnal Teknik Komputer Dan Informatika*, 4(3), 23–31. <https://doi.org/10.24036/jteki.v4i3|Desember.217>
27. Rahma, P., Fitri, Z., & Fuadi, W. (2025). Development of an expert system for identifying students' learning styles using the Euclidean probability method. *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, 10(1), 65–77. <https://doi.org/10.24235/itej.v10i1.214>
28. Rizal, F., Ambiyar, & Wakhinuddin. (2025). Developing an assessment model of the independent campus internship program based on an expert system. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(5s), 109–119. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i5s.595>
29. Sagala, R. S., & Arifin, F. (2023). Pengembangan aplikasi evaluasi tingkat penguasaan praktikum aircraft electrical berbasis fuzzy expert system stand alone application. *Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, 9(2), 226–233. <https://doi.org/10.26418/jp.v9i2.64239>
30. Sianipar, B. H., Nabila, A. B., & Usmeldi. (2026). A chatbot-based expert system for supporting conceptual understanding in DC circuit analysis: Development and evaluation in electrical engineering education. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 18(3), 3276–3289. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v18i3.9817>
31. Siregar, W. L., Usmeldi, Taali, & Fadillah, M. A. (2026). Tracing four decades of research on expert systems in engineering education: A bibliometric analysis. *Social Sciences & Humanities Open*, 13, 102364. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.102364>
32. Son, T. (2024). Intelligent tutoring systems in mathematics education: A systematic literature review using the substitution, augmentation, modification, redefinition model. *Computers*, 13(10), 270. <https://doi.org/10.3390/computers13100270>
33. Stracke, C. M., Chounta, I.-A., Holmes, W., Tlili, A., & Bozkurt, A. (2023). A standardised PRISMA-based protocol for systematic reviews of the scientific literature on Artificial Intelligence and education (AI&ED). *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(2), 64–70. <https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.2.38>
34. Wang, H., Tlili, A., Huang, R., Cai, Z., Li, M., Cheng, Z., Yang, D., Li, M., Zhu, X., & Fei, C. (2023). Examining the applications of intelligent tutoring systems in real educational contexts: A systematic literature review from the social experiment perspective. *Education and Information Technologies*, 28(7), 9113–9148. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11555-x>
35. Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications*, 252, 124167. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167>
36. Yamoat, N., & Polnigongit, W. (2024). The development of connectivism mobile learning expert system for competency advice on job positioning in cooperative education. *Suranaree Journal of Social Science*, 18(2), e249376. <https://doi.org/10.55766/sjss-2-2024-249376>