

Rancangan *Personalized Learning Governance Framework* berbasis *Artificial Intelligence*

Design of an Artificial Intelligence-based Personalized Learning Governance Framework

¹Ucu Nugraha*, ²Sri Titi Handayani, ³Hernalom Sitorus, ⁴Agus Nursikuwagus, ⁵Yeffry Handoko Putra, ⁶Rio Yunanto

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama

^{1,2,3,4,5,6}Program Doktor Sistem Informasi, Fakultas Pascasarjana, Universitas Komputer Indonesia

¹Jl. Cikutra No. 204A, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

^{1,2,3,4,5,6}Jl. Dipati Ukur No. 112, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

*e-mail: ucu.75725016@mahasiswa.unikom.ac.id

(received: 7 June 2026, revised: 25 June 2026, accepted: 26 June 2026)

Abstrak

Pertumbuhan pesat kecerdasan buatan (AI) dalam pendidikan menciptakan peluang untuk pembelajaran yang dipersonalisasi, tetapi juga menimbulkan risiko tata kelola bagi peserta didik dengan disabilitas. Studi yang ada membahas AI, pembelajaran adaptif, aksesibilitas, dan pendidikan inklusif, namun aspek-aspek ini masih terfragmentasi dan belum memiliki kerangka kerja terpadu yang berorientasi pada tata kelola. Studi ini bertujuan mengembangkan *Personalized Learning Governance Framework* (PLGF) untuk literasi digital inklusif melalui penyaringan literatur secara sistematis dan analisis bibliometrik. Metode yang digunakan meliputi penelusuran Scopus, penyaringan PRISMA, analisis berbasis Biblioshiny, sintesis literatur, identifikasi kesenjangan, dan pengembangan kerangka konseptual. Dari 196 rekaman Scopus (2023–2026), sebanyak 97 studi dipilih. Temuan menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara AI, pembelajaran yang dipersonalisasi, pendidikan inklusif, aksesibilitas, disabilitas, dan teknologi etis, meskipun integrasi yang sistematis masih terbatas. PLGF yang diusulkan terdiri atas lima lapisan: learner disability profile input, machine learning personalization engine, inclusive accessibility adaptation, governance and ethical control center, serta digital literacy outcome evaluation untuk mendukung sistem pembelajaran berbasis AI yang akuntabel dan inklusif.

Kata kunci: kecerdasan buatan, analisis bibliometrik, literasi digital inklusif, pembelajaran personal, PRISMA.

Abstract

The rapid advancement of Artificial Intelligence (AI) in education has created significant opportunities for personalized learning while simultaneously introducing governance challenges for learners with disabilities. Existing studies have examined AI, adaptive learning, accessibility, and inclusive education; however, these areas remain fragmented and lack an integrated governance-oriented framework. This study aims to develop a *Personalized Learning Governance Framework* (PLGF) to support inclusive digital literacy through a systematic literature review and bibliometric analysis. The research methodology consisted of Scopus database retrieval, PRISMA-based screening, Biblioshiny-assisted bibliometric analysis, literature synthesis, gap identification, and conceptual framework development. From 196 Scopus-indexed records published between 2023 and 2026, a total of 97 studies were selected for analysis. The findings reveal strong conceptual relationships among AI, personalized learning, inclusive education, accessibility, disability, and ethical technology; however, their systematic integration remains limited. The proposed *Personalized Learning Governance Framework* (PLGF) comprises five interconnected layers: Learner Disability Profile Input, Machine Learning Personalization Engine, Inclusive Accessibility Adaptation, Governance and Ethical Control Center, and Digital Literacy Outcome Evaluation. The framework provides a comprehensive governance model for supporting accountable, inclusive, and AI-driven personalized learning systems while promoting equitable digital literacy for learners with disabilities.

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Keywords: *artificial intelligence, bibliometric analysis, inclusive digital literacy, personalized learning, PRISMA.*

1 Pendahuluan

Transformasi digital pendidikan memperluas peluang pembelajaran yang lebih adaptif, fleksibel, dan berbasis data. Kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI) dapat membantu peserta didik memperoleh materi, media, umpan balik, dan jalur belajar yang sesuai dengan karakteristiknya. Dalam konteks peserta didik berkebutuhan khusus, AI memiliki potensi untuk mendukung pembelajaran yang lebih personal karena sistem dapat menyesuaikan tampilan, konten, dan strategi bantuan berdasarkan jenis hambatan, preferensi belajar, serta riwayat interaksi pengguna [1], [2]. Perkembangan AI generatif juga mempercepat perubahan cara belajar, mengajar, dan melakukan asesmen karena sistem dapat menghasilkan penjelasan, latihan, respons percakapan, dan konten adaptif secara dinamis [3].

Meskipun demikian, penggunaan AI pada pendidikan inklusif tidak dapat hanya dipandang sebagai persoalan teknis. Sistem pembelajaran yang terlalu berorientasi pada otomasi berpotensi menimbulkan bias algoritmik, ketidakadilan akses, pelanggaran privasi, keputusan yang tidak transparan, dan ketergantungan berlebihan pada rekomendasi mesin. Di samping itu, masifnya penggunaan AI Generatif juga membawa ancaman serius berupa halusinasi data, di mana sistem menghasilkan informasi yang keliru atau bias namun disajikan secara sangat meyakinkan. Bagi kelompok disabilitas, risiko halusinasi ini menjadi jauh lebih fatal karena mereka mungkin memiliki hambatan kognitif atau sensorik dalam memvalidasi kebenaran informasi secara mandiri. Risiko tersebut semakin penting bagi kelompok disabilitas karena profil belajar mereka lebih beragam dan sering kali membutuhkan aksesibilitas khusus. Studi tentang pembelajaran adaptif berbasis AI bagi peserta didik disabilitas menunjukkan potensi personalisasi yang kuat, tetapi penerapan tersebut harus dikawal oleh prinsip aksesibilitas, etika, dan kontrol manusia [4], [5]. Jika sistem AI tidak dirancang secara inklusif, AI dapat menjadi alat pemerataan, tetapi juga dapat berubah menjadi penghalang baru bagi kelompok rentan [6].

Dalam bidang sistem informasi, pengembangan framework perlu dibangun melalui alur yang dapat ditelusuri dari masalah, bukti literatur, hasil analisis, sampai rancangan komponen. Pendekatan tinjauan sistematis dapat digunakan untuk menyaring literatur yang relevan, sedangkan pendekatan arsitektur sistem informasi membantu memastikan bahwa komponen framework memiliki hubungan fungsional yang jelas [7], [8]. Oleh karena itu, artikel ini tidak hanya memetakan tren AI untuk pembelajaran inklusif, tetapi juga mengembangkan kerangka tata kelola yang menjelaskan mengapa setiap lapisan framework diperlukan.

Berbagai studi terdahulu telah mengusulkan penerapan AI dalam pendidikan khusus dan pembelajaran adaptif [1], [2], [3]. Namun, mayoritas sistem tersebut masih berfokus pada efektivitas teknis algoritma personalisasi tanpa mempertimbangkan dimensi tata kelola etis secara terintegrasi bagi kelompok rentan [4], [7]. Kerangka kerja yang ada saat ini sering kali memisahkan antara teknis personalisasi, adaptasi aksesibilitas, dan kontrol etika, sehingga menyisakan kekosongan (research gap) dalam mitigasi bias sistematis [5], [6]. Oleh karena itu, kehadiran kerangka tata kelola baru sangat mendesak untuk menjembatani celah tersebut dengan menyatukan mesin pemroses, adaptasi inklusif, dan kontrol pengawasan dalam satu arsitektur terpadu.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merumuskan Personalized Learning Governance Framework (PLGF) untuk literasi digital inklusif. Framework ini diarahkan untuk menjawab tiga kebutuhan utama. Pertama, sistem harus memahami variasi profil peserta didik disabilitas sebagai dasar personalisasi. Kedua, hasil personalisasi harus diterjemahkan ke dalam bentuk aksesibilitas yang dapat digunakan oleh pengguna dengan hambatan visual, auditori, motorik, kognitif, maupun neurodevelopmental. Ketiga, seluruh proses AI harus dikendalikan oleh tata kelola yang mencakup privasi, keadilan, transparansi, human oversight, persetujuan pengguna, dan audit trail. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini adalah menyajikan sintesis PRISMA dan Biblioshiny serta framework konseptual yang kokoh karena setiap komponen framework diturunkan secara langsung dari temuan literatur dan gap bibliometrik.

2 Tinjauan Literatur

2.1 Penelitian Terdahulu

Perkembangan kecerdasan buatan (artificial intelligence/ AI) dalam pendidikan telah mendorong transformasi pembelajaran menuju pendekatan yang lebih personal, adaptif, dan berbasis data. Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa AI memiliki kemampuan untuk mendukung personalisasi pembelajaran melalui rekomendasi materi, prediksi perilaku belajar, adaptasi jalur pembelajaran, dan pemberian umpan balik secara otomatis. Namun demikian, implementasi AI dalam pendidikan inklusif masih menghadapi berbagai tantangan terkait aksesibilitas, etika, transparansi, dan tata kelola sistem.

Penelitian oleh Alkan [1] menunjukkan bahwa AI berpotensi meningkatkan kualitas pembelajaran bagi peserta didik berkebutuhan khusus melalui dukungan adaptif berdasarkan karakteristik individual pengguna. Penelitian tersebut menekankan bahwa teknologi AI dapat memperluas kesempatan belajar yang lebih inklusif, tetapi belum membahas mekanisme tata kelola sistem secara komprehensif.

Roski et al. [2] mengembangkan pendekatan learning analytics berbasis Universal Design for Learning (UDL) untuk mengidentifikasi kebutuhan belajar peserta didik yang beragam melalui analisis data interaksi pembelajaran. Studi ini berkontribusi dalam aspek personalisasi berbasis data, tetapi belum mengintegrasikan dimensi etika dan pengawasan AI dalam satu arsitektur pembelajaran.

Pada sisi teknologi generatif, Wang dan Sun [3] mengulas transformasi pendidikan digital melalui generative artificial intelligence yang memungkinkan sistem menghasilkan materi, asesmen, dan respons pembelajaran secara dinamis. Temuan tersebut menunjukkan peluang besar AI generatif dalam pendidikan, namun juga memunculkan risiko validitas informasi, bias sistem, dan akuntabilitas keputusan otomatis.

Farhah et al. [4] mengkaji penerapan generative AI untuk mendukung pembelajaran adaptif peserta didik disabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa AI mampu menghasilkan dukungan belajar yang lebih personal, tetapi implementasinya tetap membutuhkan pengawasan manusia dan mekanisme evaluasi yang berkelanjutan agar tidak menimbulkan eksklusi digital.

Voultziou dan Moussiades [5] melakukan tinjauan sistematis mengenai penerapan AI, virtual reality, dan large language model pada pendidikan khusus. Studi tersebut menemukan bahwa mayoritas implementasi masih terfragmentasi antara aspek teknologi, aksesibilitas, dan etika, sehingga belum menghasilkan model tata kelola terpadu bagi pendidikan inklusif.

Sementara itu, Mohamad et al. [6] menyoroti bahwa AI dapat berfungsi sebagai alat pemerataan pendidikan sekaligus berpotensi menciptakan hambatan baru terhadap inklusi apabila pengembangan sistem hanya menitikberatkan pada performa algoritma tanpa mempertimbangkan prinsip keadilan, transparansi, privasi, dan aksesibilitas.

Secara umum, penelitian-penelitian terdahulu telah berupaya menyelesaikan permasalahan personalisasi pembelajaran, adaptasi teknologi pendidikan, aksesibilitas disabilitas, dan penerapan AI dalam pendidikan inklusif. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada efektivitas teknis algoritma, pembelajaran adaptif, atau teknologi aksesibilitas secara parsial dan belum mengintegrasikan keseluruhan komponen ke dalam suatu kerangka tata kelola sistem informasi yang komprehensif.

2.2 State of the Art dan Novelty Penelitian

Berdasarkan hasil kajian riset terdahulu, research gap penelitian ini tidak hanya terletak pada belum disebutkannya lima komponen PLGF secara bersamaan, tetapi pada belum adanya arsitektur sistem informasi yang menghubungkan kelima komponen tersebut secara fungsional, kausal, dan dapat diaudit. Penelitian terdahulu telah membahas AI untuk pendidikan khusus [1], learning analytics dan Universal Design for Learning [2], generative AI dalam pendidikan digital [3], dukungan adaptif bagi peserta didik disabilitas [4], serta tantangan AI, VR, dan LLM dalam pendidikan khusus [5]. Namun, komponen personalisasi, aksesibilitas, kontrol etika, dan evaluasi luaran umumnya masih dibahas secara parsial sehingga belum membentuk model tata kelola pembelajaran personal yang terpadu.

Arah penelitian saat ini (state of the art) diarahkan pada pengembangan Personalized Learning Governance Framework (PLGF) sebagai model sistem informasi untuk mendukung literasi digital

inklusif berbasis artificial intelligence. Untuk menjaga konsistensi istilah, nama lima komponen utama PLGF dalam artikel ini dipertahankan seluruhnya dalam Bahasa Inggris, yaitu learner disability profile input, machine learning personalization engine, inclusive accessibility adaptation, governance and ethical control center, dan digital literacy outcome evaluation, sedangkan penjelasan konseptualnya disajikan dalam Bahasa Indonesia.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka tata kelola pembelajaran personal (personalized learning governance) yang menghubungkan aspek personalisasi AI, aksesibilitas inklusif, kontrol etika, transparansi keputusan, dan evaluasi dampak literasi digital ke dalam satu arsitektur sistem informasi yang runtut, dapat diaudit, dan berkelanjutan. Dengan demikian, PLGF berbeda dari studi terdahulu yang hanya menekankan performa algoritma, media pembelajaran adaptif, atau aksesibilitas secara terpisah. Posisi komparatif penelitian terdahulu dan kontribusi PLGF ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Komparasi state of the art dan posisi PLGF

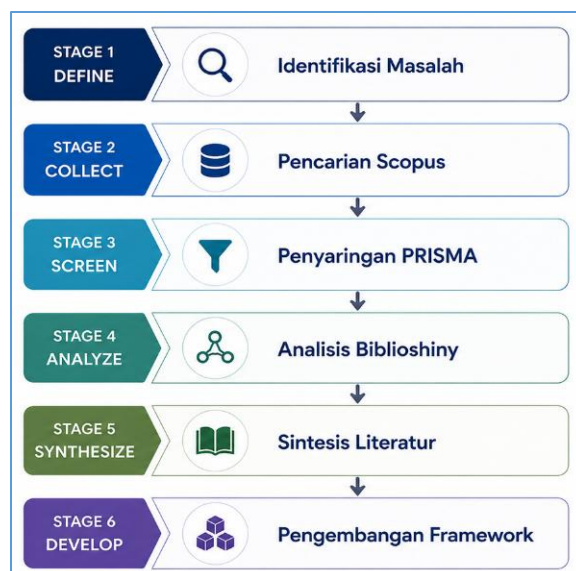
Area penelitian terdahulu	Fokus utama	Keterbatasan yang teridentifikasi	Posisi PLGF yang diusulkan
AI dalam pendidikan khusus [1]	Dukungan adaptif bagi peserta didik berkebutuhan khusus.	Belum menjelaskan mekanisme tata kelola sistem secara komprehensif.	Menempatkan learner disability profile input sebagai dasar personalisasi yang dikendalikan.
Learning analytics dan UDL [2]	Analisis data interaksi untuk mengenali kebutuhan belajar yang beragam.	Belum mengintegrasikan personalisasi, aksesibilitas, dan pengawasan etis dalam satu arsitektur.	Menghubungkan machine learning personalization engine dengan inclusive accessibility adaptation.
Generative AI dalam pendidikan [3], [4]	Pembuatan konten, umpan balik, dan dukungan belajar yang dinamis.	Masih memiliki risiko validitas informasi, bias, dan ketergantungan pada otomasi.	Menambahkan governance and ethical control center melalui transparansi, human oversight, consent, dan audit trail.
AI, VR, dan LLM untuk pendidikan khusus [5]	Pemanfaatan teknologi cerdas dan imersif dalam pendidikan inklusif.	Aspek teknologi, aksesibilitas, dan etika masih terfragmentasi.	Menyatukan personalisasi, adaptasi aksesibilitas, kontrol etika, dan evaluasi outcome dalam PLGF.
AI untuk keadilan dan inklusi [6]	Kritik terhadap risiko AI sebagai penghalang inklusi.	Belum menyediakan rancangan operasional sistem informasi yang dapat diaudit.	Menerjemahkan prinsip inklusi ke dalam digital literacy outcome evaluation dan mekanisme feedback loop.

Berdasarkan komparasi tersebut, gap penelitian dapat ditegaskan sebagai kekosongan integrasi arsitektural: belum ada framework yang menjadikan profil disabilitas sebagai input, mengolahnya melalui personalisasi berbasis AI, menerjemahkannya ke dalam adaptasi aksesibilitas, mengendalikannya melalui tata kelola etis, dan mengevaluasi dampaknya terhadap literasi digital dalam satu siklus sistem informasi yang terpadu. Oleh karena itu, kontribusi utama artikel ini adalah merumuskan PLGF sebagai kerangka konseptual yang menyatukan dimensi teknis, aksesibilitas, dan tata kelola dalam satu alur desain yang dapat ditelusuri.

3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metodologi hibrida yang menggabungkan metode Systematic Literature Review (SLR) untuk ekstraksi data dan pendekatan Arsitektur Sistem Informasi untuk merancang kerangka konseptualnya [7], [8]. Seluruh alur kerja penelitian dikembangkan secara

berurutan dan ketat dalam enam fase kerja sekuensial guna memastikan keterlacakan metodologis yang utuh. Struktur metodologis terperinci yang diadopsi dari model referensi pada Gambar 1 diuraikan secara operasional dalam aspek aktivitas dan keluarannya pada Tabel 1.



Gambar 1 Kerangka tahapan penelitian

Penggabungan metode ini ditujukan agar setiap keputusan desain framework memiliki fondasi literatur yang kuat sekaligus struktur sistem yang fungsional dan terarah. PRISMA digunakan untuk memastikan proses seleksi artikel berlangsung transparan [9], sedangkan Biblioshiny digunakan untuk memetakan performa publikasi, co-occurrence network, thematic map, dan trend topics [10].

Tabel 2 Tahapan penelitian

Stage / Phase	Research Process	Key Activities / Outputs
Phase 1: Define	Identifikasi Masalah	• Studi pendahuluan mengenai risiko etis implementasi AI bagi disabilitas. • Identifikasi kesenjangan (research gap) tata kelola dalam sistem informasi. • Perumusan pertanyaan penelitian terkait kebutuhan integrasi arsitektur. • Penetapan tujuan dan ruang lingkup pengembangan framework PLGF.
Phase 2: Collect	Pencarian Scopus	• Perumusan kata kunci utama dan sinonim terstandar (AI, personalized learning, dll). • Penggunaan operator Boolean untuk membentuk string pencarian spesifik. • Pembatasan kriteria pencarian berdasarkan rentang tahun (2023–2026), tipe dokumen, dan bahasa. • Ekspor metadata hasil pencarian dari basis data Scopus ke format CSV.
Phase 3: Screen	Penyaringan PRISMA	• Identification: Pencatatan total rekod awal hasil ekstraksi metadata Scopus. • Screening: Melakukan skrining judul, abstrak, dan kata kunci untuk menyaring artikel. • Eligibility: Penilaian kelayakan naskah secara penuh (full-text) berdasarkan kriteria inklusi.

Stage / Phase	Research Process	Key Activities / Outputs
Phase 4: Analyze	Analisis Biblioshiny	• Included: Penetapan jumlah akhir studi yang diloloskan untuk analisis. • Analisis tren publikasi secara berkala (time series harian/tahunan). • Analisis produktivitas ilmiah berdasarkan kontribusi penulis, sumber jurnal, dan negara. • Pemetaan jaringan kolaborasi antar-penulis (co-authorship network). • Pemetaan keterhubungan topik menggunakan jaringan ko-kemunculan kata kunci (co-occurrence). • Visualisasi peta tematik (thematic map dan thematic evolution) serta analisis sitasi.
Phase 5: Synthesize	Sintesis Literatur	• Ekstraksi temuan-temuan utama dari subset artikel hasil penyaringan PRISMA. • Klasifikasi tema mendalam dan sub-tema aplikasi AI inklusif. • Pemetaan hubungan konseptual antar-komponen sistem informasi. • Konfirmasi final mengenai letak research gap untuk membenarkan kebutuhan intervensi. • Perumusan implikasi teoretis dan praktis dari sintesis yang dilakukan.
Phase 6: Develop	Pengembangan Framework	• Perumusan komponen dan dimensi penyusun arsitektur sistem. • Integrasi hubungan struktural antar-konstruksi tata kelola, teknologi, dan pengguna. • Validasi konseptual berbasis landasan literatur empiris yang kokoh. • Visualisasi akhir arsitektur framework PLGF beserta implikasi luaran (Outcome).

Berdasarkan hasil seleksi PRISMA, dataset akhir yang digunakan untuk Biblioshiny bukan seluruh 196 artikel awal, melainkan 97 artikel yang telah lolos seleksi. Alur ini penting karena hasil bibliometrik akan lebih spesifik terhadap fokus penelitian dan tidak tercampur dengan artikel yang berada di luar konteks PLGF.

4 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis dari dataset artikel yang telah disaring melalui PRISMA dan diolah menggunakan Biblioshiny secara bertahap sesuai penugasan kerja pada Phase 4: Analyze [10]. Pembahasan difokuskan pada karakteristik dataset, tren bibliometrik, pemetaan tema penelitian, research gap, serta dasar penyusunan framework.

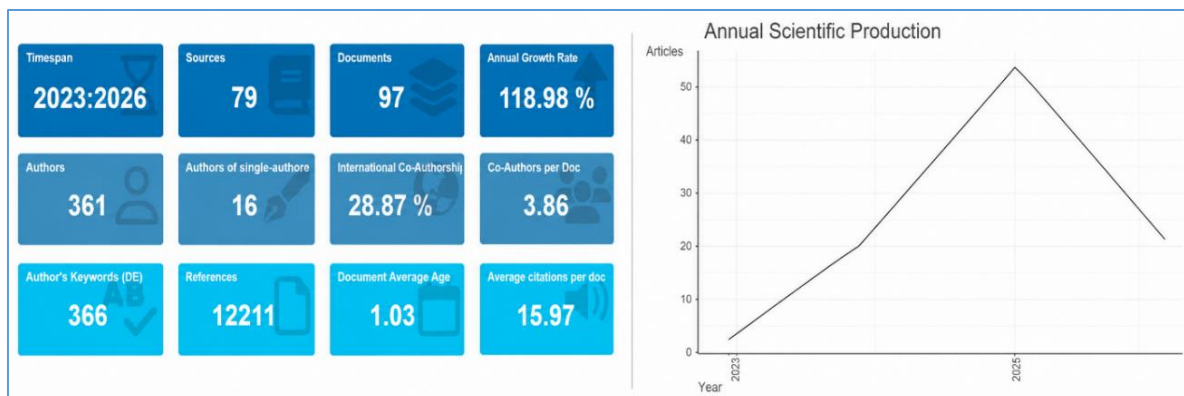
4.1 Karakteristik Dataset Bibliometrik

Dataset final berisi 97 dokumen dari 79 sumber publikasi dengan rentang tahun 2023-2026. Sebagaimana diilustrasikan komparatif dalam Gambar 2, dataset ini melibatkan 361 penulis, 366 author keywords, 12.211 referensi, document average age sebesar 1,03 tahun, average citations per document sebesar 15,97, co-authors per document sebesar 3,86, dan international co-authorship sebesar 28,87%.

Annual growth rate sebesar 118,98% menunjukkan bahwa topik AI, personalized learning, inclusive education, dan governance sedang mengalami akselerasi yang sangat kuat. Produksi tahunan memperlihatkan peningkatan dari tahun 2023 ke 2025, sementara angka tahun 2026 menunjukkan tren

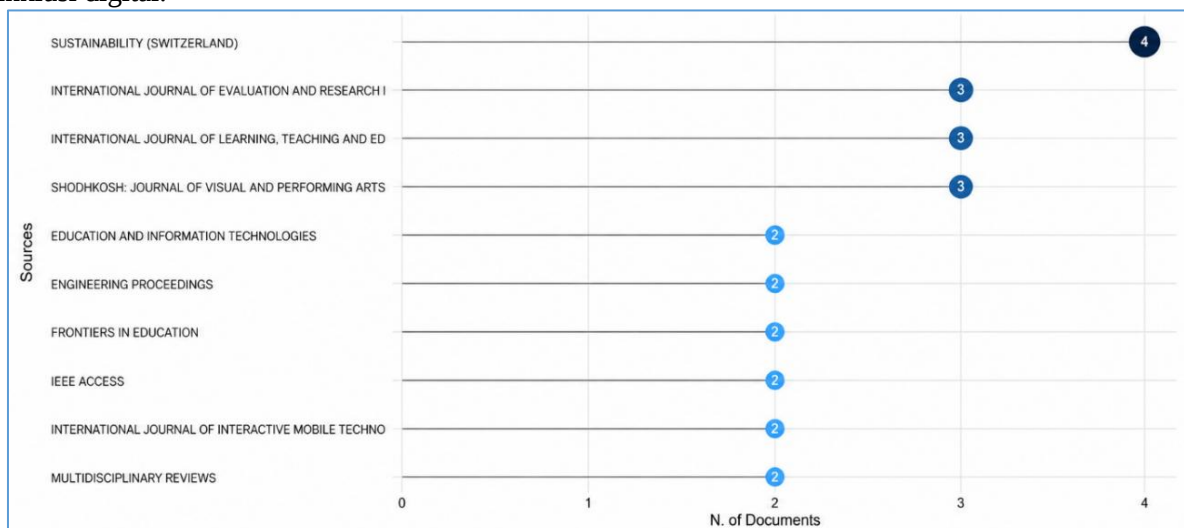
<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

berjalan mengingat tahun publikasi bersangkutan belum sepenuhnya selesai. Panel kiri gambar tersebut merekam ringkasan karakteristik data secara struktural, sedangkan panel kanan melacak grafik perkembangan kuantitas publikasi ilmiah dari tahun ke tahun.



Gambar 2 Ringkasan karakteristik dataset bibliometrik dan tren produksi ilmiah tahunan periode 2023–2026

Penyebaran artikel pada jurnal publikasi dievaluasi untuk memetakan produktivitas sumber. Hasil pemetaan yang tertuang pada Gambar 3 menunjukkan konsentrasi tertinggi berturut-turut pada Sustainability (Switzerland), International Journal of Evaluation and Research in Education, International Journal of Learning, Teaching and Educational Research, serta ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts. Distribusi ini membuktikan bahwasanya klaster keilmuan riset ini berada tepat pada irisan sistem informasi, teknologi pendidikan, evaluasi pembelajaran, keberlanjutan, dan inklusi digital.

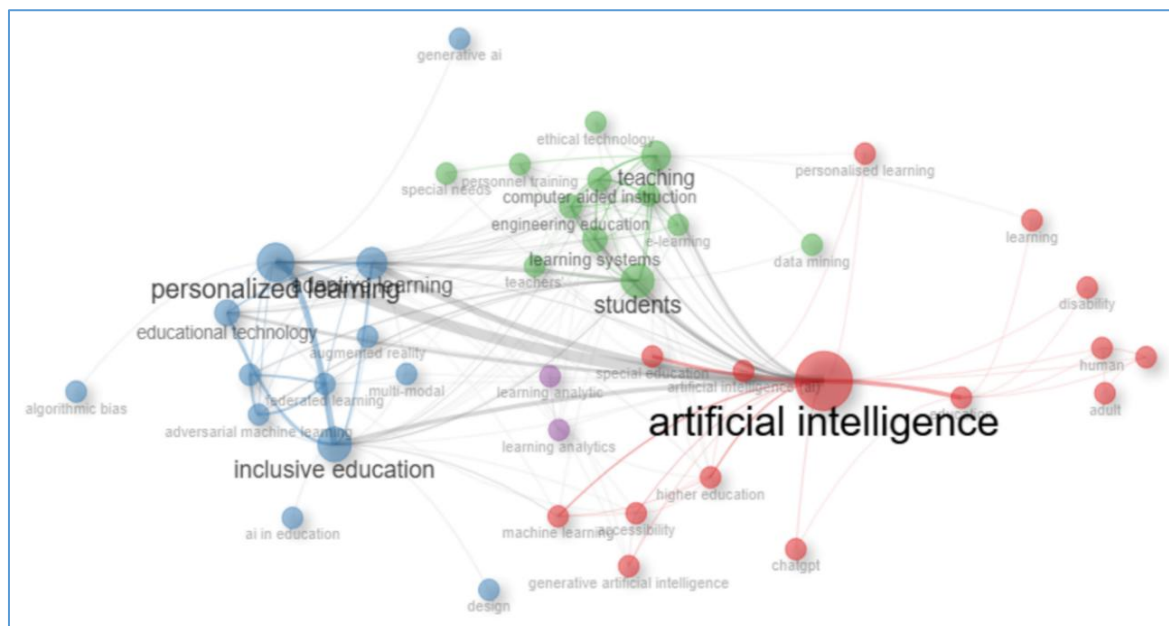


Gambar 3 Sumber publikasi paling relevan berdasarkan jumlah dokumen dalam dataset bibliometrik

4.2 Co-occurrence Network, Thematic Map, dan Trend Topics

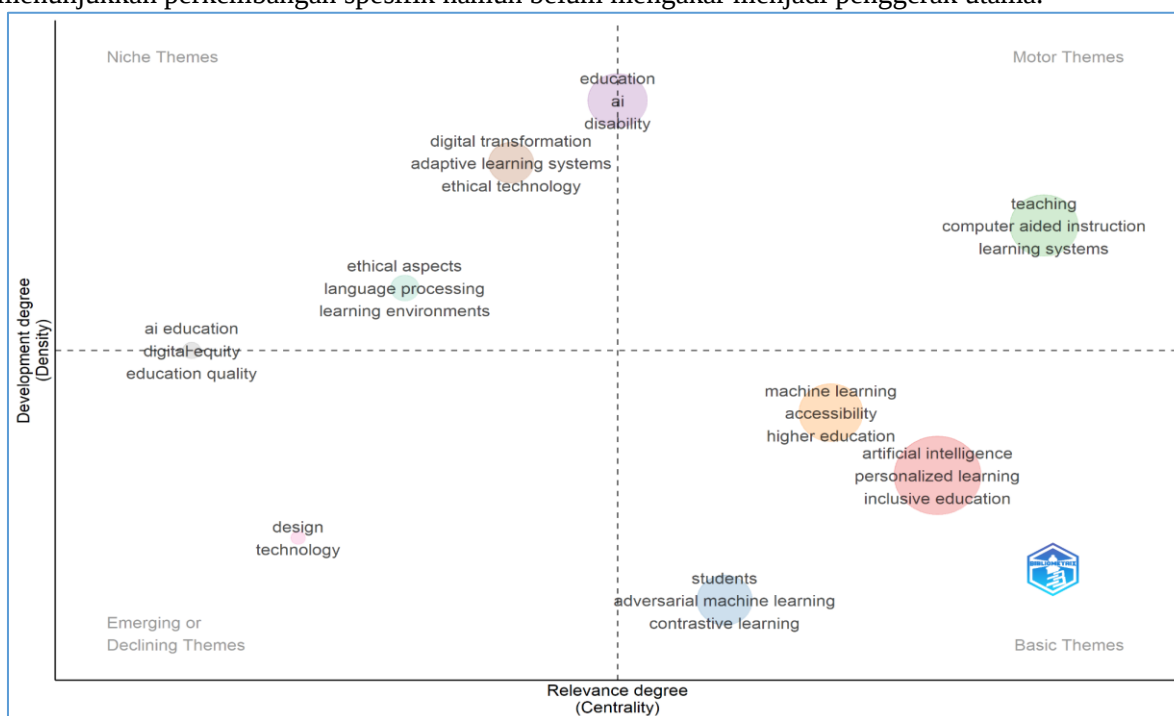
Co-occurrence network kata kunci yang dianalisis pada bab ini memperlihatkan bentuk jalinan interaksi antarkonsep secara visual pada Gambar 4. Terdapat beberapa simpul utama yang mendominasi ukuran jaringan, yaitu artificial intelligence, personalized learning, inclusive education, students, teaching, dan learning systems. Simpul artificial intelligence muncul sebagai node terbesar dan berhubungan langsung dengan sub-topik machine learning, generative artificial intelligence, ChatGPT, higher education, accessibility, human, disability, dan adult. Sementara itu, personalized learning dan inclusive education berada pada klaster yang berdekatan dengan educational technology, federated learning, adversarial machine learning, dan algorithmic bias. Temuan kualitatif ini mengindikasikan bahwa isu personalisasi, inklusi, aksesibilitas, dan risiko algoritmik mulai saling

terhubung secara spasial, tetapi belum sepenuhnya dibingkai sebagai kesatuan tata kelola yang terpadu.



Gambar 4 Co-occurrence network kata kunci

Karakteristik hubungan makro tersebut dipertegas secara matematis melalui Thematic Map (berdasarkan derajat sentralitas dan densitas tema) pada Gambar 5. Tema teaching, computer aided instruction, dan learning systems mapan menempati wilayah Motor Themes. Tema artificial intelligence, personalized learning, dan inclusive education berada pada area Basic Themes sehingga sangat relevan bagi bidang ini, tetapi masih membutuhkan pengembangan konseptual yang jauh lebih matang. Tema education, AI, dan disability berada pada Niche Themes, sedangkan komponen digital transformation, adaptive learning systems, dan ethical technology berada pada area marginal yang menunjukkan perkembangan spesifik namun belum mengakar menjadi penggerak utama.



Gambar 5 Thematic map penelitian ai, personalized learning, dan inclusive education

Analisis pergerakan kata kunci secara kronologis pada Gambar 6 menunjukkan bahwasanya learning systems, learning analytics, dan generative artificial intelligence bergerak secara kuat dan masif menuju tahun 2026. Konfigurasi ini menjadi landasan argumentasi kokoh bahwasanya governance harus diletakkan sebagai layer inti arsitektur, sebab evolusi kemajuan topik teknologi murni berlangsung berlipat ganda lebih cepat daripada penguatan mekanisme kendali etis dan regulasi tata kelola sistem informasi.



Gambar 6 Trend topics penelitian periode 2023–2026

4.3 Sintesis Literatur dan Research Gap

Melalui pengerjaan Phase 5: Synthesize. Sintesis literatur terhadap 97 artikel menunjukkan lima kelompok temuan. Pertama, AI dalam pendidikan khusus memberikan peluang untuk membantu peserta didik berkebutuhan khusus melalui rekomendasi, dukungan belajar, dan adaptasi pembelajaran [1], [4], [5]. Kedua, pendekatan learning analytics dan Universal Design for Learning (UDL) menegaskan bahwa data interaksi belajar dapat digunakan untuk mengenali kebutuhan peserta didik yang berbeda [2]. Ketiga, AI generatif, ChatGPT, dan teknologi percakapan membuka peluang pembelajaran dialogis dan otomatis, tetapi memunculkan isu validitas, etika, dan akuntabilitas [3], [11], [12], [13], [14]. Keempat, aksesibilitas digital perlu diterjemahkan ke dalam desain multimodal agar hasil personalisasi benar-benar dapat digunakan oleh peserta didik dengan hambatan visual, auditori, motorik, dan kognitif [15], [16], [17]. Kelima, isu fairness, bias, keadilan global, dan inclusion barrier memperlihatkan bahwa pengembangan AI pendidikan tidak cukup hanya mengejar akurasi model, tetapi harus dilengkapi mekanisme tata kelola [6], [18], [19].

Proses komparasi antar-konsep ini mengonfirmasi letak research gap (kesenjangan riset) utama: belum adanya framework arsitektur sistem informasi yang mengintegrasikan profil disabilitas, mesin personalisasi AI, adaptasi aksesibilitas, pengendalian etika, dan evaluasi outcome literasi digital dalam satu arsitektur terpadu yang runtut dan kausal. Gap tersebut bukan sekadar kekurangan komponen konseptual, melainkan kekosongan hubungan operasional antar-komponen: data profil peserta didik belum secara eksplisit ditautkan dengan mekanisme personalisasi, hasil personalisasi belum selalu diterjemahkan ke dalam adaptasi aksesibilitas, dan proses AI belum dikawal oleh kontrol etika serta audit trail yang melekat pada seluruh siklus sistem. Celah teoritis dan praktis inilah yang diisi dan dijawab oleh penelitian ini melalui perancangan PLGF.

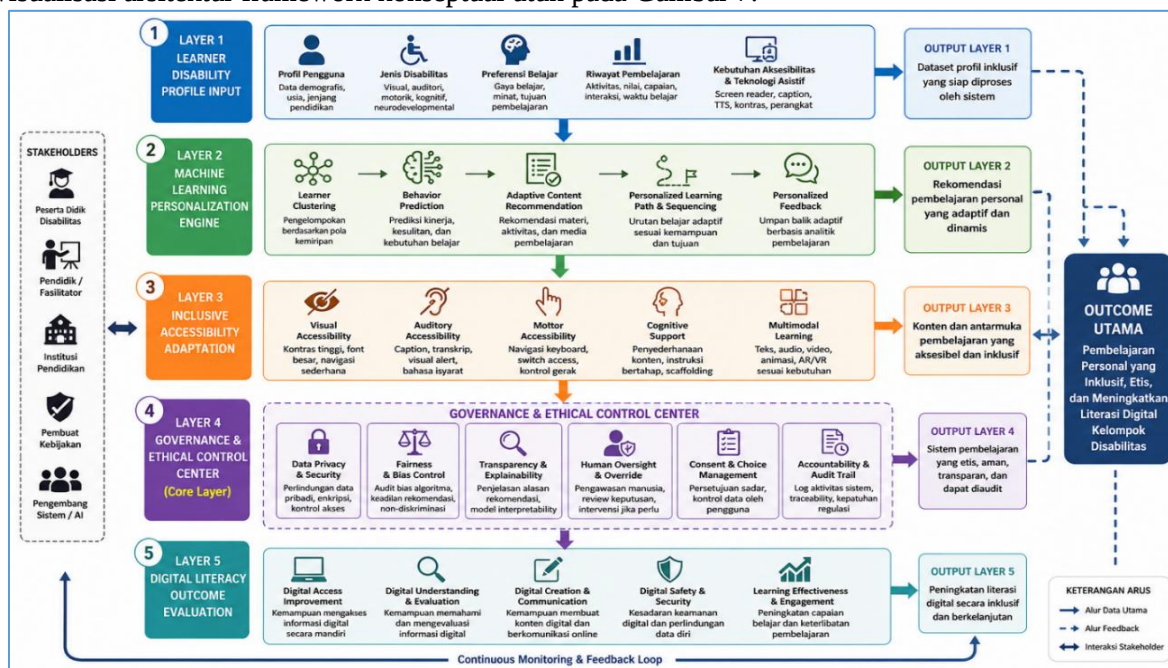
4.4 Usulan Personalized Learning Governance Framework

Masuk pada Phase 6: Develop, perumusan komponen dan dimensi framework konseptual dibangun secara linear berdasarkan hasil konfirmasi gap di fase sebelumnya. Komponen struktural sistem diturunkan secara empiris melalui logika pembentukan komponen sistem informasi yang disajikan pada Tabel 3. Nama komponen PLGF pada kolom terakhir dipertahankan dalam Bahasa Inggris secara konsisten agar selaras dengan abstrak, kerangka visual, dan istilah konseptual yang digunakan dalam literatur internasional.

Tabel 3 Logika pembentukan komponen PLGF

Temuan Empiris	Masalah Desain	Keputusan Framework	Komponen PLGF
Profil pengguna disabilitas sangat beragam.	Sistem tidak dapat memakai pendekatan one-size-fits-all.	Data profil harus menjadi input utama.	Learner disability profile input
AI dan personalized learning menjadi node besar.	Personalisasi membutuhkan mesin analitik.	AI/ML digunakan untuk pengelompokan, prediksi, rekomendasi, dan umpan balik.	Machine learning personalization engine
Inclusive education dan accessibility muncul dalam jaringan.	Rekomendasi AI belum tentu dapat diakses.	Output AI harus diterjemahkan ke aksesibilitas visual, auditori, motorik, kognitif, dan multimodal.	Inclusive accessibility adaptation
Ethical technology dan algorithmic bias muncul tetapi belum dominan.	AI dapat menimbulkan bias, risiko privasi, dan keputusan tidak transparan.	Governance dijadikan core layer yang mengontrol seluruh proses.	Governance and ethical control center
Learning systems dan learning analytics menjadi tren.	Sistem harus mengukur dampak, bukan hanya memberi rekomendasi.	Outcome literasi digital dievaluasi dan menjadi feedback loop.	Digital literacy outcome evaluation

Seluruh perancangan dimensi komponen pada Tabel 3 kemudian diwujudkan ke dalam bentuk visualisasi arsitektur framework konseptual utuh pada Gambar 7.



Gambar 7 Personalized learning governance framework untuk literasi digital inklusif berbasis machine learning

Framework ini terdiri atas 5 lapisan operasional utama: Layer 1: learner disability profile input menghasilkan dataset profil inklusif yang siap diproses oleh sistem. Dataset ini mencakup profil pengguna, jenis disabilitas, preferensi belajar, riwayat pembelajaran, serta kebutuhan aksesibilitas dan teknologi asistif. Data tersebut menjadi dasar agar sistem tidak menghasilkan rekomendasi yang bersifat umum, tetapi sesuai dengan kondisi dan kebutuhan peserta didik disabilitas.

Selanjutnya, Layer 2: machine learning personalization engine mengubah profil tersebut menjadi rekomendasi pembelajaran personal yang adaptif dan dinamis. Proses ini dilakukan melalui learner clustering, behavior prediction, adaptive content recommendation, personalized learning path and sequencing, serta personalized feedback. Dengan mekanisme ini, sistem tidak hanya memilih materi pembelajaran, tetapi juga menyusun jalur belajar, memprediksi kebutuhan peserta didik, dan memberikan umpan balik sesuai perkembangan belajar.

Hasil personalisasi dari Layer 2 kemudian diterjemahkan oleh Layer 3: inclusive accessibility adaptation menjadi konten dan antarmuka yang aksesibel. Layer ini mencakup visual accessibility, auditory accessibility, motor accessibility, cognitive support, dan multimodal learning. Dengan demikian, personalisasi tidak berhenti pada rekomendasi algoritmik, tetapi diwujudkan dalam pengalaman belajar yang dapat digunakan oleh peserta didik dengan hambatan visual, auditori, motorik, kognitif, maupun kebutuhan belajar multimodal.

Layer 4: governance and ethical control center ditempatkan sebagai core layer karena berfungsi mengendalikan seluruh proses AI dalam framework. Layer ini mencakup data privacy and security, fairness and bias control, transparency and explainability, human oversight and override, consent and choice management, serta accountability and audit trail. Layer ini bersifat lintas-proses karena kontrol etis harus hadir sejak tahap input data, pemrosesan AI, adaptasi aksesibilitas, sampai evaluasi outcome untuk mencegah risiko bias, pelanggaran privasi, dan keputusan yang tidak transparan [5], [6].

Sebagai contoh skenario teknis, jika machine learning personalization engine pada Layer 2 merekomendasikan konten berbasis podcast tanpa transkrip kepada peserta didik dengan hambatan pendengaran, maka mekanisme human oversight and override pada Layer 4 dapat mendeteksi ketidaksesuaian tersebut dan memberikan peringatan kepada pendidik untuk melakukan intervensi manual [4], [6]. Sistem kemudian dapat merutekan ulang luaran ke Layer 3 agar konten dilengkapi transkrip, caption, atau bentuk aksesibilitas visual lainnya [11], [17]. Mekanisme ini menunjukkan bahwa AI tidak dibiarkan bekerja secara otomatis tanpa pengawasan, terutama ketika rekomendasi berpotensi menimbulkan bias, eksklusif, atau ketidaksesuaian kebutuhan pengguna [5], [7].

Terakhir, Layer 5: digital literacy outcome evaluation mengukur dampak sistem terhadap peningkatan literasi digital peserta didik disabilitas. Evaluasi dilakukan melalui digital access improvement, digital understanding and evaluation, digital creation and communication, digital safety and security, serta learning effectiveness and engagement. Keberadaan stakeholder dan continuous monitoring and feedback loop menunjukkan bahwa PLGF merupakan arsitektur sosioteknikal yang terus diperbarui berdasarkan hasil evaluasi, validasi pendidik, kebutuhan institusi, pengawasan kebijakan, dan pengembangan sistem secara berkelanjutan.

4.5 Implikasi

Secara teoretis, PLGF memperluas kajian sistem informasi pendidikan dengan menempatkan AI sebagai bagian dari sistem tata kelola, bukan hanya alat prediksi. Framework ini menyatukan prinsip personalized learning, learning analytics, aksesibilitas, dan responsible AI dalam satu alur yang dapat diaudit. Secara praktis, PLGF dapat digunakan oleh institusi pendidikan, pengembang aplikasi, pendidik, dan pembuat kebijakan untuk merancang sistem pembelajaran digital yang adaptif tetapi tetap aman dan akuntabel. Framework ini juga relevan dengan kebutuhan digital inclusion karena tidak mengasumsikan bahwa seluruh peserta didik memiliki akses, kemampuan, dan hambatan belajar yang sama [20], [21], [22].

Kelebihan PLGF terletak pada keterlacakan desainnya. Setiap layer memiliki dasar empiris dari PRISMA, Biblioshiny, dan sintesis literatur. Hal ini penting untuk mengurangi potensi revisi reviewer karena usulan framework tidak hanya berupa gambar konseptual, tetapi memiliki argumen metodologis, evidence bibliometrik, gap, dan logika komponen. Namun, penelitian ini masih bersifat konseptual sehingga validasi empiris melalui expert judgment, focus group discussion, prototype testing, dan evaluasi pengguna disabilitas perlu dilakukan pada penelitian lanjutan.

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

5 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merumuskan Personalized Learning Governance Framework (PLGF) untuk mendukung akselerasi literasi digital inklusif berbasis AI melalui metode terstruktur yang mengalir linear dari Phase 1 hingga Phase 6 dengan mengintegrasikan bukti bibliometrik dari 97 artikel akhir Scopus yang memiliki pertumbuhan minat riset sangat tinggi dengan annual growth rate sebesar 118,98%. PLGF berhasil menutup celah keterpisahan (research gap) antara kecanggihan algoritma personalisasi cerdas dengan urgensi kontrol etika bagi kelompok rentan melalui pengorganisasian arsitektur lima lapisan terpadu, yaitu learner disability profile input, machine learning personalization engine, inclusive accessibility adaptation, governance and ethical control center, dan digital literacy outcome evaluation. Framework konseptual ini memastikan bahwasanya pengoperasian otomasi cerdas machine learning wajib dikendalikan secara transparan, dapat diintervensi oleh manusia, serta diukur dampaknya secara berkelanjutan. Sebagai tindak lanjut langsung untuk mengatasi keterbatasan model yang saat ini masih bersifat teoritis dan belum diimplementasikan secara nyata, agenda penelitian lanjutan direkomendasikan secara mutlak untuk berfokus pada tahapan evaluasi empiris di lapangan, yang mencakup pelaksanaan validasi konsensus pakar melalui mekanisme expert judgment dan Focus Group Discussion (FGD), serta pengembangan purwarupa aplikasi terapan (software prototyping) guna menguji performa teknis beserta aspek keterpakaian (usability testing) secara nyata melibatkan interaksi langsung dari peserta didik disabilitas dan komunitas pendidik..

Referensi

- [1] A. Alkan, "The Role of Artificial Intelligence in the Education of Students with Special Needs," *International Journal of Technology in Education and Science*, Vol. 8, No. 4, pp. 542–557, 2024, DOI: 10.46328/ijtes.569.
- [2] M. Roski, R. Sebastian, R. Ewerth, A. Hoppe, and A. Nehring, "Learning Analytics and the Universal Design for Learning (UDL): A Clustering Approach," *Comput. Educ.*, Vol. 214, 2024, DOI: 10.1016/j.compedu.2024.105028.
- [3] G. Wang and F. Sun, "A Review of Generative AI in Digital Education: Transforming Learning, Teaching, and Assessment," *International Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 26, No. 19, pp. 102–127, 2025, DOI: 10.1504/IJICT.2025.146701.
- [4] N. S. Farhah, A. Wadood, A. A. Alqarni, M. I. Uddin, and T. H. H. Aldhyani, "Enhancing Adaptive Learning with Generative AI for Tailored Educational Support for Students with Disabilities," *Journal of Disability Research*, Vol. 4, No. 3, 2025, DOI: 10.57197/JDR-2025-0012.
- [5] E. Voultsiou and L. Moussiades, "A Systematic Review of AI, VR, and LLM Applications in Special Education: Opportunities, Challenges, and Future Directions," *Educ. Inf. Technol. (Dordr.)*, Vol. 30, No. 13, pp. 19141–19181, 2025, DOI: 10.1007/s10639-025-13550-4.
- [6] A. F. B. N. Mohamad et al., "Artificial Intelligence in Education: A Tool for Equity or a Barrier to Inclusion," *Environment and Social Psychology*, Vol. 10, No. 10, 2025, DOI: 10.59429/esp.v10i10.4016.
- [7] H. Pratama, F. F. Lubis, and J. Sembiring, "Analisis Tipe Data Campuran: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis," *IDEALIS*, Vol. 7, No. 2, pp. 210–218, 2024, DOI: 10.36080/ideal.v7i2.3168.
- [8] E. P. Noman and A. W. R. Emanuel, "Enterprise Architecture Planning pada PT Lingkar Inovasi Nusantara untuk Manajemen Proyek menggunakan Perangkat Lunak Odoo," *IDEALIS*, Vol. 6, No. 2, pp. 211–219, 2023, DOI: 10.36080/ideal.v6i2.3039.
- [9] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews," *BMJ*, Vol. 372, 2021, Doi: 10.1136/bmj.n71.
- [10] M. Aria and C. Cuccurullo, "Bibliometrix: An R-tool for Comprehensive Science Mapping Analysis," *J. Informetr.*, Vol. 11, No. 4, pp. 959–975, 2017, DOI: 10.1016/j.joi.2017.08.007.
- [11] P. A. Valencia-Londoño, H. Cardona-Rodas, and J. A. Jiménez-Builes, "Artificial Intelligence in Education: Advancing Educational Digital Inclusion for Adults Older with Diverse

- Neuromuscular Conditions,” *Front. Educ. (Lausanne).*, Vol. 10, 2025, DOI: 10.3389/feduc.2025.1464030.
- [12] A. Alshahrani, “The impact of ChatGPT on Blended Learning: Current Trends and Future Research Directions,” *International Journal of Data and Network Science*, Vol. 7, No. 4, pp. 2029–2040, 2023, DOI: 10.5267/j.ijdns.2023.6.010.
- [13] D. Tafazoli, “Exploring the Potential of Generative AI in Democratizing English Language Education,” *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Vol. 7, 2024, DOI: 10.1016/j.caeai.2024.100275.
- [14] R. J. Cádiz, “PathRAG Application in Adaptive Learning with Generative AI for Inclusive and Sustainable Education,” *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, Vol. 29, No. 1, pp. 267–297, 2026, DOI: 10.5944/ried.45378.
- [15] M. Barbu, D.-D. Iordache, I. Petre, D.-C. Barbu, and L. Băjenaru, “Framework Design for Reinforcing the Potential of XR Technologies in Transforming Inclusive Education,” *Applied Sciences*, Vol. 15, No. 3, 2025, DOI: 10.3390/app15031484.
- [16] M. R. Mohd Jamil, N. Idris, M. M. Md Zalli, N. M. H. Nek Rakami, and Z. H. Putra, “Transforming Inclusive Digital Pedagogy in Malaysian Tertiary TVET: Adapting to a New Educational Landscape,” *Journal of Technical Education and Training*, Vol. 16, No. 2, pp. 161–170, 2024, DOI: 10.30880/JTET.2024.16.02.014.
- [17] M. R. N. Babu, C. Tungoe, R. Vasanthan, J. Pimple, K. S. Khandare, and L. K. Kalyani, “AI for Accessibility in Digital Media Education,” *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*, Vol. 6, No. 2s, pp. 67–77, 2025, DOI: 10.29121/shodhkosh.v6.i2s.2025.6704.
- [18] L. Li et al., “Unveiling Goods and Bads: A Critical Analysis of Machine Learning Predictions of Standardized Test Performance in Early Childhood Education,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2024, pp. 608–619. DOI: 10.1145/3636555.3636920.
- [19] W. Cong, L. Pek, Z. Yuchen, I. N. A. Latif, Z. Bo, and L. Ming, “Integrating Generative AI in Language Education: A Systematic Review of Pedagogical, Ethical, and Technological Themes,” *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, Vol. 25, No. 2, pp. 577–595, 2026, DOI: 10.26803/ijlter.25.2.26.
- [20] S. Hijazi, M. N. Mokal, A. Halder, V. Victor, and G. John, “AI-and IoT-Driven Mobile Learning Environments: A Framework for Educational Transformation, Workforce Development, and Digital Inclusion,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, Vol. 19, No. 24, pp. 4–17, 2025, DOI: 10.3991/ijim.v19i24.58959.
- [21] K. I. K. Gyonyoru and J. Katona, “Comprehensive Overview of the Concept and Applications of AI-based Adaptive Learning,” *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 22, No. 3, pp. 167–186, 2025, DOI: 10.12700/APH.22.3.2025.3.9.
- [22] A. Vučković and V. Sikimić, “Global Justice and the use of AI in Education: Ethical and Epistemic Aspects,” *AI Soc.*, Vol. 40, No. 4, pp. 3087–3104, 2025, DOI: 10.1007/s00146-024-02076-x.