

Aksesibilitas Peserta Didik Tunanetra Dalam Pembelajaran Berbasis Kecerdasan Artifisial: Kerangka Lima Lapis Hasil Analisis Dokumen

Siti Rachmah^{a,1,*} Hendri Abdul Qohar^{b,2}

^{a, b}Universitas Islam Nusantara Bandung, Indonesia

¹sitirachmah296@gmail.com ²hendri13zuhe@gmail.com

*Correspondent Author; sitirachmah296@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received:

18-07-2026

Revised:

23-09-2026

Accepted:

13-10-2026

Keywords

accessibility; students with visual impairments; artificial intelligence; assistive technology; inclusive learning

ABSTRACT

Artificial intelligence creates opportunities for students with visual impairments to access learning materials in adaptable formats, obtain descriptions of visual information, and receive support that responds to their pace of interaction. The availability of an application, however, does not constitute accessibility. This study analyses the dimensions of accessibility, the barriers that emerge, and the conditions required for meaningful participation in such learning. A qualitative descriptive approach was employed through thematic document analysis of 23 sources, comprising 19 scholarly articles published between 2022 and 2026 and four policy or accessibility-standard documents. The analysis yields a five-layer framework: operability; informational equivalence and modality flexibility; output reliability and verifiability; user competence and pedagogical mediation; and governance and infrastructure. Artificial intelligence can strengthen learning independence, yet it also generates new barriers: unlabeled controls, loss of meaning in visual materials, inaccurate outputs, bias, privacy risks, and unequal access to devices. The framework is offered as an initial audit reference requiring field validation.

ABSTRAK

Kecerdasan artifisial membuka peluang bagi peserta didik tunanetra untuk memperoleh bahan ajar dalam format yang mudah diakses, deskripsi informasi visual, dan dukungan belajar yang menyesuaikan tempo interaksi. Ketersediaan aplikasi, bagaimanapun, tidak dengan sendirinya menjamin aksesibilitas. Penelitian ini menganalisis dimensi aksesibilitas, hambatan yang muncul, dan kondisi yang diperlukan agar pembelajaran berbasis kecerdasan artifisial dapat digunakan secara bermakna. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan analisis dokumen terhadap 23 sumber, terdiri atas 19 artikel ilmiah terbitan 2022–2026 dan empat dokumen kebijakan atau standar aksesibilitas, yang dianalisis secara tematik. Hasil analisis menghasilkan kerangka aksesibilitas lima lapis: keteroperasian antarmuka; kesetaraan informasi dan fleksibilitas modalitas; keandalan serta keterverifikasian keluaran; kompetensi pengguna dan mediasi pedagogis; serta tata kelola dan infrastruktur. Kecerdasan artifisial dapat memperluas kemandirian belajar, tetapi juga menghadirkan hambatan baru berupa kontrol tanpa label, hilangnya makna materi visual, keluaran tidak akurat, bias, risiko privasi, dan kesenjangan perangkat. Kerangka ini ditawarkan sebagai acuan awal audit sekolah yang masih memerlukan pengujian lapangan.

Kata Kunci: aksesibilitas; peserta didik tunanetra; kecerdasan artifisial; teknologi asistif; pembelajaran inklusif

Pendahuluan

Kecerdasan artifisial (KA) semakin hadir dalam kegiatan pendidikan melalui sistem percakapan, pengolah teks, penerjemah, pembaca dokumen, pengenalan gambar, pembuat ringkasan, dan aplikasi pembelajaran adaptif. Teknologi tersebut memungkinkan informasi diubah dari satu bentuk ke bentuk lain dengan cepat. Teks dapat disajikan sebagai suara, gambar dapat dijelaskan secara verbal, dan bahan ajar dapat diringkas atau diuraikan kembali sesuai kebutuhan pengguna. Bagi peserta didik tunanetra, kemampuan transformasi tersebut mempunyai arti penting karena sebagian besar lingkungan pembelajaran digital masih dibangun dengan asumsi bahwa pengguna dapat melihat antarmuka, membaca tata letak visual, dan menginterpretasikan gambar secara langsung. KA menawarkan peluang untuk menjembatani sebagian hambatan itu, tetapi manfaatnya baru dapat dirasakan apabila teknologi, materi, dan praktik pembelajaran benar-benar dapat diakses.

Janji akses yang dibawa KA perlu dipahami secara hati-hati. Aplikasi yang dapat dibuka melalui telepon seluler belum tentu dapat dinavigasi dengan pembaca layar. Deskripsi gambar yang terdengar lancar belum tentu menyampaikan informasi yang benar atau relevan. Ringkasan yang singkat mungkin membantu memperoleh gambaran umum, tetapi dapat pula menghilangkan konsep penting. Demikian pula, jawaban yang disajikan secara meyakinkan dapat mengandung kekeliruan yang sulit diverifikasi oleh peserta didik ketika sumber aslinya berupa gambar, diagram, atau tampilan visual. Persoalan utama karena itu bukan sekadar apakah peserta didik tunanetra memiliki akses terhadap sebuah aplikasi, melainkan apakah mereka dapat mengoperasikannya, memahami keluaran yang dihasilkan, menilai keandalannya, dan menggunakannya untuk mencapai tujuan belajar secara mandiri serta aman.

Istilah peserta didik tunanetra dalam artikel ini mencakup peserta didik yang tidak memiliki fungsi penglihatan untuk mengakses informasi visual dan peserta didik dengan penglihatan rendah yang masih menggunakan sisa penglihatannya. Kebutuhan keduanya tidak seragam. Sebagian pengguna mengandalkan pembaca layar dan papan ketik, sebagian menggunakan pembesaran, kontras tinggi, pengaturan jarak, atau kombinasi berbagai teknologi asistif. Kemampuan membaca Braille, pengalaman menggunakan perangkat digital, usia terjadinya ketunanetraan, tingkat kemandirian, dan jenis tugas belajar juga memengaruhi cara teknologi digunakan. Aksesibilitas karena itu tidak dapat dinilai hanya berdasarkan diagnosis atau keberadaan fitur tertentu, melainkan perlu dilihat sebagai kesesuaian antara pengguna, tugas, materi, teknologi, dan lingkungan belajar.

Dalam konteks Indonesia, aksesibilitas dan akomodasi yang layak merupakan bagian dari pemenuhan hak penyandang disabilitas. Undang-Undang

Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2016 menegaskan kesamaan kesempatan, penghormatan, perlindungan, dan pemenuhan hak, termasuk penyediaan aksesibilitas serta akomodasi yang layak. Pada ranah teknis, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 mengelompokkan aksesibilitas ke dalam empat prinsip: informasi harus dapat dipersepsi, fungsi dapat dioperasikan, isi dapat dipahami, dan teknologi cukup kokoh untuk bekerja dengan beragam perangkat bantu (World Wide Web Consortium [W3C], 2024). Pedoman WCAG2ICT memperluas penerapan prinsip tersebut pada dokumen dan perangkat lunak nonweb, termasuk kebutuhan agar status, kontrol, dan peristiwa antarmuka dapat dikenali oleh teknologi asistif (W3C, 2025). Kerangka hukum dan teknis ini menunjukkan bahwa aksesibilitas bukan fitur tambahan, melainkan prasyarat partisipasi yang setara.

Sejumlah penelitian memperlihatkan bahwa KA generatif dapat membantu pengguna tunanetra mencari informasi, memperoleh penjelasan yang disesuaikan, mendeskripsikan objek visual, dan menyelesaikan tugas digital dengan ketergantungan yang lebih rendah terhadap bantuan orang lain (Adnin & Das, 2024; Khlaif et al., 2026; Perera et al., 2025). Penelitian Khlaif et al. (2026) menunjukkan bahwa fleksibilitas modalitas, interaksi yang segera, kemudahan penggunaan, dan kemampuan penyesuaian merupakan unsur penting dalam pengalaman belajar pengguna tunanetra. Pada jenjang sekolah menengah, Mina et al. (2023) menemukan bahwa asisten virtual berbasis KA membantu peserta didik tunanetra menyelesaikan tugas akademik yang sebelumnya sulit dijangkau. Namun, studi lain menemukan bahwa manfaat tersebut berjalan bersama ketidakpastian. Pengguna menghadapi keluaran yang keliru, halusinasi, bias, struktur antarmuka yang tidak konsisten, dan kesulitan memeriksa hasil yang dihasilkan sistem (Leporini et al., 2025; Tang et al., 2025). Risiko privasi menjadi lebih kompleks ketika pengguna mengunggah gambar pribadi atau lingkungan sekitar untuk memperoleh deskripsi visual (Sharma et al., 2025).

Persoalan akses digital tidak terbatas pada aplikasi KA. Penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa mahasiswa tunanetra dapat memiliki keterampilan digital yang memadai, tetapi masih memerlukan penguatan pada aspek keamanan dan penggunaan teknologi secara kritis (Said et al., 2022). Evaluasi aksesibilitas sarana digital di perguruan tinggi juga menemukan hambatan seperti kontrol yang tidak memiliki label bermakna, notifikasi yang sulit ditutup, dan status unggahan yang tidak tersampaikan dengan baik melalui pembaca layar (Kurniawan et al., 2025). Temuan tersebut penting karena pembelajaran berbasis KA sering bergantung pada rangkaian layanan digital lain, seperti sistem masuk, unggah dokumen, penyimpanan awan, laman materi, dan aplikasi komunikasi. Satu bagian yang tidak aksesibel dapat memutus seluruh alur belajar. Pada tingkat teknologi asistif secara umum, Barak Ventura et al. (2026) mengingatkan bahwa persoalan lama berupa pengabaian perangkat oleh pengguna belum selesai, dan kemampuan KA tidak dengan sendirinya menghapus penyebabnya.

Kajian mengenai KA dan pendidikan khusus terus meningkat, tetapi masih terdapat beberapa keterbatasan. Sebagian penelitian membahas peserta didik

penyandang disabilitas sebagai satu kelompok besar sehingga kebutuhan tunanetra tidak dianalisis secara mendalam (Dumitru et al., 2026; Gadekallu et al., 2025). Studi yang secara khusus melibatkan pengguna tunanetra banyak dilakukan pada pendidikan tinggi dan lingkungan berbahasa Inggris, sedangkan implikasinya bagi sekolah, pembelajaran sehari-hari, dan konteks Indonesia belum banyak disintesis. Selain itu, pembahasan sering menempatkan aksesibilitas sebagai persoalan antarmuka, padahal pengalaman belajar turut ditentukan oleh kesetaraan informasi, keandalan keluaran, kompetensi pengguna, mediasi guru, biaya, konektivitas, dan tata kelola data. Tinjauan lintas disabilitas juga menunjukkan bahwa bias dan diskriminasi terhadap penyandang disabilitas dapat direproduksi oleh sistem KA sehingga menuntut pergeseran ke arah model sosial disabilitas (El Morr et al., 2024). Pendekatan yang terlalu teknosentris berisiko menganggap teknologi sebagai solusi tunggal atas persoalan yang sebenarnya bersifat pedagogis, sosial, dan institusional (Bulathwela et al., 2024).

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis aksesibilitas peserta didik tunanetra dalam pembelajaran berbasis KA dengan menjawab tiga pertanyaan: (1) bagaimana KA dapat memperluas akses peserta didik tunanetra terhadap proses dan materi pembelajaran; (2) hambatan apa yang tetap atau baru muncul ketika KA digunakan; dan (3) kondisi apa yang perlu disiapkan sekolah agar penggunaannya aksesibel, aman, dan bermakna. Kontribusi penelitian terletak pada penyusunan kerangka aksesibilitas lima lapis yang menghubungkan aspek teknis, representasi informasi, keandalan pengetahuan, kapasitas pengguna, serta tata kelola institusi. Kerangka tersebut dimaksudkan sebagai dasar konseptual dan praktis untuk menilai kesiapan pembelajaran berbasis KA, bukan sebagai model yang telah diuji efektivitasnya.

Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode analisis dokumen. Metode ini dipilih karena penelitian diarahkan untuk memahami makna, pola, dan hubungan antartemuan yang tersebar dalam publikasi ilmiah, kebijakan, dan standar aksesibilitas, tanpa mengubah temuan menjadi ukuran statistik yang terpisah dari konteksnya. Prosedur mengacu pada prinsip analisis dokumen kualitatif yang menempatkan dokumen sebagai sumber data yang dibaca sistematis, ditafsirkan, dan dikaji silang (Bowen, 2009).

Penelusuran dilakukan pada Juli-Agustus 2026 melalui ACM Digital Library, ScienceDirect, SpringerLink, SAGE Journals, Google Scholar, dan laman jurnal nasional, serta portal resmi Pemerintah Indonesia, UNESCO, dan W3C. Kata kunci berbahasa Indonesia dan Inggris mencakup kombinasi "tunanetra", "visual impairment", "blind learners", "generative artificial intelligence", "AI accessibility", "screen reader", "assistive technology", dan "inclusive education". Penelusuran dilanjutkan melalui daftar pustaka artikel yang relevan.

Kriteria inklusi meliputi artikel empiris atau kajian mengenai KA, teknologi digital, atau aksesibilitas dalam pendidikan penyandang disabilitas; penelitian yang melibatkan pengguna tunanetra atau menyediakan implikasi yang dapat dipindahkan secara argumentatif; dokumen kebijakan atau standar yang mengatur

hak, desain aksesibel, dan penggunaan KA; publikasi ilmiah terbitan 2022–2026; serta naskah berbahasa Indonesia atau Inggris dengan informasi metodologis yang dapat ditelaah. Dokumen dikeluarkan apabila hanya membahas diagnosis klinis, navigasi ruang tanpa hubungan dengan pembelajaran, materi promosi produk, pendapat tanpa dasar yang dapat ditelusuri, atau menduplikasi data studi yang sama. Melalui proses tersebut diperoleh 23 dokumen sebagaimana dirinci pada Tabel 1.

Setiap dokumen dicatat dalam matriks yang memuat identitas sumber, konteks pendidikan, karakteristik pengguna, jenis teknologi, bentuk dukungan akses, hambatan, risiko, dan implikasi praktis. Analisis mengikuti langkah analisis tematik: pembacaan berulang, pengodean, pengelompokan kategori, perbandingan antarjenis dokumen, penelaahan kasus yang membatasi pola, serta perumusan tema (Braun & Clarke, 2006). Tema dibangun secara induktif, tidak ditetapkan sebelumnya. Keabsahan dijaga melalui triangulasi sumber antara penelitian empiris, kajian, kebijakan, dan standar teknis, disertai jejak audit berupa matriks ekstraksi dan catatan perubahan kode. Karena penelitian hanya menganalisis dokumen publik dan tidak melibatkan partisipan manusia, persetujuan partisipan tidak diperlukan.

Tabel 1. Komposisi dan kriteria korpus dokumen yang dianalisis

Kelompok dokumen	Jumlah	Fokus utama	Sumber representatif
KA generatif dan pengguna tunanetra	9	Pengalaman penggunaan, interaksi pembaca layar, akses informasi, ketidakpastian keluaran, privasi, stigma, dan kecenderungan perkembangan	Adnin & Das (2024); Leporini et al. (2025); Perera et al. (2025); Sharma et al. (2025); Tang et al. (2025); Vader et al. (2025); Barak Ventura et al. (2026); Khlaif et al. (2026); Niu et al. (2026)
Akses digital dan pengalaman belajar tunanetra	4	Keterampilan digital, hambatan materi dan asesmen, asisten virtual pada jenjang sekolah, serta aksesibilitas layanan pendidikan	Said et al. (2022); Mina et al. (2023); Bahadır & Bahadır (2024); Kurniawan et al. (2025)
Kajian lintas disabilitas dan ketimpangan teknologi	6	Teknologi asistif berbasis KA, pendidikan khusus, STEM aksesibel, bias dan diskriminasi, serta risiko teknosolusionisme	Bulathwela et al. (2024); El Morr et al. (2024); Gadekallu et al. (2025); Voultsiou & Moussiades (2025); Dumitru et al. (2026); Pieriboni et al. (2026)
Kebijakan dan standar	4	Hak penyandang disabilitas, penggunaan KA yang berpusat pada manusia, serta standar web, dokumen, dan perangkat lunak aksesibel	Republik Indonesia (2016); UNESCO (2023); W3C (2024, 2025)

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis Kemampuan Membaca Permulaan Kondisi Awal (Prasiklus) Siswa Kelas I

A. Aksesibilitas sebagai Relasi Berlapis dan Keteroperasian Antarmuka

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa aksesibilitas tidak dapat diperlakukan sebagai label biner: aksesibel atau tidak aksesibel. Sebuah aplikasi dapat bekerja dengan pembaca layar pada halaman awal, tetapi gagal ketika pengguna membuka menu, mengunggah dokumen, membaca tabel, menyalin jawaban, atau menerima notifikasi. Sistem dapat menyajikan suara, tetapi tetap tidak aksesibel apabila urutan informasi membingungkan atau konsep penting hilang. Sebaliknya, keluaran yang akurat belum tentu dapat digunakan apabila biaya berlangganan, konektivitas, atau kebijakan sekolah membuatnya tidak terjangkau. Aksesibilitas karena itu merupakan mutu hubungan antara peserta didik, teknologi, materi, tugas, bantuan manusia, dan lingkungan institusional.

Cara pandang relasional penting karena peserta didik tunanetra memiliki profil penggunaan yang beragam. Pengguna pembaca layar membutuhkan struktur semantik, label kontrol, urutan fokus, dan status yang dapat dikenali secara programatis. Peserta didik dengan penglihatan rendah mungkin lebih terbantu oleh pembesaran, kontras, pengaturan jarak antarunsur, atau tampilan yang tidak padat. Pengguna Braille memerlukan teks yang dapat diteruskan ke display Braille dan struktur dokumen yang tidak rusak. Perbedaan keterampilan digital, bahasa, usia, mata pelajaran, serta pengalaman dengan KA menyebabkan satu bentuk dukungan tidak selalu sesuai bagi semua peserta didik. Prinsip penyesuaian perlu diterapkan tanpa mengurangi kesempatan peserta didik mengembangkan strategi belajar yang mandiri.

Dari perspektif pendidikan, aksesibilitas juga tidak berhenti pada kemampuan memperoleh informasi. Peserta didik perlu dapat mengikuti proses belajar secara utuh: memahami tujuan, mengeksplorasi materi, berinteraksi, mengerjakan tugas, menerima umpan balik, menyampaikan hasil kerja, dan melakukan refleksi. Apabila KA hanya mempermudah tahap mencari jawaban tetapi tidak mendukung pemahaman dan partisipasi, teknologi tersebut belum memenuhi fungsi pendidikan. Hal ini sejalan dengan kritik terhadap teknosolusionisme yang menganggap penambahan alat otomatis akan dengan sendirinya mengurangi ketimpangan (Bulathwela et al., 2024). Kemanfaatan teknologi ditentukan oleh cara alat ditempatkan dalam desain pembelajaran dan oleh siapa yang dapat mengendalikan penggunaannya.

Pemaknaan tersebut memperluas standar aksesibilitas teknis. Empat prinsip WCAG—dapat dipersepsi, dioperasikan, dipahami, dan kokoh—tetap menjadi fondasi, tetapi pembelajaran membutuhkan lapisan tambahan berupa kesetaraan makna, keandalan pengetahuan, relevansi pedagogis, dan perlindungan hak pengguna. Kepatuhan teknis adalah kondisi yang diperlukan, bukan ukuran tunggal keberhasilan. Aplikasi yang lolos pemeriksaan otomatis masih dapat menimbulkan beban kognitif, mengurangi kendali pengguna, atau menghasilkan

uraian visual yang tidak cukup untuk memahami konsep. Penilaian karena itu perlu menggabungkan pengujian teknis dengan pengalaman nyata peserta didik tunanetra.

Lapis pertama dari relasi tersebut adalah kemampuan peserta didik mengoperasikan seluruh alur aplikasi secara mandiri. Pada antarmuka berbasis percakapan, hambatan dapat muncul pada tombol yang tidak berlabel, ikon yang dibaca secara tidak bermakna, urutan fokus yang berubah, kotak dialog yang tidak diumumkan, keluaran yang dimuat secara dinamis tetapi tidak terbaca, serta tombol salin atau unduh yang tidak dapat dijangkau dengan papan ketik. Hambatan serupa dapat terjadi pada proses autentikasi, pemilihan berkas, pengambilan foto, pemberian izin akses, dan notifikasi kesalahan. Ketika satu langkah gagal, peserta didik mungkin harus meminta bantuan orang lain meskipun fungsi utama aplikasi sebenarnya kompatibel dengan pembaca layar.

Temuan Kurniawan et al. (2025) memperlihatkan bentuk hambatan yang tampak kecil tetapi berdampak langsung pada kemandirian, seperti kontrol tanpa label yang menjelaskan fungsinya, konfirmasi unggahan yang tidak terbaca dengan jelas, dan tombol penutup notifikasi yang terus mengganggu navigasi pembaca layar. Penelitian Perera et al. (2025) menunjukkan bahwa pengguna pembaca layar mengharapkan KA mendukung alur kerja yang sudah mereka kuasai, bukan menggantinya dengan interaksi baru yang sulit diprediksi. Kebutuhan tersebut menegaskan bahwa inovasi antarmuka harus menjaga konsistensi, menyediakan kendali melalui papan ketik, serta memungkinkan pengguna memeriksa dan memperbaiki tindakan sebelum hasil akhir dikirim.

Pada sisi peluang, keteroperasian yang baik memungkinkan KA memperpendek rantai ketergantungan yang selama ini melekat pada tugas digital. Adnin dan Das (2024) mencatat bahwa pengguna tunanetra memakai KA generatif untuk menafsirkan tampilan yang sebelumnya harus ditanyakan kepada orang lain, sedangkan Perera et al. (2025) menunjukkan potensi KA mempercepat penyelesaian tugas produktivitas yang biasanya menuntut penelusuran menu yang panjang bagi pengguna pembaca layar. Pada jenjang sekolah menengah, Mina et al. (2023) menemukan bahwa asisten virtual membantu peserta didik tunanetra menyelesaikan tugas akademik yang sebelumnya bergantung pada pendamping. Ketiga temuan tersebut memperlihatkan bahwa nilai tambah KA justru terletak pada berkurangnya langkah perantara, sehingga setiap hambatan antarmuka yang memaksa peserta didik kembali meminta bantuan orang lain meniadakan manfaat utama teknologi ini.

Antarmuka KA bersifat dinamis karena model, susunan menu, dan kebijakan layanan dapat berubah tanpa dikendalikan sekolah. Aplikasi yang aksesibel pada awal semester dapat menjadi kurang aksesibel setelah pembaruan. Risiko ini menuntut audit berkala, bukan pemeriksaan satu kali pada saat pengadaan. Sekolah juga perlu memeriksa versi web dan aplikasi seluler secara terpisah karena tingkat kompatibilitasnya dapat berbeda. Pengujian hendaknya menggunakan perangkat yang benar-benar dipakai peserta didik, misalnya NVDA atau JAWS pada komputer serta TalkBack atau VoiceOver pada telepon seluler,

dengan memperhatikan kecepatan koneksi dan bahasa antarmuka. Barak Ventura et al. (2026) mengingatkan bahwa ketidaksesuaian antara rancangan perangkat dan kebutuhan nyata pengguna merupakan penyebab utama teknologi asistif ditinggalkan, sehingga pemeliharaan kesesuaian tersebut sama pentingnya dengan pengadaan awal.

Pengujian aksesibilitas tidak cukup dilakukan oleh guru atau pengembang yang melihat layar. Peserta didik tunanetra perlu dilibatkan sebagai pengguna yang menilai apakah urutan informasi masuk akal, apakah kontrol dapat ditemukan, apakah status tindakan dipahami, dan apakah waktu penyelesaian tugas masih wajar. Pelibatan tersebut bukan sekadar konsultasi, melainkan bagian dari penjaminan mutu. Kajian Delphi Vader et al. (2025) menempatkan keterlibatan penyandang disabilitas, representasi yang adil, dan pengawasan terhadap bias sebagai kebutuhan penting dalam perkembangan KA dan ketunanetraan. Prinsip yang sama berlaku pada tingkat sekolah: keputusan penggunaan teknologi harus memasukkan suara pengguna yang akan menanggung manfaat sekaligus risikonya.

Secara praktis, keteroperasian dapat dinilai melalui skenario tugas utuh. Sekolah dapat meminta peserta didik membuka aplikasi, masuk ke akun, menuliskan perintah, melampirkan materi, membaca keluaran, berpindah antarbagian, menyalin atau mengunduh hasil, lalu keluar dari akun. Setiap hambatan dicatat berdasarkan lokasi, dampak, cara mengatasinya, dan bantuan yang dibutuhkan. Hasil pengujian tersebut lebih bermakna daripada pernyataan umum bahwa aplikasi mendukung pembaca layar, karena dukungan teknis tidak selalu menjamin semua fungsi dapat diselesaikan secara mandiri.

B. Kesetaraan Informasi, Fleksibilitas Modalitas, dan Keandalan Keluaran

Lapis kedua berkaitan dengan apakah informasi yang diterima peserta didik memiliki makna yang setara dengan informasi yang tersedia bagi pengguna awas. Kesetaraan informasi tidak berarti semua peserta didik harus menerima materi dalam bentuk yang sama. Bentuk dapat berbeda selama tujuan, struktur, relasi, dan tingkat kedalaman konsep tetap terjaga. KA dapat membantu mengubah teks menjadi suara, menyederhanakan bahasa, membuat ringkasan, mendeskripsikan gambar, membaca tulisan pada foto, atau menyajikan penjelasan melalui dialog. Kemampuan ini memungkinkan peserta didik memilih cara berinteraksi yang paling sesuai dan memperoleh penjelasan ulang tanpa harus menunggu bantuan.

Penelitian Khlaif et al. (2026) menunjukkan bahwa fleksibilitas modalitas dan respons yang segera merupakan kebutuhan mendasar bagi pengguna tunanetra ketika KA digunakan sebagai teknologi asistif. Namun, fleksibilitas tidak boleh disamakan dengan pengalihan semua materi ke audio. Informasi spasial, simbol matematika, grafik, tabel, notasi sains, dan peta memiliki struktur yang tidak selalu dapat dipahami melalui deskripsi linear. Deskripsi yang hanya menyebut objek tanpa menjelaskan hubungan antarkomponen dapat menimbulkan pemahaman parsial. Tinjauan Pieriboni et al. (2026) menegaskan bahwa materi STEM menuntut deskripsi semantik yang melengkapi deskripsi visual, dan bahwa alat yang benar-benar teruji untuk kebutuhan tersebut masih terbatas. Dalam situasi tertentu, audio perlu dilengkapi Braille, grafik taktil, objek konkret, atau representasi terstruktur

yang memungkinkan peserta didik menelusuri bagian dan hubungan secara mandiri.

Kualitas deskripsi visual merupakan persoalan tersendiri. KA dapat mengenali objek dan menghasilkan kalimat yang terdengar meyakinkan, tetapi tidak selalu mengetahui informasi mana yang relevan dengan tujuan belajar. Deskripsi sebuah grafik tidak cukup menyebut warna dan bentuk. Peserta didik memerlukan judul, sumbu, satuan, kategori, titik penting, kecenderungan, perbandingan, dan anomali. Pada gambar ilmiah, istilah dan posisi bagian perlu dijelaskan secara konsisten. Perintah yang baik karena itu harus memuat tujuan pembelajaran dan format keluaran, sementara guru tetap memeriksa apakah informasi yang dihasilkan mempertahankan konsep yang hendak dipelajari.

Aksesibilitas materi juga bergantung pada mutu dokumen sumber. Berkas PDF hasil pindai tanpa teks, tabel yang dibangun sebagai gambar, urutan baca yang rusak, dan rumus yang tidak ditulis secara semantik membatasi kemampuan pembaca layar maupun KA. Teknologi dapat membantu melakukan pengenalan karakter atau menyusun ulang teks, tetapi hasilnya tidak selalu tepat. Sekolah sebaiknya tetap menyediakan naskah sumber yang terstruktur, menggunakan heading, daftar, tabel yang benar, teks alternatif, dan format matematika yang dapat dibaca teknologi asistif. KA ditempatkan sebagai lapisan dukungan, bukan alasan untuk mengabaikan praktik pembuatan bahan ajar aksesibel.

Fleksibilitas modalitas perlu pula menjaga kendali peserta didik. Pengguna harus dapat meminta jawaban lebih singkat atau lebih rinci, mengulang bagian tertentu, mengubah urutan penjelasan, mengetahui posisi dalam dokumen, serta berpindah antara teks dan suara. Bagi peserta didik dengan penglihatan rendah, pilihan ukuran huruf, kontras, jarak, dan penyajian visual tetap diperlukan. Pilihan tersebut membantu mengurangi beban kognitif dan memungkinkan pengembangan strategi belajar yang sesuai. Pendekatan yang hanya memberikan satu jenis keluaran, meskipun dibuat oleh KA, berisiko mengganti satu bentuk ketidakaksesibelan dengan bentuk yang lain.

Lapis ketiga menyangkut mutu epistemik keluaran. Sistem generatif menyusun jawaban berdasarkan pola probabilistik dan dapat menghasilkan informasi yang tidak tepat, sumber yang tidak ada, uraian yang terlalu umum, atau deskripsi visual yang keliru. Persoalan tersebut dialami semua pengguna, tetapi dampaknya lebih berat bagi peserta didik tunanetra ketika objek yang dijelaskan tidak dapat diperiksa secara visual. Kesalahan pada warna pakaian mungkin berdampak terbatas, sedangkan kesalahan pada grafik, posisi objek, instruksi praktikum, atau simbol matematika dapat mengubah pemahaman dan keputusan belajar.

Tang et al. (2025) menemukan bahwa pengguna tunanetra memperlakukan informasi dari KA sebagai informasi sementara yang perlu dicurigai dan dibandingkan dengan sumber lain. Sikap kritis tersebut merupakan strategi penting, tetapi tidak adil apabila seluruh beban verifikasi diserahkan kepada peserta didik. Antarmuka dan praktik pembelajaran perlu menyediakan cara yang wajar untuk memeriksa keluaran. Rujukan sumber, tautan ke dokumen asal,

penanda ketidakpastian, riwayat perubahan, dan kesempatan meminta penjelasan atas dasar jawaban dapat memperkuat keterverifikasian. Pada materi berisiko tinggi, guru atau sumber tepercaya tetap diperlukan sebagai pemeriksa.

Evaluasi awal Leporini et al. (2025) terhadap sejumlah alat KA generatif menunjukkan bahwa kesulitan pengguna tunanetra tidak hanya bersumber dari isi jawaban, tetapi juga dari cara jawaban itu disampaikan melalui pembaca layar. Keluaran yang dimuat sedikit demi sedikit, penanda bagian yang tidak konsisten, dan ketiadaan cara cepat untuk kembali ke bagian tertentu membuat pemeriksaan ulang menjadi mahal secara waktu dan tenaga. Persoalan mutu informasi dengan demikian bersinggungan langsung dengan persoalan antarmuka: keluaran yang secara isi dapat diverifikasi tetap sulit diperiksa apabila strukturnya tidak dapat ditelusuri.

Keterverifikasian juga berkaitan dengan format keluaran. Jawaban panjang tanpa heading dan tanpa penanda bagian menyulitkan pengguna pembaca layar menelusuri kembali informasi. Kutipan yang tidak menyebut halaman atau bagian sumber membuat pemeriksaan memerlukan waktu lebih lama. Peserta didik karena itu dapat dilatih meminta keluaran terstruktur, misalnya definisi, penjelasan, contoh, batasan, dan daftar sumber yang dipisahkan dengan heading. Sekolah juga dapat menetapkan bahwa KA tidak boleh menjadi satu-satunya sumber untuk tugas yang menuntut ketepatan faktual, terutama pada asesmen, kesehatan, keselamatan, atau keputusan personal.

Bias memerlukan perhatian yang setara dengan akurasi. Model dapat mereproduksi stereotip tentang ketunanetraan, menggambarkan penyandang disabilitas sebagai tidak berdaya, atau memberikan saran yang mengabaikan kemandirian pengguna. Vader et al. (2025) menekankan pentingnya representasi yang adil dan keterlibatan orang dengan disabilitas dalam pengembangan serta penilaian sistem, sementara El Morr et al. (2024) mendorong pergeseran ke model sosial disabilitas untuk menangani bias dan diskriminasi yang tertanam dalam rancangan sistem. Dalam pembelajaran, guru perlu membantu peserta didik mengenali bahasa yang merendahkan, asumsi abilistik, dan rekomendasi yang meniadakan pilihan pengguna. Koreksi terhadap bias bukan hanya tugas teknis, melainkan bagian dari pendidikan kritis dan penghormatan terhadap martabat peserta didik.

Temuan mengenai ketidakpastian tidak meniadakan manfaat KA. Adnin dan Das (2024) memperlihatkan bahwa pengguna tunanetra tetap memanfaatkan KA untuk memperoleh informasi dan meningkatkan kemandirian meskipun memahami adanya kekeliruan. Persoalannya adalah bagaimana sekolah membangun penggunaan yang bertanggung jawab. Protokol verifikasi dapat membedakan tingkat risiko: keluaran untuk eksplorasi awal diperiksa secara ringan; materi yang akan dipelajari atau dibagikan perlu dibandingkan dengan sumber; sedangkan informasi yang memengaruhi keselamatan atau penilaian resmi memerlukan verifikasi manusia. Pendekatan berbasis risiko membuat pengawasan proporsional tanpa mematikan kesempatan belajar.

C. Kompetensi, Mediasi Pedagogis, Tata Kelola, dan Kerangka Aksesibilitas Lima Lapis

Lapis keempat berhubungan dengan kemampuan peserta didik dan guru menggunakan KA secara kritis. Keterampilan mengoperasikan pembaca layar tidak dengan sendirinya sama dengan literasi KA. Peserta didik perlu memahami cara merumuskan kebutuhan, memberi konteks, menentukan format keluaran, mengevaluasi jawaban, memeriksa sumber, mengelola data pribadi, dan mengenali batas kemampuan sistem. Pada saat yang sama, guru memerlukan pengetahuan untuk memilih tugas yang tepat, menyiapkan materi sumber yang aksesibel, menilai kualitas keluaran, dan memastikan bahwa penggunaan KA tidak menggantikan proses berpikir yang menjadi tujuan pembelajaran.

Temuan Said et al. (2022) menunjukkan bahwa keterampilan digital peserta didik tunanetra dapat berkembang dengan baik, tetapi aspek keselamatan dan keamanan tetap memerlukan penguatan. Dalam penggunaan KA, aspek tersebut meluas menjadi kesadaran mengenai jejak data, penyimpanan percakapan, unggahan dokumen, informasi sensitif, dan kemungkinan keluaran digunakan kembali oleh penyedia layanan. Literasi KA bagi peserta didik tunanetra karena itu perlu menggabungkan keterampilan akses, penalaran kritis, etika akademik, dan perlindungan privasi, dengan materi pelatihan yang tersedia dalam format aksesibel dan menggunakan tugas autentik.

Mediasi guru diperlukan bukan karena peserta didik tunanetra dianggap kurang mampu, melainkan karena semua teknologi pendidikan memerlukan rancangan pedagogis. Guru menentukan kapan KA digunakan untuk membuka akses, kapan peserta didik perlu bekerja langsung dengan sumber primer, dan kapan bantuan manusia lebih tepat. KA dapat dipakai untuk menghasilkan deskripsi awal, latihan bertahap, umpan balik formatif, atau alternatif bahasa. Namun, guru perlu mencegah aplikasi memberikan jawaban final pada tugas yang dimaksudkan menilai proses berpikir. Temuan Khlaif et al. (2026) mengisyaratkan bahwa KA memperkuat peran pendidik ketika digunakan untuk menyesuaikan dukungan, bukan menggantikan hubungan pedagogis.

Peran guru juga mencakup pemberian pilihan. Peserta didik yang tidak ingin atau tidak dapat menggunakan KA harus tetap memperoleh akses melalui bahan Braille, pembaca manusia, perangkat lunak non-KA, atau akomodasi lain. Pilihan ini penting karena tingkat kenyamanan, kompetensi, kebutuhan privasi, dan ketersediaan perangkat berbeda. Penggunaan KA yang diwajibkan tanpa alternatif dapat menciptakan diskriminasi baru, sedangkan larangan menyeluruh juga dapat membatasi kemandirian yang sebenarnya dapat diperoleh peserta didik.

Lapis kelima menempatkan sekolah sebagai penanggung jawab lingkungan penggunaan. Aksesibilitas tidak akan berkelanjutan apabila bergantung pada perangkat pribadi, akun berbayar, atau bantuan informal dari satu guru. Biaya layanan, keterbatasan kuota, kecepatan internet, kualitas kamera, kapasitas perangkat, dukungan bahasa Indonesia, dan ketersediaan teknologi asistif memengaruhi kesempatan peserta didik memperoleh manfaat. Peserta didik yang memiliki telepon lebih baru atau langganan premium dapat menerima layanan berbeda dari teman sekelasnya, dan ketimpangan tersebut perlu dipertimbangkan sebelum KA dijadikan bagian wajib pembelajaran.

UNESCO (2023) menempatkan penggunaan KA generatif dalam pendidikan pada pendekatan yang berpusat pada manusia, inklusif, dan disertai perlindungan hak peserta didik. Bagi sekolah, prinsip tersebut dapat diterjemahkan ke dalam penilaian kebutuhan, pemilihan alat berdasarkan aksesibilitas dan keamanan, penyediaan dukungan teknis, pelatihan guru dan peserta didik, serta evaluasi berkala. Pengadaan tidak cukup mempertimbangkan popularitas atau jumlah fitur. Sekolah perlu meminta informasi mengenai kompatibilitas teknologi asistif, lokasi dan lama penyimpanan data, mekanisme penghapusan akun, batas usia, serta perubahan syarat layanan.

Privasi menjadi isu khusus ketika KA digunakan untuk mendeskripsikan foto, dokumen, lingkungan kelas, atau wajah orang lain. Sharma et al. (2025) menemukan bahwa pengguna tunanetra mempertimbangkan keseimbangan antara kemandirian dan risiko privasi dalam penggunaan KA visual, dengan preferensi berupa pemrosesan pada perangkat, jaminan tidak menyimpan data, penyamaran informasi sensitif, dan penanda privasi yang dapat diakses. Niu et al. (2026) menambahkan dimensi sosial: penggunaan aplikasi berbasis kamera di ruang publik dapat memunculkan pengalaman stigma yang memengaruhi kesediaan pengguna memanfaatkan teknologi. Dalam pembelajaran, peserta didik tidak seharusnya diminta mengunggah data identitas, dokumen asesmen, rekam kesehatan, atau foto pihak lain ke layanan publik tanpa dasar, persetujuan, dan mekanisme perlindungan yang jelas.

Tata kelola perlu pula mencakup mekanisme pengaduan dan pemulihan. Peserta didik harus mengetahui kepada siapa mereka melaporkan kendala akses, keluaran yang merugikan, atau kebocoran data. Guru memerlukan prosedur alternatif ketika layanan tidak tersedia atau pembaruan aplikasi menimbulkan hambatan. Catatan insiden dapat digunakan untuk memutuskan apakah alat tetap dipakai, dibatasi, atau diganti. Pendekatan ini memindahkan tanggung jawab dari individu kepada sistem sekolah, sehingga peserta didik tidak terus-menerus diminta menyesuaikan diri terhadap teknologi yang tidak dirancang untuk mereka. Kajian lintas disabilitas menunjukkan bahwa manfaat KA sering terhambat oleh kesiapan pendidik, penerimaan pengguna, bias, privasi, dan ketergantungan yang berlebihan (Dumitru et al., 2026; Voultsiou & Moussiades, 2025), sehingga infrastruktur sosial dan pedagogis sama pentingnya dengan infrastruktur digital.

Sintesis kelima tema menghasilkan kerangka aksesibilitas lima lapis. Lapisan tersebut tidak disusun sebagai tahap yang linear, melainkan sebagai unsur yang saling mengunci. Keteroperasian antarmuka membuka pintu masuk. Kesetaraan informasi memastikan bahwa akses membawa makna. Keandalan dan keterverifikasi melindungi mutu pengetahuan. Kompetensi serta mediasi pedagogis mengarahkan teknologi pada tujuan belajar. Tata kelola dan infrastruktur menjaga keberlanjutan, keamanan, dan keadilan. Kegagalan pada satu lapis dapat mengurangi manfaat lapisan lain. Indikator, risiko, dan tindakan pada setiap lapis dirangkum pada Tabel 2.

Kerangka tersebut memperlihatkan bahwa aksesibilitas harus dinilai sampai pada hasil belajar dan pengalaman pengguna, bukan berhenti pada kepatuhan

teknis. Tombol unggah yang berlabel memenuhi sebagian kebutuhan antarmuka, tetapi proses belum aksesibel apabila berkas sumber tidak terbaca, deskripsi yang dihasilkan tidak akurat, peserta didik tidak memahami risiko unggahan, atau sekolah tidak menyediakan alternatif saat layanan gagal. Sebaliknya, pendampingan guru tidak boleh dipakai membenarkan antarmuka yang buruk. Kerangka ini juga membedakan akomodasi individual dari perbaikan sistem: penyesuaian ukuran teks atau format keluaran dapat diberikan berdasarkan kebutuhan peserta didik, sedangkan pelabelan kontrol, struktur heading, keamanan data, dan akses terhadap materi merupakan tanggung jawab umum penyelenggara. Semakin banyak kebutuhan dasar dipenuhi melalui desain yang aksesibel, semakin sedikit beban administratif dan sosial yang ditanggung peserta didik.

Sebagai hasil analisis dokumen, kerangka lima lapis masih bersifat proposisional dan memiliki keterbatasan yang perlu dinyatakan. Temuan belum diuji langsung pada peserta didik tunanetra di sekolah Indonesia; sebagian besar studi khusus KA dan ketunanetraan dilakukan pada orang dewasa atau mahasiswa sehingga penerapannya pada anak dan remaja memerlukan pertimbangan perkembangan, perlindungan data, dan peran orang tua; publikasi berbahasa Inggris dari negara dengan infrastruktur digital lebih kuat mendominasi korpus; dan perkembangan antarmuka KA yang cepat menuntut pemutakhiran temuan teknis secara berkala. Pengujian lapangan bersama peserta didik, guru, orang tua, dan pengelola sekolah karena itu diperlukan untuk menilai kejelasan indikator, beban pelaksanaan, serta perbedaan kebutuhan menurut jenjang dan jenis ketunanetraan.

Tabel 2. Kerangka aksesibilitas lima lapis pembelajaran berbasis kecerdasan artifisial

Lapis aksesibilitas	Indikator utama	Risiko yang perlu diantisipasi	Tindakan praktis sekolah
1. Keteroperasian antarmuka	Seluruh kontrol berlabel; navigasi papan ketik dan pembaca layar; urutan fokus logis; status, galat, dan perubahan dinamis diumumkan.	Fungsi tersedia tetapi tidak dapat ditemukan atau diselesaikan; pengguna bergantung pada bantuan orang lain.	Uji skenario tugas utuh dengan NVDA, JAWS, TalkBack, atau VoiceOver; libatkan peserta didik tunanetra; audit kembali setelah pembaruan.
2. Kesetaraan informasi dan modalitas	Makna visual dialihkan secara utuh; tersedia pilihan teks, audio, Braille, pembesaran, atau taktil sesuai tugas; struktur dokumen terjaga.	Deskripsi kehilangan relasi penting; audio menjadi satu-satunya bentuk; materi matematika atau sains tidak terbaca.	Gunakan panduan penulisan materi aksesibel; sertakan tujuan saat meminta deskripsi; verifikasi materi; sediakan representasi taktil atau Braille bila diperlukan.
3. Keandalan dan keterverifikasian	Sumber dapat ditelusuri; ketidakpastian dinyatakan; keluaran terstruktur; tersedia cara membandingkan dan mengoreksi.	Halusinasi, bias, atau deskripsi visual keliru diterima sebagai fakta; peserta didik tidak dapat memeriksa hasil.	Terapkan protokol verifikasi berbasis risiko; gunakan sumber primer; lakukan pemeriksaan manusia pada materi

Lapis aksesibilitas	Indikator utama	Risiko yang perlu diantisipasi	Tindakan praktis sekolah
			penting; ajarkan pengenalan bias.
4. Kompetensi dan mediasi pedagogis	Peserta didik memahami perintah, evaluasi sumber, privasi, dan etika akademik; guru mengintegrasikan KA sesuai tujuan belajar.	Ketergantungan, penggunaan tanpa pemahaman, kebocoran data, atau KA menggantikan proses berpikir.	Berikan pelatihan aksesibel dan tugas autentik; tetapkan batas penggunaan; pertahankan umpan balik guru; sediakan pilihan non-KA.
5. Tata kelola dan infrastruktur	Kebijakan penggunaan, dukungan teknis, pembiayaan, konektivitas, perlindungan data, mekanisme pengaduan, dan alternatif tersedia.	Kesenjangan perangkat dan langganan; perubahan layanan; privasi terabaikan; akses bergantung pada bantuan informal.	Nilai aksesibilitas dan privasi sebelum pengadaan; minimalkan data; siapkan rencana layanan terganggu; evaluasi insiden dan pengalaman pengguna secara berkala.

Kesimpulan

Kecerdasan artifisial dapat memperluas akses peserta didik tunanetra terhadap informasi, deskripsi visual, penjelasan yang dapat disesuaikan, dan dukungan belajar yang tersedia secara segera. Potensi tersebut tidak melekat secara otomatis pada teknologi. Aksesibilitas ditentukan oleh kesesuaian antara karakteristik peserta didik, keteroperasian antarmuka, mutu representasi informasi, keandalan keluaran, kompetensi pengguna, mediasi guru, serta kebijakan dan infrastruktur sekolah.

Analisis menghasilkan lima lapis aksesibilitas: keteroperasian antarmuka; kesetaraan informasi dan fleksibilitas modalitas; keandalan serta keterverifikasian; kompetensi pengguna dan mediasi pedagogis; serta tata kelola dan infrastruktur. Kelima lapis tersebut memperlihatkan bahwa kompatibilitas pembaca layar hanyalah pintu masuk. Pembelajaran baru dapat disebut aksesibel apabila peserta didik memperoleh makna yang setara, dapat menilai informasi, memiliki kendali atas cara penggunaan, terlindungi dari risiko, dan tidak terhambat oleh biaya maupun kebijakan institusi.

Bagi sekolah, penggunaan KA perlu diawali dengan pengujian bersama peserta didik tunanetra, pembuatan bahan ajar yang tetap aksesibel tanpa bergantung pada otomatisasi, protokol verifikasi keluaran berbasis risiko, penguatan literasi digital dan KA, perlindungan data, serta penyediaan alternatif non-KA. Kerangka lima lapis dapat menjadi acuan awal untuk audit dan refleksi, tetapi karena lahir dari analisis dokumen, pengujian lapangan tetap diperlukan sebelum digunakan sebagai instrumen baku. Penelitian lanjutan disarankan melibatkan peserta didik tunanetra sebagai mitra penelitian, menggali penggunaan KA pada mata pelajaran bermuatan visual tinggi, serta mengembangkan instrumen audit sekolah. Kajian mengenai penggunaan bahasa Indonesia, privasi anak, dan

kinerja KA pada perangkat berspesifikasi rendah juga diperlukan agar rekomendasi sesuai dengan kondisi pendidikan nasional. Orientasi akhirnya bukan memperbanyak penggunaan teknologi, melainkan memastikan bahwa setiap pemanfaatan KA memperkuat hak, kemandirian, partisipasi, dan kualitas belajar peserta didik tunanetra.

Penelitian ini menggunakan dokumen yang tersedia untuk publik dan tidak melibatkan partisipan manusia. Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan. Penelitian tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pendanaan publik, komersial, maupun nirlaba. Seluruh interpretasi dan penyusunan argumen merupakan tanggung jawab penulis.

Daftar Pustaka

- Adnin, R., & Das, M. (2024). "I look at it as the king of knowledge": How blind people use and understand generative AI tools. In *Proceedings of the 26th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS '24)* (Article 64, pp. 1-14). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3663548.3675631>
- Bahadır, E., & Bahadır, Z. (2024). Information of difficulties faced by visually impaired students in the learning process at school. *Trends in Computer Science and Information Technology*, 9(3), 81-89. <https://doi.org/10.17352/tcsit.000085>
- Barak Ventura, R., Hamilton-Fletcher, G., & Rizzo, J.-R. (2026). From abandonment to adoption: Advancing assistive technologies for blindness and low vision in the AI era. *Frontiers in Digital Health*, Article 1719746. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1719746>
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40. <https://doi.org/10.3316/QRJ0902027>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>
- Bulathwela, S., Pérez-Ortiz, M., Holloway, C., Cukurova, M., & Shawe-Taylor, J. (2024). Artificial intelligence alone will not democratise education: On educational inequality, techno-solutionism and inclusive tools. *Sustainability*, 16(2), Article 781. <https://doi.org/10.3390/su16020781>
- Dumitru, C., Abdulsahib, G. M., Khalaf, O. I., & Bennour, A. (2026). Integrating artificial intelligence in supporting students with disabilities in higher education: An integrative review. *Technology and Disability*, 38(1), 3-24. <https://doi.org/10.1177/10554181251355428>
- El Morr, C., Kundi, B., Mobeen, F., Taleghani, S., El-Lahib, Y., & Gorman, R. (2024). AI and disability: A systematic scoping review. *Health Informatics Journal*, 30. <https://doi.org/10.1177/14604582241285743>
- Gadekallu, T. R., Yenduri, G., Kaluri, R., Rajput, D. S., Lakshmana, K., Fang, K., Chen, J., & Wang, W. (2025). The role of GPT in promoting inclusive higher

- education for people with various learning disabilities: A review. *PeerJ Computer Science*, 11, Article e2400. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.2400>
- Khlaif, Z. N., Alshakhshir, R., Hamamra, B. M. T., & Joma, A. (2026). Assistive generative AI for visually impaired learners: Personalization and inclusion in higher education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 36(1-2), Article 100008. <https://doi.org/10.1016/j.ijaied.2026.100008>
- Kurniawan, S. B., Umar, F., Mustaqimah, U., Cahyani, L. A., & Yusuf, M. (2025). Evaluasi aksesibilitas sarana dan prasarana kampus bagi mahasiswa penyandang disabilitas di Universitas Sebelas Maret. *Jurnal Ortopedagogia*, 11(2), 423-427. <https://doi.org/10.17977/um031v11i22025p423-427>
- Leporini, B., Buzzi, M., & Della Penna, G. (2025). A preliminary evaluation of generative AI tools for blind users: Usability and screen reader interaction. In *Proceedings of the 18th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '25)* (pp. 562-568). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3733155.3737910>
- Mina, P. N. R., Solon, I. M., Sanchez, F. R., Delante, T. K., Villegas, J. K., Basay, F. J., Andales, J., Pasko, F., Estrera, M. F. R., Samson, R., Jr., & Mutya, R. (2023). Leveraging education through artificial intelligence virtual assistance: A case study of visually impaired learners. *International Journal of Educational Innovation and Research*, 2(1), 10-22. <https://doi.org/10.31949/ijeir.v2i1.3001>
- Niu, L., Manohar, A., Ning, W., & Dong, H. (2026). Understanding stigma through camera-based mobile apps: Studies on visually impaired users. *CoDesign*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/15710882.2025.2610363>
- Perera, M., Ananthanarayan, S., Goncu, C., & Marriott, K. (2025). The sky is the limit: Understanding how generative AI can enhance screen reader users' experience with productivity applications. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25)* (Article 1165, pp. 1-17). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713634>
- Pieriboni, G., Buzzi, M., & Leporini, B. (2026). STEM education and ICT-enhanced tools for students with disabilities: A five-year review. *Universal Access in the Information Society*, 25(1), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s10209-025-01282-8>
- Republik Indonesia. (2016). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyandang Disabilitas*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 69.
- Said, M., Hn, W., Azizah, S., Darmawan, D., & Anwar, C. R. (2022). Digital skills of blind college students in the educational process during a pandemic. *Journal of ICSAR*, 6(1), 67-77. <https://doi.org/10.17977/um005v6i12022p067>
- Sharma, T., Tseng, Y.-Y., Zhang, L., Ide, A., Mack, K. A., Findlater, L., Gurari, D., & Wang, Y. (2025). "Before, I asked my mom, now I ask ChatGPT": Visual privacy management with generative AI for blind and low-vision people. In *Proceedings of the 27th International ACM SIGACCESS Conference on Computers*

- and Accessibility (ASSETS '25)* (Article 17). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3663547.3746335>
- Tang, X., Abdolrahmani, A., Gergle, D., & Piper, A. M. (2025). Everyday uncertainty: How blind people use GenAI tools for information access. In *Proceedings of the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25)* (pp. 1–17). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3706598.3713433>
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386693>
- Vader, M.-L. P., Baguhn, S. J., & Silverman, A. M. (2025). Emerging trends in artificial intelligence and blindness: A Delphi study. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 119(6), 495–506. <https://doi.org/10.1177/0145482X251399194>
- Voultsiou, E., & Moussiades, L. (2025). A systematic review of AI, VR, and LLM applications in special education: Opportunities, challenges, and future directions. *Education and Information Technologies*, 30(13), 19141–19181. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13550-4>
- World Wide Web Consortium. (2024). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>
- World Wide Web Consortium. (2025). *Guidance on applying WCAG 2 to non-web information and communications technologies (WCAG2ICT) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/wcag2ict-22/>