

INOVASI STRATEGI PENGENALAN LINGKUNGAN BERBASIS MULTISENSORI BAGI SISWA SEKOLAH DASAR PADA KONTEKS PENDIDIKAN INKLUSIF DI ERA KECERDASAN BUATAN

Nadya Febriani

Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Institut Prima Bangsa, Cirebon, Indonesia

Nfebriani665@gmail.com

ABSTRACT

Penelitian ini mengkaji inovasi strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori yang dapat diterapkan bagi siswa sekolah dasar dalam konteks pendidikan inklusif di era kecerdasan buatan. Strategi ini dikembangkan dari praktik pembelajaran multisensori bagi siswa dengan hambatan penglihatan di sekolah inklusif sebagai model yang dapat diadaptasi di sekolah dasar. Pendekatan multisensori mengaktifkan indera peraba, pendengaran, penciuman, dan gerak tubuh untuk membantu siswa memahami lingkungan secara konkret dan bermakna. Penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif melalui wawancara mendalam dan observasi aktivitas belajar. Hasil menunjukkan bahwa strategi pengenalan lingkungan diterapkan secara bertahap dari ruang kelas ke area luar melalui eksplorasi benda nyata, latihan mobilitas, dan penggunaan isyarat audio-taktil. Pendekatan ini meningkatkan orientasi spasial, kepercayaan diri, dan kemandirian siswa. Selain itu, integrasi teknologi kecerdasan buatan seperti sistem navigasi audio-taktil dan sensor adaptif berpotensi memperluas penerapan strategi multisensori di sekolah dasar. Temuan ini diharapkan menjadi rujukan bagi calon guru sekolah dasar dalam mengembangkan pembelajaran inklusif yang adaptif dan humanis di era digital.

Kata Kunci: kecerdasan buatan, multisensori, pendidikan inklusif, pengenalan lingkungan, sekolah dasar

ABSTRACT

This research examines innovative multisensory-based environmental recognition strategies that can be applied to elementary school students in the context of inclusive education in the era of artificial intelligence. This strategy was developed from multisensory learning practices for students with visual impairments in inclusive schools as a model that can be adapted in elementary schools. A multisensory approach activates the senses of touch, hearing, smell and body movement to help students understand the environment in a concrete and meaningful way. The research used descriptive qualitative methods through in-depth interviews and observation of learning activities. The results showed that environmental recognition strategies were implemented gradually from the classroom to outdoor areas through exploration of real objects, mobility exercises, and the use of audio-tactile cues. This approach increases students' spatial orientation, self-confidence and independence. Additionally, the integration of artificial intelligence technologies such as audio-tactile navigation systems and adaptive sensors has the potential to expand the application of multisensory strategies in elementary schools. It is hoped that these findings will become a reference for prospective elementary school teachers in developing adaptive and humanistic inclusive learning in the digital era.

Keywords: artificial intelligence, inclusive education, elementary school, environmental awareness, multisensory

PENDAHULUAN

Pendidikan dasar memegang peran penting dalam membentuk kemampuan kognitif, afektif, dan sosial peserta didik. Dalam era pendidikan inklusif, sekolah dasar dituntut untuk mampu mengakomodasi keberagaman siswa, termasuk mereka yang memiliki perbedaan kemampuan sensorik dan persepsi visual. Siswa dengan hambatan penglihatan, misalnya, memerlukan strategi pembelajaran yang tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga pengembangan keterampilan orientasi dan mobilitas agar mampu mengenali lingkungan dengan cara yang sesuai dengan kondisi mereka. Pendekatan pembelajaran berbasis multisensori menjadi alternatif efektif karena mengaktifkan berbagai indera seperti peraba, pendengaran, dan kinestetik untuk membantu siswa membangun representasi spasial dan memahami konsep lingkungan secara konkret (Bartolini et al., 2025; Chit et al., 2024)

Perkembangan teknologi di era kecerdasan buatan Artificial Intelligence/AI juga membuka peluang besar bagi inovasi pembelajaran inklusif di sekolah dasar. Teknologi berbasis AI seperti audio-tactile mapping dan sistem navigasi adaptif dapat meningkatkan aksesibilitas pembelajaran bagi siswa dengan kebutuhan visual khusus sekaligus memperkaya pengalaman belajar semua siswa di kelas inklusif (Ricci et al., 2024; Voutsakelis et al., 2025). Meski demikian, pemanfaatan strategi multisensori dan teknologi adaptif di sekolah dasar masih terbatas, terutama karena kurangnya pemahaman dan pelatihan guru dalam merancang pembelajaran yang responsif terhadap kebutuhan sensorik peserta didik. Oleh sebab itu, praktik multisensori yang telah berhasil diterapkan di sekolah luar biasa perlu dikaji ulang dan diadaptasi menjadi model pembelajaran yang relevan bagi guru sekolah dasar dalam konteks pendidikan inklusif.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berupaya mengkaji secara mendalam inovasi strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori yang dikembangkan melalui praktik di sekolah inklusif, untuk kemudian diposisikan sebagai model yang dapat diadaptasi dalam pembelajaran di sekolah dasar. Fokus kajiannya mencakup tahapan penerapan strategi multisensori dalam mengenalkan lingkungan belajar, efektivitasnya dalam meningkatkan orientasi spasial dan kemandirian siswa, serta potensi integrasi teknologi kecerdasan buatan sebagai penguatan dalam proses pembelajaran (Chebat et al., 2020). Dengan pendekatan ini, penelitian tidak hanya menggambarkan praktik pembelajaran pada siswa dengan hambatan penglihatan, tetapi juga mengonseptualisasikannya sebagai strategi inklusif yang relevan untuk diterapkan di sekolah dasar (Sutoyo & Chowanda, 2023).

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan model pendidikan inklusif berbasis multisensori yang terintegrasi dengan dukungan teknologi kecerdasan buatan. Hasil kajian ini memperkaya perspektif pendidikan dasar tentang bagaimana pengalaman belajar multisensori dapat membangun pemahaman spasial, meningkatkan keterlibatan belajar, dan menumbuhkan sikap empatik terhadap perbedaan kemampuan di antara siswa (Suryadi et al., 2024). Sementara itu, secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan menjadi rujukan bagi calon guru dan guru sekolah dasar dalam merancang pembelajaran inovatif yang humanis dan adaptif. Selain itu, temuan ini juga dapat mendukung perumusan kebijakan dan program pelatihan guru terkait penerapan teknologi pendidikan inklusif di era digital (Morelli et al., 2020).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menggambarkan secara mendalam strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori bagi siswa sekolah dasar dalam konteks pendidikan inklusif. Pendekatan ini dipilih karena memberikan ruang bagi peneliti untuk memahami pengalaman belajar dan interaksi guru siswa secara holistik dalam situasi pembelajaran yang kontekstual dan kompleks. Sejalan dengan pandangan (Dina & Nova Estu Harsiwi, 2025; Lata P, 2024), penelitian kualitatif berperan penting dalam mengungkap makna yang tersembunyi di balik perilaku belajar dan strategi pedagogis yang digunakan dalam praktik pendidikan.

Proses penelitian dilakukan melalui observasi langsung dan wawancara mendalam dengan guru serta peserta didik yang terlibat dalam pembelajaran berbasis multisensori. Teknik wawancara bersifat semi-terstruktur agar narasumber dapat mengungkapkan pengalaman belajar, strategi yang diterapkan, serta tantangan yang dihadapi secara terbuka. Sementara itu menurut (Wei et al., 2022), observasi digunakan untuk mengamati bagaimana kegiatan pengenalan lingkungan berlangsung, termasuk pemanfaatan indera peraba, pendengaran, dan penciuman dalam memahami ruang di sekitar. Pendekatan ini efektif untuk menangkap dinamika pembelajaran multisensori sebagaimana diungkapkan oleh (Aliu, 2024) dalam studi mengenai pelatihan orientasi berbasis teknologi adaptif.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan tematik, yakni mengidentifikasi pola, kategori, dan makna utama dari hasil wawancara dan catatan observasi. Proses analisis mencakup tiga tahap: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan yang bersifat reflektif terhadap konteks pembelajaran. Keabsahan data diperkuat melalui teknik member checking, yaitu mengonfirmasi hasil interpretasi peneliti kepada narasumber untuk memastikan kesesuaian makna dengan pengalaman aktual di lapangan. Pendekatan validasi ini, sebagaimana ditegaskan oleh (Fang et al., 2020; Ronzon et al., 2025), penting untuk menjaga keotentikan temuan dalam riset yang melibatkan pengalaman multisensori peserta didik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori diterapkan melalui tahapan yang sistematis dan adaptif. Pembelajaran diawali dengan pengenalan lingkungan dalam ruang kelas sebagai area paling familiar bagi siswa. Guru memperkenalkan posisi benda-benda penting seperti meja, kursi, dan rak tas melalui eksplorasi taktil yang terarah (Fitas, 2025). Siswa diajak menyentuh, menghitung langkah, dan mengikuti arah suara guru untuk membentuk mental map tentang tata letak kelas. Pendekatan ini terbukti membantu siswa memahami struktur ruang menggunakan kombinasi sensasi peraba, suara, dan gerak tubuh. Setelah siswa menguasai area kelas, kegiatan diperluas ke area luar seperti koridor, taman, dan toilet (Espro et al., 2025). Guru menggunakan teknik verbal guiding dan sound orientation untuk menstimulasi orientasi spasial siswa.

Kegiatan mobilitas di luar kelas juga dilengkapi dengan latihan mengenali perubahan tekstur lantai, arah angin, serta suara lingkungan sekitar. Pengalaman multisensori semacam ini menumbuhkan rasa percaya diri, keberanian, dan kemampuan reflektif siswa dalam berinteraksi dengan lingkungan (Zakiah et al., 2024). Guru menyesuaikan latihan berdasarkan profil individu: siswa low vision dibantu

menggunakan pencahayaan dan warna kontras tinggi, sedangkan siswa dengan autisme dibimbing melalui pola ritme dan lagu agar lebih fokus dan tenang (Alfi Desby Lustani, Achmad Fadil, Sayyidah Soraya, 2025).

Selain aspek mobilitas, guru juga menyesuaikan pembelajaran akademik dan sosial-emosional siswa. Evaluasi dilakukan melalui metode lisan dan praktik langsung agar sesuai dengan kemampuan persepsi masing-masing anak. Guru berperan tidak hanya sebagai pengajar, tetapi juga fasilitator yang menafsirkan materi visual menjadi pengalaman multisensori yang dapat diakses siswa melalui suara, sentuhan, dan gerak tubuh. Pendekatan ini menciptakan suasana belajar yang reflektif, partisipatif, dan mendukung pengelolaan emosi siswa (Castaneda et al., 2025; Li, 2025).

Tabel 1. Temuan Wawancara

Tema Utama	Uraian Hasil Wawancara
Profil Siswa	4 siswa (TK, kelas 1, 2, 3), dengan beragam hambatan (low vision, autis, emosi tidak stabil)
Orientasi & Mobilitas	Pembelajaran orientasi dan mobilitas sangat penting bagi tunanetra
Pembelajaran Akademik	Menggunakan Braille dan papan Braille, pengenalan lambat, tergantung kemampuan anak
Penyesuaian Kurikulum	Kurikulum sama dengan sekolah umum, media dan praktik dibuat konkret
Penilaian/Asesmen	Ujian lisan, guru membacakan soal, siswa menjawab lisan
Pengelolaan Emosi & Sosial	Ada siswa yang sering marah/berantem, guru mengelola dengan cerita, dialog, pemisahan tempat duduk
Praktikum & Kegiatan Fisik	Praktikum dan olahraga dimodifikasi sesuai kemampuan dan keamanan
Peran Guru	Guru khusus tunanetra lebih efektif, belajar dari pengalaman murid juga

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori diterapkan secara bertahap kelas area luar dan disesuaikan menurut profil sensorik individu. Temuan ini mendukung gagasan bahwa pembelajaran nonvisual yang terstruktur taktil, auditori, kinestetik mampu membentuk mental map spasial yang fungsional bagi peserta didik dengan keterbatasan penglihatan. Mekanisme yang terlihat di lapangan repetisi langkah, pengenalan tekstur lantai, penggunaan suara panduan, dan latihan mobilitas bertahap konsisten dengan model pembelajaran pengalaman experiential learning yang menekankan pengulangan praktis untuk internalisasi keterampilan orientasi (Bandukda et al., 2021; Pagliara et al., 2024). Dengan kata lain, efektivitas strategi multisensori muncul bukan hanya dari keberagaman modalitas sensorik, tetapi dari struktur pedagogis yang sistematis dan berulang.

Temuan ini sejajar dengan literatur terkini yang menekankan peran multisensori dalam memperkuat representasi spasial nonvisual dan memori prosedural. Selain itu, penggunaan media taktil dan haptik sebagai sarana eksplorasi memperlihatkan peningkatan kemampuan ekspresi dan kreatifitas sebagaimana dilaporkan oleh (Griffin-Shirley et al., 2021). Secara teoritis, hal ini menegaskan bahwa pembelajaran multisensori mendukung embodied cognition pengetahuan yang diproksimalkan melalui tindakan tubuh dan sensasi yang relevan untuk membangun pemahaman ruang tanpa visual.

Pendekatan diferensiasi yang diaplikasikan guru juga memvalidasi prinsip Universal Design for Learning UDL: representasi, aksi & ekspresi, dan keterlibatan harus disesuaikan menurut profil peserta didik (Duesing et al., 2025; Purpura & Petri, 2023).

Analisis menunjukkan bahwa peran guru sebagai fasilitator, mediator, dan pemberi dukungan emosional adalah kunci. Guru yang empatik dan adaptif mampu menciptakan scaffolding yang aman sehingga siswa mau mencoba dan mengulang latihan mobilitas. Temuan ini konsisten dengan penelitian yang menekankan hubungan antara kompetensi sosial-emosional guru dan motivasi serta kemandirian peserta didik berkebutuhan khusus (Boza-Chua et al., 2021; Dina & Nova Estu Harsiwi, 2025). Dengan demikian, keberhasilan strategi multisensori bukan sekadar pada desain media, tetapi sangat bergantung pada kapasitas pedagogis guru suatu hal yang menjadi perhatian penting bagi program Pendidikan Guru Sekolah Dasar dalam mempersiapkan calon guru.

Hasil lapangan menunjukkan potensi integrasi teknologi AI audio tactile navigation, sensor adaptif untuk memperkuat latihan orientasi dan memberikan umpan balik real-time. Secara konseptual, AI dapat meningkatkan personalisasi latihan adaptasi berdasarkan pola gerak pengguna dan aspek keamanan deteksi rintangan. Hal ini sesuai dengan kajian (Elshaer et al., 2025; Wazirali et al., 2025). Namun, diskusi perlu menekankan kewaspadaan: adopsi teknologi harus mempertimbangkan kesiapan infrastruktur, keterampilan guru, etika data pengguna privasi, serta resiliensi solusi terhadap kondisi lapangan daya baterai, perawatan. Oleh karena itu, AI idealnya diposisikan sebagai pendamping pedagogis memperkuat, bukan menggantikan, peran guru dan perlu diuji melalui studi intervensi yang memperhatikan konteks sumber daya sekolah dasar.

Temuan mengindikasikan beberapa implikasi praktis konkret bagi pendidikan guru sekolah dasar. Perlu dimasukkannya modul pembelajaran multisensori dan orientasi-mobilitas dalam kurikulum pendidikan guru sekolah dasar (Rusman et al., 2024), Penyusunan praktik lapangan yang berkolaborasi dengan sekolah inklusif untuk memberikan pengalaman langsung kepada calon guru, Pengembangan bahan ajar bertekstur dan skenario pembelajaran tematik yang inklusif; dan Pelatihan penggunaan teknologi asistif dasar serta penilaian etis terkait penggunaannya. Bila pendidikan guru sekolah dasar mengintegrasikan kompetensi ini, calon guru akan lebih siap merancang kelas inklusif yang adaptif terhadap keberagaman sensorik siswa (Paramansyah & Parojai, 2024).

Walau hasil memberikan insight penting, beberapa keterbatasan perlu diakui. Studi ini berbasis studi kasus dengan jumlah partisipan terbatas sehingga generalisasi harus dilakukan hati-hati. Penggunaan data kualitatif dan observasional memberikan kedalaman konteks namun menuntut triangulasi lebih lanjut studi kuantitatif untuk mengukur efek latihan terhadap peningkatan orientasi secara terukur. Selain itu, aspek jangka panjang durabilitas keterampilan orientasi belum dipantau; studi longitudinal diperlukan untuk mengetahui apakah kemampuan yang diperoleh berlanjut tanpa penguatan intensif (Bartolini et al., 2025; Chit et al., 2024).

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa strategi pengenalan lingkungan berbasis multisensori mampu meningkatkan kemampuan orientasi spasial, kemandirian, dan kepercayaan diri peserta didik dengan hambatan penglihatan melalui aktivasi indera peraba, pendengaran, dan kinestetik dalam proses belajar yang bertahap dan bermakna. Praktik multisensori yang diterapkan guru tidak hanya efektif membantu siswa memahami lingkungan tanpa ketergantungan visual, tetapi juga relevan untuk diadaptasi sebagai model pembelajaran inklusif di sekolah dasar. Integrasi teknologi kecerdasan buatan (AI) berpotensi memperkuat efektivitas strategi ini melalui sistem audio-taktil dan sensor adaptif yang mendukung personalisasi pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan pentingnya peran guru sekolah dasar dalam mengembangkan pembelajaran humanis, kontekstual, dan adaptif terhadap keberagaman sensorik siswa di era pendidikan berbasis kecerdasan buatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfi Desby Lustani, Achmad Fadil, Sayyidah Soraya, A. F. P. (2025). PEMANFAATAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS AI: SOLUSI CERDAS UNTUK PENDIDIKAN MASA KINI Alfi Desby Lustani, 1(1), 70–76.
- Aliu, T. V. (2024). Artificial Intelligence in Special Education: A Literature Review Toluwani. 2(2), 188–199.
- Bandukda, M., Holloway, C., Singh, A., Barbareschi, G., & Berthouze, N. (2021). Opportunities for Supporting Self-efficacy through Orientation & Mobility Training Technologies for Blind and Partially Sighted People. ASSETS 2021 - 23rd International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, 1–21. <https://doi.org/10.1145/3441852.3471224>
- Bartolini, T., Riberto, M., Vitali, H., Wallace, M. T., & Gori, M. (2025). The study of multisensory interception for interaction with objects and others in visually impaired children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 19(August), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1645731>
- Boza-Chua, A., Gabriel-Gonzales, K., & Andrade-Arenas, L. (2021). Inclusive Education: Implementation of a Mobile Application for Blind Students. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(11), 785–795. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121189>
- Castaneda, J. A. C., Lin, P. C., Hung, P. C. K., Zhong, H. X., Tseng, H. A., Huang, Y. F., & Ahmad, R. (2025). Designing inclusive tech playful educative solutions for visually impaired learners in STEM education. *Smart Learning Environments*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00358-x>
- Chebat, D. R., Schneider, F. C., & Ptito, M. (2020). Spatial Competence and Brain Plasticity in Congenital Blindness via Sensory Substitution Devices. *Frontiers in Neuroscience*, 14(July), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00815>
- Chit, S. M., Yap, K. M., & Ahmad, A. (2024). Multi-sensory learning framework for visually impaired learners: Use of 3D, haptic, audio, olfactory media. *Multimedia Tools and Applications*, 83(34), 81711–81723. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-18249-1>

- Dina, M. F., & Nova Estu Harsiwi. (2025). Strategi Penanganan Anak Tunanetra Dan Tunarungu Melalui Pendekatan Personal Dan Penataan Lingkungan Belajar. *JPGENUS: Jurnal Pendidikan Generasi Nusantara*, 3(1), 120–129. <https://doi.org/10.61787/af53h271>
- Duesing, S. L., Lane-Karnas, K., Duesing, S. J. A., Lane-Karnas, M., Y, N., & Chandna, A. (2025). Sensory substitution and augmentation techniques in cerebral visual impairment: a discussion of lived experiences. *Frontiers in Human Neuroscience*, 19(February). <https://doi.org/10.3389/fnhum.2025.1510771>
- Elshaer, I. A., AlNajdi, S. M., & Salem, M. A. (2025). Sustainable AI Solutions for Empowering Visually Impaired Students: The Role of Assistive Technologies in Academic Success. *Sustainability (Switzerland)*, 17(12), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su17125609>
- Espro, C., Paone, E., Mauriello, F., Gotti, R., Uliassi, E., & Bolognesi, M. L. (2025). Alma Mater Studiorum Università di Bologna Archivio istituzionale della ricerca. January.
- Fang, C., He, B., Wang, Y., Cao, J., & Gao, S. (2020). EMG-centered multisensory based technologies for pattern recognition in rehabilitation: State of the art and challenges. *Biosensors*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/BIOS10080085>
- Fitas, R. (2025). Inclusive Education with AI: Supporting Special Needs and Tackling Language Barriers. 1–63. <http://arxiv.org/abs/2504.14120>
- Griffin-Shirley, Bozeman, N. L., Lee, J., Nguyen, S., Othuon, V., Page, A., Hahm, J., & Hahm, J. (2021). Survei terhadap Spesialis Orientasi dan Mobilitas Tunanetra tentang Akomodasi dan Strategi Pengajaran yang Mereka Gunakan Saat Memberikan Layanan Orientasi dan Mobilitas. *Jurnal Gangguan Penglihatan Dan Kebutaan*, 115(3). <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0145482X211018000>
- Lata P. (2024). INTERNATIONAL JOURNAL OF LAW MANAGEMENT & HUMANITIES Towards Equitable Learning: Exploring Artificial Intelligence in Inclusive Education. *International Journal of Law Management & Humanities*, 7(5), 416–434. <https://doi.org/10.1000/IJLMH.118279>
- Li, Z. (2025). Artificial Intelligence Enabling Special Education Teacher Development: Building Support Systems and Practical Paths. *International Theory and Practice in Humanities and Social Sciences*, 2(5), 92–105. <https://doi.org/10.70693/itphss.v2i5.318>
- Morelli, F., Aprile, G., Cappagli, G., Luparia, A., Decortes, F., Gori, M., & Signorini, S. (2020). A Multidimensional, Multisensory and Comprehensive Rehabilitation Intervention to Improve Spatial Functioning in the Visually Impaired Child: A Community Case Study. *Frontiers in Neuroscience*, 14(July), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00768>
- Pagliara, S. M., Bonavolontà, G., Pia, M., Falchi, S., Zurru, A. L., Fenu, G., & Mura, A. (2024). The Integration of Artificial Intelligence in Inclusive Education: A Scoping Review. *Information (Switzerland)*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/info15120774>
- Paramansyah, A., & Parojai, M. R. (2024). Pendidikan Inklusif Dalam Era Digital. *Widina Media Utama*, 1–129.

- Purpura, G., & Petri, S. (2023). Early Interplay of Smell and Sight in Human Development: Insights for Early Intervention With High-Risk Infants. *Current Developmental Disorders Reports*, 10(4), 232–238. <https://doi.org/10.1007/s40474-023-00285-5>
- Ricci, F. S., Liguori, L., Palermo, E., Rizzo, J. R., & Porfiri, M. (2024). Navigation Training for Persons With Visual Disability Through Multisensory Assistive Technology: Mixed Methods Experimental Study. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies*, 11. <https://doi.org/10.2196/55776>
- Ronzon, T, et al. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Empowering Visually Impaired Students: A Comprehensive Overview. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28459981/%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100208%0Ahttp://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://doi.org/10.47435/sentikjar.v3i0.3138>
- Rusman, I., Nurmala, Nurasti, Rahmadania, Wahyuni, & Qadrianti, L. (2024). Peran Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran di Era Digital. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Tarbiyah Dan Ilmu Keguruan IAIM Sinjai*, 3, 42–46. <https://doi.org/10.47435/sentikjar.v3i0.3138>
- Suryadi, D., Nasrulloh, A., Yanti, N., Fauzan, L. A., Suhartini, B., Budayati, E. S., Arovah, N. I., Suganda, M. A., Sutapa, P., Fauziah, E., Yogyakarta, U. N., Tanjungpura, U., Makasar, U. N., Mangkurat, U. L., Nahdlatul, U., & Cirebon, U. (2024). Stimulation of motor skills through game models in early childhood and elementary school students: systematic review in Indonesia Estimulación de las habilidades motrices mediante modelos de juego en alumnos de educación infantil y primaria: revisión sist. 2041, 1255–1261.
- Sutoyo, R., & Chowanda, A. (2023). The Development of Indoor Object Recognition Tool for People with Low Vision and Blindness. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 8(2), 77. <https://doi.org/10.21512/comtech.v8i2.3763>
- Voutsakelis, G., Dimkaros, I., Tzimos, N., Kokkonis, G., & Kontogiannis, S. (2025). Development and Evaluation of a Tool for Blind Users Utilizing AI Object Detection and Haptic Feedback. *Machines*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/machines13050398>
- Wazirali, R., Ashrif, F. F., & Ahmad, R. (2025). AI smart cane technology and assistive navigation for visually impaired users: an overview. In *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences (Vol. 37, Issue 8)*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s44443-025-00234-9>
- Wei, L., Jin, L., Gong, R., Yang, Y., & Zhang, X. (2022). Design of Audio-Augmented-Reality-Based O&M Orientation Training for Visually Impaired Children. *Sensors*, 22(23). <https://doi.org/10.3390/s22239487>
- Zakiah, Z., Umar, V., Jauhari, M. N., & Irvan, M. (2024). Pemanfaatan Teknologi Asistif dalam Proses Pembelajaran Siswa dengan Hambatan Penglihatan. *Journal on Education*, 7(1), 3893–3902. <https://doi.org/10.31004/joe.v7i1.6981>