

Kajian Tinjauan Literatur Sistematis (SLR): Penggunaan Teknologi dalam Pendidikan Murid Ketidakupayaan Penglihatan di Malaysia

(Systematic Literature Review (SLR) Study: Use of Technology in the Education of Visually Impaired Students in Malaysia)

Muhammad Aiman bin Fauzan

Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Siti Aisyah binti Ayub

Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Lina Anak Manggi

Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Syar Meeze Mohd Rashid

Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia

Abstrak

Pendidikan inklusif di Malaysia memerlukan teknologi bantu bagi murid berketidakupayaan penglihatan. Kajian ini melaksanakan Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) berasaskan PRISMA untuk menilai penggunaan pembaca skrin (JAWS, NVDA), paparan serta *embosser* Braille pintar dan aplikasi suara seperti Seeing AI. Carian dibuat dalam Google Scholar, Web of Science dan ScienceDirect Scopus. Sebanyak 30 kajian dikenal pasti dan 15 dipilih mengikut kriteria inklusi. Sintesis mendapati halangan utama meliputi infrastruktur digital sekolah yang terhad, latihan guru yang tidak mencukupi serta kos peralatan yang tinggi, dengan cabaran lebih ketara semasa dan selepas COVID-19. Kajian mencadangkan peluasan alat suara bantu, latihan berterusan untuk guru dan kerjasama antara sektor awam dan swasta bagi meningkatkan akses serta pencapaian murid.

Kata kunci: Pendidikan Inklusif, Murid Ketidakupayaan Penglihatan, Tahap Kesiapsiagaan Guru Penggunaan Teknologi Dalam Pendidikan

Abstract

Inclusive education in Malaysia requires assistive technologies for students with visual impairments. This PRISMA guided systematic literature review (SLR) examines the use of screen readers (JAWS, NVDA), smart Braille displays and embossers, and voice based tools such as Seeing AI. Searches were conducted in Google Scholar, Web of Science and ScienceDirect Scopus. Thirty studies were identified and fifteen met the inclusion criteria. The synthesis highlights key constraints, including limited school digital infrastructure, insufficient teacher training and high device costs, with challenges more evident during and after COVID-19. The review recommends systematic deployment of voice based assistive tools, continuous professional development for teachers and stronger public private partnerships to widen access and improve learning outcomes in Malaysia.

Keywords: Inclusive Education, Visually Impaired Students, Teacher Readiness Level for the Use of Technology in Education

Article Progress

Received: 10 January 2026

Revised: 24 January 2026

Accepted: 07 February 2026

1. PENGENALAN

Pendidikan inklusif merupakan komponen asas dalam kerangka pendidikan Malaysia dan selaras dengan Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) 4 yang menekankan akses saksama kepada pendidikan berkualiti untuk semua, termasuk murid berkehidupan penglihatan. Perkembangan terkini dalam teknologi bantu telah membawa kepada pengenalan pelbagai alat baharu yang meningkatkan kualiti hidup dan pembelajaran murid berkehidupan penglihatan, termasuk paparan Braille pintar, aplikasi berasaskan suara seperti Seeing AI, serta pembaca skrin berasaskan kecerdasan buatan (AI) seperti JAWS dan NVDA. Inovasi digital tersebut membolehkan murid berkehidupan penglihatan memperoleh akses yang lebih berkesan kepada kandungan pembelajaran melalui pengoptimuman penggunaan deria sentuhan dan pendengaran. Walaupun pelbagai kekangan seperti infrastruktur, kompetensi guru dan jurang sosioekonomi masih wujud, guru pendidikan khas memainkan peranan yang signifikan dalam memastikan teknologi bantuan dapat diintegrasikan secara berkesan dalam proses pengajaran dan pembelajaran.

Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO, 2018) menyatakan bahawa ketidakupayaan penglihatan boleh dibahagikan kepada dua kategori utama iaitu rabun (*low vision*), iaitu masih mempunyai sedikit penglihatan selepas rawatan, dan buta (*blindness*), yang memerlukan kebergantungan sepenuhnya kepada deria lain. Kementerian Pendidikan Malaysia melaporkan bahawa lebih ramai pelajar berkehidupan penglihatan didaftarkan dalam kelas inklusif. Walau bagaimanapun, penggunaan teknologi bantu masih terhad, terutamanya pada masa selepas pandemik COVID-19, yang telah memperburukkan lagi kekurangan akses digital di kawasan luar bandar. Hasil awal menunjukkan bahawa pencapaian akademik boleh berkurangan dengan ketara tanpa bantuan teknologi. Ini menunjukkan bahawa kajian yang sistematik perlu dijalankan mengenai halangan, kesan dan intervensi bersasar.

Bilangan murid berkehidupan penglihatan yang mengikuti pembelajaran bersama rakan sebaya yang celik penglihatan terus meningkat (Miyachi, 2020). Penempatan yang inklusif menawarkan banyak faedah, termasuk peluang yang lebih besar untuk berinteraksi dengan rakan sebaya dan akses kepada kurikulum di seluruh negara. Namun, apabila murid berkehidupan penglihatan tidak menguasai teknologi bantu dengan baik, mereka menghadapi kesukaran besar dalam aktiviti bilik darjah, khususnya kerana lebih 80% maklumat pengajaran disampaikan melalui deria penglihatan. Sebaliknya, mereka boleh mengakses input guru dengan lebih pantas melalui sentuhan dan pendengaran dengan menggunakan aplikasi suara berasaskan AI seperti Seeing AI, paparan Braille pintar dan pembaca skrin berasaskan AI seperti JAWS dan NVDA. Dapatan kajian tinjauan literatur sistematik mengenai penggunaan teknologi bantu di sekolah-sekolah di Malaysia mengenal pasti latihan guru dan infrastruktur sebagai penentu utama kejayaan integrasi teknologi, dengan implikasi terhadap pengurangan jurang pencapaian akademik serta peningkatan kemandirian murid dalam era pascapandemik.

Walaupun pelaksanaan pendidikan inklusif semakin berkembang di peringkat global, kajian-kajian terkini menunjukkan bahawa murid berkehidupan penglihatan masih berhadapan dengan pelbagai cabaran sosial, emosi dan akademik yang boleh menjejaskan pengalaman pembelajaran mereka. Beberapa kajian melaporkan bahawa sebahagian murid berkehidupan penglihatan menunjukkan tahap kepuasan yang positif terhadap penyertaan mereka dalam bilik darjah inklusif. Namun demikian, sebahagian daripada mereka masih mengalami perasaan terpinggir, kurang diterima dalam kumpulan rakan sebaya dan berhadapan dengan kesukaran untuk membina hubungan sosial yang bermakna (Wang et al., 2023; Woolfson, 2024). Keadaan ini menunjukkan bahawa kehadiran fizikal dalam bilik darjah arus perdana tidak semestinya menjamin penyertaan sosial yang sebenar kerana inklusi yang berkesan memerlukan rasa kepunyaan, penerimaan dan penglibatan aktif dalam komuniti pembelajaran.

Dari perspektif sosial, murid berketidakupayaan penglihatan juga berisiko mengalami diskriminasi tersirat, pengasingan sosial dan gangguan daripada rakan sebaya akibat kebergantungan mereka terhadap bantuan orang lain untuk pergerakan, orientasi dan pelaksanaan tugas harian. Literatur semasa menunjukkan bahawa faktor sosial dan emosi merupakan antara penghalang utama kepada kejayaan pendidikan inklusif kerana ia memberi kesan langsung terhadap motivasi belajar, keyakinan diri dan kesejahteraan psikologi murid (Wang et al., 2023; Holzer & Opitz, 2025). Oleh itu, pendidikan inklusif perlu dilaksanakan secara holistik dengan memberi perhatian bukan sahaja kepada akses fizikal tetapi juga kepada pembangunan hubungan sosial yang positif dalam persekitaran sekolah. Dalam konteks yang sama, perkembangan teknologi bantuan telah membuka peluang baharu untuk meningkatkan autonomi dan penyertaan murid berketidakupayaan penglihatan dalam proses pembelajaran. Penggunaan pembaca skrin berasaskan kecerdasan buatan (AI), paparan Braille elektronik, aplikasi pengecaman suara dan platform pembelajaran digital yang boleh diakses membolehkan murid memperoleh maklumat, menyelesaikan tugas dan berinteraksi dengan persekitaran pembelajaran secara lebih berdikari (Del Rosario Navas-Bonilla et al., 2025; Yenduri et al., 2023). Penguasaan yang baik terhadap teknologi ini berupaya mengurangkan kebergantungan kepada guru dan rakan sebaya sekali gus meningkatkan tahap efikasi sendiri, kebebasan belajar dan penyertaan akademik mereka

Cabaran ini menjadi lebih kompleks apabila sebahagian guru masih mempunyai tahap pengetahuan dan kemahiran yang terhad dalam penggunaan teknologi bantuan. Kekurangan latihan profesional yang berterusan menyebabkan guru kurang yakin untuk mengintegrasikan teknologi secara bermakna dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Keadaan ini bukan sahaja mengurangkan keberkesanan penggunaan teknologi sedia ada malah boleh menjejaskan pencapaian akademik serta pengalaman pembelajaran murid berketidakupayaan penglihatan secara keseluruhan (Wu et al., 2025; Yenduri et al., 2023). Sehubungan dengan itu, kajian ini bertujuan untuk mengenal pasti dan menganalisis secara mendalam pelbagai halangan yang dihadapi oleh murid berketidakupayaan penglihatan di Malaysia dalam penggunaan teknologi bantuan. Penelitian terhadap aspek aksesibiliti teknologi, kompetensi guru, sokongan institusi dan penyertaan sosial dijangka dapat menyumbang kepada pembangunan dasar dan amalan pendidikan yang lebih inklusif serta berupaya memperkukuhkan akses pendidikan berkualiti kepada semua murid tanpa mengira ketidakupayaan yang dialami

2. METODOLOGI

Kajian Tinjauan Literatur Sistemik (*Systematic Literature Review*) merupakan pendekatan penyelidikan sistematik yang melibatkan proses pengumpulan, pengenalpastian, analisis, ringkasan dan penilaian kritikal literatur berkaitan subjek yang dikaji. Bagi memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan dapatan, SLR mengintegrasikan pendekatan kualitatif dan kuantitatif melalui analisis dokumen berperingkat, menurut Ngien Hock Wuong, Murugan Rajoo dan Noor Azah (2022). Metodologi ini selaras dengan matlamat kajian ini di Malaysia mengenai penggunaan teknologi dalam pendidikan pelajar pendidikan khas (MPK) yang cacat penglihatan. Disebabkan kualitinya, kaedah ini sering digunakan kerana ia membantu memastikan kajian SLR dijalankan secara sistematik. Selain itu, ia menyediakan prosedur terperinci dengan penggunaan data dalam kuantiti yang besar. Selain itu, kaedah ini mempunyai kelebihan dalam menunjukkan ketelusan, konsistensi dan piawaian yang tinggi untuk membuat laporan penyelidikan melalui prosedur tertentu. Karantzas (2019) mendapati bahawa kaedah PRISMA telah banyak membantu penulis dalam mengenal pasti karya literatur yang berkaitan mengikut objektif kajian. Empat langkah ini, iaitu pengenalpastian, penyaringan, kelayakan dan inklusiviti, telah digunakan oleh kaedah tersebut. Oleh itu, penyelidik telah menghasilkan satu kajian SLR yang berkualiti tinggi dan telus menggunakan kaedah PRISMA.

3. PROSES PENCARIAN LITERATUR

Penyelidik menyediakan Jadual 1 yang menyenaraikan faktor-faktor yang digunakan bagi menentukan kriteria penerimaan dan penolakan dalam kajian SLR ini. Bagi mengenal pasti penerbitan yang menepati kriteria kajian, pemilihan artikel ditentukan berdasarkan tahun penerbitan, bahasa penulisan, jenis bahan rujukan, serta bidang kajian artikel jurnal seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Tahun penerbitan ditetapkan antara 2015 hingga 2025, iaitu tempoh sepuluh tahun terkini. Strategi carian dalam Kajian Tinjauan Literatur Sistemik (SLR) ini disesuaikan dengan objektif kajian, dengan fokus utama kepada pengenalanpastian halangan penggunaan teknologi, kesan terhadap pendidikan murid pendidikan khas (MPK) penglihatan, serta cadangan intervensi yang berpotensi.

Penyelidik pada peringkat awal menggunakan dua pangkalan data utama yang dipilih berdasarkan liputan yang meluas, konsistensi hasil carian dan keupayaan fungsi carian yang lebih baik berbanding pangkalan data lain, sebagaimana dihuraikan oleh Gusenbauer dan Haddaway (2020), iaitu pangkalan data SCOPUS dan WoS. Pangkalan data ini merangkumi jurnal tempatan seperti Jurnal Pendidikan Khas Universiti Awam di Malaysia serta literatur antarabangsa bagi tahun 2020 hingga 2025 yang mengukuhkan justifikasi pemilihan tersebut. Bagi memastikan analisis yang lebih menyeluruh dan mendalam, carian lanjutan turut menggunakan kata kunci seperti “*assistive technology visually impaired Malaysia*”, “*screen reader MPK dalam pendidikan*”, dan “*Braille display inklusif sekolah rendah*”. Penulis tahun penerbitan pasca-COVID-19 turut digunakan bagi memastikan kerelevanan data. Kaedah ini mematuhi kriteria PRISMA, yang memastikan proses saringan artikel dijalankan secara sistematik dan telus, seterusnya menapis 30 artikel awal kepada 15 kajian berkualiti tinggi untuk dianalisis dengan lebih mendalam.

Jadual 1: Kata Kunci Terbina Daripada Proses Pengenalpastian.

Database	Rentetan Carian Dan Kata Kunci	Bilangan Artikel
Web of Science (WoS)	Topic ("Visual Impairment*" OR "People with disabilities" OR "blind people") AND "technology" OR " screen reader " AND "technology for blind*" OR "assistive technology" OR "assistive tools" OR "braille" OR "software")	5
Scopus	TITLE-ABS-KEY (("Visual Impairment *" AND " blind people " OR " People with disabilities " AND " technology *" OR "assistive technology" OR "assistive tools" OR " braille " OR "application"))	5
Google Scholar	(("ketidakupayaan penglihatan" AND "masalah penglihatan" AND "teknologi" OR "teknologi asistif" OR "pembaca skrin braille" OR "Jaws" OR "Braille" OR "aplikasi" OR "komputer"))	5

Pemilihan artikel dalam Kajian Literatur Sistemik (SLR) ini melaksanakan kriteria inklusi dan pengecualian yang ketat dan menggunakan kerangka kerja PRISMA (Item Pelaporan Pilihan untuk Kajian Sistemik dan Meta-Analisis) untuk membimbing prosedur pencarian dan penyaringan literatur sistematik (Powers, 2017). Pendekatan ini menghasilkan pembangunan Kajian Literatur Sistemik (SLR) mengenai aplikasi teknologi dalam pendidikan pelajar pendidikan khas yang mengalami masalah penglihatan di Malaysia, yang diperoleh daripada 198 artikel yang diperoleh daripada pangkalan data terkemuka, termasuk Google Scholar.

Pangkalan data Scopus mengenal pasti (n=100) penerbitan menggunakan kata kunci yang berkaitan dalam rentetan carian, manakala pangkalan data WoS menemui (n=100) kertas kerja yang menggunakan kata kunci yang sama seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Pertanyaan dalam pangkalan data Google Scholar menggabungkan kata kunci bahasa Melayu, sekali gus meningkatkan

kemungkinan menemui kertas kerja dalam bahasa Melayu. Walau bagaimanapun, hasil carian juga merangkumi karya dalam Bahasa Inggeris. Carian pangkalan data Google Scholar mensintesis hasil 60 kajian. Google Scholar mempunyai kekurangan: ia gagal menilai kualiti kertas kerja, seperti yang dinyatakan oleh Halevi et al. (2017). Walau bagaimanapun, kepelbagaian dapatan artikel membolehkan kajian sistematik ini mencapai objektifnya.

4. KRITERIA PEMILIHAN ARTIKEL

Hasil carian daripada tiga pangkalan data utama seperti di laman web Scopus (n=10), Web of Science (WoS) (n=15), dan Google Scholar (n=5) berjaya menghasilkan senarai 30 artikel berkaitan berdasarkan rentetan kata kunci yang berpusat pada penggunaan teknologi dalam pendidikan pelajar pendidikan khas ketidakupayaan penglihatan di Malaysia. Kriteria PRISMA menyatakan bahawa 30 item ini berjaya melepasi langkah kedua saringan. Dalam fasa saringan, kriteria kemasukan yang ditetapkan oleh Linares-Espinos et al. (2018) dan Johnson dan Hennessy (2019) telah digunakan untuk mencari kertas kerja yang sesuai dengan kajian Kajian Literatur Sistematik (SLR) ini.

Untuk menapis beberapa kajian yang tidak relevan atau tidak memenuhi objektif kajian, kriteria penerimaan dan penolakan khusus telah ditetapkan (Shaffril et al., 2021). Kriteria untuk menerima atau menolak artikel adalah berdasarkan tahun penerbitan (2015-2025), jenis penerbitan (jurnal dan prosiding yang dikaji semula oleh pengkaji lain dalam beberapa kajian dalam bahasa Melayu dan Inggeris, dan fokus kajian (teknologi bantuan visual untuk murid ketidakupayaan penglihatan di Malaysia), seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.

Jadual 2: Kriteria Penerimaan dan Penolakan Artikel

Kriteria	Penerimaan	Penolakan
Tahun Penerbitan	Penerbitan dalam tempoh sepuluh tahun terkini (2015-2025)	Penerbitan sebelum 2015
Jenis Penerbitan	Artikel jurnal, prosiding dan kertas persidangan	Bab buku, buku dan artikel ulasan (<i>review</i>)
Bahasa	Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu	Bahasa selain Bahasa Inggeris dan Bahasa Melayu
Fokus Kajian	Penggunaan teknologi dalam Pendidikan murid bermasalah penglihatan di Malaysia	Teknologi yang digunakan dalam kelas pendidikan khas lain seperti murid yang mempunyai kesukaran pembelajaran dalam bidang tertentu

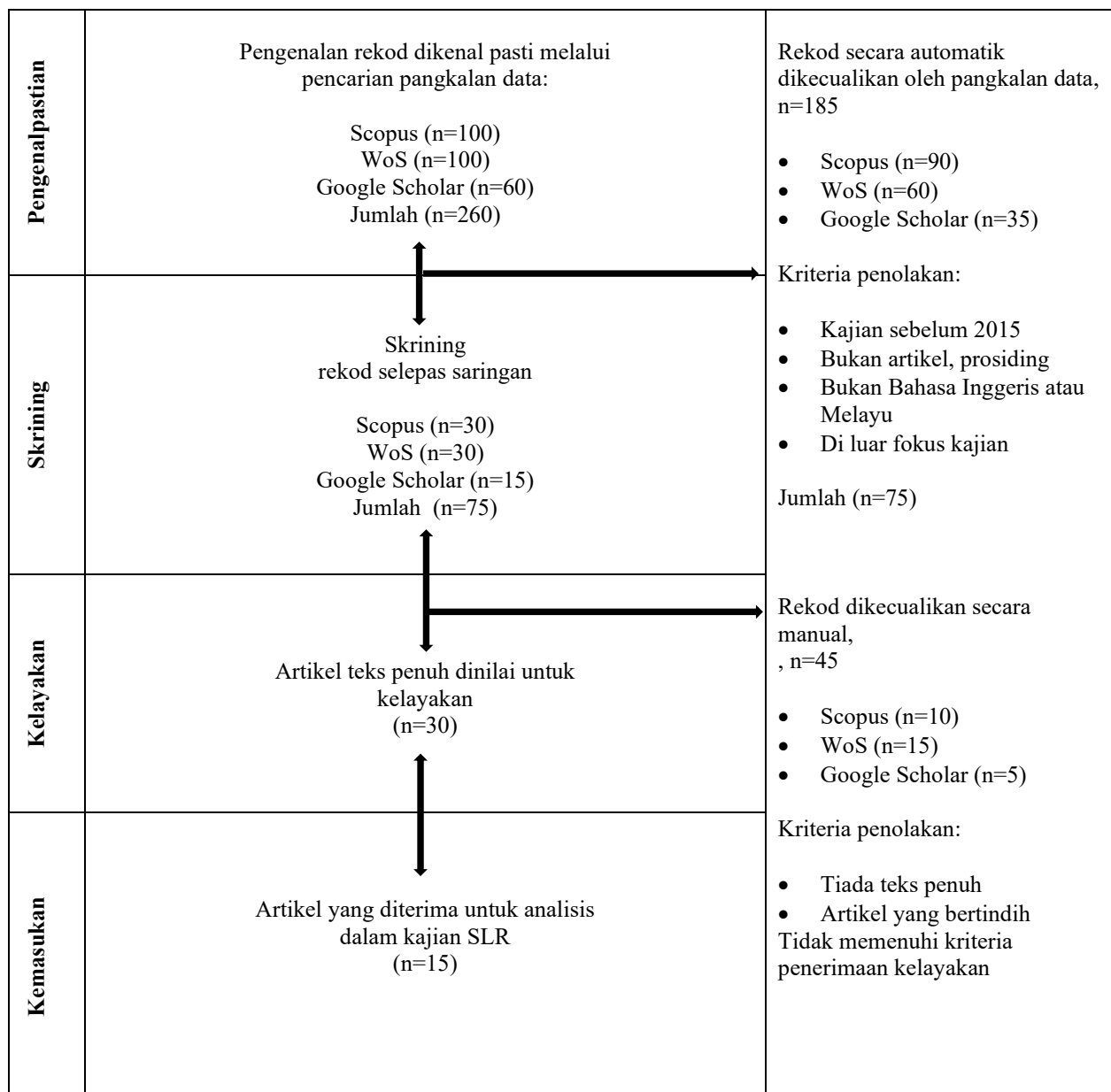
Kriteria pertama ialah tahun penerbitan, di mana hanya artikel yang diterbitkan dalam tempoh lima tahun terkini iaitu 2020 hingga 2025 diterima untuk memastikan kajian mengandungi dapatan teknologi bantu terkini bagi murid pendidikan khas (MPK) penglihatan di Malaysia. Kriteria kedua, jenis penerbitan merangkumi hanya artikel jurnal *peer-review*, prosiding persidangan dan laporan dasar pendidikan inklusif yang membincangkan alat seperti pembaca skrin AI (JAWS, NVDA), paparan Braille pintar dan aplikasi Seeing AI. Kriteria yang ketiga melalui penggunaan bahasa dalam penulisan artikel iaitu Bahasa Melayu dan Bahasa Inggeris. Hal ini bagi memastikan keluasan liputan literatur tempatan dan antarabangsa dapat dikenal pasti dengan lebih mendalam. Akhir sekali, kriteria yang diambil dalam menentukan fokus kajian melalui penerimaan artikel yang khusus bagi membincangkan penggunaan teknologi dalam pendidikan MBPK penglihatan di Malaysia.

5. PROSES PEMILIHAN ARTIKEL

Selepas peringkat penyaringan awal, artikel terpilih melalui fasa penilaian kelayakan (*eligibility*) bagi memastikan kesesuaian dengan objektif Kajian Tinjauan Literatur Sistematik (SLR) mengenai penggunaan teknologi dalam pendidikan murid pendidikan khas (MPK) penglihatan di Malaysia.

Penapisan kelayakan dilakukan secara manual untuk mengurangkan kelemahan penyaringan automatik pangkalan data, sebagaimana dicadangkan oleh Shaffril et al. (2021). Proses pembacaan pada peringkat ini memberi tumpuan kepada tajuk, abstrak serta bahagian metodologi artikel bagi memastikan maklumat disampaikan selaras dengan garis panduan SLR.

Sebanyak 30 artikel penuh yang layak disaring memerlukan dua pengkaji untuk menilai kualiti kajian. Pendekatan ini selaras dengan cadangan Petticrew dan Roberts (2006) dalam Shaffril et al. (2021) yang mengesyorkan sekurang-kurangnya dua pengkaji bekerja secara bebas berdasarkan tema kajian yang disahkan. Setiap abstrak dinilai berdasarkan soalan kajian yang ditetapkan pada awal SLR, termasuk faktor penghalang teknologi bantu seperti pembaca skrin AI dan paparan Braille pintar. Kedua-dua pengkaji merupakan ahli kumpulan penyelidik kajian ini untuk memastikan pemahaman mendalam terhadap objektif SLR. Proses pemilihan artikel SLR ini dijalankan pada Disember 2025 menghasilkan 15 artikel berkualiti tinggi untuk analisis mendalam.



Rajah 1: Carta Alir Proses Pemilihan Artikel berdasarkan PRISMA.

Kajian Kajian Literatur Sistematis (SLR) ini telah melalui empat fasa utama dalam memilih penerbitan mengenai aplikasi teknologi dalam pendidikan kanak-kanak cacat penglihatan di Malaysia, seperti yang dilihat dalam Rajah 1. Kami mengesan 30 kertas kerja yang merangkumi rentetan kata kunci yang berkaitan dengan teknologi bantuan, pelajar buta, dan pendidikan inklusif dalam pangkalan data termasuk Scopus, Web of Science (WoS), Google Scholar, dan jurnal pendidikan khas tempatan pada peringkat pengenalan. Kemudian, artikel-artikel tersebut disusun berdasarkan kriteria untuk menerima dan menolaknya dalam Jadual 2. Tahun penerbitan (2015–2025), jenis penerbitan (artikel jurnal, persidangan, dan laporan dasar), bahasa (Melayu dan Inggeris), dan fokus kajian tentang cara menggunakan teknologi untuk membantu kanak-kanak cacat penglihatan belajar adalah semua faktor. 75 kertas kerja memenuhi kriteria kelayakan selepas membaca tajuk dan abstrak. Lebih daripada itu telah dibuang kerana ia tidak mempunyai kandungan penuh, tidak mengenai teknologi bantuan, atau mengenai bentuk kecacatan lain yang tidak tertumpu pada penglihatan.

Dua pengulas meneliti 30 kertas kerja dengan teliti untuk melihat sejauh mana mereka menggunakan metodologi, sejauh mana mereka memenuhi matlamat penyelidikan, dan sejauh mana ketepatan laporan mereka tentang intervensi teknologi untuk kanak-kanak pendidikan khas ketidakupayaan penglihatan, seperti pembaca skrin moden, paparan kekunci Braille pintar dan aplikasi berasaskan audio. 15 artikel dan jurnal telah dipilih untuk pemeriksaan komprehensif kerana kaitannya yang kuat dengan suasana pendidikan pelajar cacat penglihatan, menekankan penyepaduan teknologi dalam pembelajaran, kebolehcapaian kurikulum dan autonomi pelajar. Kami tidak memasukkan artikel yang membincangkan tentang kecacatan lain atau intervensi umum yang tidak berkaitan menggunakan teknologi penglihatan.

6. PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS DATA

Hasil carian mendapati 30 artikel kajian yang berpotensi tetapi hanya 15 artikel yang memenuhi kriteria. Artikel yang telah melalui proses pemeriksaan sistematik kemudiannya diekstrak. Analisis artikel ini tertumpu pada bahagian fokus SLR yang sesuai iaitu jenis teknologi yang digunakan dan dapatan kajian lepas berkaitan teknologi yang digunakan sebagai alat intervensi dalam pembelajaran kanak-kanak disleksia seperti yang ditunjukkan dalam jadual 3.

Jadual 3: Senarai Artikel

Penulis (Tahun Penerbitan)	Tajuk	Artikel/Jurnal	Objektif
Minhat et.al (2020)	<i>Enhancing the usability of tactile map for the visually impaired</i>	<i>Journal of Engineering and Science Research</i>	Mereka bentuk serta menilai keberkesanan peta sentuhan untuk individu berkeperluan khas penglihatan (cacat penglihatan).
Sahazati Md Rozali et. al (2021)	<i>Development of smart glove system for blind people</i>	<i>International Journal of Electrical Engineering and Applied Sciences</i>	Pembangunan dan Penilaian Sarung Tangan Pintar sebagai Alat Bantu Mobiliti bagi Individu Berkeperluan Khas Penglihatan.
Liang et. al (2022)	<i>Assessing people with visual impairments' access to information, awareness and satisfaction with high-tech assistive technology</i>	<i>British Journal of Visual Impairment</i>	Untuk mengkaji kerkesanan teknologi bantuan serta tahap pengetahuan, kesedaran dan kepuasan pengguna dalam kalangan individu berkeperluan khas penglihatan.
Abdul Majid et.al (2022)	<i>Isu serta cabaran pengajaran dan pembelajaran murid berpenglihatan terhad dalam kalangan guru di sekolah rendah</i>	<i>Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)</i>	Untuk mengenal pasti kekangan dan cabaran yang dihadapi oleh murid berkeperluan khas penglihatan dalam menguasai serta mempelajari literasi Braille di sekolah rendah.

Al- Jarf (2021)	<i>Blind Saudi female college students and assistive technologies: A case study</i>	<i>International Journal of Research in Engineering, IT and Social Sciences</i>	Untuk mengkaji penggunaan teknologi bantuan serta cabaran yang dihadapi oleh seorang pelajar berkeperluan khas penglihatan di sebuah universiti di Arab Saudi.
Yong & Aliza (2023)	<i>Challenges When Using Assistive Technologies in Lesson Activities for Students with Visual Impairments</i>	<i>Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)</i>	Untuk mengkaji penggunaan teknologi bantuan berteknologi rendah dan berteknologi tinggi dalam pengajaran dan pembelajaran murid berkeperluan khas penglihatan serta mengenal pasti cabaran yang dihadapi oleh guru, murid, sekolah dan sistem pendidikan.
Hamash, M., & Mohamed, H. (2021)	<i>BASAER Team: The First Arabic Robot Team for Building the Capacities of Visually Impaired Students to Build and Program Robots</i>	<i>International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), Vol. 16, No. 24</i>	Untuk menilai keberkesanan penggunaan bahan pembelajaran yang diadaptasi dan bimbingan pendidik terlatih dalam membantu murid berkeperluan khas penglihatan membina dan memprogram robot pendidikan dalam bilik darjah STEM inklusif.
Nahar, L., Jaafar, A., & Sulaiman, R. (2019)	<i>Usability Evaluation of a Mobile Phone Based Braille Learning Application "mBRAILLE"</i>	<i>Malaysian Journal of Computer Science, Visual Informatics Special Issue (2019)</i>	Menilai kebolegunaan dan keberkesanan aplikasi mBRAILLE berasaskan telefon pintar dalam pengajaran kemahiran asas penulisan Braille kepada murid bermasalah penglihatan.
Aziz, N., & Abdul Mutalib, A. (2019)	<i>Integrating Learning Approach in Interactive Assistive Courseware for Young Low Vision (AC4LV) Learners</i>	<i>TEM Journal, Vol. 8, No. 2, pp. 648–655</i>	Untuk membangunkan serta mengintegrasikan pelbagai pendekatan pembelajaran, iaitu pembelajaran penguasaan, pembelajaran berasaskan masalah, pembelajaran aktif dan pembelajaran sendiri mengikut kadar sendiri, ke dalam perisian kursus bantuan interaktif yang direka khusus bagi memenuhi keperluan murid berpenglihatan terhad di sekolah rendah.
Aziz, N., Ahmad, S. Z., Wan A. Rahman, W. R. Z., & Binsaleh, S. (2021)	<i>Design and Development of Affective 4-Dimensional Mobile Mathematics for Low Vision Alpha Generation</i>	<i>TEM Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 1828–1837</i>	Mereka bentuk dan membangunkan aplikasi matematik mudah alih berasaskan elemen afektif yang menyokong kanak-kanak berpenglihatan terhad dengan mengambil kira keperluan emosi, kognitif dan interaksi bagi meningkatkan pembelajaran secara sendiri.
Azizah Awang, Intan Farahana Abdul Rani, & Kway Eng Hock. (2020)	<i>Special needs education for the visually impaired in Malaysia</i>	<i>Southeast Asia Early Childhood Journal</i>	Mengkaji perkembangan sejarah pendidikan khas bagi murid bermasalah penglihatan di Malaysia serta mengenal pasti dan mengklasifikasikan keperluan pendidikan mereka berdasarkan tahap ketidakupayaan penglihatan.
Hickson, A., et al. (2021)	<i>Accessing and delivering online education in the time of COVID-19: Challenges for visually impaired people in Malaysia</i>	<i>e-Journal of Media and Society (e-JOMS), Universiti Teknologi MARA (UiTM).</i>	Meneroka cabaran yang dihadapi oleh pelajar cacat penglihatan dan pendidik di Malaysia dalam mengakses dan menyampaikan pendidikan dalam talian semasa pandemik COVID-19.

<p>Yong, S. W., & Aliza Alias. (2022)</p>	<p><i>Cabaran penggunaan alat bantu teknologi dalam pengajaran dan pembelajaran murid pendidikan khas penglihatan</i></p>	<p><i>Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities</i></p>	<p>Meneroka halangan kebolehcapaian yang dihadapi oleh murid bermasalah penglihatan dalam pembelajaran terbuka dan jarak jauh (ODL) serta mengenal pasti strategi dan cadangan untuk mengatasi halangan tersebut.</p>
<p>Ayaz, B. (2023)</p>	<p><i>Observation and improvement of mobile-assisted learning of students with visual impairment: An action-research study</i></p>	<p><i>Journal: Education and Science (Eğitim ve Bilim)</i></p>	<p>Membangunkan dan nambah baik persekitaran pembelajaran berbantuan aplikasi mudah alih untuk murid yang mengalami ketidakupayaan penglihatan menyeluruh.</p>
<p>Ali, A., Khusro, S., & Algamdi, S. A. (2025)</p>	<p><i>Accessible interactive learning of missing-digit arithmetic problems for students with visual disabilities</i></p>	<p><i>Journal: Scientific Reports (Nature Portfolio, open-access)</i></p>	<p>Membangunkan algoritma berasaskan Python yang mampu mengenal pasti digit yang hilang dalam masalah aritmetik secara automatik serta membimbing murid langkah demi langkah melalui maklum balas audio, termasuk proses pengesahan jawapan, pengendalian operasi bawa dan pinjam serta pembedulan kesilapan.</p>

7. DAPATAN KAJIAN

Berdasarkan analisis 15 artikel, dapatan kajian boleh dibahagikan kepada 3 tema utama, iaitu alat bantu teknologi, faktor yang mempengaruhi penguasaan dan penggunaan teknologi pendidikan serta kesan penggunaan teknologi terhadap penguasaan pembelajaran. Dapatan berdasarkan tema dibincangkan untuk memudahkan pemahaman pembaca.

7.1 Alat Bantu Teknologi MPK Penglihatan

Alat bantu teknologi merujuk kepada peralatan, perisian atau sistem yang direka khusus untuk individu berkeperluan khas bagi meningkatkan, mengekalkan atau memaksimumkan keupayaan fungsi dalam kehidupan seharian (Fernandez-Batanero et al., 2022). Menurut World Health Organization (WHO, 2017), alat bantu teknologi merupakan keperluan asas bagi lebih daripada satu bilion individu berkeperluan khas di seluruh dunia, dan jumlah ini diunjurkan hampir berganda menjelang tahun 2030. Keperluan ini diiktiraf sebagai elemen penting dalam merealisasikan Matlamat Pembangunan Mampan serta objektif Konvensyen Mengenai Hak Orang Kurang Upaya (Mji & Edusei, 2019), dan boleh diaplikasikan sepanjang hayat tanpa mengira peringkat umur (Osam et al., 2019).

Menurut Koch (2017) menegaskan bahawa alat bantu teknologi perlu dibincangkan secara eksplisit dalam Rancangan Pendidikan Individu (RPI) dan dinilai secara berterusan bagi murid pendidikan khas (MPK) penglihatan. Alat bantu teknologi lazimnya dibahagikan kepada dua kategori, iaitu teknologi tinggi dan teknologi rendah (Arouri et al., 2020). Alat teknologi tinggi kebiasaannya melibatkan kos perolehan yang tinggi serta memerlukan latihan khusus kerana prosedur penggunaan yang lebih kompleks, manakala alat teknologi rendah mempunyai reka bentuk yang lebih ringkas dan tidak memerlukan perbelanjaan besar. Contoh alat teknologi rendah termasuk kanta pembesar, tongkat putih dan cermin mata, manakala contoh alat teknologi tinggi merangkumi telefon pintar, *closed-circuit television* (CCTV), perisian *Job Access with Speech* (JAWS), Google Talk dan pelbagai perisian pembaca skrin yang digunakan secara meluas oleh MPK penglihatan.

Dalam konteks aktiviti membaca, MPK penglihatan menggunakan pelbagai alat bantu teknologi seperti buku Braille, rakaman digital dalam format audio dan buku bercetakan besar (Senjam et al., 2021a). Ismaili dan Ibrahim (2017) melaporkan bahawa kanta pembesar elektronik digunakan untuk membesarkan tulisan melalui kamera serta membenarkan bahan yang dibesarkan disimpan bagi rujukan seterusnya. Papan kekunci ejaan turut digunakan untuk mengurangkan kesilapan ejaan semasa menyiapkan tugas. Bagi murid kategori buta, Braille merupakan medium pembelajaran utama, khususnya bagi kemahiran literasi dan kemahiran hidup. Penggunaan Braille menyokong penguasaan pengetahuan bahasa seperti ejaan, tatabahasa dan struktur ayat, manakala penjana tulisan Braille kini dipermudah melalui perisian khusus dan embosser Braille.

MPK penglihatan juga berupaya mengakses bahan bercetak melalui output audio menggunakan perisian pembaca skrin atau buku digital bersuara (Argyropoulos et al., 2019). Sebagai contoh, buku digital dalam format *Digital Accessible Information System* (DAISY) dibangunkan untuk menyokong proses pembelajaran murid berketidakupayaan penglihatan (Maćkowski et al., 2018). Medium audio memainkan peranan kritikal apabila Braille atau bahan bercetakan besar tidak lagi memadai untuk memenuhi keperluan akses maklumat dalam situasi tertentu.

Braille merupakan sistem tulisan taktil yang direka khusus untuk individu berketidakupayaan penglihatan (Asebriy et al., 2018). Secara tradisional, MPK penglihatan menaip Braille menggunakan mesin tulis Braille dan kertas *embosser*; namun, perkembangan teknologi membolehkan tulisan Braille dijana dan dipaparkan melalui paparan Braille elektronik. Perisian pembaca skrin seperti JAWS menukarkan maklumat pada skrin kepada output audio atau Braille (Asebriy et al., 2018). Penggunaan paparan Braille boleh segar (*refreshable Braille display*) membolehkan pengguna mengakses maklumat secara langsung serta menyemak format, jarak dan ejaan teks secara senyap, di samping berfungsi sebagai alat pencatat nota dan storan maklumat (Ernst et al., 2017). Paparan Braille ini boleh digabungkan dengan *personal digital assistant* (PDA) atau komputer untuk bertindak sebagai terminal Braille yang serasi dengan pelbagai perisian pembaca skrin.

Selain itu, alat bantu teknologi untuk aktiviti menulis merangkumi suku kata Braille, mesin taip Braille, kertas adaptif, pembaca skrin seperti NVDA atau JAWS, *multiple window typoscope* dan pencatat nota Braille. Keseluruhan alat ini, sama ada berteknologi rendah mahupun tinggi, menyumbang secara signifikan kepada penguasaan akademik dan kemandirian MPK penglihatan dalam persekitaran pendidikan inklusif, serta menyokong pelaksanaan pendidikan inklusif yang selaras dengan dasar Pendidikan yang berkualiti serta inklusif.

7.2 Faktor Yang Mempengaruhi Penguasaan Dan Penggunaan Teknologi Pendidikan

Penguasaan dan penggunaan teknologi pendidikan oleh murid bermasalah penglihatan (MPK) lazimnya bergantung pada beberapa faktor utama: kesesuaian reka bentuk dari segi aksesibiliti dan kebolegunaan, pendekatan pembangunan berpusat pengguna, serta sokongan pelaksanaan dalam ekosistem pendidikan. Faktor-faktor ini secara langsung menentukan sama ada sesuatu teknologi boleh digunakan secara konsisten dan berkesan dalam proses pembelajaran, atau sekadar menjadi inovasi yang sukar dimanfaatkan dalam amalan sebenar.

Reka bentuk berpusat pengguna (*user-centred design*, UCD) menjadi titik mula kritikal dalam penghasilan teknologi untuk MPK. Penyesuaian yang tepat dari segi navigasi, susun atur maklumat dan kaedah interaksi amat diperlukan. Dalam pembangunan persekitaran pembelajaran interaktif untuk murid penglihatan terhad (*low vision*), kajian dari Aziz dan Mutalib (2019) menekankan bahawa penglibatan pengguna sasaran serta guru dalam proses reka bentuk membantu memastikan bahan yang dihasilkan lebih mesra akses dan relevan dengan keperluan pengajaran dan pembelajaran.

Selain itu, keberkesanan penggunaan teknologi turut dipengaruhi oleh kemampuan pengguna mengakses maklumat melalui deria alternatif seperti haptik atau taktil, khususnya apabila kandungan visual perlu diterjemah ke dalam bentuk yang boleh diakses. Menurut Bateman et al. (2018), reka bentuk sistem skrin sentuh berasaskan keelektrostatikan yang diuji dengan pengguna bermasalah penglihatan menunjukkan bahawa analisis berdasarkan pendekatan UCD membantu membentuk corak interaksi yang lebih sesuai serta meningkatkan kebolehgunaan sistem tersebut.

Satu lagi faktor penting ialah kebolehpelajaran (*learnability*), iaitu sejauh mana pengguna dapat menguasai teknologi secara berperingkat tanpa mengalami beban kognitif yang tinggi. Hal ini lebih mencabar apabila teknologi bergantung kepada satu bentuk input sahaja. Menurut Tekli, Bou Issa dan Chbeir (2017) melaporkan bahawa apabila hanya getaran digunakan pada skrin sentuh untuk mempersembahkan bentuk grafik, pengguna memerlukan proses pembelajaran yang progresif sebelum dapat mengendalikan teknologi dengan berkesan terutama jika tiada modaliti sokongan lain disediakan.

Penggunaan teknologi pendidikan dalam konteks sebenar juga tidak boleh dipisahkan daripada elemen sokongan sistemik. Walaupun sesuatu teknologi direka dengan baik, pelaksanaannya masih bergantung kepada latihan guru, integrasi dalam pengajaran, dan ketersediaan sumber. Kajian oleh Zhu et al. (2025) yang meneliti pelajar buta di institusi bukan inklusif di China mendapati masih terdapat kekangan besar terhadap penggunaan teknologi bantuan, termasuk kurangnya pengetahuan, latihan serta halangan dalam akses kepada teknologi.

Akhir sekali, penerimaan pengguna terhadap teknologi turut memainkan peranan penting dalam memastikan penggunaan berterusan dan penguasaan yang mantap. Pembangunan aplikasi e-pembelajaran berasaskan reka bentuk UCD yang diterangkan oleh Shoaib et al. (2024) menunjukkan bahawa faktor seperti persepsi terhadap keberkesanan, kemudahan penggunaan, serta kepuasan pengguna menyumbang secara langsung kepada peningkatan prestasi penggunaan. Apabila teknologi disampaikan secara stabil dan mesra pengguna, ia lebih mudah diterima dan dikuasai secara konsisten.

7.3 Kesan Penggunaan Teknologi Terhadap Penguasaan Pembelajaran

Secara umum, penggunaan teknologi pendidikan berasaskan aksesibiliti, seperti sistem audio, haptik atau taktil, serta antara muka yang serasi dengan pembaca skrin ini kerana ia memberi kesan signifikan terhadap penguasaan pembelajaran murid bermasalah penglihatan (MPK). Kesan ini dapat dilihat dalam aspek pencapaian akademik, pemahaman konsep, kecekapan menyelesaikan tugas, dan kebolehan belajar secara berdikari. Perubahan positif ini lebih ketara apabila teknologi bukan sekadar berperanan sebagai “alat bantu”, tetapi disepadukan secara bermakna dalam tugas pembelajaran, disokong oleh maklum balas yang relevan dan pengalaman interaksi yang sesuai dengan keperluan sensori murid.

Pertama, dalam domain pembelajaran bahasa, aplikasi mudah alih yang direka bentuk secara aksesibel mampu meningkatkan prestasi dan pengalaman pembelajaran. Kajian Eyeland oleh Villalba et al. (2024) menunjukkan peningkatan skor purata pelajar bermasalah penglihatan (daripada 4.8 kepada 6.9), di samping tahap kepuasan yang tinggi terhadap ciri aksesibiliti (91.67%). Reka bentuk berasaskan audio dan taktil serta keserasian dengan pembaca skrin didapati menyokong keberkesanan pembelajaran bahasa secara signifikan.

Kedua, pendekatan pembelajaran berbentukkan mudah alih (*mobile-assisted learning*) yang diterapkan melalui kajian tindakan turut memberi kesan positif terhadap penguasaan literasi, terutama kemahiran yang memerlukan latihan berulang secara fleksibel. Kajian oleh Ayaz (2023) melaporkan bahawa intervensi teknologi menyumbang kepada peningkatan kelajuan membaca, keupayaan mengingat semula, serta membina emosi positif dan motivasi untuk belajar secara berdikari ini merupakan faktor yang penting dalam meningkatkan penguasaan kemahiran asas.

Ketiga, dalam bidang matematik asas, penggunaan teknologi interaktif yang direka khusus untuk MPK boleh meningkatkan kecekapan dan ketepatan dalam menyelesaikan tugas. Ali, Khusro dan Algamdi (2025) menunjukkan bahawa murid dapat mengurangkan masa menyelesaikan soalan aritmetik “*missing-digit*” (daripada 10 minit kepada 5 minit), serta meningkatkan ketepatan jawapan (daripada 70% kepada 100%) setelah menggunakan perisian interaktif mesra akses.

Keempat, sistem bacaan interaktif berasaskan pengalaman multisensori memberi impak kepada kefahaman dan keterlibatan pembelajaran. Menurut Edirisinghe, Podari dan Cheok (2018), penggunaan gabungan rangsangan deria (seperti sentuhan dan audio) dalam aktiviti literasi bukan sahaja meningkatkan pengalaman membaca, malah menggalakkan penglibatan yang lebih aktif dalam kalangan murid bermasalah penglihatan. Keterlibatan ini penting kerana ia dapat memperkukuh proses pengekalan maklumat dan pemahaman isi kandungan teks.

Akhir sekali, untuk pembelajaran sains yang melibatkan konsep abstrak dan struktur spasial, penggunaan manipulatif tiga dimensi (3D) membantu dalam pembentukan konsep dan ketepatan respons. Kajian oleh Smith et al. (2020) menunjukkan bahawa penggunaan model 3D dalam pembelajaran kimia meningkatkan ketepatan menjawab soalan berbanding penggunaan bahan taktil konvensional, menandakan bahawa teknologi ini menjadikan struktur konsep lebih konkrit dan mudah difahami oleh murid bermasalah penglihatan.

Secara keseluruhannya, dapatan-dapatan ini mengukuhkan pandangan bahawa penggunaan teknologi pendidikan yang direka secara aksesibel dan relevan dengan keperluan sensori MPK mampu menyokong peningkatan penguasaan pembelajaran secara menyeluruh. Teknologi bukan sahaja menjadikan pembelajaran lebih efektif, tetapi juga memupuk autonomi dan keyakinan murid untuk belajar secara berdikari dalam pelbagai domain pengetahuan.

8. LIMITASI DAN CABARAN DALAM PENGUASAAN TEKNOLOGI PENDIDIKAN

Walaupun teknologi pendidikan berpotensi memperkasa murid bermasalah penglihatan (MPK), berdasarkan dari literatur menunjukkan beberapa limitasi dan cabaran yang menghalang penguasaan teknologi secara konsisten. Cabaran ini lazimnya beroperasi pada tiga aras utama: (i) reka bentuk dan kebolehaksesan teknologi, (ii) kekangan sumber, bahasa dan kos, serta (iii) faktor konteks pendidikan seperti latihan dan sokongan pelaksanaan.

Pertama, dari sudut reka bentuk dan kebolehaksesan, aplikasi mudah alih, terutamanya untuk tugas navigasi ruang tidak semestinya dapat digunakan secara stabil dalam semua situasi pembelajaran. Bleau, Durocher dan Wang (2025) menegaskan bahawa aplikasi telefon pintar untuk individu buta dan penglihatan terhad (*low vision*) masih menunjukkan ketidakstabilan fungsi aksesibiliti, termasuk isu dalam navigasi dalaman, pengecaman lokasi (POI), serta ketepatan pelaksanaan di persekitaran sebenar. Ketidakkonsistenan ini memberi kesan langsung kepada keyakinan murid untuk berlatih secara berdikari, sekali gus menjejaskan pembinaan kemahiran jangka panjang.

Kedua, kekangan dari aspek sumber, bahasa dan kos turut menjadi penghalang utama. Dalam konteks pembelajaran Braille, kajian oleh Nahar et al. (2019) menunjukkan bahawa ketiadaan teknologi Braille kos rendah menyebabkan murid masih bergantung pada kaedah tradisional seperti slate dan stylus. Di samping itu, sekolah menghadapi kekurangan kemudahan asas seperti komputer, serta masalah utiliti termasuk gangguan elektrik. Tambahan pula, majoriti penyelesaian Braille digital lebih tertumpu pada Bahasa Inggeris, menyebabkan pengguna bahasa lain sukar mengakses bahan yang sesuai. Dalam nada yang serupa, dalam kajian Jabeen dan Rashid (2025) menegaskan bahawa pemeraksanaan pembelajaran Braille digital memerlukan sokongan latihan berstruktur, memandangkan penguasaan Braille itu sendiri memerlukan bimbingan khas.

Ketiga, faktor konteks pendidikan dan pelaksanaan memberi cabaran sistemik yang signifikan. Penava, Bilić, Prcić dan Iličić (2018) melaporkan bahawa model perkhidmatan seperti guru itinerant menyebabkan pengajaran Braille tidak berlaku secara intensif dan berterusan. Ini bertentangan dengan keperluan pembelajaran Braille yang menuntut latihan kerap serta kepakaran guru. Tanpa prasyarat asas seperti masa pengajaran dan kesinambungan bimbingan, teknologi pendidikan sukar dikuasai secara berkesan.

Akhir sekali, dari segi peranti dan interaksi, Islam et al. (2025) mengetengahkan bahawa kebanyakan peranti sentuh masih tidak menyediakan petunjuk taktil yang mencukupi. Sebahagian penyelesaian pula memerlukan peralatan tambahan yang mahal atau bantuan pihak ketiga seperti guru untuk memastikan input dan maklum balas difahami secara tepat. Cabaran-cabaran ini memperlambatkan proses penguasaan teknologi kerana murid mungkin memerlukan masa yang lebih panjang, latihan berulang, serta sokongan tambahan sebelum dapat menggunakan teknologi secara berdikari dalam pembelajaran.

9. IMPLIKASI PENGUASAAN TEKNOLOGI PENDIDIKAN TERHADAP TAHAP PENGUASAAN TEKNOLOGI DALAM PENDIDIKAN

Penguasaan teknologi pendidikan yang mantap memberi implikasi langsung terhadap pencapaian Tahap Penguasaan murid ketidakupayaan penglihatan, khususnya bagi murid bermasalah penglihatan (MPK). Tahap penguasaan dalam pembelajaran bukan sekadar melibatkan keupayaan menggunakan teknologi, tetapi juga merangkumi kebolehan memindahkan kemahiran ke situasi baharu, menyelesaikan tugas kompleks secara sistematik, serta menghasilkan idea yang kreatif dan inovatif. Keupayaan mencapai tahap Penguasaan murid menjadi lebih realistik apabila teknologi direka bentuk bukan sekadar sebagai alat bantuan, tetapi sebagai alat pemerikasaan, yang mendorong pembelajaran sendiri, pembuatan keputusan sendiri, dan peneguhan peranan sebagai rakan rujuk dalam kalangan rakan sebaya.

Pertama, integrasi teknologi multideria seperti media 3D, haptik, audio dan olfaktori terbukti memperkukuh keberkesanan pembelajaran MPK. Kajian oleh Chit et al. (2024) menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran multideria membolehkan penyampaian maklumat melalui pelbagai saluran deria, seterusnya membina pemahaman menyeluruh dan memudahkan pemindahan kemahiran ke situasi baharu, selaras dengan prinsip Tahap Penguasaan murid dalam bilik darjah.

Kedua, keupayaan murid ketidakupayaan penglihatan untuk terlibat dalam tugas akademik bernilai tinggi, khususnya dalam matematik, sangat bergantung kepada bentuk akses yang sesuai. Maćkowski dan Brzoza (2022) membangunkan platform pembelajaran yang menggabungkan grafik taktil dan audio, membolehkan murid belajar secara sendiri dan menyelesaikan tugas kompleks dengan lebih tersusun. Tambahan pula, kaedah alternatif seperti persembahan audio-taktil bagi lukisan matematik membolehkan pemahaman struktur maklumat secara efisien. Menurut Maćkowski et al. (2023), kaedah ini mengurangkan beban kognitif dan mempercepat kecekapan navigasi secara taktil.

Ketiga, teknologi pendidikan berperanan sebagai pemangkin pemikiran aras tinggi melalui proses kepekaan matematik (*mathematical noticing*). Gerofsky dan Zebheazy (2020) mendapati bahawa pendekatan multimodal yang menggabungkan sentuhan, suara, pergerakan, dan metafora visual ini meningkatkan keupayaan pelajar untuk memberi perhatian kepada ciri penting dalam grafik matematik, seterusnya memperkukuh interpretasi dan penaakulan yang penting dalam tahap penguasaan murid.

Akhir sekali, autonomi pembelajaran merupakan elemen penting dalam tahap Penguasaan murid yang turut dipengaruhi oleh tahap penerimaan teknologi. Kajian oleh Jawasreh et al. (2020) terhadap peranti Braille Fingers Puller membuktikan bahawa faktor seperti kebolehgunaan, kemudahan penggunaan, kepuasan dan sikap berperanan dalam membentuk niat untuk menggunakan teknologi

secara berulang. Ini menunjukkan bahawa apabila teknologi diterima baik, murid lebih terdorong untuk belajar secara berdikari dan berdaya saing.

10. PERBINCANGAN

Kajian ini menunjukkan bahawa penggunaan bantuan teknologi seperti pembaca skrin JAWS dan NVDA, pencetakan aplikasi *embosser* Braille dan Braille dan embosser Braille dan aplikasi jenis pertuturan untuk memperkayakan penggunaan perisian AI mempunyai potensi aplikasi di Malaysia (Minhat et al., 2020; Sahazati Md Rozali et al., 17). Dapatan ini merupakan inklusif pendidikan, bukan menuntut fizikal MBPK eksklusif dalam kelas arus perdana, tetapi juga penyediaan teknologi, yang membolehkan mereka mengakses lebih 80% maklumat pengajaran lazimnya disampaikan secara visual (Miyauchi, 2020). Keunggulan teknologi seperti pembaca skrin AI, paparan Braille intelligent, aplikasi mudah alih dan 3D taktil berpotensi besar meningkatkan akses kurikulum, autonomi, dan motivasi MBPK harus digabungkan dengan kebolehgantian serentak keunggulan teknologi dalam bentuk dispenability antara disiplin apabila mengaplikasi secara sistematik dalam proses pengajaran dan pembelajaran.

Terdapat tiga tema utama yang ditunjukkan di dalam dapatan SLR. Pertama, kepelbagaian alat (teknologi rendah dan tinggi) menyokong aktiviti membaca, menulis, matematik dan sains dalam audio sederhana, taktil dan multisensori yang serasi dengan pembaca skrin dan Braille. Kedua, faktor reka bentuk teknologi yang berpusatkan pengguna, tahap kebolehgunaan aplikasi, kompetensi guru serta ketersediaan infrastruktur pendidikan merupakan elemen asas yang menentukan keberkesanan integrasi teknologi dalam pendidikan inklusif. Literatur semasa menunjukkan bahawa teknologi bantuan tidak memberikan impak yang signifikan secara automatik tetapi keberkesanannya bergantung kepada sejauh mana teknologi tersebut direka bentuk mengikut keperluan pengguna, mudah diakses, mesra pengguna dan disokong oleh latihan yang sistematik kepada guru serta murid (Del Rosario Navas-Bonilla et al., 2025; Yenduri et al., 2023). Dalam keadaan ini, penggunaan teknologi berupaya meningkatkan autonomi pembelajaran, memperkukuhkan penglibatan murid dalam aktiviti bilik darjah, meningkatkan motivasi belajar dan memperluaskan peluang penyertaan akademik dalam persekitaran pendidikan inklusif. SLR ini turut menzahirkan jurang ketara antara juri-ati teknologi bantu-ke-realiti realiti pelaksanaannya di sekolah. Kelemahan infrastruktur digital, ketersediaan peralatan, dan kemustahilan penggunaan teknologi seperti paparan Braille pintar dan gajet tanpa sentuh disebabkan oleh kekurangan infrastruktur, kekurangan peralatan, dan ketidakbolehgunaan teknologi kepada ekonomi ibu, bapa, dan anak-anak (Naude dan Meier, 2019; Paul et al., 2016). Oleh itu, selain itu, latihan yang tidak mencukupi dan pengetahuan guru tentang teknologi membantu menyediakan peralatan yang tidak digunakan secara optimum, dan sekali dalam satu semester, pelajar berjaya mencapai kecemerlangan pengajaran MBPK (Jessup et al., 2017; Shaffril et al., 2021).

Walau bagaimanapun, literatur semasa turut mengenal pasti beberapa cabaran kritikal yang masih membataskan keberkesanan integrasi teknologi dalam pendidikan khas. Antaranya termasuklah isu aksesibiliti fungsi dalam sesetengah aplikasi pendidikan, kos peranti teknologi bantuan yang masih tinggi khususnya peranti berkaitan literasi Braille, kekurangan kemudahan dan infrastruktur asas di sekolah serta masa pengajaran yang terhad untuk kemahiran Braille. Selain itu, kebergantungan yang tinggi kepada guru pakar atau guru itineran turut menimbulkan cabaran dari segi kelestarian pelaksanaan intervensi teknologi dalam jangka panjang. Kekangan-kekangan ini secara langsung menjejaskan peluang Murid Berkeperluan Pendidikan Khas (MBPK) untuk menguasai kemahiran akademik yang lebih kompleks terutamanya dalam bidang Matematik, Sains dan teknologi.

Daripada sudut implikasi, dapatan SLR ini mengukuhkan keperluan kepada merangka dasar dan garis panduan yang lebih penting berkaitan pemilihan, penyediaan dan penyelenggaraan teknologi membantu dengan agenda SDG 4 pendidikan negara (Ngiyen Hock Wuong et al., 2022; Powers, 2017). Program pembangunan profesional untuk guru, kerjasama antara Kementerian Pendidikan,

universiti dan sektor industri teknologi, serta penghasilan bahan dan perisian dalam Bahasa Melayu dan Bahasa Inggeris perlu diberi penekanan kesamarataan kerana kebanyakan perisian lebih menggunakan Bahasa Inggeris dalam penggunaan jurang teknologi yang telah dinilai dalam SLR ini (Halevi et al., 2017; Shaffril et al., 2021). Selain itu, kajian SLR menyatakan bahawa bakat pemerksaan teras merupakan dasar dan amalan pendidikan inklusif di mana ia memberikan penekanan bahawa dasar dan amalan pendidikan sudah sering dibincangkan dari perspektif alat sokongan tambahan kepada perspektif alat pemerksaan. Pendekatan ini sinonim dengan SDG 4 di mana boleh digunakan untuk mengurangkan pencapaian jurang antara murid celik penglihatan dan MBPK di Malaysia.

11. BATASAN KAJIAN

Kelemahan utama kajian ini berpunca daripada reka bentuknya sebagai Tinjauan Literatur Sistematis (SLR) yang bergantung sepenuhnya kepada artikel sedia ada tanpa pengumpulan data lapangan baharu. Hal ini menghadkan keupayaan penyelidik untuk menilai secara empirikal sejauh mana teknologi bantu benar-benar digunakan dan berkesan dalam konteks bilik darjah sebenar di Malaysia, khususnya daripada perspektif murid, guru dan ibu bapa. Walaupun kerangka PRISMA digunakan, jumlah artikel yang dianalisis (15 artikel terpilih daripada 30 artikel awal) masih dianggap terhad untuk menggambarkan secara menyeluruh penggunaan teknologi bantu dalam kalangan murid ketidakupayaan penglihatan di seluruh negara.

Selain itu, pemusatan rujukan kepada tiga pangkalan data utama (Scopus, Web of Science dan Google Scholar) menimbulkan risiko pengecualian terhadap literatur kelabu seperti laporan teknikal agensi kerajaan atau NGO, dokumen dasar terperinci dan tesis pascasiswazah yang berpotensi mengandungi bukti penting tetapi tidak diindeks secara meluas. Sebahagian besar artikel yang dikaji juga memberi tumpuan kepada penerangan jenis teknologi (contohnya pembaca skrin AI, paparan Braille pintar, aplikasi suara, peta taktil, sarung tangan pintar) serta isu infrastruktur dan latihan guru, manakala aspek lain seperti kesan psikososial, pengalaman buli, penerimaan rakan sebaya dan pembinaan keyakinan diri murid pendidikan khas (MPK) penglihatan kurang diberi perhatian pada skala yang memadai. Di samping itu, keberkesanan intervensi jangka panjang, termasuk impak selepas tamat persekolahan, tidak dapat digambarkan dengan jelas.

Terdapat juga kecenderungan kajian tertumpu kepada sekolah di kawasan bandar atau sekolah yang sudah mempunyai akses asas ICT, sekali gus menghadkan kebolehpindahan dapatan kepada konteks luar bandar yang berhadapan jurang digital lebih ketara. Dari sudut metodologi, beberapa batasan lain termasuk tahap ketelitian analisis kualiti bukti merentas 15 artikel (contohnya penilaian tahap bukti, risiko bias dan kekuatan reka bentuk kajian) serta kekurangan perbandingan sistematik antara teknologi rendah dan teknologi tinggi dari segi kos, kebolegunaan dan keberkesanan. Kajian juga tidak banyak membezakan keperluan antara murid buta sepenuhnya dan murid rabun, sedangkan kedua-dua kumpulan ini memerlukan strategi dan teknologi yang berbeza. Di samping itu, rujukan kepada dasar atau garis panduan nasional masih bersifat umum dan belum dihubungkan secara sistematik dengan tahap keberkesanan pelaksanaan dasar di peringkat sekolah.

Berdasarkan kekangan-kekangan ini, beberapa penambahbaikan boleh dipertimbangkan untuk kajian akan datang. Pertama, SLR masa hadapan wajar memasukkan literatur kelabu, laporan teknikal, dokumen dasar serta tesis pascasiswazah, di samping menggunakan lebih banyak pangkalan data khusus pendidikan dan kecacatan bagi memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh. Kedua, kajian lanjutan berbentuk kaedah campuran disarankan, dengan menggabungkan dapatan SLR dan kajian lapangan seperti kajian kes di sekolah serta temu bual mendalam bersama MPK, guru, ibu bapa dan pembuat dasar bagi mengesahkan dan memperkayakan tema yang dikenal pasti. Ketiga, penyelidikan masa hadapan perlu menilai keberkesanan intervensi jangka panjang melalui reka bentuk kajian eksperimen, kuasi-eksperimen atau longitudinal, termasuk analisis kos-faedah serta kesan terhadap pencapaian akademik, kemandirian dan kesejahteraan emosi murid.

Keempat, pengkaji digalakkan membangunkan kerangka penilaian standard bagi menilai kualiti dan kebolegunaan teknologi bantu, supaya perbandingan antara pelbagai alat dan konteks penggunaan dapat dibuat dengan lebih bermakna. Kelima, lebih banyak perhatian perlu diberikan kepada konteks sekolah luar bandar yang berhadapan kekangan prasarana dan kos peralatan. Akhir sekali, penglibatan aktif MPK sebagai penyelidik bersama (*co-researcher*) wajar dipertimbangkan, bagi memastikan suara mereka diberi ruang dalam proses penilaian teknologi bantu, sekali gus memupuk rasa harga diri dan agensi dalam kalangan murid.

12. KESIMPULAN

Kajian Sorotan Literatur Sistemik (SLR) menunjukkan bahawa penggunaan teknologi bantuan berupaya meningkatkan akses murid berkeperluan pendidikan khas (MBPK) ketidakupayaan penglihatan terhadap kurikulum, memperkukuh pencapaian akademik serta meningkatkan tahap kemandirian dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Antara teknologi yang dikenal pasti termasuk pembaca skrin berasaskan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*, AI), paparan dan embosser Braille digital, aplikasi pengecaman serta sintesis suara, peranti grafik dan peta taktil, serta pelbagai teknologi bantuan pintar yang menyokong keperluan pembelajaran murid. Walau bagaimanapun, keberkesanan teknologi tersebut bergantung pada pelaksanaannya secara sistemik melalui pendekatan pedagogi yang menekankan penguasaan kemahiran penggunaan teknologi, di samping memastikan teknologi yang digunakan bersifat mudah diakses, mesra pengguna dan memenuhi keperluan pembelajaran MBPK ketidakupayaan penglihatan.

Selain itu, penyediaan panduan penggunaan yang jelas serta penyesuaian komponen teknologi berdasarkan keupayaan deria sentuhan dan pendengaran membolehkan murid menggunakan teknologi bantuan dengan lebih berkesan dalam bilik darjah. Pendekatan ini bukan sahaja memudahkan proses pembelajaran, malah menyokong pelaksanaan Matlamat Pembangunan Mampan 4 (Sustainable Development Goal 4, SDG 4) yang menekankan penyediaan pendidikan berkualiti, saksama dan inklusif, selaras dengan dasar pendidikan inklusif negara.

Walaupun bagaimanapun, dapatan kajian turut menunjukkan bahawa penggunaan teknologi bantuan masih belum dilaksanakan secara menyeluruh. Antara cabaran utama yang dikenal pasti ialah kekangan infrastruktur digital, keterbatasan peralatan, kos penyediaan dan penyelenggaraan yang tinggi, kekurangan latihan kepada guru serta kelemahan dalam perancangan penggunaan teknologi bantuan melalui Rancangan Pendidikan Individu (RPI). Di samping itu, kekurangan kerjasama antara pihak sekolah, ibu bapa dan agensi berkaitan turut membataskan pelaksanaan teknologi bantuan secara bersepadu dan mampan. Analisis terhadap kelima-lima belas artikel yang diteliti juga menunjukkan bahawa kebanyakan kajian hanya memfokuskan kepada teknologi atau intervensi tertentu, sekali gus mengehadkan kebolegunaan dapatan kepada pelbagai konteks pendidikan khas secara keseluruhan.

Sehubungan dengan itu, beberapa cadangan penambahbaikan dikemukakan bagi memperkukuh pelaksanaan teknologi bantuan dalam pendidikan khas. Antaranya ialah pembangunan garis panduan nasional yang komprehensif berkaitan pemilihan, penyediaan, penyelenggaraan, penilaian dan penggunaan teknologi bantuan agar selaras dengan standard serta garis panduan peralatan dan bahan sokongan pembelajaran sedia ada. Selain itu, program Pembangunan Profesional Berterusan (Continuous Professional Development, CPD) perlu diperkasakan bagi meningkatkan kompetensi guru pendidikan khas dan guru arus perdana dalam mengintegrasikan teknologi bantuan ke dalam pengajaran dan pembelajaran. Latihan yang disediakan hendaklah meliputi penguasaan pembaca skrin, teknologi Braille digital, grafik dan peta taktil, aplikasi berasaskan kecerdasan buatan (AI), serta strategi pedagogi yang sesuai bagi mengoptimumkan penggunaan teknologi bantuan dalam bilik darjah. Langkah ini penting bagi memastikan guru mempunyai pengetahuan, kemahiran dan keyakinan yang mencukupi untuk

memanfaatkan teknologi bantuan secara efektif, sekali gus meningkatkan kualiti pendidikan yang lebih inklusif kepada MBPK ketidakupayaan penglihatan.

RUJUKAN

- Al-Jarf, R. (2021). *Blind Saudi female college students and assistive technologies: A case study*. International Journal of Research in Engineering, IT and Social Sciences, 11(4), 1-9
- Abdul Majid, M. N., Alias, A., and Mazlan, M. R. (2022). *Isu serta cabaran pengajaran dan pembelajaran murid berpenglihatan terhad dalam kalangan guru di sekolah rendah*. Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH), 7(7), 1-9
- Aziz, N., & Mutalib, A. A. (2019). *Integrating learning approach in interactive assistive courseware for young low vision (AC4LV) learners*. TEM Journal, 8(2), 648–655.
- Ayaz, B. (2023). *Observation and improvement of mobile-assisted learning of students with visual impairment: An action-research study*. Education and Science, 48(214), 17–39
- Azizah Awang, Intan Farahana Abdul Rani, & Kway Eng Hock. (2020). *Special needs education for the visually impaired in Malaysia*. Southeast Asia Early Childhood Journal, 9(2), 1–10.
- Ali, A., Khusro, S., & Algamdi, S. A. (2025). *Accessible interactive learning of missing-digit arithmetic problems for students with visual disabilities*. Scientific Reports, 15, Article 17804
- Aziz, N., Ahmad, S. Z., Wan A. Rahman, W. R. Z., & Binsaleh, S. (2021) *Design and Development of Affective 4-Dimensional Mobile Mathematics for Low Vision Alpha Generation*. TEM Journal, Vol. 10, No. 4, pp. 1828–1837
- Agybayeva, S., Orazayeva, G., Shubayeva, G., & Denissova, I. (2025). *Evaluating educational achievements in inclusive classrooms: A quasi-experimental study using information technologies for students with special educational needs*. Education and Information Technologies, 30(18), 25627–25653.
- Brydges, C. & Mkandawire, P. (2017). Perceptions and concerns about inclusive education among students with visual impairments in Lagos, Nigeria. International Journal of Disability Development and Education, 64(2), 211-225
- Del Rosario Navas-Bonilla, C., Guerra-Arango, J. A., Oviedo-Guado, D. A., & Murillo-Noriega, D. E. (2025). *Inclusive education through technology: A systematic review of types, tools and characteristics*. Frontiers in Education, 10.
- Hamash, M., & Mohamed, H. (2021) *BASAER Team: The First Arabic Robot Team for Building the Capacities of Visually Impaired Students to Build and Program Robots*. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), Vol. 16, No. 24.
- Halevi, G., Moed, H., & Bar-Ilan, J. (2017). *Suitability of Google Scholar as a source of scientific information and as a source of data for scientific evaluation—Review of the literature*. Journal of informetrics, 11(3), 823-834.
- Hickson, A., et al. (2021). *Accessing and delivering online education in the time of COVID-19: Challenges for visually impaired people in Malaysia* e-Journal of Media and Society (e-JOMS), Universiti Teknologi MARA (UiTM).
- International Journal of Research and Innovation in Social Science. (2021). *Overcoming accessibility barriers for visually impaired learners in open and distance learning (ODL)*.

- Jessup, G., Bundy, A.C. & Hancock, N. (2017). *The social experiences of high school students with visual impairments*. Journal of Visual Impairment & Blindness, 111 (1), 5-19
- Johnson, B. T., & Hennessy, E. A. (2019). Systematic reviews and meta-analyses in the health sciences: Best practice methods for research syntheses. *Social Science and Medicine*, 233, 237–251.
- Koch, K. (2017). Stay in the Box! Embedded assistive technology improves access for students with disabilities. *Education Sciences*, 7(4)
- Liang, I., Spencer, B., Scheller, M., Proulx, M. J., and Petrini, K. (2022). *Assessing people with visual impairments' access to information, awareness, and satisfaction with high-tech assistive technology*. *British Journal of Visual Impairment*, 1-15
- Miyauchi, H. (2020). *A systematic review on inclusive education of students with visual impairment*. *Education Sciences*, 10(11).
- Minhat, M., Abdullah, N.L., Idrus, R., and Keikhosrokiani, P. (2020). *Enhancing the usability of tactile map for the visually impaired*. *Journal of Engineering and Science Research*, 4 (4), 12-19
- Nahar, L., Sulaiman, R., & Jaafar, A. (2019). *“Bangla Braille learning application” in smartphones for visually impaired students in Bangladesh*. *Interactive Learning Environments*. Advance online publication.
- Naude, M & Meier, C. (2019). *Elements of the physical learning environment that impact on the teaching and learning in South African Grade 1 classrooms*. *South African Journal of Education*, 39(1).
- Rozali, S. M., Noor, R. M., Amran, A. C., Saleh, S. M., and Hamzah, I. Z. (2021). *Development of Smart Glove system for blind people*. *International Journal of Electrical Engineering and Applied Sciences*, 4(1), 29-34
- Shutaleva, A., Nikonova, Z., Savchenko, I., & Martyushov, N. (2023). *Sustainable inclusive education framework*. *Sustainability*.
- Yong, S. W., & Aliza Alias. (2022). *Cabaran penggunaan alat bantu teknologi dalam pengajaran dan pembelajaran murid pendidikan khas penglihatan*. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities*, 7(3), 1–12.
- Yenduri, G., Kaluri, R., Rajput, D. S., Lakshmana, K., Gadekallu, T. R., Mahmud, M., & Brown, D. J. (2023). *From assistive technologies to Metaverse: Technologies in inclusive higher education for students with specific learning difficulties*.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Blindness and vision impairment*. WHO. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visualimpairment>

Muhammad Aiman bin Fauzan (Corresponding author)
Fakulti Pendidikan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.
Emel:p166587@siswa.ukm.edu.my

Siti Aisyah binti Ayub
Fakulti Pendidikan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.
Emel:p145945@siswa.ukm.edu.my

Lina Anak Manggi
Fakulti Pendidikan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.
Emel:p162511@siswa.ukm.edu.my

Syar Meeze Mohd Rashid
Fakulti Pendidikan,
Universiti Kebangsaan Malaysia,
43600 Bangi, Selangor, Malaysia.
Emel:cikgumeeze@ukm.edu.my