

Instrument Development for Tactile Technology-Based Teaching Aids for Visually Impaired Students

Pembangunan Instrumen Alat Bantu Mengajar Berasaskan Teknologi Taktil untuk Murid Berkeperluan Khas Ketidakupayaan Penglihatan (MBK-KKP)

Awangku Zaini Awang Zainal^a, Azizul Qayyum Basri^{a*}, Kway Eng Hock^b, Abdul Muqsinh Ahmad^a, Nelfiyanti^c, Mohd Yusrizal Mohd Yusoo^d

^aJabatan Teknologi Kejuruteraan, Fakulti Teknikal Dan Vokasional, Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI), 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

^bJabatan Pendidikan Khas, Fakulti Pembangunan Manusia, Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI), 35900 Tanjong Malim, Perak, Malaysia

^cJabatan Kejuruteraan Perindustrian, Fakulti Kejuruteraan, Universiti Muhammadiyah Jakarta, University of Muhammadiyah Jakarta Jl. Cempaka Putih Tengah 27, Jakarta Pusat, DKI Jakarta, 10510, Indonesia

^dFakulti Teknologi Kejuruteraan Mekanikal dan Automotif, University of Malaysia Pahang Al-Sultan Abdullah, 26600 Pekan, Pahang, Malaysia

*Corresponding author: qayyumb@ftv.upsi.edu.my

Article history: Received: 24 July 2025 Received in revised form: 18 December 2025 Accepted: 22 December 2025 Published online: : 31 December 2025

Abstract

Students with visual impairment (SVI) are among the minority groups in society who greatly require specialized assistive technologies to receive information from their surroundings. Therefore, the approach often used in schools is to develop teaching aids with specific features that can help them access information. Therefore, this study focuses on obtaining expert validation for the development of a specific instrument that addresses the needs of SVI in the creation of ABM—particularly in the use of 3D printing (3DP) technology as a component of tactile technology. In this study, the research approach used is Design and Development Research (DDR). The expert validation represents the initial phase of the second stage (design and development) to obtain consensus from experts in establishing content items that can measure the needs of these students. A total of three (3) experts were involved in this study. The developed instrument is a questionnaire consisting of four (4) main sections: language, curriculum, pedagogy, and design (design, color coding, audio, Braille writing). The content validity analysis was conducted using the Content Validity Index (CVI) method. The findings indicate that the developed instrument has a satisfactory validity value with a CVI score of 1.00—demonstrating that the items developed are accurate in evaluating teaching aids specifically for SVI. Therefore, the developed instrument is deemed suitable for assessing teaching aids that utilize tactile and audio technology specifically for SVI use.

Keywords: special education, students with visual impairment (SVI), 3D printing technology (3DP), design and technology (RBT), teaching aids

Abstrak

Murid berkeperluan khas kategori ketidakupayaan penglihatan (MBK-KKP) merupakan antara golongan minoriti di dalam masyarakat yang sangat memerlukan teknologi bantuan khusus untuk menerima informasi daripada persekitaran. Oleh itu, pendekatan yang sering digunakan di sekolah adalah dengan membangunkan alat bantu mengajar (ABM) dengan ciri khusus yang dapat membantu mereka menerima maklumat. Atas dasar ini, kajian ini memfokuskan dalam mendapatkan kesahan daripada pakar terhadap pembangunan instrumen khusus yang melihat kepada keperluan MBK-KKP dalam pembangunan ABM—khususnya dalam penggunaan teknologi pencetakan 3D (3DP) sebagai salah satu pecahan teknologi taktil. Dalam kajian ini, pendekatan kajian yang digunakan merupakan pendekatan Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan (DDR). Namun begitu, kesahan pakar ini merupakan awal bagi fasa kedua (reka bentuk dan pembangunan) untuk mendapat kesepakatan daripada pihak pakar dalam mewujudkan kandungan item yang dapat mengukur keperluan murid. Seramai tiga (3) orang pakar terlibat dalam kajian ini. Instrumen yang dibangunkan merupakan borang soal selidik yang mempunyai empat (4) bahagian utama iaitu: bahasa, kurikulum, pedagogi dan reka bentuk (reka bentuk, kod warna, audio, tulisan Braille). Analisis kesahan kandungan telah dilaksanakan dengan menggunakan kaedah Indeks Kesahan Kandungan (Content Validity Index – CVI). Dapatan kajian menunjukkan bahawa instrumen yang dibangunkan mempunyai nilai kesahan yang memuaskan dengan nilai CVI=1.00—sekaligus menunjukkan item yang dibangunkan adalah berketepatan dalam menilai ABM khusus buat MBK-KKP. Justeru itu, instrumen yang dibangunkan ini diyakini dapat digunakan untuk penilaian ABM yang menggunakan teknologi taktil dan audio khusus bagi penggunaan MBK-KKP.

Kata kunci: pendidikan khas, murid masalah penglihatan, teknologi pencetakan 3D (3DP), reka bentuk dan teknologi (RBT), alat bantu mengajar

© 2026 Penerbit UTM Press. All rights reserved

■1.0 PENGENALAN

Pada masa kini, dunia sedang bergerak ke arah teknologi pendigitalan— yang mana dalam bidang pendidikan adanya tanggungjawab seseorang sekolah yang membawa naratif masyarakat ke arah '*dunia digital*', seiring dengan perkembangan zaman. Atas dasar ini, banyak perisian sedang dan telah dikembangkan untuk memenuhi hasrat Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) melalui dasar Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 serta Transformasi Sekolah (TS25) yang berfokus ke arah pendidikan abad ke-21 (Muhammad Farhan et al., 2020). Rumusan daripada laporan yang dibuat oleh Muhammad Nor et al. (2020) bahawa ada dianggarkan adanya sebanyak 4.5% peningkatan murid berkeperluan khas (MBK) berdaftar setiap tahunnya disebabkan dasar sifar penolakan yang diumumkan dalam Dewan Negara di Parlimen dalam usaha untuk menyokong dan menerima golongan ini agar diberi hak sama rata. Atas dasar ini, KPM beriltizam untuk menggalakkan lebih ramai MBK yang mengikuti program pendidikan khas sekali gus meningkatkan kualiti hidup serta keyakinan diri murid untuk mencapai potensi yang lebih optimum walaupun mempunyai kekangan dari segi masalah ketidakupayaan (Ali & Nasri, 2021).

Dalam masa yang sama, konsep '*dunia digital*' ini semakin lama semakin banyak dipraktikkan di dalam pelbagai sektor— termasuklah pendidikan. Secara amnya, pendidikan digital pada ketika ini banyak dipraktikkan di sekolah disebabkan ia mudah difahami serta digunakan. Akan tetapi, bagi golongan tertentu, contohnya murid berkeperluan khas kategori ketidakupayaan penglihatan (MBK-KKP) yang mana keperluan untuk mengakses teknologi digital adalah agak terhad disebabkan ia bersifat visual dan abstrak (Kızılaslan, 2020). Ditambah lagi, ada kekangan daripada akses pembelajaran yang menghalang mereka untuk mengikuti pembelajaran lanjut disebabkan masalah penglihatan yang dihadapi (Miyachi, 2020). Kajian-kajian terdahulu juga turut bersependapat yang mana kurangnya alat bantu mengajar menjadi faktor utama yang menyukarkan pihak guru dan murid untuk mengajar serta belajar mengenai konsep disiplin ilmu (Andić et al., 2023; Kisanga & Kisanga, 2020; Le Fanu et al., 2022; Muhammad Farhan et al., 2020a; Nazri & Mohamad Sharif, 2023; Opoku et al., 2022; Wei & Alias, 2023). Kajian yang dijalankan ini juga banyak berlaku di status 'negara membangun'— termasuklah Malaysia— yang mengalami masalah kekurangan alat bantu mengajar (ABM).

Tambahan, limitasi penglihatan yang dihadapi ini bukan sahaja menjadi halangan terbesar buat mereka untuk memahami sesuatu konsep disiplin ilmu serta melanjutkan pembelajaran (Nurzaman et al., 2020), bahkan ia memberi kesan keatas kehidupan mereka dalam bersosial dengan masyarakat luar (Miyachi, 2020). Bertitik tolak dengan kenyataan di atas, ABM yang bersifat visual sahaja seperti gambar, grafik, atau teks sahaja tidak mencukupi kerana mereka memerlukan sumber yang dapat dirasakan melalui deria pancaindera (sentuhan, pendengaran, bau dan rasa) dalam memahami sesuatu fenomena ataupun konsep disiplin ilmu (Andić et al., 2022; Bleau et al., 2022; Caruso et al., 2023; Lazaro et al., 2023; Simpson & Taliaferro, 2021). Oleh itu, perlunya kajian-kajian yang mendalam untuk membangunkan ABM yang dapat memberi kesan positif khusus buat golongan ini.

Status penggunaan ABM tidak asing lagi di dalam bidang pendidikan. ABM merupakan alat bantuan sokongan yang menjadi keperluan kepada guru untuk menerangkan sesuatu disiplin ilmu yang berkonsepkan mudah sehingga kompleks— yakni sukar difahami oleh murid. Amrulloh et al. (2022) dan Wei & Alias (2023) berpendapat bahawa, ABM merupakan alat alternatif yang dapat meningkatkan ketajaman penglihatan atau menggantikan ketidakupayaan penglihatan sewaktu mereka menjalankan aktiviti, terutama dalam sesi pembelajaran dan komunikasi di persekitaran bilik darjah. Namun begitu, ABM yang sepatutnya menjadi alat sokongan dalam menerangkan konsep disiplin ilmu masih kurang tersedia bagi sesetengah subjek pembelajaran (Ng Ai Lee et al., 2021; Nurzaman et al., 2020; Wei & Alias, 2023)— contohnya subjek Reka Bentuk dan Teknologi (RBT) yang banyak menyentuh berkaitan bidang teknologi dan teknikal— dan secara khususnya bagi keperluan MBK-KKP dalam penyampaian konsep disiplin ilmu.

Di atas faktor minoriti inilah yang mengakibatkan perkembangan teknologi khusus buat MBK-KKP kurang dititikberatkan dan tidak dikomersialkan secara meluas. Lebih-lebih lagi, ABM yang perlu dibangunkan tersebut perlu memenuhi keperluan MBK-KKP— dalam erti kata lain, penggunaan tulisan Braille perlu disertakan bersama di dalam ABM tersebut untuk memberi informasi kepada murid mengenai setiap komponen atau objek yang dibangunkan.

Bersangkutan dengan itu, perlunya sebuah kaedah serta elemen khusus untuk menilai kriteria ABM yang dibangunkan. Kriteria-kriteria (item/soalan) tersebut secara tidak langsung akan memfokuskan kepada pengguna akhir, iaitu MBK-KKP. Oleh itu, kajian ini memfokuskan dalam membangunkan sebuah instrumen pengukuran untuk menilai kebolegunaan ABM khusus kepada MBK-KKP dalam memenuhi keperluan golongan ini— khususnya dalam teknologi 3DP sebagai salah satu teknologi taktik.

■2.0 KAJIAN LITERATUR

Kajian-kajian terdahulu menunjukkan ABM yang dibangunkan mempunyai teknik pengajaran dan pembelajaran (PdP) serta kefungsiannya yang bersesuaian dengan ketidakupayaan golongan MBK-KKP. Akan tetapi, terdapat keterbatasan yang berlaku jika ditelusuri dengan lebih mendalam. Mohd Khalil et al. (2022) dan Muhammad Farhan et al. (2020) melihat kemudahan yang diperlukan oleh golongan MBK-KKP ini perlu sejajar dengan ketidakupayaan mereka bagi membantu mereka dalam menangani tantangan serta cabaran sepanjang pembelajaran. Nurzaman et al. (2020) dan Senjam et al. (2020, 2021) dalam kajiannya juga menyatakan, alatan bantuan yang mempunyai kos tinggi kurang didedahkan kepada murid diatas faktor kewangan (status pemilikan teknologi) itu sendiri. Perkara ini secara tidak langsung mengaitkan status 'negara membangun' terhadap kemampuan seseorang masyarakat itu memiliki seseorang teknologi (Buehler et al., 2014; Grace Nyagah et al., 2017; Kisanga & Kisanga, 2020; Sankhi & Sandnes, 2022).

Bertitik tolak dengan kenyataan di atas, kajian yang dibuat oleh Wei dan Alias (2023) yang melibatkan 100 orang guru pendidikan khas (GPK) yang mengajar MBK-KKP mendapati bahawa kemudahan yang diperuntukkan menjadi salah satu faktor penghalang untuk mereka (GPK) menggunakan alatan tersebut sewaktu sesi PdP secara optimum— sama ada ABM tersebut tidak diselenggara ataupun rosak dan tidak dibaiki. Oleh itu, perlunya kemudahan pembelajaran yang dapat diakses dengan mudah, dapat bertahan dengan lebih lama dan fleksible untuk digunakan seiring dengan teknologi masa kini.

Selain itu juga, kajian daripada Muhammad Farhan et al. (2020) mengenai dana serta prasarana murid yang belajar di sekolah pendidikan khas menjadi perbincangan secara terperinci— khususnya di sekolah pendidikan khas. Hasilnya, kajian ini menggariskan beberapa permasalahan yang berlaku di sekolah seperti kemudahan fizikal yang terhad, isu kewangan dan penyalahgunaan (duit elaun) serta sikap guru yang mengabaikan murid. Dalam kajian ini juga, isu kekurangan dan kelengkapan Teknologi Maklumat dan Komunikasi (ICT)

dan makmal menjadi perbincangan yang meri impak kepada murid ketika ingin menggunakannya. Perkara ini secara tidak langsung mempunyai kesinambungan dengan pembangunan, penggunaan serta status pemilikan ABM yang mempunyai nilai interaktif di dalam pembelajaran apabila digunakan di sesi PdP.

Sifat ABM sendiri pada asalnya dirancang untuk meningkatkan tumpuan murid dalam memahami kandungan serta objektif pembelajaran (McNicholl et al., 2021; Nurzaman et al., 2020). Ng Ai Lee et al. (2021) dan Norfishah (2022) mendapati penggunaan ABM pada masa kini memerlukan bantuan guru-guru untuk menggunakannya di dalam bilik darjah. Sungguhpun demikian, Nurzaman et al. (2020) beranggapan ada kalanya kewujudan ABM yang sedia ada tidak dapat dimanfaatkan secara optimum disebabkan kategori penglihatan murid yang berbeza bagi setiap individu. Kategori penglihatan ini memberi batasan kepada guru untuk mewujudkan ABM yang sesuai kepada setiap orang murid disebabkan faktor ekonomi negara yang tidak dapat memenuhi keperluan setiap daripada kategori ketidakupayaan murid. Oleh hal yang demikian, akses serta penggunaan ABM ini terbatas untuk mencapai keperluan MBK-KKP dalam sesi PdP dan pembelajaran sendiri.

■3.0 OBJEKTIF KAJIAN

Terdapat dua objektif kajian utama, iaitu:

1. Menilai kesahan kandungan instrumen pembangunan ABM untuk MBK-KKP berdasarkan kepada penilaian pakar (instrumen).
2. Membangunkan instrumen penilaian ABM merujuk kepada aspek bahasa, kurikulum, pedagogi dan reka bentuk bagi penilaian pakar produk (selepas mendapat persetujuan daripada pakar instrumen).

■4.0 METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini bertujuan untuk menentukan kesahan instrumen yang dibina. Dalam kajian ini, pendekatan Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan (DDR) telah digunakan sebagai rangka metodologi utama kajian. Namun begitu, dalam penulisan kajian ini, pengkaji memfokuskan fasa kedua kajian iaitu fasa reka bentuk dan pembangunan— dalam membangunkan kesahan instrumen kajian untuk menilai kebolehgunaan ABM (khusus bagi kegunaan MBK-KKP). Dalam fasa ini, kesahan kandungan oleh pakar dijalankan bagi memastikan kesesuaian dan ketepatan item yang dibangunkan untuk kegunaan penilaian pakar produk.

Bertitik tolak dengan kenyataan tersebut, seramai tiga orang pakar yang dipilih dalam menentukan kesahan instrumen. Pakar terlibat merupakan daripada barisan pensyarah universiti yang mempunyai pengalaman bekerja lebih daripada 15 tahun dan ke atas dengan bidang kepakaran dalam TVET serta pendidikan khas. Pakar yang dipilih juga pernah terlibat secara langsung dalam penstrukturan kurikulum DSKP sekolah, TVET dan pendidikan khas (rujuk Jadual 1). Atas dasar ini, pengkaji memilih pakar dalam membangunkan item kandungan yang dapat digunakan dalam menilai kebolehgunaan ABM dengan melihat kepada empat aspek (elemen) utama. Elemen yang ditekankan dalam instrumen ini akan mengambil kira aspek bahasa, kurikulum, pedagogi dan reka bentuk ABM. Ini adalah sebagai langkah awal sebelum penggunaan borang soal selidik kepada pihak pakar produk kajian ini.

Jadual 1 Profil pakar kesahan bagi instrumen soal selidik kesahan kandungan

Bil	Profil Pakar	Institusi	Bidang Kepakaran	Pengalaman Bekerja
1	Pensyarah Universiti (Prof. Madya Ts. Dr.)	UPSI	Modul dan Pendidikan TVET	27 tahun
2	Pensyarah Universiti (Dr.)	UPSI	Modul dan Pendidikan TVET	18 tahun
3	Pensyarah Universiti (Dr.)	UPSI	Pendidikan Khas	15 tahun

Penilaian pakar dalam kajian ini akan menggunakan Indeks Kesahan Kandungan (*Content Validity Index* – CVI) yang menilai setiap daripada item yang dibangunkan. Nilai CVI ini akan menentukan kesepakatan diantara ketiga-tiga pakar sama ada diterima ataupun ditolak.

4.1 Instrumen Kajian

Instrumen kajian ini dibangunkan melalui analisis kajian lampau serta temu bual yang dijalankan sewaktu fasa analisis kajian dengan melihat kepada keperluan MBK-KKP dalam menggunakan ABM berfokus teknologi taktil (teknologi 3DP). Jumlah bilangan item adalah 35 item secara keseluruhan.

Pecahan bagi bilangan item mengikut bahagian adalah seperti berikut:

- i) Bahagian A – Demografi
- ii) Bahagian B – Bahasa (5 item)
- iii) Bahagian C – Kurikulum (5 item)
- iv) Bahagian D – Pedagogi (5 item)
- v) Bahagian E – Reka Bentuk (reka bentuk, kod warna, audio, dan tulisan Braille) (20 item)
- vi) Bahagian F – Cadangan/Ulasan/Penambahbaikan

Pembentukan instrumen soal selidik ini akan menggunakan lima (5) skala Likert untuk dalam menentukan jawapan daripada pihak pakar terhadap item yang dibangunkan. Menurut Mohd Ridhuan & Nurulrabihah (2020) dan Othman (2013), penggunaan julat antara kuartil ini dapat membantu pihak pakar untuk memilih pendapat terhadap setiap daripada item yang dibangunkan agar pakar dapat memberikan respons yang lebih tepat, konsisten dan mudah untuk dianalisis dan ditafsirkan (rujuk Jadual 2).

Jadual 2 Skala Likert 5 mata

Pernyataan	Skor
Sangat tidak setuju	1
Tidak setuju	2
Sederhana setuju	3
Setuju	4
Sangat setuju	5

Sumber: Mohd Ridhuan dan Nurulrabihah (2020) & Othman (2013)

Merujuk Amatan et al. (2021) dan Mohamad Tarmizi & Janan (2022), nilai CVI yang diterima pakai ialah $CVI \geq 0.80$. Yusoff (2019) dalam kajiannya merumuskan penerimaan nilai CVI mengikut bilangan pakar yang bermula 2 pakar (≥ 0.80) (Davis, 1992); 3~5 pakar (1.00) (Polit et al., 2007; Polit & Beck, 2006); sekurang-kurangnya 6 pakar (≥ 0.83) (Polit et al., 2007; Polit & Beck, 2006); 6~8 pakar (≥ 0.83) (Lynn, 1986); dan sekurang-kurangnya 9 pakar (≥ 0.78) (Lynn, 1986)— yang merujuk pelopor teori CVI. Oleh itu, nilai penerimaan CVI dianalisis mengikut formula seperti berikut (Polit & Beck, 2006):

$$\text{Item Content Validity Index (I - CVI)} = \frac{\text{Jumlah skor setiap pakar}}{\text{Jumlah skor sebenar}}$$

$$\text{Item Content Validity Index, (CVI)} = \frac{\text{Jumlah I - CVI}}{\text{Bilangan pakar}} \quad [1]$$

Walaupun kajian ini memfokuskan kepada kesahan kandungan item yang dibangunkan sahaja— instrumen ini akan digunapakai dalam kajian susulan yang melibatkan sampel yang lebih besar dan bersasar kepada pakar bidang pendidikan khas. Nilai CVI yang diperoleh dan dibincangkan dalam dapatan kajian menjadi rujukan buat pengkaji untuk meneroka lebih lanjut mengenai cabaran yang akan dihadapi dalam membangunkan ABM berfokus kepada teknologi taktil (teknologi 3DP).

5.0 DAPATAN KAJIAN

Melalui dapatan kajian yang telah dijalankan. Kesemua item yang dibangunkan mendapat persetujuan dan kesepakatan daripada pakar dengan nilai $CVI=1.00$. Jadual 3 menunjukkan terhadap empat (4) bahagian utama yang dipecahkan kepada lima (5) item (bagi setiap aspek).

Melihat kepada persetujuan pakar bagi aspek bahasa, nilai CVI yang diperoleh adalah 1.00 yang menunjukkan ketiga-tiga pakar bersetuju dengan item yang dibangunkan. Ini menunjukkan bahawa, kandungan instrumen adalah relevan dan sah untuk digunakan dalam menilai kebolegunaan ABM terhadap aspek bahasa yang dibangunkan. Secara amnya, pengkaji memfokuskan dalam pengukuran penggunaan bahasa yang mudah difahami dan bersesuaian dengan tahap kefahaman murid. Seterusnya, arahan terhadap penggunaan ABM ini perlu jelas agar MBK-KKP dapat menerima informasi dengan lebih jelas dan mudah difahami murid (melalui audio yang disertakan bersama).

Bagi aspek kurikulum, ketiga-tiga pakar bersetuju dengan item yang dibangunkan dengan memperoleh nilai $CVI=1.00$. Ini menunjukkan bahawa, kandungan item yang dibangunkan terhadap aspek kurikulum adalah jelas, sesuai dan menepati kandungan dalam subtopik yang dipilih (reka bentuk mekanikal dalam subjek RBT) sekaligus melihat tahap pelaksanaan standard pembelajaran, objektif Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) dan pembangunan kemahiran abad ke-21.

Bagi aspek pedagogi, ketiga-tiga pakar mempunyai kesepakatan (100%) terhadap item yang dibangunkan dengan memperoleh nilai $CVI=1.00$. Ini menunjukkan bahawa, kandungan item yang dibangunkan terhadap aspek pedagogi ini dapat menilai menyampaikan pembelajaran dengan lebih menarik serta penglibatan murid di dalam bilik darjah. Dalam bahagian ini, pengkaji secara langsung ingin mewujudkan pendekatan pembelajaran sendiri serta *hands-on* yang berupaya dapat mengekalkan fokus murid dalam meneroka setiap daripada komponen ABM yang dibangunkan.

Bagi aspek reka bentuk, terhadap empat pecahan aspek utama (reka bentuk, kod warna, audio dan tulisan Braille) yang dinilai oleh ketiga-tiga pakar— dengan masing-masing mendapat nilai $CVI=1.00$. Menurut pengkaji, reka bentuk dan Braille (sentuhan), kod warna (penglihatan), audio (pendengaran) merupakan cara pembelajaran dan penerimaan input MBK-KKP daripada persekitaran. Oleh itu, item kandungan yang dibangunkan ini secara khususnya berfokus kepada MBK-KKP dalam melihat kebolegunaan produk ABM.

Jadual 3 Persetujuan pakar bagi setiap item instrumen

Bil	Item	Pakar			Jumlah Persetujuan	CVI
		1	2	3		
A	Bahasa					
1	Bahasa yang digunakan mudah difahami.	/	/	/	3	1.00
2	Arahan dan penyampaian maklumat ABM jelas.	/	/	/	3	1.00
3	Penerangan audio yang disertakan menggunakan contoh yang sesuai dan mudah difahami murid.	/	/	/	3	1.00
4	Pelabelan dan tulisan yang digunakan dalam ABM menggunakan bahasa yang mesra murid.	/	/	/	3	1.00
5	Penggunaan audio dapat membolehkan murid untuk belajar secara sendiri tanpa bantuan guru.	/	/	/	3	1.00
B	Kurikulum					
6	Kandungan ABM sejajar dengan subtopik Reka Bentuk Mekanikal RBT Tingkatan 2.	/	/	/	3	1.00

7	Kandungan ABM selaras dengan objektif pembelajaran yang digariskan dalam DSKP.	/	/	/	3	1.00
8	Aktiviti dalam ABM menyokong standard pembelajaran.	/	/	/	3	1.00
9	ABM dirancang secara progresif mengikut keperluan kurikulum.	/	/	/	3	1.00
10	ABM menyokong pembangunan kemahiran abad ke-21 seperti pemikiran kritis dan penyelesaian masalah.	/	/	/	3	1.00
C Pedagogi						
11	ABM membantu guru menyampaikan isi pelajaran dengan lebih berkesan semasa sesi PdP.	/	/	/	3	1.00
12	ABM menyokong pelbagai gaya pembelajaran murid seperti:	/	/	/	3	1.00
	i) Visual	/	/	/	3	1.00
	ii) Auditori	/	/	/	3	1.00
	iii) Kinestatik	/	/	/	3	1.00
13	Penggunaan ABM menjadikan sesi PdP lebih menarik.	/	/	/	3	1.00
14	ABM memberi peluang kepada murid untuk meneroka dan belajar secara aktif (<i>hands-on</i>).	/	/	/	3	1.00
15	ABM dapat membantu murid mengekalkan fokus terhadap pembelajaran dalam jangka masa yang lama.	/	/	/	3	1.00
D Reka Bentuk						
D1 Reka Bentuk						
16	Tidak membahayakan murid.	/	/	/	3	1.00
17	Mudah dipasang dan ditanggalkan murid.	/	/	/	3	1.00
18	Ringan dan mudah alih (dibawa ke mana-mana)	/	/	/	3	1.00
19	Mempunyai saiz yang sesuai untuk dipegang murid.	/	/	/	3	1.00
20	Tersusun dengan kemas dan mudah difahami murid.	/	/	/	3	1.00
D2 Kod Warna						
21	Menarik perhatian murid.	/	/	/	3	1.00
22	Menggunakan warna yang konsisten.	/	/	/	3	1.00
23	Tidak mengelirukan murid.	/	/	/	3	1.00
24	Menyokong penerangan guru sewaktu PdP.	/	/	/	3	1.00
25	Sesuai digunakan oleh murid yang mempunyai penglihatan rabun (kategori B2).	/	/	/	3	1.00
D3 Audio						
26	Jelas dan mudah didengar.	/	/	/	3	1.00
27	Menerangkan setiap komponen dengan tepat.	/	/	/	3	1.00
28	Melengkapi maklumat setiap komponen.	/	/	/	3	1.00
29	Menggunakan sebutan yang mudah difahami.	/	/	/	3	1.00
30	Membantu murid belajar secara sendiri dengan lebih berkesan.	/	/	/	3	1.00
D4 Tulisan Braille						
31	Jelas dan mudah dibaca oleh murid.	/	/	/	3	1.00
32	Tahan lama.	/	/	/	3	1.00
33	Sesuai disentuh oleh murid.	/	/	/	3	1.00
34	Diletakkan di lokasi yang bersesuaian.	/	/	/	3	1.00
35	Menggunakan tulisan yang standard (Bahasa Melayu).	/	/	/	3	1.00

6.0 PERBINCANGAN

Melalui hasil persetujuan dan kesepatan daripada pihak pakar, pengkaji dapat menyimpulkan bahawa item kandungan yang dibangunkan ini menepati keperluan MBK-KKP. Berkesinambungan dengan itu, setiap bahagian tersebut mempunyai fokus penilaian yang tersendiri, iaitu— (i) bahasa: penggunaan bahasa dan komunikasi terhadap ABM; (ii) kurikulum: merujuk kepada DSKP (dalam mencapai objektif pembelajaran); (iii) pedagogi: pendekatan pembelajaran yang khusus buat MBK-KKP; dan (iv) reka bentuk: input / penerimaan murid terhadap sistem reka bentuk mekanikal (secara khususnya).

Menyokong petikan di atas, Wei dan Alias (2023) dalam kajiannya menyatakan bahawa, aktiviti PdP bagi MBK-KKP dianggarkan berlaku sebanyak 80% daripadanya adalah menggunakan deria penglihatan— termasuklah dengan bantuan penggunaan ABM. Oleh itu, faktor-faktor seperti reka bentuk, kod warna, audio dan tulisan Braille yang dicadangkan oleh pengkaji menjadi item penilaian bagi pembangunan ABM. Aspek tersebut perlu diimplimentasikan di dalam pembangunan ABM yang berasaskan teknologi taktil yang mempunyai tekstur, warna, rekaan serta fleksibiliti dalam menyampaikan sesuatu maklumat (Caruso et al., 2023; Lozano, 2022; Shi et al., 2019). Aspek tersebut dapat membantu PdP serta pembelajaran sendiri MBK-KKP secara khususnya.

Instrumen yang dikembangkan ini secara tidak langsung dapat digunapakai terhadap mana-mana institusi yang ingin membangunkan ABM (berfokus kepada MBK-KKP)— tetapi dengan pendekatan pembelajaran berasaskan kepada kemahiran dan teknikal. Hal ini kerana, elemen yang ditekankan secara amnya berteraskan kepada pendidikan TVET.

7.0 LIMITASI KAJIAN

Kajian ini berfokus hanya dalam membangunkan instrument kajian khusus buat golongan yang mempunyai masalah penglihatan. Selain itu, item yang ditekankan dalam kajian ini adalah berfokus kepada teknologi taktil (sentuhan) dengan integrasi teknologi audio (suara). Hal ini kerana, kajian-kajian terdahulu menyatakan bahawa— salah satu cara komunikasi yang berkesan buat MBK-KKP adalah dengan

menggunakan sentuhan dan pendengaran (Ng Ai Lee et al., 2021; Norfishah, 2022). Oleh itu, pengkaji mengambil pendekatan dengan menerapkan elemen sentuhan dan audio di dalam item yang dibangunkan.

Dalam pada itu, kajian ini juga menghadkan pakar penilai kesahan kandungan. Hal ini mempunyai perhubungan dengan kajian susulan (kajian ini) yang perlu dijalankan pada fasa kedua DDR. Oleh itu, sampel terhadap penilaian pakar menjadi limitasi dalam memperoleh kesepakatan yang konkrit. Merujuk kepada Amatan et al. (2021) dan Mohamad Tarmizi & Janan (2022), bilangan pakar memainkan peranan untuk menguatkan lagi kandungan item yang dibangunkan.

■8.0 KAJIAN LANJUTAN

Item yang dibangunkan ini terhad kepada MBK-KKP sahaja. Murid yang mempunyai ketidakupayaan yang lain adalah kurang sesuai digunakan disebabkan item yang dibangunkan berfokus kepada masalah penglihatan (penggunaan tulisan Braille). Akan tetapi, pengkaji boleh mengubahsuai item-item yang dibangunkan mengikut keperluan ketidakupayaan murid berdasarkan penemuan kajian lampau serta temu bual daripada pakar (pensyarah dan guru pendidikan khas). Pendekatan ini akan memberi gambaran yang lebih holistik terhadap keperluan sebenar murid untuk belajar di dalam bilik darjah yang bersifat ‘pendidikan digital’ sejajar dengan konteks teknologi masa kini.

Selain itu, kesahan instrumen ini adalah dihadkan kepada tiga orang pakar sahaja. Keterbatasan ini boleh memberi implikasi kepada kekokahan item yang dibangunkan—khususnya apabila instrumen yang dibangunkan ini digunakan dalam konteks yang luas. Oleh itu, kajian akan datang boleh melibatkan lebih ramai pakar kesahan instrumen serta pakar produk dengan pelbagai bidang kepakaran untuk menguatkan lagi kandungan item instrumen yang dibangunkan—agar dapat digunapakai dalam kajian-kajian akan datang. Ia berpotensi untuk memperkukuhkan ketepatan dan kebolehpercayaan instrumen yang dibangunkan.

■9.0 KESIMPULAN

Secara rumusan, kajian ini berfokus dalam membangunkan serta mendapat pandangan pakar terhadap item yang dibina. Pembangunan item seterusnya bertujuan dalam menilai ABM yang dibangunkan khusus buat MBK-KKP yang melihat pandangan pakar produk—disebabkan golongan ini mempunyai pendekatan pembelajaran yang berlainan serta penggunaan teknologi khusus untuk menghasilkan sesebuah ABM. Instrumen yang dibangunkan dan disahkan pakar ini berfokus dalam penerapan teknologi taktil (sentuhan) dengan kombinasi audio dan tulisan Braille. Atas dasar pembangunan instrumen ini, penyelidik akan datang ataupun guru-guru pendidikan khas boleh menilai kebolegunaan ABM yang berfokus dalam teknologi taktil. Dalam masa yang sama, kajian ini dapat dijadikan sebagai panduan buat kepada pengkaji yang akan datang untuk mengimplementasikan item-item yang dibangunkan bagi menilai ABM (khusus kepada MBK-KKP sebagai penguna akhir).

Penghargaan

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi Malaysia atas sokongan yang diberikan melalui Skim Geran Penyelidikan Fundamental (FRGS), Kod Rujukan: 2023-0098-104-02. Projek ini juga telah melalui Etika Penyelidikan di bawah kelulusan Universiti Pendidikan Sultan Idris, Kod Rujukan: 2024-0527-01. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Jabatan Teknologi Kejuruteraan, Fakulti Teknikal dan Vokasional, Universiti Pendidikan Sultan Idris (UPSI), Fakulti Pembangunan Manusia, UPSI, Faculty of Resilience, Rabdan Academy, 65, Al Inshirah, Al Sa'adah, Abu Dhabi, Dubai, Department of Engineering, University of Technology and Applied Sciences (UTAS) Salalah, Dhofar, Oman, Jabatan Kejuruteraan Industri, Fakulti Kejuruteraan, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 10510 Jakarta, Indonesia, Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Pusat Pengajian Diploma, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM) serta Feiran Technology Sdn. Bhd. (643490-U) atas sumbangan dan kerjasama yang diberikan dalam menjayakan projek ini.

Konflik Kepentingan

Penulis dengan ini mengisytiharkan bahawa tiada konflik kepentingan berkaitan dengan penerbitan artikel ini.

Rujukan

- Ali, N., & Nasri, N. M. (2021). Halangan Yang Dihadapi Oleh Guru Aliran Perdana Dalam Melaksanakan Program Pendidikan Inklusif (Challenges Faced By Mainstream Teachers In Implementing Inclusive Education Programs). *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(3), 74–82. <http://myjms.mohe.gov.my/index.php/jdpd74>
- Amatan, M. A., Han, C. G. K., & Pang, V. (2021). Construction and validation of the context factor questionnaire for the implementation of elements of stem education in teacher teaching and learning. *International Journal of Education, Psychology and Counseling*, 6(40), 180–192. DOI: <https://doi.org/10.35631/ijepc.640015>
- Amrulloh, M., Safinatus, L., & Wonogiri, N. (2022). ABBA Braille (Alat Bantu Belajar Dan Membaca Braille) Sebagai Inovasi Alat Bantu Untuk Belajar Dan Membaca Huruf Braille Secara Mandiri. *INISIASI*, 11, 115–120.
- Andić, B., Lavicza, Z., Vučković, D., Maričić, M., Ulbrich, E., Cvjetičanin, S., Petrović, F., & Maričić, M. (2022). Contribution of 3D modelling and printing to learning in primary schools: a case study with visually impaired students from an inclusive Biology classroom. *Journal of Biological Education*. DOI: <https://doi.org/10.1080/00219266.2022.2118352>
- Andić, B., Lavicza, Z., Vučković, D., Maričić, M., Ulbrich, E., Cvjetičanin, S., & Petrović, F. (2023). The Effects of 3D Printing on Social Interactions in Inclusive Classrooms. *International Journal of Disability, Development and Education*. DOI: <https://doi.org/10.1080/1034912X.2023.2223495>
- Bleau, M., Jaiswal, A., Holzhey, P., & Wittich, W. (2022). Applications of Additive Manufacturing, or 3D Printing, in the Rehabilitation of Individuals With Deafblindness: A Scoping Study. *SAGE Open*, 12(3). DOI: <https://doi.org/10.1177/21582440221117805>

- Buehler, E., Kane, S. K., & Hurst, A. (2014). ABC and 3D: Opportunities and obstacles to 3D printing in special education environments. *ASSETS14 - Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 107–114. DOI: <https://doi.org/10.1145/2661334.2661365>
- Caruso, R. C., Dos Santos, T. R., & Rutz da Silva, S. de C. (2023). Optimization Of The 3D Printing and Test Of Materials For Teaching And Learning For Students With Visual Impairment. *European Journal of Special Education Research*, 9(2). DOI: <https://doi.org/10.46827/ejse.v9i2.4800>
- Davis, L. L. (1992). Instrument Review: Getting the Most From a Panel of Experts. *Applied Nursing Research*, 3(4), 194–197.
- Grace Nyagah, Reuben Nyugoy Wachiuri, & Rosemary Imonje. (2017). Relative Advantage of Assistive Technology in the Teaching and Learning of Integrated English Among the Visually Impaired Learners in Special Secondary Schools in Kenya. *US-China Education Review A*, 7(1). DOI: <https://doi.org/10.17265/2161-623x/2017.01.003>
- Kisanga, S. E., & Kisanga, D. H. (2020). The role of assistive technology devices in fostering the participation and learning of students with visual impairment in higher education institutions in Tanzania. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(7), 791–800. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1817989>
- Kızılaslan, A. (2020). Teaching students with visual impairment. *Progress in Education*. Retrieved July 21, 2025, from <https://www.researchgate.net/publication/341000567>
- Lazaro, J. G. M., Quintero, A. D. R., Silva, G. G., & Zequera, R. A. G. (2023). Vehicle Energy Management System: A survey. *CPE-POWERENG 2023 - 17th IEEE International Conference on Compatibility, Power Electronics and Power Engineering*. DOI: <https://doi.org/10.1109/CPE-POWERENG58103.2023.10227455>
- Le Fanu, G., Schmidt, E., & Virendrakumar, B. (2022). Inclusive education for children with visual impairments in sub-Saharan Africa: Realising the promise of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities. *International Journal of Educational Development*, 91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2022.102574>
- Lozano, O. R. (2022). PRINT3D, a Service-Learning Project for Improving Visually Impaired Accessibility Through Educational 3D Printing. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 12(1), 60–80. DOI: <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1324>
- Lynn, M. R. (1986). Determination and Quantification Of Content Validity. *Nursing Research*, 6(35), 382–386. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00006199-198611000-00017>
- McNicholl, A., Casey, H., Desmond, D., & Gallagher, P. (2021). The impact of assistive technology use for students with disabilities in higher education: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(2), 130–143. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1642395>
- Miyauchi, H. (2020). A systematic review on inclusive education of students with visual impairment. *Education Sciences*, 10(11), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci10110346>
- Mohamad Tarmizi, M. H., & Janan, D. (2022). Content Validity of The Reading Skills Teaching Module Through a Foreign Language Teaching Approach. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(12), e001990. DOI: <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i12.1990>
- Mohd Khalil, N. D., Izhar, D. P. N., Mat Rashid, A., & Mohd Rapini, A. (2022). Analisis isu-isu berkaitan hak dan permasalahan orang kurang upaya di Malaysia: Satu sorotan literatur: Analysis on issues related to rights and difficulties of people with disabilities in Malaysia: A literature review. *Journal of Muwafaqat*, 5(1), 33–51. <https://muwafaqat.kuis.edu.my/index.php/journal>
- Mohd Ridhuan, M. J., & Nurulrabiah, M. N. (2020). *Kepelbagaian Metodologi Dalam Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan* (Cetakan Ketiga). Qaisar Prestige Resource.
- Muhammad Farhan, M. F., Md Hamil, S., Azmi, N. N., Roslid, N. U. J., Zainal, N. N., Kamaruddin, N. B., Hamizi, N. I., Ismawi, N. Z., & Husin, M. R. (2020). Learning Problem for the Special Education Students: Funds and Infrastructure. *International Journal of Humanities, Management and Social Science*, 3(1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ij-humass-0301.106>
- Muhammad Nor, S., Mohamed, H., & Siti Aishah Hanawi. (2020). *Peramalan Kemasukan Murid Berkeperluan Khas*. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Nazri, N. F., & Mohamad Sharif, A. (2023). Pembangunan dan Persepsi Kebolehgunaan Modul As' Al Sains Braille Terhadap Guru Pelatih Pendidikan Khas UPSI. *E-Prosiding Projek Penyelidikan Tahun Akhir Jabatan Kimia*, 1(2), 21–25.
- Ng Ai Lee, A. Q., Eng Hock, K., & Hoshan, H. (2021). Essentials of Pre-Braille Skills in Braille Learning: A Literature Review. *Jurnal Pendidikan Bitara UPSI*, 14(2), 76–86. DOI: <https://doi.org/10.37134/bitara.vol14.2.7.2021>
- Norfishah, M. R. (2022). *Transformasi Pendidikan Murid Kurang Upaya* (Cetakan Keenam, Vol. 1). Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Nurzaman, M., Hafiar, H., Dewi, R., Budiana, H. R., & Silvana, H. (2020). Teaching Aids in Learning Communication: The Introduction of the Animals Concept to Students with Visual Impairment in Biology Lesson. *Journal of Physics: Conference Series*, 1471(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1471/1/012034>
- Opoku, M. P., Nketsia, W., Fianyi, I., & Laryea, P. (2022). Inclusive education for students with sensory disabilities in Ghana: views of students with disabilities about availability of resources in regular schools. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(6), 687–694. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1807623>
- Othman, T. (2013). *Asas Penulisan Tesis Penyelidikan dan Statistik*. Universiti Putra Malaysia.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing and Health*, 29(5), 489–497. DOI: <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Focus on research methods: Is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and recommendations. *Research in Nursing and Health*, 30(4), 459–467. DOI: <https://doi.org/10.1002/nur.20199>
- Sankhi, P., & Sandnes, F. E. (2022). A glimpse into smartphone screen reader use among blind teenagers in rural Nepal. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(8), 875–881. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1818298>
- Senjam, S. S., Foster, A., & Bascaran, C. (2021). Barriers to using assistive technology among students with visual disability in schools for the blind in Delhi, India. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 16(7), 802–806. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2020.1738566>
- Senjam, S. S., Foster, A., Bascaran, C., Vashist, P., & Gupta, V. (2020). Assistive technology for students with visual disability in schools for the blind in Delhi. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 15(6), 663–669. DOI: <https://doi.org/10.1080/17483107.2019.1604829>
- Shi, L., Lawson, H., Zhang, Z., & Azenkot, S. (2019, May 2). Designing interactive 3D printed models with teachers of the visually impaired. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. DOI: <https://doi.org/10.1145/3290605.3300427>
- Simpson, A. C., & Taliaferro, A. R. (2021). Designing Inclusion: Using 3D Printing to Maximize Adapted Physical Education Participation. *Teaching Exceptional Children*, 54(1), 26–35. DOI: <https://doi.org/10.1177/00400599211010191>
- Wei, Y. S., & Alias, A. (2023). Cabaran Menggunakan Alat Bantu Teknologi dalam Pengajaran dan Pembelajaran Murid Pendidikan Khas Penglihatan. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 8(4), e002240. DOI: <https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i4.2240>
- Yusoff, M. S. B. (2019). ABC of Content Validation and Content Validity Index Calculation. *Education in Medicine Journal*, 11(2), 49–54. DOI: <https://doi.org/10.21315/eimj2019.11.2.6>