



INTERNATIONAL JOURNAL OF
MODERN EDUCATION
(IJMOE)
www.ijmoe.com



PERANAN GURU MATEMATIK DALAM PENDIDIKAN STEM
MBPK KETIDAKUPAYAAN PENDENGARAN DI MALAYSIA:
SATU SOROTAN NARATIF

*THE ROLE OF MATHEMATICS TEACHERS IN STEM EDUCATION FOR
STUDENTS WITH HEARING IMPAIRMENTS IN MALAYSIA: A NARRATIVE
REVIEW*

Siti Rahaimah Ali^{1*}, Ida Salina Abdullah²

¹ The Academy of Language Studies, MARA University of Technology, Malaysia
Email: yaling@uitm.edu.my

² The Academy of Language Studies, MARA University of Technology, Malaysia
Email: cheesieching@uitm.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:

Article history:

Received date: 23.06.2025

Revised date: 15.07.2025

Accepted date: 21.08.2025

Published date: 12.09.2025

To cite this document:

Ali, S. R., & Abdullah, I. S. (2025). Peranan Guru Matematik Dalam Pendidikan STEM MBPK Ketidakupayaan Pendengaran Di Malaysia: Satu Sorotan Naratif. *International Journal of Modern Education*, 7 (26), 777-796.

DOI: 10.35631/IJMOE.726052

This work is licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Abstrak:

Kajian ini meneroka peranan guru Matematik dalam pendidikan STEM untuk Murid Berkeperluan Pendidikan Khas Ketidakupayaan Pendengaran (MBPK-KP) di Malaysia dengan meneliti pelbagai perspektif, perbincangan, dan jurang yang wujud dalam literatur semasa. Objektif kajian adalah untuk mengenal pasti cabaran dan strategi pengajaran yang relevan dalam konteks pendidikan khas, serta menilai kesesuaian pendekatan sedia ada dalam memenuhi keperluan pembelajaran murid berkeperluan pendengaran. Empat tema utama telah dikenal pasti: (i) Pengintegrasian STEM, (ii) Cabaran pelaksanaan, (iii) Strategi PdPc, dan (iv) Jurang dasar. Setiap tema dianalisis melalui sintesis pelbagai kajian antarabangsa dan tempatan yang diterbitkan antara tahun 2021 hingga 2025. Dapatan menunjukkan bahawa Pendidikan STEM kepada MBPK-KP menuntut pengajaran yang lebih responsif, visual, dan kontekstual. Ia juga memerlukan latihan guru yang bersesuaian dan sokongan dasar yang jelas. Perbincangan juga mendedahkan kepentingan penyelidikan lanjut terhadap keberkesanan pendekatan pengajaran berasaskan teknologi serta penglibatan aktif komuniti peka dalam pembangunan bahan bantu mengajar. Kajian ini memberi gambaran menyeluruh kepada pembaca mengenai trend, cabaran, dan potensi masa depan pendidikan STEM dalam kalangan MBPK ketidakupayaan pendengaran, sekali gus mencadangkan hala tuju penyelidikan dan dasar yang lebih inklusif dan mampan.

Kata Kunci:

Guru Matematik, Ketidakupayaan Pendengaran, MBPK, Murid Pekak, Pendidikan Khas, STEM.

Abstract:

This study explores the role of mathematics teachers in STEM education for Students with Hearing Impairment under Special Education Needs (SEN-HI) in Malaysia by examining various perspectives, discussions, and gaps within the current literature. The objective of the study is to identify the challenges and teaching strategies relevant to the context of special education, as well as to assess the suitability of existing approaches in meeting the learning needs of students with hearing impairments. Four main themes were identified: (i) STEM integration, (ii) Implementation challenges, (iii) Teaching and learning (PdPc) strategies, and (iv) Policy gaps. Each theme was analysed through a synthesis of multiple international and local studies published between 2021 and 2025. Findings indicate that STEM education for SEN-HI requires more responsive, visual, and contextualised teaching. It also demands appropriate teacher training and clear policy support. The discussion highlights the importance of further research into the effectiveness of technology-based teaching approaches and the active involvement of the Deaf community in developing teaching aids. This study offers a comprehensive overview of current trends, challenges, and future prospects of STEM education for students with hearing impairments, and proposes a more inclusive and sustainable direction for future research and educational policy.

Keywords:

Deaf Students, Hearing Impairment (HI), Mathematics Teacher, Special Education, STEM, SEN

Pendahuluan

Isu akses pendidikan dalam kalangan murid berkeperluan khas, khususnya golongan yang mengalami ketidakupayaan pendengaran, semakin mendapat perhatian dalam wacana pendidikan global. Di peringkat antarabangsa, *National Association of the Deaf* (NAD), telah menggunakan dua istilah bagi mendefinisikan pekak iaitu “*Deaf*” dan “*Hard of Hearing*”. “*Deaf*” didefinisikan sebagai status budaya, berkomunikasi melalui bahasa isyarat *American Sign Language* (ASL) dan mengisytiharkan mereka sebagai komuniti pekak. Manakala “*Hard of Hearing*” bermaksud kehilangan pendengaran tetapi boleh mendengar sama ada menggunakan alat bantu atau tanpa alat bantu. Di Malaysia, menurut Akta Pendidikan (Pindaan 18 Julai 2013), istilah Murid Berkeperluan Pendidikan Khas Ketidakupayaan Pendengaran (MBPK-KP) telah digunakan. MBPK-KP merupakan individu yang mengalami kecacatan bagi fungsi pendengaran sama ada pekak sepenuhnya atau sebahagian (Mohd Razimi et al., 2023) dan ianya diukur menggunakan unit *disable* (dB) (Adekola, Adeoye, Akande, & Akpan, 2021), tidak bercakap (Kulhade & Kumar, 2022), tidak faham pertuturan walaupun dengan alat bantuan (Said, Howyida, Asmaa, & Fathy, 2023), dan menggunakan bahasa isyarat dalam komunikasi (Marippan & Nordin, 2024).

Statistik yang dikeluarkan oleh *World Health Organization* (WHO, 2025) menganggarkan bahawa sekitar 2.5 bilion penduduk dunia akan mengalami tahap tertentu kehilangan pendengaran, menjelang tahun 2050. Di Malaysia, 132 264 murid pendidikan khas yang bersekolah telah didaftarkan di bawah Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) pada tahun 2024, dengan 3 879 daripadanya terdiri daripada MBPK-KP. Jadual 1 di bawah menunjukkan lima kategori tahap ketidakupayaan pendengaran.

Jadual 1: Kategori Tahap Ketidakupayaan Pendengaran

Kategori MBPK	Huraian
Ketidakupayaan Pendengaran	Mild – Ringan / Minima (20 - < 30 db) Moderate – Sederhana (30 - < 60 db) Severe – Teruk (60 – 90 db) Profound – Sangat teruk ($\geq$ 90 db) CI (Cochlear Implan) – Pacakan Koklea

Sumber : Akta Pendidikan 1996 – Pindaan 18 Julai 2013

Jadual 1 menunjukkan tahap ketidakupayaan pendengaran dikategorikan kepada lima berdasarkan bacaan unit desibel (dB), Tahap pertama ialah *Mild* iaitu ringan atau minima, yang melibatkan kehilangan pendengaran antara 20 hingga kurang daripada 30 dB. Murid dalam kategori ini biasanya hanya menghadapi kesukaran mendengar bunyi yang perlahan atau dalam suasana yang bising, dan masih mampu berkomunikasi secara lisan dengan sokongan minimum. Tahap kedua, *Moderate* atau sederhana, melibatkan julat antara 30 hingga kurang daripada 60 dB. Pada tahap ini, murid mengalami kesukaran yang lebih ketara untuk memahami pertuturan biasa dan memerlukan bantuan seperti alat pendengaran atau pendekatan visual. Tahap ketiga, *Severe* atau teruk, merujuk kepada kehilangan pendengaran antara 60 hingga 90 dB. Murid dalam kategori ini menghadapi kesukaran mendengar walaupun dalam keadaan sunyi dan sangat bergantung kepada alat bantu atau komunikasi berasaskan Bahasa Isyarat. Tahap *Profound* atau sangat teruk merangkumi kehilangan pendengaran yang melebihi 90 dB.

Individu dalam kategori ini hampir atau sepenuhnya tidak dapat mendengar dan memerlukan strategi komunikasi alternatif sepenuhnya, seperti Bahasa Isyarat serta bahan bantu visual dalam proses Pembelajaran Dan Pemudahcaraan (PdPc). Kategori terakhir ialah CI (*Cochlear Implant*) atau pacakan koklea, yang merujuk kepada individu yang telah menjalani prosedur pembedahan implan koklea bagi menggantikan fungsi pendengaran. Walaupun alat ini tidak mengembalikan pendengaran sepenuhnya, ia membolehkan individu tersebut untuk mendengar bunyi dan berkomunikasi dengan lebih baik apabila digabungkan dengan latihan auditori. Kefahaman terhadap klasifikasi ini amat penting agar guru dan pihak berkepentingan dapat menyesuaikan strategi pengajaran, penyediaan bahan bantu, serta pendekatan komunikasi secara berkesan mengikut tahap keperluan sebenar MBPK-KP apabila mereka memerlukan pendekatan PdPc yang sesuai (Mohd Razimi et al., 2023) dan berbeza serta responsif kepada keperluan mereka (Kulhade & Kumar, 2022). Kehilangan pendengaran juga akan mengakibatkan kesan terhadap keupayaan menerima, memahami dan memberi maklumat. Oleh yang demikian, MBPK-KP akan sentiasa menghadapi cabaran yang sangat besar dalam proses menerima ilmu.

Keghairahan dan kerancakan dunia globalisasi terhadap Pendidikan Sains, Teknologi, Kejuruteraan, dan Matematik (STEM) terus meningkat Nicol et al., (2023) termasuklah negara kita, Malaysia. Dengan peningkatan ini, Pendidikan STEM menjadi Pendidikan yang lebih penting seantero dunia. Amerika Syarikat, telah menjadi negara yang paling produktif dalam penyelidikan e-pembelajaran STEM dan ianya telah disokong oleh dana besar seperti *National Science Foundation* (Akhmedova et al., 2023). Di negara Jepun pula, mereka menggunakan pendekatan integratif apabila menggabungkan Pendidikan STEM dengan kursus *Big History* di mana ianya telah menghubungkan STEM dengan evolusi teknologi dan pemahaman antara disiplin (Robert, 2023). Manakala di United Kingdom pula, mereka telah berjaya menambah bahan kurikulum dan latihan guru melalui pelbagai inisiatif STEM yang akan menyasarkan semua peringkat umur dan latar belakang sosial (Muhammad, Jibril, & Isah, 2022). Di Malaysia, pelbagai dasar telah diperkenalkan untuk menyokong Pendidikan STEM, antaranya ialah Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) (2013 – 2025), Pelan Tindakan STEM Kebangsaan (2021 – 2030), Dasar Sains, Teknologi dan Inovasi Negara (DSTIN) (2021 – 2030) dan Pelan Induk Transformasi Pendidikan Teknikal dan Latihan Vokasional (TVET) (2016 – 2025). Walaubagaimanapun, pendidikan STEM terutamanya dalam matapelajaran Matematik yang bersifat abstrak (Yang, 2024), memerlukan pemikiran logik (Lovianova et al., 2022), kebolehan menyelesaikan masalah (Cedeño-Bailón et al., 2024) dan memerlukan pemikiran kritis (Sharma, 2021), yang mana semua ini merupakan cabaran besar kepada MBPK-KP.

Sifat abstrak dalam matematik ini sendiri sering menjadi penghalang bagi MBPK-KP untuk mengakses isi kandungan pembelajaran secara berkesan. Faktor-faktor yang menyumbang kepada halangan ini ialah kerana kelewatan dalam pendidikan Bahasa Isyarat, kekurangan dari segi Bahan Bantu Belajar (BBB) dan Bahan Bantu Mengajar (BBM) yang mesra visual, dan yang terakhir ialah lemah dalam penguasaan bahasa akibat keterbatasan komunikasi (Basigi et al., 2024; Ganiyu et al., 2024). Dalam mata pelajaran Matematik, terdapatnya simbol-simbol dan istilah-istilah yang abstrak yang memerlukan penambahan atau penyesuaian pedagogi yang khusus seperti penggunaan Bahasa Isyarat dan bantuan visual seperti video, grafik, dan bahan interaktif (Karuppannan et al., 2021) yang lebih menarik supaya MBPK-KP ini lebih mudah memahami isi PdPc. Situasi seperti ini telah menimbulkan pelbagai persoalan tentang kesediaan dan peranan guru Matematik dalam merancang serta melaksanakan PdPc bertunjangkan pendidikan STEM yang lebih mesra dan memenuhi keperluan MBPK-KP.

Walaupun pihak kerajaan telah memperkenalkan pelbagai inisiatif bagi meningkatkan kompetensi guru dalam bidang STEM namun wujud isu kurang pendedahan guru tentang kaedah pengajaran bersepadu pendidikan STEM serta kebanyakan guru kurang mendapat latihan yang berkualiti (Yon Foi & Hong Kean, 2022). Ini termasuk latihan yang bersifat khusus bagi menghadapi cabaran PdPc kepada MBPK-KP masih lagi terbatas. Kim C. Cagaitan et al., (2023) dalam kajiannya menunjukkan bahawa pembelajaran dengan persekitaran yang inklusif dapat memberi satu impak yang positif jika guru telah dilengkapi dengan latihan dan kursus yang professional, kemahiran komunikasi yang lebih berkesan termasuklah kemahiran berbahasa isyarat yang lancar. Malah Basigi et al., (2024) telah mengenal pasti empat cabaran utama dalam PdPc Matematik untuk MBPK-KP, iaitu (i) kekurangan kemahiran bahasa isyarat dalam kalangan guru, (ii) kekurangan BBM dan BBB yang sesuai, (iii) kesukaran menyesuaikan kurikulum arus perdana, dan (iv) kekangan dalam pelaksanaan pentaksiran khas.

Kebanyakan kajian pendidikan STEM, baik di dalam mahupun di luar negara, banyak menumpukan kepada pelajar arus perdana (Arhin et al., 2023; Idris et al., 2024; Judah P. Makonye & Nageshwari Pam Moodley, 2023; Khalil et al., 2024; Mandrikas et al., 2023; Naidoo, 2023). Namun, tiada kajian yang mengkaji guru matematik dalam Pendidikan STEM dengan MBPK-KP di Malaysia. Oleh sebab itu, terdapat keperluan mendesak bagi menyemak semula pendekatan pengajaran guru Matematik dalam PdPc MBPK-KP. Dengan demikian, satu kajian sorotan naratif sangat relevan bagi mengenal pasti peranan sebenar guru Matematik dalam pelaksanaan pendidikan STEM kepada MBPK-KP di Malaysia. Di samping itu, kajian ini juga mengenal pasti cabaran serta strategi yang boleh digunakan bagi PdPc MBPK-KP. Melalui kajian ini juga, sorotan ke atas literatur sedia ada dapat memberi gambaran yang jelas serta menyeluruh mengenai amalan semasa dan jurang yang wujud dalam bidang ini dan seterusnya mencadangkan penambahbaikan dalam latihan dan dasar pendidikan sedia ada.

Objektif kajian ini adalah untuk meneliti bagaimana guru Matematik di Malaysia mengendalikan integrasi STEM untuk pelajar MBPK-KP dengan mengenal pasti peranan mereka, kekangan yang dihadapi, serta strategi penyesuaian berasaskan bukti. Pada akhirnya kajian ini bertujuan untuk memperkasakan pendidik dan pembuat dasar dalam mewujudkan akses STEM yang saksama bagi MBPK-KP dan sekaligus menegaskan hak mereka untuk menyertai kemajuan sains negara.

Sorotan Literatur

Sorotan ini diasaskan pada kerangka epistemologi interpretivis yang membolehkan penyelidik meneroka makna pendidikan STEM secara mendalam, khususnya dalam konteks MBPK-KP. Pendekatan ini membolehkan pelbagai naratif diketengahkan daripada pengalaman sosial dan ditafsir dalam konteks budaya serta landskap pendidikan semasa. Sebagai penyelidik yang turut terlibat dalam latihan guru Matematik dan pendidikan khas, penyelidik sedar bahawa posisi sebagai “orang dalam” telah membentuk fokus, pilihan sumber dan tafsiran kajian ini. Subjektiviti penyelidik diurus secara reflektif melalui dialog berterusan dengan teks, pertimbangan etika terhadap representasi, dan semakan silang antara penyelidik bagi mengekalkan integriti naratif.

Pendidikan STEM dan Kepentingannya

Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik) merupakan pendekatan pedagogi bersepadu yang mengembangkan kemahiran abad ke-21 seperti kreativiti, pemikiran kritis, penyelesaian masalah dan celik teknologi. Ia sangat penting dalam membentuk generasi masa depan yang mampu bersaing di peringkat global. Sejak tahun 1990-an, dasar pendidikan STEM telah dilaksanakan di Amerika Syarikat (Yusof et al., 2021), manakala di Malaysia, pelaksanaannya mula berstruktur melalui Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013–2025 dan disokong oleh tiga gelombang perubahan strategik (Abd Wahab & M.Yasin, 2022; Mohd Ikhlis Bin Abd. Halim et al., 2024).

Namun begitu, penglibatan MBPK-KP dalam pendidikan STEM masih belum menyeluruh dan inklusif. Sistem pendidikan arus perdana sering gagal menyesuaikan kandungan dan pedagogi dengan keperluan murid pekak. Hal ini ditegaskan oleh (Dumanska, Smorzhevsky, & Homeniuk, 2022), yang menyatakan bahawa pendekatan sedia ada masih bersifat universal dan kurang mengambil kira kepelbagaian murid dalam aspek komunikasi dan aksesibiliti. Manakala, kajian yang dijalankan oleh (Kano et al., 2024) dari Jepun menunjukkan bahawa apabila pelajar pekak dilibatkan dalam bengkel STEM secara interaktif dan dikaitkan dengan

kehidupan harian, tahap minat dan keyakinan mereka meningkat secara signifikan. Kajian ini menekankan kepentingan pendekatan kontekstual dan mesra murid dalam pendidikan STEM.

Dari sudut sokongan linguistik pula, (Yin et al., 2024) membangunkan ASL-STEM Wiki iaitu pangkalan data video dalam Bahasa Isyarat Amerika (ASL) bagi mengatasi kekangan bahasa dalam penyampaian kandungan STEM kepada pelajar pekak. Manakala (Mahajan, Alkhudaiddi, Boll, Reis, & Solovey, 2022) menekankan pentingnya reka bentuk persekitaran pembelajaran digital yang inklusif, selaras dengan prinsip UNESCO dan Matlamat Pembangunan Mampan (SDG 4). Secara kolektif, dapatan ini membuktikan bahawa akses saksama kepada pendidikan STEM hanya dapat dicapai melalui reka bentuk kurikulum yang mesra komunikasi visual, latihan guru dalam kemahiran bahasa isyarat, Penggunaan teknologi sokongan dan persekitaran pembelajaran inklusif dan kontekstual (Majocha, 2023).

Menurut (Oreshkina & Safonova, 2023), pendidikan STEM kepada MBPK-KP dapat dirancang menggunakan Universal Design for Learning (UDL) sebagai kerangka teori utama. UDL yang menekankan kepada tiga prinsip, (i) Pelbagai cara penyampaian maklumat (contohnya visual, video, grafik interaktif). (ii) Pelbagai cara pelajar bertindak balas / ekspresikan pembelajaran. (iii) Pelbagai kaedah keterlibatan berdasarkan minat dan keperluan murid. Oleh itu, UDL sangat sesuai digunakan dalam konteks pelajar dengan ketidakupayaan pendengaran, kerana ia mengurangkan halangan kognitif dan komunikasi, serta meningkatkan akses kepada kandungan abstrak seperti Matematik dan Sains. Jadual 2 menunjukkan ringkasan penemuan lepas tentang pendidikan STEM dan MBPK-KP.

Jadual 2: Penemuan Utama Dan Cadangan

Kajian / Tahun	Penemuan utama	Cadangan
(Kano et al., 2024)	Pelajar pekak lebih berminat apabila STEM dikaitkan dengan kehidupan harian	Gunakan pendekatan kontekstual dan interaktif
(Oreshkina & Safonova, 2023)	Pendekatan Universal Design for Learning (UDL) bantu atasi cabaran pelajar pekak	Terapkan UDL dalam PdPc STEM
(Yin et al., 2024)	ASL-STEM Wiki bantu atasi jurang komunikasi dalam kandungan STEM	Perlu sumber STEM dalam bahasa isyarat

Jadual 2 di atas memaparkan penemuan utama dan cadangan daripada kajian yang menumpukan kepada penyertaan pelajar pekak dalam pendidikan STEM. Kajian oleh (Kano et al., 2024) menunjukkan bahawa pelajar pekak lebih berminat terhadap STEM apabila kandungannya dikaitkan dengan kehidupan harian, maka dicadangkan penggunaan pendekatan kontekstual dan interaktif. Oreshkina dan Safonova (2023) pula mendapati bahawa pendekatan Universal Design for Learning (UDL) berkesan membantu mengatasi cabaran pembelajaran dalam kalangan pelajar pekak, lalu mencadangkan agar UDL diterapkan dalam proses PdPc STEM. Seterusnya, Yin et al., (2024) melaporkan bahawa penggunaan ASL-STEM Wiki mampu mengatasi jurang komunikasi dalam penyampaian kandungan STEM, dan mencadangkan penyediaan sumber STEM dalam Bahasa Isyarat sebagai sokongan utama.

Kajian-kajian ini secara kolektif mendedahkan bahawa pendidikan STEM tidak boleh lagi dilihat sebagai entiti tunggal yang bersifat teknikal, sebaliknya perlu difahami sebagai satu pendekatan pedagogi yang menyeluruh dan responsif terhadap keperluan murid pelbagai upaya. Justeru, sorotan ini memberi penekanan kepada pengarusperdanaan inklusiviti dalam pendidikan STEM melalui dasar, latihan guru, teknologi sokongan dan kesedaran falsafah pendidikan yang berorientasikan keadilan.

Keperluan Dan Ciri MBPK Ketidakupayaan Pendengaran Dalam Pendidikan STEM

MBPK-KP mempunyai keperluan pembelajaran yang unik, terutamanya dari aspek komunikasi, persepsi visual, dan penglibatan dalam aktiviti berdasarkan kepada interaksi. Tidak seperti murid arus perdana, MBPK-KP sangat bergantung pada maklumat visual seperti gambar rajah, animasi, dan Bahasa Isyarat dalam memahami konsep abstrak, termasuklah dalam mata pelajaran Matematik dan pendidikan STEM. Dessbesel et al., (2024) dalam kajiannya menunjukkan bahawa bahasa isyarat bukan sahaja sebagai medium komunikasi, tetapi turut berfungsi sebagai saluran utama dalam proses memahami konsep Matematik dalam kalangan murid pekak. PdPc STEM yang berkesan bagi MBPK-KP perlulah mengambil kira gaya pembelajaran visual dan kinestetik yang lebih dominan dalam kalangan mereka. Hal ini disokong oleh Hafeez (2024), melalui program "*Deaf Kids Code*", membuktikan bahawa pelajar pekak menunjukkan minat dan kemahiran tinggi dalam sains komputer dan teknologi apabila mereka dilibatkan dalam aktiviti praktikal yang membolehkan mereka menjalani eksperimen secara langsung. Selain itu, pendekatan kinestetik melalui model pembelajaran berasaskan pengalaman seperti "*Creative Problem-Solving*" turut terbukti berkesan dalam merangsang kemahiran penyelesaian masalah murid pekak (Anwar, Elbashir, Magdy, Ahmad, & Al-Thani, 2024). Ini menunjukkan keperluan membangunkan persekitaran pembelajaran yang aktif dan menyokong eksplorasi bebas.

Sokongan secara emosi dan sosial sangat penting dalam membantu MBPK-KP membina keyakinan dalam PdPc berteraskan STEM. Sebagai contoh, Renken et al., (2021) mendapati bahawa murid pekak yang mendapat sokongan daripada rakan sebaya, guru, dan mentor yang mengetahui serta memahami keperluan budaya mereka lebih cenderung untuk meneroka bidang STEM secara mendalam. Identiti serta persekitaran yang inklusif menjadi tonggak kepada keberkesanan pembelajaran mereka. Kekurangan akses kepada bahan berunsur STEM dalam Bahasa Isyarat merupakan satu cabaran utama bagi MBPK-KP di Malaysia.

Apabila dibandingkan dengan negara luar seperti Amerika Syarikat yang telah membangunkan repositori seperti ASL-STEM Wiki (Yin et al., 2024), Malaysia masih kekurangan sumber pembelajaran STEM dalam Bahasa Isyarat. Ini akan menyebabkan keupayaan MBPK-KP akan terjejas apabila mereka belajar secara sendiri atau mengukuhkan kefahaman mereka apabila berada di luar bilik darjah. Jadual 3 menunjukkan ringkasan penemuan utama dalam keperluan dan ciri MBPK-KP dalam pendidikan STEM.

Jadual 3: Penemuan Utama dan Cadangan

Kajian / Tahun	Penemuan Utama	Cadangan
(Hafeez, 2024)	Pelajar pekak cemerlang dalam aktiviti berasaskan pengalaman dan teknologi	Gunakan pembelajaran berasaskan projek dan teknologi visual interaktif
(Anwar et al., 2024)	Bengkel STEM tingkatan kemahiran menyelesaikan masalah dalam kalangan pelajar pekak	Jalankan bengkel STEM bertema kontekstual dan kinestetik
(Renken et al., 2021)	Sokongan sosial dan identiti pekak tingkatan minat terhadap STEM	Bentuk persekitaran inklusif dengan mentor STEM yang faham budaya pekak.
(Mahajan et al., 2022)	Teknologi bantu dan perisian dwibahasa penting untuk akses STEM	Gunakan avatar, perisian interaktif, alat bantu visual yang disesuaikan dengan murid

Jadual 3 di atas merumuskan penemuan utama dan cadangan daripada beberapa kajian terkini berkaitan penglibatan pelajar pekak dalam pendidikan STEM. Kajian oleh (Hafeez, 2024) mendapati bahawa pelajar pekak menunjukkan kecemerlangan dalam aktiviti berasaskan pengalaman dan teknologi, lalu mencadangkan penggunaan pembelajaran berasaskan projek serta teknologi visual interaktif. Anwar et al., (2024) telah menemui bahawa bengkel STEM dapat meningkatkan kemahiran menyelesaikan masalah dalam kalangan pelajar pekak, dengan mencadangkan pelaksanaan bengkel kontekstual dan kinestetik. (Renken et al., 2021) menekankan bahawa sokongan sosial dan pembinaan identiti pekak mampu meningkatkan minat terhadap STEM, justeru mereka mencadangkan pembentukan persekitaran pembelajaran yang inklusif dengan bimbingan mentor yang memahami budaya pekak. Seterusnya, Mahajan et al., (2022) menyatakan bahawa teknologi bantu dan perisian dwibahasa amat penting bagi akses pelajar pekak terhadap kandungan STEM, serta mencadangkan penggunaan avatar, perisian interaktif dan alat bantu visual yang disesuaikan mengikut keperluan murid.

Berdasarkan kepada kajian-kajian yang sedia ada, pembelajaran STEM bagi MBPK-KP tidak boleh dijalankan dengan mengikut sukatan, BBB atau BBM yang sama dengan murid arus perdana. Guru perlulah menggunakan pendekatan yang disesuaikan “*differentiated instruction*” dalam konteks pembelajaran STEM bagi MBPK-KP, termasuklah penggunaan alat teknologi bantu seperti penerangan secara automatik, paparan interaktif, perisian dwi-bahasa (Mahajan et al., 2022) dan avatar bahasa isyarat. Kesemua pendekatan ini harus disatukan secara sistematik dalam kurikulum serta amalan pengajaran guru Matematik agar PdPc MBPK-KP akan menjadi lebih bermakna dan berkesan.

Peranan Dan Cabaran Guru Matematik Dalam Pelaksanaan Pendidikan STEM Kepada MBPK-KP

Guru Matematik memainkan peranan yang sangat penting dalam menyampaikan elemen teras pendidikan STEM, iaitu Matematik, yang menjadi asas kepada pemikiran logik, pemodelan, dan penyelesaian masalah dalam kalangan murid. Mereka bukan sekadar menyampaikan kandungan, tetapi juga bertanggungjawab memupuk kemahiran pemikiran kritis dan kreatif yang menjadi prasyarat kepada kecekapan STEM. Namun, peranan ini menjadi lebih kompleks dan mencabar apabila melibatkan MBPK-KP yang mempunyai keperluan komunikasi dan kognitif yang unik. Kajian menunjukkan bahawa keberkesanan pengajaran STEM berkait rapat dengan keupayaan guru dalam melaksanakan pendekatan pedagogi berasaskan inkuiri serta

pembelajaran berasaskan projek (Ali, Jaaffar, & Ali, 2021). Walau bagaimanapun, dalam konteks MBPK-KP, guru perlu melaksanakan pengajaran yang lebih bersifat visual, interaktif, dan menggunakan teknologi bantu seperti paparan animasi, bahan grafik serta sokongan Bahasa Isyarat (Hafeez, 2024).

Antara cabaran utama yang dikenal pasti ialah kekurangan latihan formal dan pedagogi khusus yang disesuaikan dengan keperluan MBPK-KP. Sebagaimana dibuktikan dalam kajian (Mohd Razimi et al., 2023), kebanyakan guru Matematik tidak menerima latihan spesifik dan bergantung sepenuhnya kepada pengalaman serta penyesuaian peribadi dalam merangka pengajaran. Kelemahan ini diperburuk dengan ketiadaan latihan formal dalam penguasaan Bahasa Isyarat kerana kebanyakan guru yang mengajar MBPK-KP adalah terdiri daripada guru bukan opsyen, menjadikan fokus pengajaran lebih kepada komunikasi asas berbanding strategi pengajaran visual yang efektif. Tambahan pula, kajian (Sevimli & Ünal, 2022) menunjukkan bahawa walaupun guru telah menerima latihan STEM asas, mereka masih berhadapan kesukaran untuk mengintegrasikan kandungan Matematik secara eksplisit dalam konteks STEM, apatah lagi dalam konteks pendidikan khas. Ini menandakan perlunya latihan bersepadu yang bukan sahaja mengandungi modul kandungan STEM, tetapi juga menekankan prinsip inklusif dan diferensiasi dalam PdPc.

Di samping itu, ketiadaan sumber visual yang mencukupi serta teknologi bantu seperti perisian dwibahasa, papan pintar, dan avatar Bahasa Isyarat juga menyumbang kepada keterbatasan guru dalam merancang PdPc yang berkesan untuk MBPK-KP. Hal ini menyaksikan guru kembali menggunakan kaedah tradisional yang tidak lagi sesuai dengan keperluan pembelajaran pelajar pekak hari ini (Hafeez, 2024). Lebih membimbangkan, kekaburan dasar pendidikan berkaitan integrasi STEM dengan pendekatan mesra MBPK-KP menyukarkan guru untuk melaksanakan pengajaran secara sistematik. Mahajan et al., (2022) menegaskan bahawa ketidakjelasan dasar, khususnya dalam aspek penggunaan Bahasa Isyarat, menyebabkan wujud jurang besar antara perancangan dan pelaksanaan di peringkat bilik darjah. Jadual 4 menunjukkan penemuan peranan dan cabaran guru matematik dalam pelaksanaan pendidikan STEM kepada MBPK-KP.

Jadual 4: Dapatan Utama Dan Implikasi Kepada Guru Matematik

Kajian / Tahun	Dapatan Utama	Implikasi Kepada Guru Matematik
(Hafeez, 2024)	Sekolah kurang peralatan bantu visual dan teknologi	Keperluan infrastruktur bantu seperti perisian visual, paparan digital
(Mahajan et al., 2022)	Dasar pendidikan kurang jelas untuk integrasi STEM dan Bahasa Isyarat	Bentuk dasar pendidikan yang menyeluruh dan berpusatkan murid khas
(Mohd Razimi et al., 2023)	Guru tiada pedagogi khusus, hanya guna pengalaman sendiri	Perlu latihan khusus untuk MBPK-KP dan strategi visual
(Sevimli & Ünal, 2022)	Guru sukar hubungkan kandungan Matematik dengan elemen STEM	Perlunya latihan bersepadu STEM dan Pendidikan Khas

Jadual 4 di atas memperincikan dapatan utama dan implikasi terhadap guru Matematik berdasarkan empat kajian terkini dalam konteks pendidikan khas dan integrasi STEM. Kajian oleh (Hafeez, 2024) menunjukkan kekurangan peralatan bantu visual dan teknologi di sekolah,

yang menuntut keperluan kepada infrastruktur dan perisian bantu visual seperti paparan digital. (Mahajan et al., 2022) pula menegaskan bahawa dasar pendidikan masih kabur dalam hal integrasi elemen STEM dan Bahasa Isyarat, sekaligus menuntut satu dasar pendidikan menyeluruh yang berfokuskan murid berkeperluan khas. Seterusnya, (Mohd Razimi et al., 2023) mendapati guru tiada pedagogi khusus dan hanya bergantung kepada pengalaman sendiri, lantas menimbulkan keperluan kepada latihan profesional khas untuk menangani murid berkeperluan pendidikan khas kognitif dan penggunaan strategi visual yang berkesan. Akhir sekali, dapatan oleh (Sevimli & Ünal, 2022) memperlihatkan kesukaran guru menghubungkan kandungan Matematik dengan elemen STEM, menandakan keperluan kepada latihan bersepadu yang menggabungkan aspek STEM dan Pendidikan Khas.

Justeru, dapat dirumuskan bahawa peranan guru Matematik dalam pelaksanaan pendidikan STEM untuk MBPK-KP bukan sahaja bergantung kepada penguasaan kandungan, tetapi turut menuntut kefasihan dalam komunikasi dua hala, penguasaan pedagogi visual, dan akses kepada latihan serta sumber yang sesuai. Peranan ini hanya dapat dilaksanakan secara optimum sekiranya cabaran sistemik yang dikenalpasti ditangani melalui dasar sokongan, latihan berterusan dan infrastruktur yang inklusif.

Strategi Pdpc STEM MBPK Ketidakupayaan Pendengaran

Pelaksanaan PdPc STEM kepada MBPK-KP menuntut strategi pedagogi yang bersifat visual, interaktif, dan kontekstual, sejajar dengan cabaran komunikasi dan pemahaman abstrak yang dihadapi oleh kumpulan ini. Salah satu pendekatan yang terbukti berkesan ialah Pembelajaran Berasaskan Projek (PBPj) dan strategi kinestetik, yang membolehkan murid pekak mengalami proses pembelajaran melalui interaksi secara langsung dengan aplikasi dunia sebenar. Kajian oleh (Hafeez, 2024) dan (Mohamed Isa, 2024) menunjukkan bahawa pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan tahap penglibatan, malah membina keyakinan dan pemahaman murid terhadap konsep sains dan teknologi. Aktiviti seperti eksperimen, mereka bentuk model, dan menjalankan simulasi membolehkan pelajar mengaitkan konsep abstrak Matematik dengan situasi kehidupan sebenar, sekaligus menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan berorientasikan penyelesaian masalah.

Selain itu, penggunaan BBB dan BBM yang bersifat visual dan interaktif merupakan keperluan kritikal dalam PdPc MBPK-KP. Pelajar pekak sangat bergantung kepada saluran visual untuk menggantikan komunikasi auditori, dan dalam konteks ini, projek seperti ASL-STEM Wiki di Amerika Syarikat membuktikan keberkesanan penggunaan video Bahasa Isyarat dan grafik interaktif dalam menyampaikan kandungan STEM yang kompleks (Yin et al., 2024). Di Malaysia, meskipun terdapat usaha menghasilkan bahan BBM dalam Bahasa Isyarat Malaysia (BIM), kandungannya masih terbatas dan tidak dibangunkan secara sistematik berdasarkan kurikulum tempatan. Oleh itu, keperluan untuk memperluaskan pembangunan BBM visual berasaskan BIM secara konsisten adalah amat mendesak agar pelajar pekak dapat mengakses pembelajaran yang setara dan relevan.

Teknologi pendidikan turut memainkan peranan penting dalam merapatkan jurang antara keperluan komunikasi pelajar dengan kandungan kurikulum STEM. Menurut (Mahajan et al., 2022), pembangunan aplikasi mesra pekak yang mengintegrasikan antaramuka visual, teks dan animasi perlu dijadikan keutamaan dalam strategi pendidikan digital. Sebagai contoh, aplikasi tempatan seperti Sign Language Education Malaysia (SLEM) yang dibangunkan oleh (Siong, Nasir, & Salleh, 2021) telah menunjukkan keberkesanan dalam menyokong pengajaran sendiri

secara interaktif bagi pelajar MBPK-KP. Teknologi sebegini bukan sahaja membantu pelajar memahami kandungan, tetapi juga memperkukuh pengalaman pembelajaran secara sendiri dan fleksibel. Jadual 5 menunjukkan penemuan utama dalam strategi Pdpc STEM MBPK-KP.

Jadual 5: Penemuan Utama dan Implikasi Strategi PdPc

Kajian / Tahun	Penemuan Utama	Implikasi Strategi PdPc
(Hafeez, 2024)	PBPj kinestetik meningkatkan penglibatan dan keyakinan pelajar pekak	Gunakan aktiviti reka bentuk, eksperimen dan kolaboratif
(Mahajan et al., 2022)	Aplikasi interaktif menyokong pembelajaran STEM murid pekak	Terapkan pembelajaran sendiri melalui perisian bantu visual
(Sevimli & Ünal, 2022)	Guru terlatih lebih inovatif dan responsif terhadap keperluan murid khas	Sediakan latihan sistematik STEM dengan pedagogi khas dan teknologi bantuan
(Siong et al., 2021)	Aplikasi BIM interaktif bantu pemahaman sendiri pelajar pekak	Perluas aplikasi pendidikan dwibahasa di sekolah
(Yin et al., 2024)	Video Bahasa Isyarat dan visual bantu pemahaman kandungan kompleks	Bangunkan BBM tempatan dalam format interaktif dan visual

Jadual 5 diatas memperincikan penemuan utama dan implikasi terhadap strategi pengajaran dan pembelajaran (PdPc) bagi murid pekak, khususnya dalam konteks STEM. Kajian (Hafeez, 2024) mendapati bahawa pendekatan pembelajaran berasaskan projek (PBPj) kinestetik mampu meningkatkan penglibatan aktif serta keyakinan diri pelajar pekak, justeru disarankan penggunaan aktiviti reka bentuk, eksperimen dan pendekatan kolaboratif dalam PdPc. (Mahajan et al., 2022) pula menunjukkan bahawa aplikasi interaktif memberi sokongan berkesan terhadap pembelajaran STEM dalam kalangan murid pekak, yang mencadangkan penerapan pembelajaran sendiri berasaskan perisian bantu visual. (Sevimli & Ünal, 2022) melaporkan bahawa guru yang terlatih secara sistematik menunjukkan tahap inovasi dan responsif yang tinggi terhadap keperluan murid khas, sekali gus menuntut penyediaan latihan pedagogi khas STEM dan penggunaan teknologi bantuan. Seterusnya, dapatan (Siong et al., 2021) membuktikan bahawa aplikasi BIM interaktif membantu pemahaman sendiri pelajar pekak, maka perluasan aplikasi pendidikan dwibahasa di sekolah amat penting. Akhir sekali, kajian (Yin et al., 2024) menyatakan bahawa penggunaan video Bahasa Isyarat dan visual dapat memudahkan pemahaman kandungan yang kompleks, lantas mendorong pembangunan BBM tempatan dalam format interaktif dan visual. Keseluruhannya, dapatan ini menegaskan keperluan pemantapan strategi PdPc berasaskan teknologi, pedagogi responsif dan pembangunan bahan bantu yang mesra pekak, bagi mencapai keterangkuman dan keberkesanan pendidikan STEM.

Metodologi Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kualitatif berbentuk sorotan naratif yang berasaskan kerangka epistemologi interpretivis. Pendekatan ini dipilih kerana ia membolehkan penyelidik memahami makna subjektif, pengalaman individu serta konteks sosial berkaitan peranan guru Matematik dalam pelaksanaan pendidikan STEM kepada MBPK-KP di Malaysia. Kerangka interpretivis ini turut menekankan keperluan memahami realiti melalui perspektif peserta dan naratif literatur yang menyeluruh, sejajar dengan hasrat kajian untuk mendedahkan cabaran dan amalan pengajaran secara kontekstual (Lyu, 2024).

Dari segi reka bentuk penyelidikan, kajian ini mengambil bentuk sorotan naratif sistematik yang memberi tumpuan kepada penyemakan, penilaian dan sintesis dapatan kajian terdahulu secara deskriptif dan tematik. Pemilihan reka bentuk ini adalah bertepatan dengan keperluan untuk menganalisis kandungan kajian secara fleksibel dan mendalam, berbanding pendekatan sorotan sistematik tradisional yang bersifat lebih ketat dan terhad.

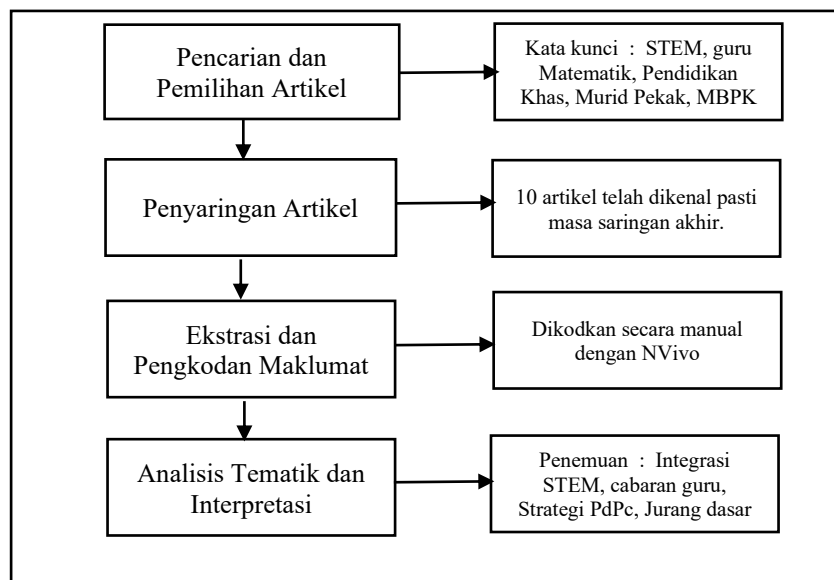
Sumber data utama merangkumi artikel jurnal berwasit, laporan dasar, kertas kerja persidangan, dan tesis pascasiswazah yang diperoleh daripada pangkalan data seperti Scopus, Web of Science, ERIC, dan Google Scholar, selain sumber tempatan seperti MyJurnal, dan pangkalan data institusi pengajian tinggi tempatan. Proses pemilihan artikel dilakukan secara sistematik berdasarkan kriteria inklusi yang ditetapkan iaitu:

1. Kajian melibatkan guru Matematik, pendidikan STEM, dan murid pekak atau MBPK-KP
2. Diterbitkan dalam tempoh 2021–2025;
3. Ditulis dalam Bahasa Melayu atau Inggeris;

Artikel yang tidak relevan secara langsung dengan tema kajian, tidak melalui proses penilaian berwasit, atau gagal menyatakan kaedah analisis dengan jelas telah dikecualikan bagi menjaga ketepatan dan kualiti analisis. Pendekatan ini seterusnya membolehkan pengkaji mengenal pasti pola tema, jurang pengetahuan serta cadangan penambahbaikan terhadap amalan pengajaran guru Matematik kepada MBPK-KP dalam konteks pendidikan STEM yang lebih inklusif dan kontekstual.

Analisis Data

Proses analisis data merangkumi empat fasa utama yang dirumuskan dalam carta aliran berikut:

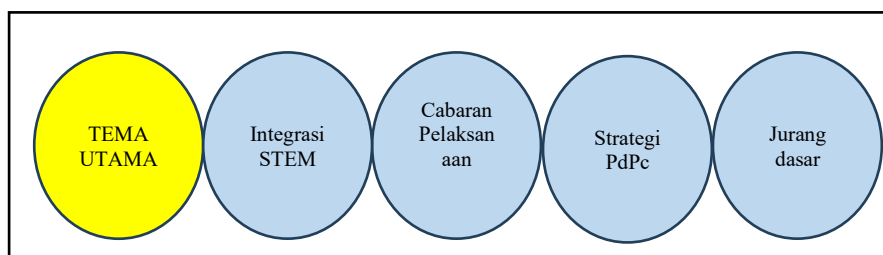


Rajah 1: Carta Alir Sorotan Naratif

Rajah 1 di atas ialah carta alir bagi proses sorotan naratif dalam kajian ini telah dibangunkan secara sistematik untuk memastikan ketelusan, kebolehpercayaan dan kebolehlungan kajian. Proses bermula dengan pencarian dan pemilihan artikel melalui pengecaman kata kunci utama seperti “STEM”, “guru Matematik”, “pendidikan khas”, “murid pekak” dan MBPK. Kata kunci

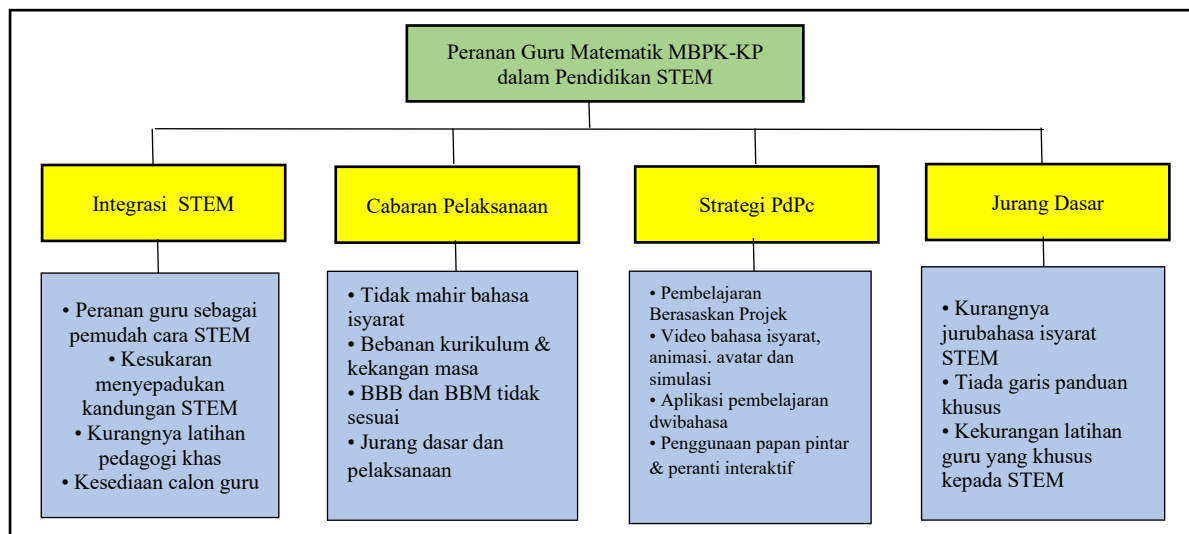
ini digunakan secara strategik dalam pelbagai pangkalan data seperti Scopus, Web of Science, ERIC, Google Scholar, MyJurnal dan e-thesis IPTA untuk memastikan keluasan dan ketepatan sumber. Seterusnya, penyaringan artikel dilaksanakan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, termasuk tahun penerbitan (2021–2025), kaitan langsung dengan topik kajian, penggunaan reka bentuk kajian yang jelas serta penerbitan dalam jurnal berwasit. Daripada jumlah artikel yang diperolehi, sebanyak 10 artikel dipilih untuk dianalisis secara terperinci selepas proses penyaringan akhir.

Langkah ketiga melibatkan ekstraksi dan pengkodan maklumat. Semua artikel yang terpilih dianalisis secara manual dan disokong oleh perisian NVivo bagi membantu proses pengurusan data dan pengecaman pola. Pengkodan ini memfokuskan kepada elemen seperti peranan guru Matematik, pendekatan PdPc untuk MBPK-KP, penggunaan teknologi pendidikan dan cabaran dasar pendidikan khas. Proses analisis seterusnya dilaksanakan menggunakan pendekatan analisis tematik seperti yang dicadangkan oleh Braun dan Clarke (2006), yang merangkumi fasa pengkodan awal, pengecaman tema, semakan tema, penamaan tema dan pelaporan. Hasilnya, empat tema utama telah dikenal pasti iaitu: (i) integrasi STEM (ii) cabaran guru Matematik, (iii) strategi PdPc serta (iv) jurang dasar. Setiap tema ini dianalisis secara interpretif mengikut kerangka epistemologi interpretivis bagi menelusuri pengalaman dan makna yang terbina dalam amalan sebenar guru di lapangan pendidikan khas. Rajah 2 di bawah menunjukkan empat tema utama yang telah dikenalpasti.



Rajah 2 : Empat Tema Utama

Rajah 2 di atas menggambarkan empat tema utama yang telah dikenal pasti melalui analisis sorotan naratif berkenaan peranan guru Matematik dalam pendidikan STEM untuk MBPK-KP. Setiap tema mewakili aspek penting yang mempengaruhi keberkesanan pelaksanaan pendidikan STEM. Rajah 2 ini juga memperlihatkan struktur tematik yang menyeluruh tentang isu-isu yang berkaitan dengan pendidikan STEM untuk MBPK-KP di Malaysia. Ia turut mencerminkan keperluan pendekatan bersepadu merangkumi aspek pedagogi, latihan, dasar, serta teknologi bagi menyokong pelaksanaan yang lebih berkesan. Seterusnya rajah 3 menunjukkan peta pokok yang diperhalusi dengan empat tema.



Rajah 3: Peta Pokok Daripada Tema Yang Telah Dikenal Pasti Dalam Kajian Ini

Rajah 3 di atas memperlihatkan empat tema utama dan kandungan yang terkandung pada tema utama. Tema pertama ialah “Integrasi STEM”, yang merujuk kepada cabaran dan potensi guru dalam menyepadukan kandungan STEM secara bersepadu dalam pengajaran. Tema kedua ialah “Cabaran Pelaksanaan”, yang merangkumi isu-isu seperti kekangan masa, kekurangan penguasaan bahasa isyarat dalam kalangan guru, dan ketidaksesuaian bahan bantu mengajar (BBM). Seterusnya, tema “Strategi PdPc” menumpukan kepada pendekatan pedagogi yang bersesuaian untuk MBPK-KP seperti penggunaan bahan visual, teknologi interaktif, serta pembelajaran berasaskan projek. Akhir sekali, tema “Jurang Dasar” menyoroti ketidakkonsistenan antara dasar pendidikan dan pelaksanaan sebenar di lapangan, termasuk kekurangan latihan profesional khas untuk guru Matematik yang mengajar murid pekak. Keempat-empat tema ini membentuk asas pemahaman yang lebih mendalam terhadap landskap pendidikan STEM inklusif dan menjadi landasan utama dalam mencadangkan penambahbaikan terhadap latihan guru serta dasar pendidikan khas negara.

Jurang Kajian

Kajian ini telah menunjukkan bahawa walaupun terdapat peningkatan inisiatif pendidikan STEM secara umum, pelaksanaan bagi MBPK ketidakupayaan pendengaran masih lagi bersifat terasing dan memerlukan pendekatan pedagogi yang lebih khusus. Kelemahan utama dalam kajian sedia ada ialah kurangnya integrasi antara keperluan komunikasi visual murid pekak dan strategi pengajaran STEM secara holistik. Kajian oleh Dumanska et al., (2022) dan Long & Grunert Kowalske (2021) hanya memberi fokus kepada kompetensi guru atau cabaran teknikal, tetapi kurang memperincikan interaksi antara pendekatan pedagogi matematik dan keperluan khas MBPK ketidakupayaan pendengaran secara khusus. Selain daripada itu juga, jurang antara dasar dan amalan pengajaran juga menjadi satu isu yang kritikal. Kajian Wang (2021) dan Renken et al., (2021) menunjukkan bahawa wujudnya kesenjangan antara kurikulum dengan keupayaan sebenar guru untuk melaksanakan STEM dengan lebih efektif kepada golongan pekak.

Walaupun begitu, terdapat juga kesan berimpak tinggi seperti kajian yang telah dijalankan oleh (Hafeez, 2024; Kano et al., 2024) yang menunjukkan keberkesanan pendekatan berpusatkan pelajar, penggunaan teknologi bantu, dan penglibatan komuniti pekak. Ini menunjukkan bahawa ia satu potensi yang besar untuk dikembangkan di Malaysia, terutamanya dengan penglibatan aktif guru Matematik yang dilatih secara khusus dalam Pendidikan STEM. Kesimpulannya, bagi menjayakan pendidikan STEM kepada murid pekak terutamanya MBPK-KP di Malaysia, peranan guru Matematik perlu diperluas melangkaui penguasaan kandungan kepada penguasaan komunikasi visual, kreativiti pedagogi, dan kefahaman mendalam tentang budaya pembelajaran komuniti pekak.

Implikasi Kajian

Kajian ini membawa makna yang signifikan dalam landskap pendidikan khas dan pelaksanaan Pendidikan STEM di Malaysia. Dapatan daripada kajian literatur membuktikan bahawa pengajaran STEM kepada MBPK-KP tidak boleh disamakan dengan kaedah pengajaran murid arus perdana. Perbezaan dalam keperluan komunikasi, persepsi visual, serta kekangan sumber memerlukan pendekatan yang berasaskan kefahaman mendalam terhadap komuniti pekak. Pengetahuan ini memberikan sumbangan penting kepada amalan pendidikan, penyelidikan, dan dasar kerajaan. Untuk amalan pendidikan, guru Matematik MBPK-KP serta tenaga pengajar pendidikan khas dapat menggunakan dapatan ini sebagai asas dalam merancang strategi pengajaran yang lebih sesuai. Seperti yang telah dinyatakan oleh (Hafeez, 2024; Yin et al., 2024), pengajaran berasaskan projek dan teknologi visual terbukti lebih efektif dalam menarik minat dan meningkatkan kefahaman murid pekak dan kekurangan pendengaran.

Oleh itu, pengintegrasian BBB dan BBM berbentuk video bahasa isyarat, simulasi, dan aktiviti manipulatif perlu dijadikan amalan rutin di bilik darjah. Dari sudut penyelidikan, kajian ini membuka ruang kepada pengkaji tempatan untuk menyambung penyelidikan tindakan di sekolah rendah dan menengah, khususnya dalam mengukur keberkesanan pendekatan tertentu seperti Pembelajaran Berasaskan Projek dan penggunaan aplikasi dwibahasa dalam bilik darjah sebenar. Kajian oleh Long & Grunert Kowalske (2021) dan Wang (2021) mendedahkan bahawa jurang penyelidikan masih wujud dalam konteks latihan guru dan intervensi pembelajaran yang bersifat relevan kepada murid pekak dan kurang pendengaran.

Untuk pembuat dasar, kajian ini menyeru agar dasar pendidikan khas diperhalusi dan diselaraskan dengan keperluan sebenar murid berkeperluan khas terutamanya kepada MBPK-KP. Dasar sedia ada belum cukup jelas dalam menetapkan garis panduan pelaksanaan STEM kepada MBPK, terutamanya dari segi penyediaan sumber, penempatan guru, dan pembinaan bahan bantu mengajar visual. Sebagai contoh, Mahajan et al., (2022) dan Majocha (2023) telah menekankan kepentingan penyediaan jurubahasa isyarat terlatih dalam bidang STEM dan platform teknologi yang mesra pekak bagi menyokong dan meningkatkan kualiti pendidikan. Harapan golongan yang mendapat manfaat daripada kajian ini ialah guru Matematik, guru pendidikan khas, pembuat dasar pendidikan, serta penyelidik dalam bidang pendidikan khas dan teknologi pendidikan.

Kajian ini juga memberi kesedaran kepada masyarakat umum dan pihak berkepentingan bahawa pendidikan STEM untuk MBPK-KP bukan hanya berkaitan dengan isu akses, tetapi juga berkaitan keadilan, hak pendidikan dan pembangunan potensi insan tanpa diskriminasi. Secara keseluruhan, pengetahuan ini sewajarnya mengubah cara kita berfikir dan bertindak dalam merancang pendidikan yang bersifat benar-benar responsif. Pendidikan STEM kepada

MBPK-KP tidak seharusnya dilihat sebagai cabaran teknikal semata-mata, tetapi sebagai peluang untuk merangka pendekatan secara inovatif dan kritis seterusnya mampu memperkasakan golongan yang sering terpinggir.

Kesimpulan

Kajian ini bertujuan untuk meneroka secara mendalam peranan guru Matematik dalam pelaksanaan pendidikan STEM kepada Murid Berkeperluan Pendidikan Khas Ketidakupayaan Pendengaran (MBPK-KP) di Malaysia melalui pendekatan sorotan naratif. Secara keseluruhannya, objektif kajian telah dicapai dengan mengenal pasti dan mensintesis pelbagai tema penting yang berkaitan, termasuk pengintegrasian STEM dalam pengajaran guru Matematik, cabaran pelaksanaan PdPc, strategi pengajaran yang sesuai dan efektif, serta jurang dasar dan latihan guru dalam konteks pendidikan khas. Penemuan utama kajian ini menegaskan bahawa pengajaran kepada MBPK-KP menuntut pendekatan yang lebih visual, interaktif, dan responsif terhadap keperluan linguistik serta budaya komuniti pekak. Dapatan menunjukkan bahawa guru memerlukan latihan profesional berstruktur dalam penguasaan Bahasa Isyarat, pedagogi visual, dan penggunaan teknologi bantu pendidikan bagi memastikan pengajaran STEM lebih bermakna dan mudah diakses oleh murid pekak.

Sumbangan kajian ini adalah signifikan dari segi teori dan amalan. Dari sudut teori, dapatan ini menyokong dan memperkukuh kerangka *Universal Design for Learning* (UDL) khususnya dalam konteks pendidikan khas. Dari segi amalan dan dasar, kajian ini memberikan saranan konkrit kepada pembuat dasar dan institusi latihan guru dalam usaha memperkukuh pelaksanaan pendidikan STEM yang inklusif. Ia turut mendukung aspirasi Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013–2025 melalui Anjakan 1 (akses kepada pendidikan berkualiti) dan Anjakan 4 (transformasi kualiti guru), serta Dasar Pendidikan Khas yang menekankan prinsip keadilan dan kesaksamaan pendidikan untuk semua murid tanpa mengira keupayaan.

Kajian ini turut mencadangkan agar penyelidikan masa hadapan menumpukan kepada pelaksanaan kajian tindakan di peringkat sekolah untuk menilai keberkesanan penggunaan bahan bantu mengajar visual, video Bahasa Isyarat, aplikasi interaktif dan pendekatan projek STEM terhadap pencapaian dan minat murid MBPK-KP. Kajian longitudinal juga dicadangkan untuk menilai kesan latihan guru secara berterusan terhadap keberkesanan PdPc dalam pendidikan khas. Walau bagaimanapun, kajian ini turut berdepan beberapa cabaran termasuk kekurangan sumber PdPc STEM dalam Bahasa Isyarat Malaysia, ketidaksediaan kurikulum untuk murid pekak, dan keterbatasan teknologi bantu di sekolah. Justeru, penambahbaikan boleh dilaksanakan melalui pembangunan platform digital BBM visual dalam BIM, pelaksanaan latihan Bahasa Isyarat secara wajib kepada guru STEM, dan galakan kolaborasi rentas bidang antara pakar pendidikan khas, jurubahasa isyarat, dan pereka teknologi pendidikan.

Kesimpulannya, kajian ini menegaskan bahawa pendidikan STEM bukan hanya berasaskan kandungan teknikal semata-mata, tetapi juga berkait rapat dengan keadilan sosial dan hak pendidikan yang saksama. Dalam era Revolusi Industri 4.0 dan transformasi digital, memastikan akses kepada pendidikan STEM kepada MBPK-KP bukan lagi satu pilihan, tetapi suatu keperluan nasional. Pengkaji menyeru semua pihak termasuk guru, penyelidik, pembuat dasar dan masyarakat untuk bersama-sama membentuk sistem pendidikan yang lebih inklusif,

progresif dan sejajar dengan Falsafah Pendidikan Kebangsaan serta aspirasi Malaysia MADANI.

Penghargaan

Segala penghargaan ditujukan kepada Prof. Madya Dr. Siti Rahaimah Binti Ali selaku penyelia utama yang telah banyak membantu dengan nasihat ilmiah, dorongan berterusan serta sumbangan idea yang membina dalam penulisan artikel ini.

Rujukan

- Abd Wahab, F. B., & M.Yasin, R. B. (2022). Kepimpinan Pengajaran dalam Merealisasikan STEM Bersepadu. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(4), e001435. doi:10.47405/mjssh.v7i4.1435
- Adekola, O. D., Adeoye, E. O., Akande, O., & Akpan, S. S. (2021). A Text to Speech and Speech to Text Application for Students with Hearing and Speaking Impairments. *International Journal of Computer Techniques*, 8(5). Retrieved from <http://www.ijctjournal.org>
- Akhmedova, M. G., Galchenko, N. A., Lutskovskaia, L. Y., Minkin, M. R., Ibragimov, G. I., Kryukova, N. I., & Sizova, Z. M. (2023). Uncovering patterns and trends in online teaching and learning for STEM education. *Contemporary Educational Technology*. Bastas. doi:10.30935/cedtech/13363
- Ali, G., Jaaffar, A. R., & Ali, J. (2021). STEM Education in Malaysia: Fulfilling SMEs' Expectation. In B. S. Sergi & A. R. Jaaffar (Eds.), *Modeling Economic Growth in Contemporary Malaysia* (pp. 43–57). Emerald Publishing Limited. doi:10.1108/978-1-80043-806-420211005
- Anwar, R., Elbashir, A. M., Magdy, R., Ahmad, Z., & Al-Thani, N. J. (2024). *Effectiveness of STEM based workshop for deaf education: Exploratory study*. In *Heliyon* (Vol. 10). Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e36012
- Arhin, J., Boateng, F. O., Akosah, E. F., & Gyimah, K. (2023). Perceptions and readiness of high school mathematics teachers for integration of ICT tools in the teaching and learning of mathematics. *Pedagogical Research*, 9(1), em0179. doi:10.29333/pr/14032
- Basigi, B., Bornaa, C. S., Atepor, S., Uchenna, G. O., & Kwakye, D. O. (2024). Challenges of Students with Hearing Impairments in Learning Mathematics: Evidence of St. John's Integrated Senior High Technical School. *Frontiers of Contemporary Education*, 5(1), p22. doi:10.22158/fce.v5n1p22
- Cedeño-Bailón, A. A., Mendoza-Vergara, C. A., & Solorzano-Solorzano, E. F. (2024). Active strategies to strengthen logical mathematical thinking. *International Journal of Social Sciences*, 7(4), 128–137. doi:10.21744/ijss.v7n4.2340
- Dessbesel, R. da S., Silva, S. de C. R. da, & Shimazaki, E. M. (2024). Mathematics teaching and Sign Language: a mediated relationship in deaf education. *Revista Internacional de Pesquisa Em Educação Matemática*, 14(5), 1–15. doi:10.37001/ripem.v14i5.3766
- Dumanska, T., Smorzhevsky, Y., & Homeniuk, H. (2022). STEM-COMPETENCES OF FUTURE MATHEMATICS TEACHERS AND METHODS OF THEIR FORMATION. *Collection of Scientific Papers Kamianets-Podilsky Ivan Ohienko National University Pedagogical Series*, 28, 7–11. doi:10.32626/2307-4507.2022-28-7-11
- Ganiyu, R. S., Olasedidun, O. K., Hamzat, S. A., Oyesiji, A. O., & Makinde, S. O. (2024). Evaluating Instructional Package for Teaching Mathematics for the Hearing-impaired

- Students. *Journal of Global Research in Education and Social Science*, 18(3), 23–32. doi:10.56557/jogress/2024/v18i38761
- Hafeez, S. (2024). Deaf in STEM: A New Approach to Measuring Problem Solving, Deductive Reasoning, Creativity, and Ability (pp. 47–57). doi:10.1007/978-3-031-60884-1_4
- Idris, R., Bacotang, J., Abdurahman, M. S., Khalid, M. F., AB Hamid, H., Salleh, M. A., ... Sulaiman, M. A. (2024). Redefining Horizons: Delving into Personality Trends and Diverse Challenges in STEM Education Across Malaysia. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(1). doi:10.6007/ijarped/v13-i1/20852
- Judah P. Makonye, & Nageshwari Pam Moodley. (2023). Connecting Mathematics to STEM Education: Interdisciplinary Teaching and Learning Facilitation. *ZDM - Mathematics Education*. doi:10.1007/s11858-023-01447-w
- Kano, K., Azai, H., Hagihara, K., Ishikawa, M., Nagayasu, Y., Nishida, M., ... Yamada, H. (2024). Design and Development of an Inclusive Online STEM Course for Families. *Research in Integrated STEM Education*, 2(3), 183–205. doi:10.1163/27726673-bja00026
- Karuppannan, G., Sultan, F. M. M., Taising, R., & Yahya, L. B. (2021). TEACHING STRATEGIES TO TEACH HEARING-IMPAIRED STUDENTS AT SPECIAL EDUCATION SCHOOL IN SARAWAK, MALAYSIA. *Innovare Journal of Education*, 44–48. doi:10.22159/ijoe.2021v9i5.42394
- Khalil, I., Al Zahrani, A., Awaji, B., & Mohsen, M. (2024). Teachers' perceptions of teaching mathematics topics based on STEM educational philosophy: A sequential explanatory design. *STEM Education*, 4(4), 421–444. doi:10.3934/steme.2024023
- Kim C. Cagalitan, Marie A. Delfin., & Juditha D. Malicay. (2023). PERCEPTIONS OF TEACHERS TOWARD THE INCLUSION OF LEARNERS WITH HEARING IMPAIRMENT IN REGULAR CLASSROOMS. *Russian Law Journal*. doi:10.52783/rlj.v11i6.3510
- Kulhade, P., & Kumar, A. (2022). CHALLENGES FACED BY STUDENTS WITH HEARING IMPAIRMENT IN AN INCLUSIVE SETUP (SPECIAL REFERENCE TO JAIPUR). *Towards Excellence*, 14(2).
- Long, M. R., & Grunert Kowalske, M. (2021). Understanding STEM instructors' experiences with and perceptions of deaf and hard-of-hearing students: The first step toward increasing access and inclusivity. *Journal of Chemical Education*, 99(1), 274–282.
- Lovianova, I. V., Yu Kaluhin, R., Kovalenko, D. A., Rovenska, O. G., & Krasnoshchok, A. V. (2022). Development of logical thinking of high school students through a problem-based approach to teaching mathematics. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2288). Institute of Physics. doi:10.1088/1742-6596/2288/1/012021
- Lyu, Y. (2024). Shifting Research Paradigms in Educational Research: From Positivism to Interpretivism. *Science and Technology and Social Development Proceedings Series Sci. Technol. Soc. Dev. Proc. Ser*, 2, 1. doi:10.36348/gajhss.2020.v02i03.001
- Mahajan, S., Alkhudaiddi, K., Boll, R., Reis, J., & Solovey, E. T. (2022). Role of Technology in Increasing Representation of Deaf Individuals in Future STEM Workplaces. *Proceedings of the 1st Annual Meeting of the Symposium on Human-Computer Interaction for Work*. doi:10.1145/3533406
- Majocha, M. (2023, January 1). Advocating for specialized STEM interpreters for Deaf scientists. *Immunology and Cell Biology*. John Wiley and Sons Inc. doi:10.1111/imcb.12583

- Mandrikas, A., Stefanidou, C., Kyriakou, K., & Skordoulis, C. (2023). *Scientific Practices In The Context Of STEM Education: A Case Study In Primary Education*.
- Marippan, F. M. H., & Nordin, M. N. (2024). Parent Communication with Hearing-Impaired Students. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(8). doi:10.6007/ijarbss/v14-i8/22359
- Mohamed Isa, S. S. P. (2024). THE PROJECT-BASED LEARNING (STEM MODEL) IN FUNDAMENTAL PHYSICS LEARNING. *International Journal of Modern Education*, 6(21), 640–654. doi:10.35631/ijmoe.621047
- Mohd Ikhlas Bin Abd. Halim, Nordin Bin Mamat, & Nor Mashitah Mohd Radzi. (2024). Hubungan Pengetahuan, Minat dan Sikap Mengajar dengan Kesiapan Mengajar Matematik Awal Berasaskan Pendekatan STEM dalam Kalangan Guru Prasekolah. *SOSMANIORA: Jurnal Ilmu Sosial Dan Humaniora*, 3(2), 142–152. doi:10.55123/sosmaniora.v3i2.3435
- Mohd Razimi, H., Aeidah, F. N. R., Afina, F. R., Fairuz, S. M. H., Farah, S. M. N., Melisa, A. A., ... Nur Batrisyia, S. K. (2023). Strategi dan Teknik PdPc bagi Mengendalikan Murid Berkeperluan Khas Ketidakupayaan Pendengaran dalam Pendidikan Inklusif. *Journal of Humanities and Social Sciences*. doi:https://doi.org/10.36079/lamintang.jhass-0502.550
- Mohd Razimi Husin, Aeidah Farhana Nor Rahmat, Afina Fashihah Rosle, Fairuz Syakirah Mohamad Hassan, Farah Shamimi Mat Nawi, Melisa Abraham Abiraham, ... Nurul Atikah Mohamad Razman. (2023). Strategi dan Teknik PdPc bagi Mengendalikan Murid Berkeperluan Khas Ketidakupayaan Pendengaran dalam Pendidikan Inklusif. *Journal of Humanities and Social Sciences*, 5. doi:10.36079/lamintang.jhass-0402.550
- Muhammad, T., Jibril, H. L., & Isah, F. J. (2022). Comparative Analysis of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education Programs in United Kingdom, United States of America. Japan and Australia. *British Journal of Multidisciplinary and Advanced Studies*, 3(2), 191–211. doi:10.37745/bjmas.2022.0077
- Naidoo, K. (2023). Perceptions and Readiness of Teachers in ICT Integration for STEM Education. *Pedagogical Research*.
- Nicol, C., Thom, J. S., Doolittle, E., Glanfield, F., & Ghostkeeper, E. (2023). Mathematics education for STEM as place. *ZDM - Mathematics Education*, 55(7), 1231–1242. doi:10.1007/s11858-023-01498-z
- Oreshkina, O., & Safonova, Y. (2023). The Role of Universal Design for Learning in Inclusive Engineering Education Programs for Hearing Impaired Students. *2023 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1–8. doi:10.1109/EDUCON54358.2023.10125148
- Renken, M., Scott, J., Enderle, P., & Cohen, S. (2021). “It’s not a deaf thing, it’s not a black thing; it’s a deaf black thing”: a study of the intersection of adolescents’ deaf, race, and STEM identities. *Cultural Studies of Science Education*, 16(4), 1105–1136. doi:10.1007/s11422-021-10023-1
- Robert, M. (2023). Integrating Freshman STEM Education into a Big-History Course in Japan. *Journal of Big History*, 6(1), 73–78. doi:10.22339/jbh.v6i1.6109
- Said, S., Howyida, S. A. E. H., Asmaa, R. M. A. W., & Fathy, M. E. H. (2023). *Health Educational Program for Students with Hearing Impairment and Deafness regarding their Quality of Life*. *Journal of Nursing Science-Benha University*.

- Sevimli, E., & Ünal, E. (2022). Is the STEM Approach Useful in Teaching Mathematics? Evaluating the Views of Mathematics Teachers. *European Journal of STEM Education*, 7(1). doi:10.20897/ejsteme/11775
- Sharma, P. (2021). Importance and Application of Mathematics in Everyday Life. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(11), 868–879. doi:10.22214/ijraset.2021.38869
- Siong, T. J., Nasir, N. R. M., & Salleh, F. H. M. (2021). *A mobile learning application for Malaysian sign language education*. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1860). IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1742-6596/1860/1/012004
- Wang, L. (2021). To Improve the Ability of deaf-mute students to Learn Mathematics in Combination with Practical Teaching. *教学方法创新与实践*, 4(9), 153. doi:10.26549/jxffcxysj.v4i9.7286
- WHO, W. H. O. (2025). Deafness and Hearing Loss. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- Yang, Y. (2024). Research on the Application of Mathematics in Finance. *Theoretical and Natural Science*, 55(1), 49–53. doi:10.54254/2753-8818/55/20240176
- Yin, K., Singh, C., Minakov, F. O., Milan, V., Iii, H. D., Zhang, C., ... Bragg, D. (2024). *ASL STEM Wiki: Dataset and Benchmark for Interpreting STEM Articles*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-main.801>
- Yon Foi, L., & Hong Kean, T. (2022). *STEM education in Malaysia: An organisational development approach?* *International Journal of Advanced Research in Future Ready Learning and Education* (Vol. 29).
- Yusof, Y. M., Ayob, A., Hanif, M., Saad, M., Kejuruteraan, J., Sistem, D., ... Bina, A. (2021). Penggunaan Teknologi Kejuruteraan dalam Pendidikan STEM Bersepadu (Use of Engineering Technology in Integrated STEM Education). *Jurnal Kejuruteraan*, 33(1), 1–11. doi:10.17576/jkukm-2020-33(1)-01