

Kesediaan Guru Melaksanakan Pembelajaran Berasaskan Projek STEM Bersepadu di Sekolah Menengah

Alimun, Hairunnisak & Ibrahim, Rohaizat*

Fakulti Pendidikan, Universiti Terbuka Malaysia, Petaling Jaya, Selangor, 47301, MALAYSIA

*Corresponding Author Email: rohaizat82@yahoo.com

Received: 25 April 2025; Revised: 17 June 2025; Accepted: 25 August 2025; Available Online: 02 September 2025

Abstract: Although Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) are the main focus of the Malaysia Education Blueprint 2013-2025, the approach of integrated STEM Project-Based Learning (PBL) is still unfamiliar to most teachers and students. Therefore, this concept paper examines issues related to teachers' knowledge, skills, and attitudes in implementing integrated STEM PBL. The paper discusses the main challenges faced by teachers and suggests solutions to enhance the effectiveness of integrated STEM PBL implementation. Previous research findings indicate the effectiveness of PBL in positively impacting students' holistic achievement and development. However, there is still a lack of studies focusing on teachers' readiness in the Malaysian context. This concept paper aims to contribute to a deeper understanding of this issue and provide recommendations that can assist stakeholders such as teachers, District Education Offices, State Education Departments, and the Ministry of Education Malaysia in strengthening the implementation of integrated STEM PBL in secondary schools.

Keywords: Integrated STEM, Project-Based Learning, Teacher Readiness, Secondary School

Abstrak: Walaupun Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) merupakan fokus utama dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025 namun pendekatan Pembelajaran Berasaskan Projek (PBP) STEM bersepadu masih dianggap asing bagi kebanyakan guru dan pelajar. Justeru itu, kertas konsep ini meneliti isu-isu berkaitan pengetahuan, kemahiran dan sikap guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu. Kertas ini membincangkan cabaran utama yang dihadapi oleh guru dan mencadangkan penyelesaian untuk meningkatkan keberkesanan pelaksanaan PBP STEM bersepadu. Dapatan kajian terdahulu menunjukkan keberkesanan PBP dalam memberikan impak positif terhadap pencapaian dan kemenjadian pelajar secara holistik. Namun, masih terdapat kekurangan kajian yang memfokuskan kepada kesediaan guru dalam konteks Malaysia. Kertas konsep ini bertujuan untuk menyumbang kepada pemahaman yang lebih mendalam mengenai isu ini dan menyediakan cadangan yang boleh membantu pihak berkepentingan seperti guru, Pejabat Pendidikan Daerah, Jabatan Pendidikan Negeri, dan Kementerian Pendidikan Malaysia dalam memperkukuhkan pelaksanaan PBP STEM bersepadu di sekolah menengah.

Kata Kunci: STEM Bersepadu, Pembelajaran Berasaskan Projek, Kesediaan Guru, Sekolah Menengah

1. Pengenalan

Bidang Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) telah menjadi fokus utama dalam pendidikan global masa kini (English, 2016). Pembelajaran Berasaskan Projek (PBP) STEM bersepadu merupakan pendekatan inovatif yang semakin popular, menawarkan pelbagai manfaat kepada pelajar seperti meningkatkan motivasi intrinsik dan membangunkan kemahiran pelbagai domain (Tamim & Grant, 2013). Pendekatan ini menggunakan kaedah pembelajaran konstruktivisme yang berpusatkan pelajar, membolehkan mereka menyelesaikan masalah dunia sebenar dan mengaplikasikan pengetahuan STEM dalam situasi praktikal (Shin et al., 2021).

Walau bagaimanapun, kejayaan pelaksanaan PBP STEM bersepadu sangat bergantung kepada kesediaan guru (Nadelson et al., 2013). Guru perlu bersedia dari segi pengetahuan, sikap, dan kemahiran untuk mentransformasikan kandungan STEM ke dalam pedagogi yang kreatif dan efektif (Papagiannopoulou & Vaiopoulou, 2024). Mereka juga perlu mampu membimbing pelajar dari pelbagai latar belakang untuk menguasai kemahiran abad ke-21 seperti pemikiran kritis, kreativiti, kolaborasi, dan komunikasi (Darling-Hammond et al., 2020).

Model PBP STEM bersepadu menekankan lima konsep asas: integrasi antara mata pelajaran, penyelesaian masalah dunia sebenar, kemahiran proses merekabentuk, autonomi pelajar, dan liputan kurikulum (Bahagian Pembangunan Kurikulum, 2023). Oleh itu, kesediaan guru dari segi sikap, kemahiran, pengetahuan, dan pengalaman dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu adalah kritikal untuk memastikan keberkesanan pendekatan ini dan perkembangan holistik pelajar (Stohlmann et al., 2012). Kajian ini bertujuan untuk menyelidiki tahap kesediaan guru sekolah menengah di Malaysia dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu, mengidentifikasi cabaran yang dihadapi, dan mencadangkan langkah-langkah untuk meningkatkan keberkesanan pelaksanaannya dalam sistem pendidikan negara (Siew et al., 2015).

Sejak 1970-an, Kementerian Pendidikan Malaysia telah melaksanakan pelbagai inisiatif dan dasar yang menyokong STEM untuk mentransformasikan sistem pendidikan negara (Shahali et al., 2017). Kemajuan teknologi menjadi pemangkin utama dalam transformasi ini, dengan setiap revolusi perindustrian dipengaruhi oleh inovasi teknologi era sebelumnya (Murah & Abdulla, 2012). Revolusi Industri Kelima kini mengutamakan pendekatan ekonomi terhadap nilai sosial dan kesejahteraan, di mana manusia bekerjasama dengan teknologi canggih dan kecerdasan buatan (Kumar & Sharma, 2024).

Laporan Forum Ekonomi Dunia 2020-2025 menjangkakan perubahan drastik dalam landskap pekerjaan menjelang 2025, dengan kemunculan 97 juta pekerjaan baharu yang memerlukan kemahiran tinggi dalam bidang seperti analisis data, kecerdasan buatan, dan robotik. Majikan kini memerlukan pekerja dengan kemahiran insaniah seperti pemikiran kritis, penyelesaian masalah, dan pembelajaran aktif. Dalam konteks ini, pendidikan STEM dan Pembelajaran Berasaskan Projek (PBP) menjadi semakin penting. Namun, cabaran utama adalah kesukaran mencari sekolah yang menyepadukan STEM atau PBP sebagai inisiatif teras dalam budaya pendidikan mereka (Sarwi et al., 2021). Pendekatan pedagogi konvensional yang berpusatkan guru dan bergantung pada hafalan tidak lagi mencukupi untuk mempersiapkan pelajar menghadapi cabaran masa depan (Pramesti et al., 2022).

PBP STEM bersepadu muncul sebagai pendekatan inovatif yang dapat melatih kemahiran proses Sains dan mempersiapkan pelajar untuk dunia kerja masa depan (Hujjatusnaini et al., 2022). Pendekatan ini membolehkan pelajar menyelesaikan masalah dunia sebenar, mengaplikasikan pengetahuan merentas disiplin, dan membangunkan kemahiran abad ke-21 yang diperlukan oleh majikan (English & King, 2019). Walaupun Pembelajaran Berasaskan Projek (PBP) STEM bersepadu telah dikenali sebagai pendekatan yang berkesan, kajian menunjukkan bahawa kesediaan guru dalam melaksanakannya masih tidak meyakinkan (Hata & Mahmud, 2020). Terdapat tiga isu utama yang mempengaruhi kesediaan guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu: pengetahuan, kemahiran, dan sikap.

Pertama, kekurangan pengetahuan guru dalam melaksanakan STEM bersepadu merupakan cabaran utama. Kajian oleh Rahim & Abdullah (2017) mendapati hanya 36% guru mendapat pendedahan kursus STEM semasa di universiti, manakala 64% tidak pernah menghadiri sebarang sesi pembangunan profesional pendidikan STEM bersepadu. Ini menunjukkan bahawa kebanyakan guru tidak mempunyai asas pengetahuan yang kukuh dalam integrasi STEM, yang penting untuk pelaksanaan PBP STEM bersepadu yang berkesan. Kedua, kemahiran guru dalam mengajar PBP STEM bersepadu masih perlu dipertingkatkan. Sistem pendidikan yang masih menekankan pembahagian mata pelajaran menyukarkan guru untuk melaksanakan pendekatan multi disiplin, interdisiplin, atau transdisiplin yang diperlukan dalam PBP STEM bersepadu (Adam & Halim, 2019). Kekurangan kemahiran ini menyebabkan guru cenderung untuk menggunakan kaedah pengajaran tradisional yang berfokus pada hafalan berbanding menyelesaikan masalah dunia sebenar (English & King, 2019). Ketiga, sikap dan keyakinan guru memainkan peranan penting dalam kesediaan mereka untuk melaksanakan PBP STEM bersepadu. Hamad et al. (2022) melaporkan bahawa guru kekurangan keyakinan dan bimbingan dalam merangka projek PBP STEM bersepadu. Kajian Ramli et al. (2017) mendapati 7 daripada 10 guru berminat dalam STEM tetapi tidak bersedia untuk mengajar subjek di luar kepakaran mereka kerana kurang keyakinan diri. Guru juga cenderung untuk bersikap skeptikal dan mengelak daripada melaksanakan pendekatan pedagogi terkini, dengan persepsi bahawa pelajar tidak akan menunjukkan minat terhadap PBP (Margot & Kettler, 2019).

Untuk menangani masalah ini, pemahaman yang mendalam berkaitan kesediaan guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu perlu dikaji. Abdullah et al. (2017) menegaskan bahawa guru perlu mempunyai kesediaan yang tinggi untuk berubah bagi mengimplementasikan STEM dengan berkesan. Oleh itu, penyelidikan lanjutan yang mengkaji strategi dan pendekatan untuk meningkatkan kesediaan guru, serta mengatasi cabaran-cabaran yang dihadapi, adalah penting untuk memastikan kejayaan pelaksanaan PBP STEM bersepadu di sekolah menengah Malaysia. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk menilai kesediaan guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu di sekolah menengah Malaysia. Dengan memahami tahap kesediaan guru, cabaran yang dihadapi, dan keperluan sokongan, kajian ini bertujuan untuk menyumbang kepada peningkatan pelaksanaan PBP STEM bersepadu yang efektif, seterusnya mempersiapkan pelajar Malaysia untuk menghadapi cabaran Revolusi Industri Kelima dan memenuhi keperluan tenaga kerja masa depan.

2. Sorotan Literatur

2.1 Pendidikan STEM Bersepadu

Bidang STEM diperkenalkan sejak dua dekad lalu di Amerika Syarikat dengan akronim SMET dan pada tahun 2001, SMET dinamakan kepada STEM oleh Judith A. Ramaley, seorang pakar inovasi pendidikan dari Yayasan Sains Kebangsaan USA (NSF). Sebelum inovasi STEM diperkenalkan, mata pelajaran tersebut diajar berasingan. Oleh yang demikian, inovasi Ramaley telah menyepadukan empat disiplin ilmu iaitu Sains, Matematik, Teknologi dan Kejuruteraan untuk meningkatkan pencapaian Sains dan Matematik yang rendah dalam kalangan pelajar di Amerika (McComas, 2014). Menurut Lyon & Denner (2019), Ramaley telah mentakrifkan STEM sebagai inkuiri pendidikan di mana pembelajaran diletakkan dalam konteks dan pelajar menyelesaikan masalah dunia sebenar melalui penciptaan peluang dan inovasi. Ali & Tse (2023) menyatakan bahawa, sebagai tambahan kepada empat disiplin STEM yang sedia ada, mata pelajaran lain, termasuk seni bahasa, kajian sosial, sains pengguna, dan seni visual dan seni halus juga berpotensi untuk diintegrasikan dalam pendidikan STEM. Nadelson et al. (2013) menyatakan mengajar pelajar tentang STEM bersepadu adalah penting dalam menyediakan mereka untuk zaman sintesis yang mana sebahagian daripada persediaan adalah melibatkan pelajar dalam peluang pembelajaran STEM bersepadu yang memerlukan mereka untuk memohon dan mensintesis daripada pelbagai disiplin STEM. Pendidikan STEM bersepadu merupakan pendekatan pembelajaran lebih bermakna kerana murid berpeluang mengaplikasikan pelbagai pengetahuan dan salah satu pendekatan yang digunakan ialah menggunakan kaedah pembelajaran berasaskan projek yang mana konsep akademik digunakan untuk menyelesaikan masalah yang wujud dalam dunia sebenar (Barron et al., 2014). STEM secara praktikal bertujuan untuk membangunkan pemikiran kreatif dan kritis, mendorong kerja berpasukan, penyelidikan, dan mempelajari kemahiran abad ke-21 yang boleh digunakan oleh pelajar dalam semua aspek kehidupan mereka.

2.2 Dasar-Dasar Yang Menyokong Pendidikan STEM Di Malaysia

Pendidikan STEM adalah penting dalam dunia pendidikan global abad ke-21 dan kebanyakan negara telah membangunkan pelan strategik dalam meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran STEM, literasi STEM serta menggalakkan murid memilih bidang ini dalam pengajian dan kerjaya. Malah, Ibrahim et al. (2024) turut berpendapat bahawa pelajar perlu mendapatkan maklumat tentang kerjaya masa depan mereka dan guru perlu memberi perhatian utama terhadap kerjaya pelajar selepas mereka tamat sekolah menengah.

Perubahan landskap pendidikan dunia terutamanya pendidikan STEM menuntut Kementerian Pendidikan Malaysia mengubah suai pendidikan formal agar kurikulum dan sistem pendidikan seiring dengan keperluan Revolusi Industri 4.0 (4IR) bagi melahirkan generasi yang berdaya saing di peringkat global. Kementerian Pendidikan Malaysia memperkenalkan pelbagai dasar yang menyokong STEM sejak 1970. Antara dasar-dasar yang menyokong STEM di Malaysia adalah:

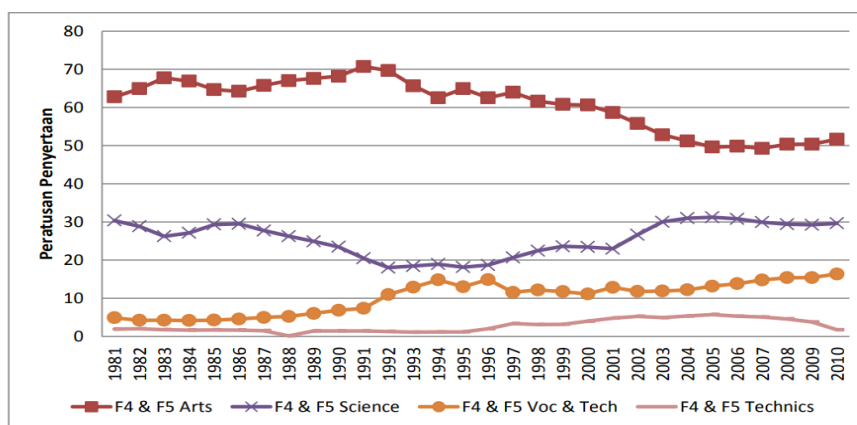
- 1) Dasar 60:40 yang telah diperkenalkan sejak 1970 adalah bertujuan untuk menggalakkan murid mengambil aliran Sains dengan matlamat utama bagi menyediakan lebih ramai murid yang berkecayaan serta dapat meneruskan pengajian di peringkat tertiar dalam bidang Sains dan Teknologi.
- 2) Dasar Sains Teknologi Inovasi Negara (DSTIN) merupakan dasar yang kedua yang telah diperkenalkan pada 1986 bagi menyokong pencapaian aspirasi Malaysia untuk menjadi negara maju. Penggunaan Sains dan Teknologi amat digalakkan sebagai satu alat kepada pembangunan ekonomi bagi meningkatkan kemudahan fizikal dan kesejahteraan rakyat. Dasar ini disemak semula pada tahun 2003 agar selaras dengan keperluan negara mencapai hasrat Wawasan 2020.
- 3) Wawasan 2020 - Wawasan 2020 (W2020) yang telah dilancarkan pada tahun 1991 merupakan sumber yang menyokong Pendidikan STEM dengan tujuan untuk memajukan Malaysia agar menjadi sebuah negara perindustrian menjelang tahun 2020. Salah satu cabaran strategik dalam Wawasan 2020 ialah mewujudkan masyarakat saintifik, berdaya saing, dinamik, dan bukan sahaja menjadi pengguna teknologi tetapi juga menyumbang kepada tamadun saintifik serta teknologi masa hadapan.
- 4) Pelan Tindakan STEM, yang digerakkan oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) dan Kementerian Sains, Teknologi, dan Inovasi (MOSTI) dari tahun 2017 hingga 2025, bertujuan untuk memajukan pendidikan STEM dengan meningkatkan kecekapan pengajaran dan pembelajaran dalam bidang sains, teknologi, kejuruteraan, dan matematik. Inisiatif ini merangkumi peningkatan kualiti pengajaran dan bahan pengajaran, peningkatan kemahiran guru dalam STEM, penyediaan peluang akses merata kepada pendidikan STEM, serta menggalakkan inovasi dan penyelidikan dalam bidang ini. Dengan menyediakan platform yang kondusif untuk pembelajaran STEM, pelan tindakan ini bertujuan untuk melahirkan generasi muda yang mahir dalam bidang sains dan teknologi, menyumbang kepada kemajuan ekonomi negara dan mempersiapkan mereka untuk cabaran global masa depan.
- 5) Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025 di bawah Inisiatif yang ke-49 untuk Pengukuhan Pendidikan STEM memberi keutamaan kepada generasi muda untuk menghadapi cabaran abad ke-21. Dasar ini menyokong pelaksanaan pendidikan STEM dalam Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia 2013-2025 (PPPM 2013-2025) dengan menjadikan Malaysia Education Blueprint (2013) sebagai rujukan. Pelaksanaan pendidikan STEM berdasarkan PPPM 2013-2025 melalui tiga gelombang atau fasa, dengan setiap fasa menunjukkan

perkembangan pembelajaran STEM yang melibatkan semua peringkat terutamanya murid, pendidik serta ibu bapa. Ini menunjukkan usaha kerajaan berterusan untuk memastikan pendidikan STEM berjaya dilaksanakan.

- 6) Semakan kurikulum KBSM kepada Kurikulum Standard Sekolah Rendah dan Menengah (KSSM, KSSR). Seriring dengan dasar dan pelan pendidikan STEM, KPM juga telah membuat perubahan besar terhadap kurikulum dengan memperkenalkan Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) dan Kurikulum Standard Sekolah Menengah (KSSM) pada 2017. Dalam Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Sains terdapat dua kerangka iaitu dan Kerangka Konsep Kurikulum Sains. Kerangka KSSM berdasarkan enam tunjang iaitu komunikasi, kerohanian, sikap dan nilai: kemanusiaan, ketrampilan diri, perkembangan fizikal dan estetika serta Sains dan Teknologi yang merupakan domain utama. Manakala Kerangka Konsep Kurikulum Sains berfokuskan kepada pembelajaran berfikir yang melibatkan kemahiran saintifik dan kemahiran berfikir.

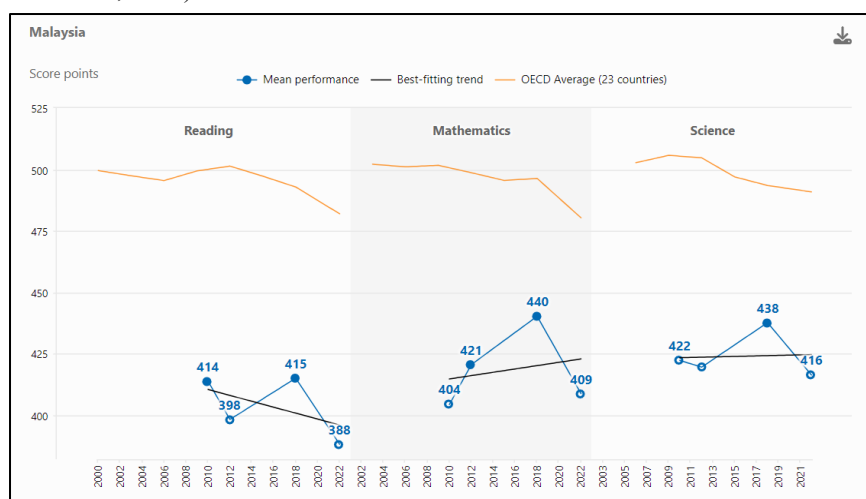
2.3 Pencapaian Terkini Malaysia dalam Pendidikan STEM-PISA 2022

Walaupun KPM telah melaksanakan pelbagai usaha berterusan menyokong pendidikan STEM, Malaysia sehingga kini masih belum mencapai sasaran enrolmen STEM 60% kemasukan murid ke bidang Sains dan 40% ke bidang sastera semenjak tahun 1970an. Statistik peratusan penyertaan pelajar sekolah menengah dalam pelbagai aliran semenjak 1981 sehingga 2010 seperti dalam Rajah 1, yang dikeluarkan oleh KPM menunjukkan bahawa nisbah 60:40 tidak pernah tercapai (Siong & Osman, 2018).



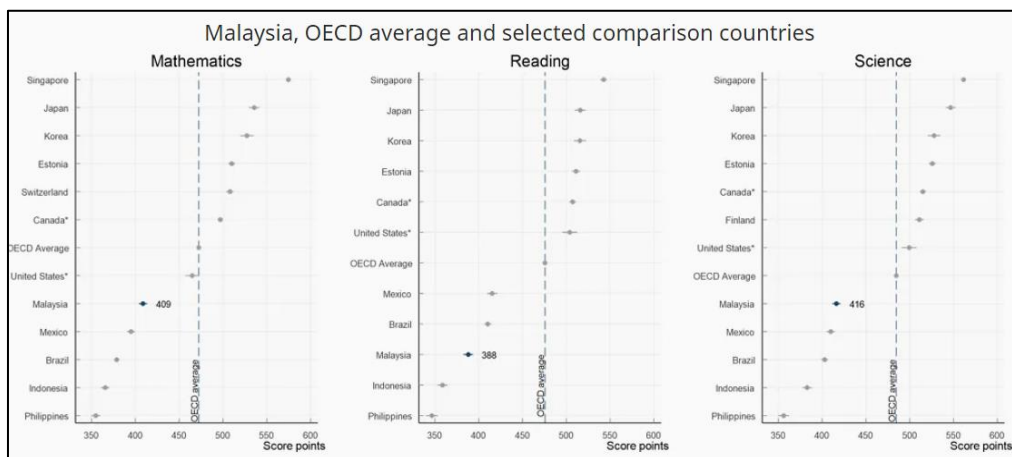
Rajah 1. Peratusan penyertaan pelajar sekolah menengah dalam pelbagai aliran dari tahun 1981 hingga 2010
(Sumber: Statistik Pendidikan Malaysia (KPM, 2000 ke 2010))

Selain daripada jumlah penyertaan pelajar yang tidak mencapai sasaran, lebih membimbangkan lagi apabila dapatan program penilaian antarabangsa iaitu *Programme for International Student Assessment* (PISA) dan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) melaporkan kemerosotan pencapaian Sains dan Matematik di Malaysia (Zakaria & Juhari, 2024).



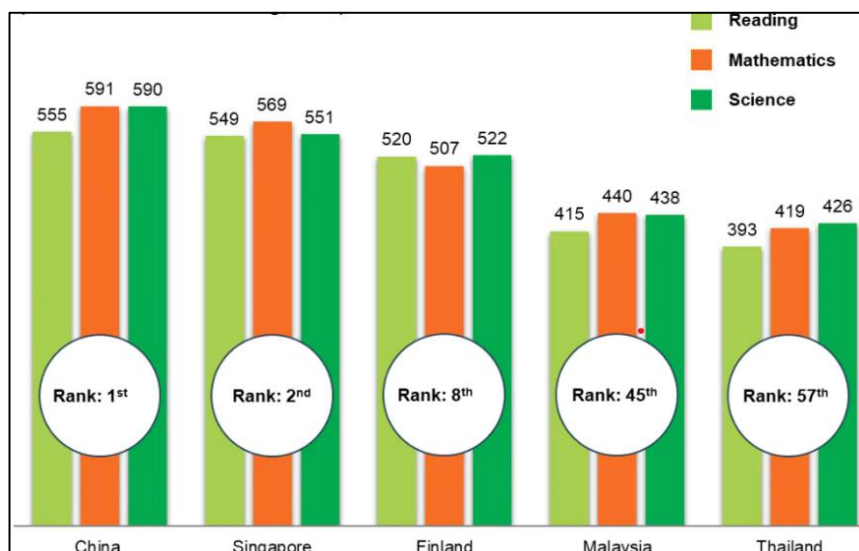
Rajah 2. Tren pencapaian Malaysia dalam PISA 2009-2022 bagi Bacaan, Matematik dan Sains
(Sumber: OECD, Pangkalan Data PISA 2022.)

Malaysia telah menyertai kajian PISA sebanyak lima pusingan, iaitu pada 2009, 2012, 2015, 2018 dan 2022. Rajah 2 menunjukkan tren pencapaian Malaysia dalam PISA daripada 2009 hingga 2022 yang menurun. Bahkan keputusan terkini PISA 2022, menunjukkan Malaysia terus mencatat kemerosotan dalam purata pencapaian ketiga-tiga domain literasi dalam Program Pentaksiran Pelajar Antarabangsa (PISA) 2022. Purata pencapaian Malaysia dalam Literasi Matematik mencatat skor 409 mata kali ini berbanding 440 pada 2018, Literasi Saintifik 416 berbanding 438 mata, dan Literasi Bacaan 388 berbanding 415 mata. Skor purata pencapaian Malaysia dalam Literasi Matematik yang menurun sebanyak 31 mata pada tahun 2022, Literasi Saintifik dengan 22%, dan Literasi Bacaan dengan 27% berbanding PISA 2018. Keputusan pentaksiran PISA 2022 ini turut mencatat 52.1 peratus dalam penguasaan minimum Aras 2 hingga tertinggi Aras 6 bagi Literasi Saintifik, manakala Literasi Matematik pula 41.0 peratus dan Literasi Bacaan (41.9).



Rajah 3. Perbandingan purata skor PISA Tahun 2022 bagi Malaysia dalam Matematik, Bacaan dan Sains (Sumber: OECD, Pangkalan Data PISA 2022)

Rajah 3 menunjukkan perbandingan skor purata pencapaian PISA Malaysia berbanding purata OECD termasuk enam negara berprestasi tertinggi dalam setiap mata pelajaran dan lima negara dengan populasi terbesar pelajar berusia 15 tahun. Garis mendatar yang melangkaui penanda mewakili ukuran ketidakpastian yang dikaitkan dengan anggaran min (selang keyakinan 95%). Pelajar di Malaysia mendapat markah kurang daripada purata OECD dalam Matematik, bacaan dan Sains.



Rajah 4. Perbandingan Pencapaian PISA 2022 dengan beberapa negara lain bagi 3 domain (Sumber: Datapandas.Org)

Pada tahun 2009, Malaysia telah menduduki tempat ke-54 daripada 74 negara dalam kategori membaca, manakala masing-masing berada di kedudukan ke-57 dan ke-52 bagi kategori Matematik dan Sains dalam penilaian PISA. Rajah 4 menunjukkan kedudukan keseluruhan negara Malaysia dalam penilaian PISA 2022 yang berada di tempat ke-45 dengan nilai keseluruhan skor 431. Malaysia masih jauh ketinggalan dalam pencapaian PISA berbanding negara jiran, Singapura

yang mencapai kedudukan global di tempat ke-2 dengan nilai keseluruhan 556.3. Kedudukan tertinggi tempat pertama disandang oleh negara China dengan markah 578.2.

2.4 Kepentingan Ranking PISA Pada Industri Dan Pelabur Asing Dalam Pembangunan Negara

Kedudukan PISA ini menjadi kayu ukur dalam perkembangan ekonomi masa hadapan negara yang mana sesebuah negara memerlukan tenaga kerja yang pakar serta inovatif. Dengan ujian PISA ini, kita dapati negara yang berada ranking paling tinggi adalah negara China yang mana kini menjadi kuasa ekonomi dunia. Berbeza pula situasi di negara Malaysia yang sepatutnya mencatat peningkatan dan melangkah lebih jauh. Kita masih ketinggalan di belakang sementara negara lain seperti Singapura, Indonesia, Kemboja dan Brunei terus mencatat peningkatan dalam ujian PISA. Penurunan pencapaian Malaysia dalam penilaian PISA menunjukkan keperluan pedagogi guru didalam kelas dilihat semula. Sekiranya pembelajaran PBP STEM bersepadu membawa banyak kebaikan kepada pencapaian murid, maka pendekatan ini seharusnya dicuba untuk dimplementasikan oleh guru-guru. Justeru itu, kajian meneroka kesediaan guru melaksanakan PBP STEM bersepadu terutamanya di sekolah menengah sangat diperlukan. Jadual 1 menunjukkan perbezaan ranking PISA Malaysia pada tahun 2022 dan 2018.

Jadual 1. Perbandingan pencapaian Malaysia dalam PISA 2018 dan 2022 bagi Bacaan, Matematik dan Sains (Sumber: OECD, Pangkalan Data PISA 2022)

Ujian PISA	Tahun 2018	Tahun 2022
Membaca	415	388
Matematik	440	409
Sains	438	416

3. Perbincangan

Untuk meningkatkan pengetahuan guru, sekolah perlu berfungsi sebagai organisasi pembelajaran yang efektif (Hata et al., 2020). Pentadbir sekolah harus memulakan sesi komunikasi yang jelas untuk berkongsi refleksi dan misi pelaksanaan PBP STEM bersepadu. Ini akan membantu guru memahami rasional di sebalik pendekatan ini dan kepentingannya berdasarkan data pencapaian semasa. Sesi dialog ini juga penting untuk membina hubungan antara pentadbir dan guru, serta sesama guru, menciptakan persekitaran yang menyokong dan memotivasi (Papagiannopoulou & Vaiopoulou, 2024). Guru perlu disediakan dengan bahan rujukan berkualiti dan peluang kolaborasi untuk mendalami ilmu tentang PBP STEM. Pembentukan komuniti pembelajaran profesional dapat membantu guru berkongsi pengetahuan dan pengalaman, serta belajar dari satu sama lain.

Pentadbir sekolah perlu mengatur sesi pembangunan profesional yang terstruktur dalam takwim sekolah, fokus pada metodologi PBP dan integrasi STEM. Latihan ini harus merangkumi aspek-aspek penting seperti menentukan isu dunia sebenar merentas kurikulum, menentukan skop standard kandungan dan prestasi, membina perancangan PBP STEM bersepadu, dan membina rubrik penilaian (Darling-Hammond et al., 2017). Program latihan hands-on dan bengkel praktikal harus diutamakan untuk memberi guru pengalaman langsung dalam merancang dan melaksanakan projek STEM bersepadu. Ini akan meningkatkan kepercayaan diri dan kesediaan guru dalam melaksanakan pendekatan ini (Nadelson et al., 2013).

Untuk membina sikap positif, guru perlu mendapat bimbingan dan sokongan berterusan. Ini boleh dilakukan melalui sesi bengkel berkala, pemerhatian di kelas, dan sesi refleksi kolaboratif. Mentoring oleh guru berpengalaman atau pakar dalam bidang PBP STEM bersepadu juga boleh membantu guru menangani cabaran dan tekanan (Margot & Kettler, 2019). Pentadbir sekolah perlu mewujudkan komuniti amalan dan pasukan perancangan kolaboratif di mana guru boleh bekerjasama dalam rekabentuk kurikulum, perancangan pengajaran, dan strategi penilaian. Ini akan memupuk budaya kerjasama dan sokongan rakan sekerja.

Kesediaan guru dalam melaksanakan Pembelajaran Berasaskan Projek (PBP) STEM bersepadu merupakan faktor kritikal dalam menjayakan transformasi pendidikan untuk memenuhi keperluan abad ke-21. Kajian ini telah mengenal pasti tiga isu utama yang mempengaruhi kesediaan guru: pengetahuan, kemahiran, dan sikap. Kekurangan pengetahuan guru dalam STEM bersepadu, kelemahan kemahiran dalam mengimplementasi PBP STEM, serta sikap dan keyakinan yang rendah merupakan cabaran-cabaran yang perlu ditangani secara holistik. Untuk mengatasi isu-isu ini, beberapa cadangan telah dikemukakan, termasuk menjadikan sekolah sebagai organisasi pembelajaran yang efektif, menyediakan latihan profesional yang terstruktur dan berterusan, serta membina komuniti amalan dan sistem sokongan yang kukuh. Pendekatan-pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan guru tentang PBP STEM bersepadu, mengembangkan kemahiran pedagogi yang diperlukan, dan membina sikap positif serta keyakinan diri dalam kalangan guru.

Akhir sekali, pihak sekolah harus mengiktiraf dan meraikan pencapaian guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu. Pengiktirafan ini bukan sahaja memotivasi guru yang berjaya, tetapi juga menjadi inspirasi kepada guru lain untuk melibatkan diri dalam PBP STEM. Dengan melaksanakan cadangan-cadangan ini secara sistematik dan berterusan, sekolah dapat meningkatkan kesediaan guru dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu dari segi pengetahuan, kemahiran, dan sikap. Ini seterusnya akan meningkatkan keberkesanan pelaksanaan PBP STEM bersepadu di sekolah menengah Malaysia.

5. Kesimpulan

Kesimpulannya, kejayaan pelaksanaan PBP STEM bersepadu di sekolah menengah Malaysia bergantung kepada usaha bersepadu dan berterusan dari pelbagai pihak, termasuk pentadbir sekolah, Pejabat Pendidikan Daerah, Jabatan Pendidikan Negeri, dan Kementerian Pendidikan Malaysia. Dengan meningkatkan kesediaan guru melalui peningkatan pengetahuan, pengembangan kemahiran, dan pembinaan sikap positif, kita dapat memastikan guru-guru kita bersedia untuk menghadapi cabaran dalam melaksanakan PBP STEM bersepadu. Usaha ini bukan sahaja akan meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran STEM, tetapi juga akan mempersiapkan pelajar kita dengan kemahiran yang diperlukan untuk menghadapi cabaran Revolusi Industri 4.0 dan seterusnya. Melalui pendekatan yang komprehensif dan bersepadu ini, kita dapat merealisasikan potensi transformatif PBP STEM bersepadu dalam sistem pendidikan Malaysia, seterusnya menyumbang kepada pembangunan modal insan yang berkualiti dan berdaya saing di peringkat global.

Penghargaan

Para penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada rakan penyelidik dan organisasi yang telah menyumbangkan harta intelek dan kepakaran mereka sepanjang pelaksanaan kajian ini.

Konflik Berkepentingan

Para penulis dengan ini mengisytiharkan bahawa tiada sebarang konflik berkepentingan yang wujud dalam penyelidikan ini.

Rujukan

- Abdullah, A. H., Hamzah, M. H., Hussin, R. H. S. R., Kohar, U. H. A., Abd Rahman, S. N. S., & Junaidi, J. (2017, December). Teachers' readiness in implementing science, technology, engineering and mathematics (STEM) education from the cognitive, affective and behavioural aspects. In *2017 IEEE 6th international conference on teaching, assessment, and learning for Engineering (TALE)* (pp. 6-12). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252295>.
- Adam, N. A., & Halim, L. (2019). Cabaran pengintegrasian pendidikan STEM dalam kurikulum Malaysia. *Seuntai Kata*, 252.
- Ali, M., & Tse, A. W. C. (2023). Research Trends and Issues of Engineering Design Process for STEM Education in K-12: A Bibliometric Analysis. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(3), 695-727.
- Bahagian Pembangunan Kurikulum. (2023). *Garis Panduan Pelaksanaan STEM dalam Pembelajaran dan Pemudahcaraan*. Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Barron, B. J., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L., & Bransford, J. D. (2014). Doing with understanding: Lessons from research on problem-and project-based learning. In *Learning through problem solving* (pp. 271-311). Psychology Press.
- Darling-Hammond, L., Flook, L., Cook-Harvey, C., Barron, B., & Osher, D. (2020). Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied developmental science*, 24(2), 97-140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>.
- English, L. D., & King, D. (2019). STEM integration in sixth grade: Designing and constructing paper bridges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 863-884. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9912-0>.
- English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM education*, 3, 1-8. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>.
- Foh, C. F., & Teong, S. K. (2022). STEM education in Malaysia: Policy, trajectories and initiatives. *Asian Journal of University Education*, 18(1), 106-116.
- Hata, N. F. M., & Mahmud, S. N. D. (2020). Kesediaan guru Sains dan Matematik dalam melaksanakan pendidikan STEM dari aspek pengetahuan, sikap dan pengalaman mengajar. *Akademika*, 90, 85-101.

- Hujjatusnaini, N., Corebima, A. D., Prawiro, S. R., & Gofur, A. (2022). The effect of blended project-based learning integrated with 21st-century skills on pre-service biology teachers' higher-order thinking skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(1), 104-118. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.27148>.
- Hamad, S., Tairab, H., Wardat, Y., Rabbani, L., AlArabi, K., Yousif, M., ... & Stoica, G. (2022). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM: Teacher perceptions and practice. *Sustainability*, 14(6), 3594. <https://doi.org/10.3390/su14063594>.
- Ibrahim, N., Mohamed, M., Seshaiyer, P., Mohd Rasid, N. S., Dalim, S. F., Mat Salleh, M. F., ... & Mohd Yusoff, M. M. (2024). Enhancing prospective educators' readiness through multidisciplinary collaboration in STEM education: An analysis of students enrolled in science and mathematics majors at a public university in Malaysia. *Asian Journal of University Education (AJUE)*, 20(2), 303-315.
- Kumar, S., & Sharma, S. K. (2024). How Industry 5.0 Ensures Total Quality Management in Organizations. In *Applications of New Technology in Operations and Supply Chain Management* (pp. 164-188). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1578-1.ch009>.
- Lyon, L. A., & Denner, J. (2019). Chutes and ladders: Institutional setbacks on the computer science community college transfer pathway. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 19(3), 1-16. <https://doi.org/10.1145/3294009>.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- McComas, W. F. (2014). STEM: Science, technology, engineering, and mathematics. In *The language of science education: An expanded glossary of key terms and concepts in science teaching and learning* (pp. 102-103). Rotterdam: SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_92.
- Murah, M. Z., & Abdullah, Z. (2012). An experience in transforming teaching and learning practices in technology entrepreneurship course. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 59, 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.261>.
- Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfister, J. (2013). Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional development for elementary teachers. *The Journal of Educational Research*, 106(2), 157-168. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.667014>.
- Papagiannopoulou, T., & Vaiopoulou, J. (2024). Teachers' Attitudes Towards STEM Education: Exploring the Role of Their Readiness via a Structural Equation Model. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 14(11), 2850-2864. <https://doi.org/10.3390/ejihpe14110187>.
- Pramesti, D., Probosari, R. M., & Indriyanti, N. Y. (2022). Effectiveness of project-based learning low carbon STEM and discovery learning to improve creative thinking skills. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 3(3), 444-456. <https://doi.org/10.46843/jiecr.v3i3.156>.
- Rahim, N. A., & Abdullah, A. H. (2017). Kesiapan guru matematik sekolah menengah dalam melaksanakan proses pembelajaran dan pengajaran abad ke-21. *isu-isu pendidikan kontemporari*, 567, 583.
- Ramli, A. A., Ibrahim, N. H., Surif, J., Bunyamin, M. A. H., Jamaluddin, R., & Abdullah, N. (2017). Teachers' readiness in teaching STEM education. *Man in India*, 97(13), 343-350.
- Sarwi, S., Baihaqi, M. A., & Ellianawati, E. (2021, June). Implementation of project-based learning based on STEM approach to improve students' problems solving abilities. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1918, No. 5, p. 052049). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/5/052049>.
- Shahali, E. H. M., Ismail, I., & Halim, L. (2017). STEM education in Malaysia: Policy, trajectories and initiatives. *Asian Research Policy*, 8(2), 122-133.
- Shin, N., Bowers, J., Krajcik, J., & Damelin, D. (2021). Promoting computational thinking through project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 3, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s43031-021-00033-y>.
- Siew, N. M., Amir, N., & Chong, C. L. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4, 1-20. <https://doi.org/10.1186/2193-1801-4-8>.
- Siong, W. W., & Osman, K. (2018). Pembelajaran berasaskan permainan dalam pendidikan STEM dan penguasaan kemahiran abad ke-21. *Politeknik & Kolej Komuniti Journal of Social Sciences and Humanities*, 3(1), 121-135.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 4. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>.

- Tamim, S. R., & Grant, M. M. (2013). Definitions and uses: Case study of teachers implementing project-based learning. *Interdisciplinary Journal of problem-based learning*, 7(2), 3. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1323>.
- Zakaria, Z., & Juhari, N. A. A. (2024). Malaysian science teachers' tech-infused instruction and assessment strategies. *Asian Journal of Research in Education and Social Sciences*, 6(1), 162-176.