

Pelaksanaan Pendidikan STEM: Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan, Sikap, Kemahiran Pedagogi dan Penilaian guru

(Implementation of STEM Education: Pedagogical Knowledge of Content, Attitudes and Pedagogical Skills of Teacher Assessment)

Ahmad Al Hilmi Bin Mohammad Salleh^{1*} , Lilia Binti Halim² 

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

Email: P113404@siswa.ukm.edu.my

²Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

Email: lilia@ukm.edu.my

ABSTRAK

CORRESPONDING

AUTHOR (*):

Ahmad Al Hilmi Bin
Mohammad Salleh
(P113404@siswa.ukm.edu.my)

KATA KUNCI:

Pengetahuan Pedagogi Isi
Kandungan
Sikap Guru
Kemahiran Pedagogi
Penilaian
Pendidikan STEM

KEYWORDS:

Content Pedagogy Knowledge
Teacher Attitude,
Pedagogical and Assessment
Skills
STEM Education

CITATION:

Ahmad Al Hilmi Mohammad Salleh & Lilia Binti Halim. (2023). Pelaksanaan Pendidikan STEM: Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan, Sikap, Kemahiran Pedagogi dan Penilaian guru. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 8(2), e002146.
<https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i2.2146>

Pengetahuan pedagogi isi kandungan (PPIK), sikap guru dan kemahiran pedagogi dan penilaian guru sains dalam proses pengajaran dan pemudahcaraan memainkan peranan yang signifikan dalam mempengaruhi pelaksanaan pendidikan Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM). Sehubungan itu, kajian ini dilakukan bertujuan untuk menentukan tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan guru sains sekolah menengah dalam melaksanakan pendidikan STEM. Selain itu, kajian juga ingin menentukan sikap guru, tahap kemahiran pedagogi dan penilaian dalam melaksanakan pendidikan STEM. Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif secara tinjauan melalui borang soal selidik yang melibatkan 31 orang guru sains sekolah menengah yang telah menghadiri program Pembelajaran Sains secara Inkuiri di Pusat STEM Negara melalui kaedah persampelan rawak mudah. Hasil dapatan menunjukkan bahawa tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan STEM berada pada tahap yang tinggi manakala sikap guru menunjukkan hasil yang positif. Di samping itu, tahap kemahiran pedagogi dan penilaian guru sains berada pada tinggi untuk memastikan proses pengajaran dan pemudahcaraan berjalan dengan baik. Implikasinya, latihan dalam perkhidmatan perguruan perlu dipertingkatkan agar dapat melaksanakan pendidikan STEM dengan jayanya memandangkan guru memainkan peranan yang signifikan dalam pembangunan PPIK. Selain itu, Pusat STEM perlu terus merancang lebih banyak intervensi dan strategi pemantauan yang berkaitan untuk para guru sains sekolah menengah. Setiap aktiviti dan program yang dirancang perlu sentiasa disemak dan ditambah baik untuk pemantapan dalam pendidikan STEM.

ABSTRACT

Content pedagogical knowledge (PCK), teacher attitudes and pedagogical skills and science teacher evaluations in the

teaching and facilitation process play a significant role in influencing the implementation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education. Accordingly, this study was conducted to determine the level of pedagogical knowledge of high school science teachers' content in implementing STEM education. In addition, the study also wants to determine the attitude of teachers and the level of pedagogical and assessment skills in implementing STEM education. This study uses a quantitative survey approach through a questionnaire involving 31 high school science teachers who have attended the Inquiry Science Learning program at the National STEM Center through a simple random sampling method. The results show that the level of pedagogical knowledge of STEM content is at a high level while the teacher's attitude shows positive results. In addition, the level of pedagogical skills and assessment of science teachers is high to ensure that the teaching and facilitation process runs well. The implication is that training in teaching services needs to be improved in order to be able to implement STEM education successfully considering that teachers play a significant role in the development of PPIK. In addition, the STEM Center should continue to plan more relevant interventions and monitoring strategies for high school science teachers. Each planned activity and program needs to be constantly reviewed and improved for strengthening in STEM education.

Sumbangan/Keaslian: Kajian ini menyumbang kepada literatur sedia ada berkaitan tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan dan sikap guru sains sekolah menengah. Impak dari kajian ini akan menyokong Pusat Stem Negara dan Kementerian Pendidikan Malaysia dalam usaha menambahbaikkan pengurusan dan pembangunan latihan profesional berkaitan kemahiran pedagogi dan penilaian guru sains sekolah menengah.

1. Pengenalan

Peranan guru STEM adalah penting dalam pelaksanaan pendidikan STEM kerana mereka merupakan tunjang utama dan penggerak dalam menggunakan teknik pengajaran yang sesuai untuk menyediakan persekitaran pembelajaran yang sesuai untuk pelajar (Kelley et al., 2020). Kajian lalu turut menunjukkan bahawa kurangnya minat pelajar terhadap bidang STEM berkait rapat dengan kualiti pengajaran dan pemudahcaraan STEM guru yang agak kurang memberikan impak (Akademi Sains Malaysia, 2018; Nur Fatahiyah & Siti Nur Diyana 2020). Hakikatnya, guru-guru sains yang menghadiri kursus atau bengkel pementapan profesionalisme kurang mengaplikasikan ilmu yang diterima selepas berkursus untuk diterjemahkan dalam amalan pengajaran dan pemudahcaraan dalam kelas masing-masing. Hal ini jelas apabila satu kajian lepas menunjukkan bahawa sebahagian guru mempraktikkan amalan pengajaran dan pemudahcaraan secara tradisional dan tiada kesedaran tentang amalan pengajaran yang berkesan (Darkis, 2020). Sementara itu, kajian lepas turut mendapati bahawa amalan pengajaran guru dipengaruhi oleh sikap guru itu sendiri (Park et al., 2016). Guru-guru sains yang telah hadir ke bengkel atau kursus berkaitan STEM telah mengalami sikap septikal akibat dari kecairan ilmu pengetahuan yang baharu diterima. Menurut Fullan (2001) serta Fullan dan Miles (1992)

menyatakan semakin lama tempoh seseorang guru itu mengajar semakin kurang penerimaan mereka terhadap perubahan. Dapatan kajian ini dapat memberikan solusi yang berharga kepada pentadbir sekolah dan juga Pusat STEM Negara dalam menentukan kelemahan guru dari segi pengetahuan pedagogi isi kandungan mereka tentang mata pelajaran STEM, sikap dan kemahiran pedagogi serta penilaian mereka dalam melaksanakan pendidikan STEM.

Kajian ini dapat membantu pentadbir sekolah dan Pusat STEM Negara untuk mereka bentuk modul dan inisiatif-inisiatif tertentu untuk peningkatan kemahiran pedagogi dan penilaian serta pengetahuan isi kandungan guru dalam mata pelajaran STEM. Melalui permerkasaan kemahiran dan pengetahuan pedagogi kandungan guru dalam mata pelajaran STEM dan sikap mereka akan membantu menggerakkan pendidikan STEM ke arah yang lebih positif.

1.1. Persoalan Kajian

- i. Apakah tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan guru sains dalam pendidikan STEM ?
- ii. Apakah tahap sikap guru sains sekolah menengah dalam pendidikan STEM ?
- iii. Apakah tahap kemahiran pedagogi dan penilaian guru sains sekolah menengah dalam pendidikan STEM ?

2. Sorotan Literatur

Kerajaan Malaysia telah menggubal Pelan Pembangunan Pendidikan 2013-2025 untuk menekankan pendidikan STEM di semua peringkat sekolah ([Fazurawati Che Lah, 2018](#)). Ini sebagai mengiktiraf kepentingan pendidikan STEM dalam memacu pertumbuhan ekonomi negara ([Omar Zin, 2022](#)). Pendidikan STEM ialah pendekatan bersepadu untuk pengajaran dan pembelajaran, di mana masalah atau isu dunia sebenar menjadi asas kepada kandungan dan kemahiran mata pelajaran yang berbeza ([Jusup & Sharif, 2021](#)).

2.1. Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan (PPIK)

Inisiatif memperkasa pendidikan STEM melibatkan guru. Dengan menyediakan program latihan semula secara berterusan melalui pembangunan profesional, bengkel, simposium, kolokium dan wacana, guru boleh meningkatkan kecekapan, pengetahuan, kemahiran, pendekatan pengajaran dan pemahaman kandungan untuk pelajar mereka ([Burrows et al., 2021](#); [Faikhamta et al., 2020](#); [Gardner et al., 2019](#); [Giamellaro & Siegel, 2018](#); [Guzey et al., 2016](#); [Ketelhut et al., 2020](#); [Lau & Multani, 2018](#); [Shernoff et al., 2017](#); [Vossen et al., 2019](#); [Yıldırım & Türk, 2018](#)). PPIK adalah kebolehan guru menggunakan pengetahuan subjek dengan cara yang boleh difahami oleh pelajar ([Aydin-Gunbatar et al., 2020](#)). Pengetahuan isi kandungan pula merupakan pengetahuan guru berkaitan mata pelajaran yang diajar dan bagaimana guru mengaplikasikannya semasa mengajar di dalam bilik darjah berdasarkan kurikulum ([Carter, 1990](#)). Secara khusus, PPIK ialah kompetensi guru yang memahami kandungan atau kandungan pengetahuan yang diajar kepada pelajar dan menepati spesifikasi kurikulum atau mengukur pelajaran ([Shulman, 1987](#); [Tengku Zawawi, 2005](#); [Nurul Huda, 2015](#); [Zarima, 2017](#); [Grossman et al. \(2005\)](#) seterusnya menyatakan bahawa untuk membantu pelajar memahami idea-idea penting dalam sesuatu mata pelajaran, guru mestilah mempunyai pengetahuan yang mendalam tentang idea-idea itu, termasuk bagaimana idea-idea tersebut dikaitkan dengan idea-idea lain dalam sesuatu disiplin. Ini disokong oleh beberapa kajian yang mendapati hubungan

positif antara pengetahuan kandungan guru dengan pencapaian pelajar (Abell et al., 2007; Darling Hammond, 2000).

2.2. Sikap Guru Sains

Katz (1960) menyatakan bahawa sikap merupakan sesuatu yang membentuk dalaman individu dan wujud daripada perasaan, kepercayaan atau pemikiran mereka. Sikap positif dalam diri seorang guru akan melahirkan kesanggupan untuk melakukan sesuatu tindakan yang baharu (Adibah & Malathy, 2010). Ini seterusnya akan menjadi suatu titik tolak yang signifikan demi pencapaian yang cemerlang dalam pengajaran dan pemudahcaraan di dalam kelas (Mohamed, Jasmi & Zailani 2016). Dalam konteks kajian ini, sikap guru dalam pendidikan STEM dinilai berpaksikan persepsi, keyakinan dan inisiatif guru semasa mengajar.

2.3. Kemahiran Pedagogi dan Penilaian

Kemahiran boleh dilihat sebagai kebolehan yang bersifat mental, fizikal, atau sosial, yang diperoleh hasil daripada latihan dan latihan yang berterusan dan berulang. Dalam konteks pendidikan STEM, guru tidak cukup sekadar mempunyai pengetahuan yang mendalam tentang kandungan atau mata pelajaran yang mereka ajar. Mereka juga perlu mempunyai kemahiran untuk memindahkan kandungan tersebut ke dalam bentuk yang mudah difahami, diterima, dan akan menarik minat pelajar untuk terlibat secara aktif dalam pembelajaran mereka (Wang et al., 2011). Ini merujuk kepada kemahiran pelaksanaan iaitu kemahiran pedagogi. Selain itu, kemahiran penilaian adalah penting untuk mengukur kebolehan pelajar bagi memastikan pendekatan pengajaran yang digunakan berkesan (Ostler, 2012).

2.4. Teori dan Model yang mendasari kajian

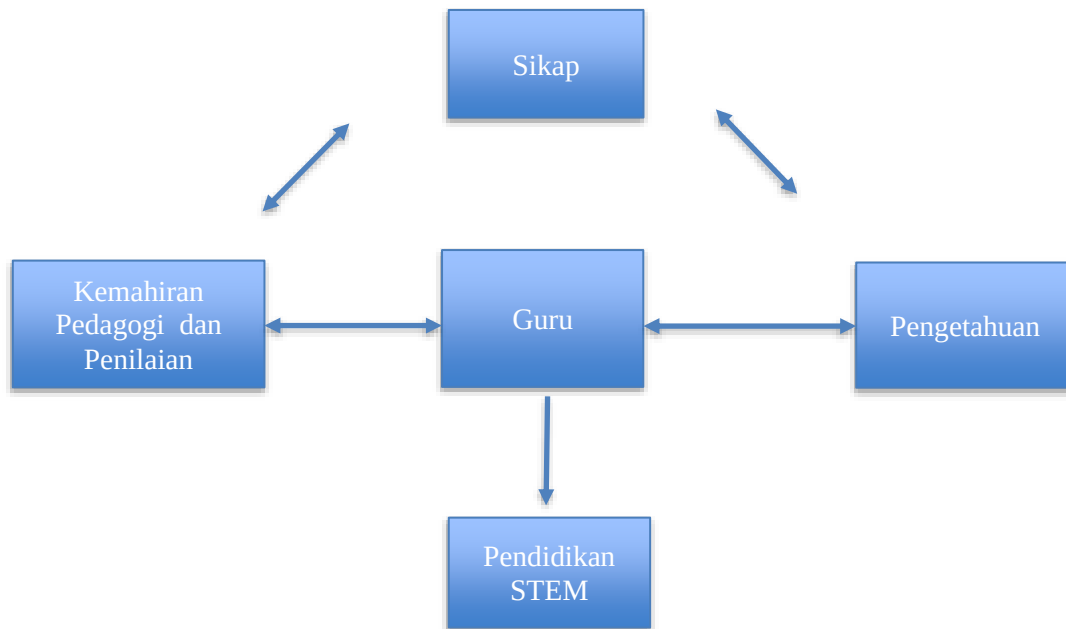
Teori Perubahan Pendidikan Fullan (2001) dan Model Proses Pendidikan Bryant (1974). Teori perubahan Fullan (2001) menekankan kepentingan kesiapsiagaan guru untuk melakukan anjakan paradigma yang baharu. Beliau berhujah bahawa anjakan peralihan ini berlaku dalam tempoh masa dan terdapat tiga fasa umum kepada proses perubahan iaitu permulaan, pelaksanaan dan penginstitutionan. Fullan (2001) berpendapat bahawa penglibatan guru adalah penting semasa fasa awal, kerana sikap mereka terhadap perubahan akan menentukan kejayaannya. Teori ini berpendapat bahawa terdapat pelbagai faktor yang memainkan peranan pada setiap peringkat proses perubahan, dan fungsi faktor ini penting dalam memastikan perubahan dapat diterima dan dilaksanakan dengan berkesan. Guru merupakan antara penyebab yang signifikan yang berperanan dalam proses perubahan dan sikap mereka adalah penting untuk kejayaan proses tersebut.

2.5. Kerangka Konseptual Kajian

Rajah 1 menunjukkan kerangka konseptual yang diubahsuai dari kajian Galih Albarra Shidiq (2020) menunjukkan hubungan pemboleh ubah yang terlibat dalam kajian ini. Model Bryant (1974) menjelaskan bahawa wujudnya tiga komponen utama yang mempengaruhi amalan pendidikan. Ianya merupakan faktor input, gerak kerja dalaman, dan sikap guru. Model ini telah diadaptasi oleh penyelidik untuk dikaitkan dengan pengetahuan, kemahiran pedagogi, dan sikap. Dalam konteks kajian ini, faktor input adalah pengetahuan guru, gerak kerja dalaman adalah aspek kemahiran pedagogi dan

penilaian serta sikap guru yang memberikan impak kepada pendidikan STEM. Model ini diperkukuhkan lagi dengan penjelasan [Hooser \(1998\)](#) bahawa terdapat tiga elemen penting dalam mempengaruhi keberkesanan sesuatu amalan iaitu pengetahuan, kemahiran, dan sikap. Ketiga-tiga elemen ini berkait rapat dan dipanggil "Segitiga Kejayaan".

Rajah 1 : Kerangka konseptual kajian



3. Metod Kajian

3.1. Rekabentuk Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif iaitu tinjauan. Menurut [Nik Azis \(2018\)](#), kaedah tinjauan ialah sistem pengumpulan data untuk responden menganalisis dan menguji hubungan antara pembolehubah yang berkaitan menggunakan analisis statistik. Oleh itu, pemilihan pendekatan kuantitatif dengan reka bentuk tinjauan adalah bersesuaian dengan penyelidikan yang dijalankan ([Creswell & Creswell, 2018](#)).

3.2. Populasi Kajian

Populasi kajian bagi kajian ini merupakan guru- guru sains sekolah menengah yang menyertai program Pembelajaran Sains Berasaskan Inkuiri. Populasi ini dipilih kerana kemungkinan guru-guru ini akan melaksanakan proses pengajaran dan pemudahcaraan mata pelajaran Sains . Saiz sampel bagi kajian ini ialah 31 orang, dipilih melalui teknik persampelan rawak mudah.

3.3. Instrumentasi Kajian

Instrumen kajian menggunakan borang soal selidik adalah sesuai untuk kajian kuantitatif dengan reka bentuk tinjauan kerana kepelbagaian, kecekapan, dan keupayaannya untuk menghasilkan keputusan yang boleh digeneralisasikan. Soal selidik telah dibangunkan berdasarkan penyelidikan terdahulu ([Shai'rah, 2015](#); [Ikhran, 2022](#); [Yildirim &](#)

Topalcengiz, 2019) dan termasuk beberapa instrumen yang telah ditambah baik agar sesuai dengan konteks kajian ini. Soal selidik menggunakan skala Likert lima mata, dengan jawapan daripada "Sangat Tidak Setuju" hingga "Sangat Setuju".

3.4. Kebolehpercayaan Instrumen Kajian

Hair et al. (2006) mendapati bahawa nilai alpha Cronbach adalah ukuran yang boleh dipercayai tentang bagaimana responden secara konsisten menjawab soalan dalam kajian. Kekuatan hubungan antara alpha Cronbach dan penunjuk boleh dilihat dalam [Jadual 1](#).

Jadual 1: Nilai *Alpha Cronbach* dan Penunjuk

Nilai	Petunjuk
< 0.6	Lemah
0.6 < 0.7	Sederhana
0.7 < 0.8	Baik
0.8 < 0.9	Sangat Baik
0.9	Terbaik

Sumber: [Hair et al. \(2006\)](#)

[Jadual 2](#) menunjukkan nilai alpha Cronbach bagi kesemua 63 item dalam kajian ini ialah 0.940, yang dianggap cemerlang mengikut piawaian yang ditetapkan oleh [Hair et al \(2006\)](#). Nilai ini membuktikan bahawa instrumen yang terlibat adalah sangat boleh dipercayai.

Jadual 2 : Nilai *alpha Cronbach* mengikut pecahan konstruk kajian

Konstruk	Alpha Cronbach	Bilangan item (n = 31)
Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan	0.967	35
Sikap Guru	0.950	11
Tahap Kemahiran Pedagogi & Penilaian	0.905	17
Keseluruhan	0.940	

Dalam kajian ini, pengkaji perlu mengambil kira aspek kesahan dan kebolehpercayaan untuk memastikan data yang dikutip merupakan data yang telus dan bermakna. Untuk melakukan ini, pengkaji perlu mengesahkan semula kesahihan instrumen yang digunakan setiap kali ia digunakan untuk tujuan baharu atau dalam situasi baharu. Dalam kajian ini, dua orang pakar pemegang Doktor Falsafah yang mempunyai kepakaran dalam pendidikan STEM dan lebih daripada 10 tahun pengalaman mengajar telah dilantik untuk mengkaji keselarian antara item dan kandungan. Oleh itu, kajian rintis telah dijalankan untuk menguji kebolehpercayaan dan kesahan instrumen. Kedua-dua pakar mendapati bahawa kesahan kandungan instrumen adalah baik secara keseluruhannya.

3.5. Tatacara Pengumpulan dan Analisis Data

Pengkaji terlebih dahulu mendapat kebenaran daripada Kementerian Pendidikan Malaysia untuk menjalankan penyelidikan program pembangunan profesional guru sains sekolah menengah. Seterusnya, pengkaji menerima senarai maklumat responden daripada pegawai Pusat STEM. Pengkaji menggunakan tiga kaedah untuk berkomunikasi dengan

responden iaitu e-mel, Whatsapp dan Telegram. Selepas responden menyatakan persetujuan mereka, soal selidik dalam bentuk Google Form telah diberikan untuk dijawab. Data yang diperolehi daripada soal selidik kemudiannya dipindahkan ke dalam aplikasi Microsoft Excel sebelum dianalisis menggunakan perisian SPSS versi 26. Analisis ini akan memberikan rumusan data menggunakan min, sisihan piawai, peratusan dan frekuensi.

4. Hasil Kajian

4.1. Demografi Responden

Data dalam [Jadual 3](#) menunjukkan bahawa terdapat tiga kali ganda jumlah guru perempuan daripada guru lelaki yang terlibat dalam kajian. Taburan umur responden menunjukkan bahawa mereka yang berumur 41 tahun ke atas merupakan sebahagian besar daripada jumlah saiz sampel. Bagi mata pelajaran utama yang diajar, terdapat pembahagian yang agak sekata kecuali Matematik. Dari segi tahap pendidikan tertinggi, sangat sedikit guru yang mempunyai ijazah Doktor Falsafah, manakala majoritinya mempunyai ijazah sarjana muda. Pengkaji juga mendapati peratusan guru di setiap lokasi adalah agak sama. Ramai guru sains telah menghadiri bengkel dan kursus STEM lebih daripada dua kali.

Jadual 3: Demografi Sampel Kajian

Taburan sampel mengikut kategori		Kekerapan	Peratusan
Jantina	Lelaki	6	19.4
	Perempuan	25	80.6
Umur	30-35 tahun	7	26
	36-40 tahun	6	19.4
	41-45 tahun	14	45.2
	46 ke atas	3	9.7
Mata pelajaran utama yang diajar	Biologi	4	12.9
	Fizik	10	32.3
	Kimia	5	16.1
	Matematik	1	3.22
	Sains	11	35.5
Tahap pendidikan tertinggi	Doktor	0	0
	Falsafah		
	Ijazah Sarjana	3	9.7
	Ijazah Sarjanamuda	28	90.3
Lokasi sekolah	Bandar	13	41.9
	Luar bandar	18	58.1
Kekerapan Seminar/Bengkel/Kursus STEM	Tidak pernah	4	12.9
	Satu kali	6	19.4
	Dua kali	5	16.1
	Lebih dari dua kali	16	51.6

4.2. Tahap pengetahuan pedagogi

Berdasarkan data dalam [Jadual 4](#), ternyata pengajaran berasaskan integrasi (item B1) merupakan strategi pengajaran yang paling berkesan, dengan 71% responden bersetuju atau sangat bersetuju. Kebolehan mengaplikasikan proses reka bentuk kejuruteraan dalam aktiviti pengajaran sains/matematik (item B3) adalah paling kurang berkesan iaitu hanya 32.3% responden bersetuju atau sangat bersetuju. Selain itu, item-item B2, B4 sehingga B10 adalah setara taburannya.

Jadual 4 : Pengetahuan Pedagogi

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Pengetahuan Pedagogi STEM					
B1	Pengajaran berasaskan pengintegrasian adalah strategi pengajaran yang menggabungkan pengetahuan, kemahiran dan nilai dari pelbagai disiplin.	0 (0)	1 (3.3)	1 (3.3)	22 (71)	7 (22.6)
B2	Saya berkebolehan untuk mereka bentuk aktiviti pengajaran yang menggabungkan isi kandungan/kemahiran dalam sains, matematik teknologi dan kejuruteraan	0 (0)	2 (2)	10 (32.3)	18 (58.1)	1 (3.3)
B3	Saya berkebolehan untuk mengaplikasikan proses rekabentuk kejuruteraan (engineering design) dalam aktiviti pengajaran sains/matematik	1 (3.3)	2 (6.6)	17 (54.8)	10 (32.3)	1 (3.3)
B4	Saya mempunyai kemahiran untuk mengintegrasikan teknologi/ICT dalam aktiviti pengajaran sains/matematik	0 (0)	2 (6.6)	10 (32.3)	15 (48.4)	4 (3.3)
B5	Saya berkebolehan untuk mengintegrasikan sains dengan matematik dalam aktiviti pengajaran	0 (0)	1 (3.3)	3 (9.6)	21 (67.7)	6 (19.4)
B6	Saya mempunyai kemahiran melaksanakan pengajaran berasaskan masalah (<i>problem-based learning</i>)	1 (3.3)	0 (0)	6 (19.4)	19 (61.3)	5 (16.1)
B7	Saya mempunyai kemahiran melaksanakan pengajaran berasaskan inkuiri (<i>inquiry learning</i>)	1 (3.3)	0 (0)	6 (19.4)	19 (61.3)	5 (16.1)
B8	Saya mempunyai kemahiran dalam melaksanakan aktiviti pengajaran berasaskan projek (<i>project based learning</i>)	0 (0)	1 (3.3)	6 (19.4)	21 (67.7)	3 (9.6)
B9	Saya berkebolehan untuk melaksanakan pembelajaran berkumpulan/kolaboratif (<i>collaborative learning</i>)	0 (0)	1 (3.3)	4 (12.9)	23 (74.2)	3 (9.6)
B10	Saya mempunyai pengetahuan yang luas terhadap kerjaya berkaitan sains, teknologi, kejuruteraan dan matematik	1 (3.3)	0 (0)	10 (32.3)	17 (54.8)	3 (9.6)
Min keseluruhan		3.78				

4.3. Tahap pengetahuan isi kandungan sains

Jadual 5 menunjukkan item B12 (mengikuti perkembangan sains) dan B14 (mampu mengajar konsep sains) mempunyai tahap persetujuan tertinggi dalam kalangan responden (29%), manakala item B16 (mempunyai pengetahuan untuk membimbing pelajar dalam pengajian sains lanjutan) mempunyai tahap ketidaksetujuan tertinggi (29%). Item B11, B13, B15, dan B17 diagihkan sama rata.

Jadual 5 :Pengetahuan Isi Kandungan Sains

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Pengetahuan isi kandungan sains					
B11	Saya mempunyai pengalaman yang meluas untuk mengajar sains	0 (0)	1 (3.3)	4 (12.9)	18 (58.1)	8 (25.8)
B12	Saya mengikuti perkembangan semasa dalam bidang sains	0 (0)	0 (0)	5 (16.11)	17 (54.8)	9 (29.0)
B13	Saya boleh melibatkan pelajar dalam kandungan mata pelajaran dengan bertanyakan soalan tentang sains.	0 (0)	0 (0)	5 (16.11)	21 (67.7)	5 (16.11)
B14	Saya boleh mengajar konsep-konsep dalam sains	0 (0)	0 (0)	4 (12.9)	18 (58.1)	9 (29.0)
B15	Saya percaya bahawa saya akan dapat mengajar sains dengan lebih berkesan.	0 (0)	0 (0)	4 (12.9)	23 (74.2)	4 (12.9)
B16	Saya mempunyai pengetahuan dalam membimbing murid dalam berkaitan kajian lanjutan mengenai sains	0 (0)	1 (3.3)	9 (29.0)	17 (54.8)	4 (12.9)
B17	Saya tahu membimbing murid menggunakan hukum-hukum sains	0 (0)	1 (3.3)	5 (16.11)	20 (64.5)	5 (16.11)
	Min keseluruhan 4.01					

4.4. Tahap pengetahuan isi kandungan teknologi

Berdasarkan Jadual 6 jelas menunjukkan hasil kajian juga menunjukkan bahawa responden paling bersetuju dengan tahap pengetahuan kandungan teknologi B21 (54.8%), manakala 16.11% responden tidak bersetuju dengan item B18 dan B23 tentang pengalaman responden mengajar teknologi dan kebolehan menghubungkan pelbagai disiplin dengan teknologi. Tambahan pula, item B17, B19-B22 diagihkan sama rata.

Jadual 6 :Pengetahuan Isi Kandungan Teknologi

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Pengetahuan isi kandungan teknologi					
B18	Saya mempunyai pengalaman yang meluas untuk mengajar teknologi	0 (0)	5 (16.1)	16 (51.6)	9 (29.0)	1 (3.3)

B19	Saya tahu menggunakan peralatan teknologi di bilik darjah.	0 (0)	2 (6.5)	11 (35.5)	13 (41.9)	3 (9.7)
B20	Saya dapat mengintegrasikan teknologi ke dalam pelbagai kursus dan pelajaran, berdasarkan pengetahuan sedia ada saya.	1 (3.3)	2 (6.5)	15 (48.4)	12 (38.7)	1 (3.3)
B21	Saya mengikuti perkembangan semasa dalam teknologi.	0 (0)	4 (12.9)	8 (25.8)	17 (54.8)	2 (6.5)
B22	Saya tahu mencari penyelesaian baharu dan berbeza untuk masalah teknologi.	0 (0)	4 (12.9)	13 (41.9)	12 (38.7)	2 (6.5)
B23	Saya tahu menghubungkan pelbagai disiplin dengan teknologi.	0 (0)	5 (16.1)	14 (45.2)	11 (35.5)	1 (3.3)

Min keseluruhan 3.44

4.5. Tahap pengetahuan isi kandungan kejuruteraan

Dapatan kajian menunjukkan [Jadual 7](#), dari perspektif pengetahuan kejuruteraan, item B27 (saya berpendapat teknologi adalah bidang kejuruteraan berada pada skala persetujuan tertinggi) adalah yang paling dipersetujui, iaitu 61.3%. Perkara B26 (saya mengikuti perkembangan semasa dalam bidang kejuruteraan) adalah yang paling tidak dipersetujui, iaitu 48.4%. Item B24, B25, B28 dan B29 adalah setara dari segi pengagihan.

Jadual 7 :Pengetahuan Isi Kandungan Kejuruteraan

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Pengetahuan isi kandungan kejuruteraan					
B24	Saya tahu bahawa kejuruteraan adalah berasaskan sains dan matematik.	0 (0)	0 (0)	6 (19.4)	18 (58.1)	7 (22.6)
B25	Saya mempunyai pengetahuan dalam membimbing murid berkaitan konsep kejuruteraan.	0 (0)	3 (9.7)	13 (41.9)	14 (45.2)	1 (3.3)
B26	Saya mengikuti perkembangan semasa dalam bidang kejuruteraan.	0 (0)	3 (9.7)	15 (48.4)	12 (38.7)	1 (3.3)
B27	Saya berpendapat bahawa teknologi adalah bidang aplikasi kejuruteraan.	0 (0)	0 (0)	10 (32.3)	19 (61.3)	2 (6.5)
B28	Saya tahu kaitkan aktiviti kejuruteraan dengan kehidupan seharian.	0 (0)	2 (6.5)	9 (29.0)	18 (58.1)	2 (6.5)
B29	Saya tahu menggabungkan pengajaran dengan pendidikan kejuruteraan	0 (0)	3 (9.7)	12 (38.7)	15 (48.4)	1 (3.3)
	Min keseluruhan 3.73					

4.6. Tahap pengetahuan isi kandungan matematik

Dari segi tahap pengetahuan kandungan matematik, [Jadual 8](#) menunjukkan 54.8% responden bersetuju bahawa mereka mempunyai pengetahuan untuk mengintegrasikan matematik dan sains manakala 45.2% responden tidak bersetuju. Selain itu, item B31, B32, B33 dan B35 diagihkan secara sama.

Jadual 8 : Pengetahuan Isi Kandungan Matematik

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Pengetahuan isi kandungan kejuruteraan					
B30	Saya mempunyai pengetahuan kandungan matematik yang meluas	1 (3.2)	2 (6.5)	14 (45.2)	13 (41.9)	1 (3.3)
B31	Saya percaya bahawa saya boleh mengajar konsep matematik dengan berkesan	1 (3.3)	3 (9.7)	12 (38.7)	14 (45.2)	1 (3.3)
B32	Saya tahu kaedah membimbing murid menggunakan konsep matematik	1 (3.3)	3 (6.5)	11 (9.7)	15 (48.4)	1 (3.3)
B33	Saya memiliki kemahiran yang diperlukan untuk mengajar matematik	2 (6.5)	3 (9.7)	11 (35.5)	14 (45.2)	1 (3.3)
B34	Saya mempunyai pengetahuan untuk mengintegrasikan matematik dan sains dalam sesuatu pengajaran	2 (6.5)	3 (9.7)	8 (25.8)	17 (54.8)	1 (3.3)
B35	Saya mengikuti perkembangan dalam matematik	2 (6.5)	3 (9.7)	13 (41.9)	12 (38.7)	1 (3.3)
Min keseluruhan 3.39						

4.7 Sikap Guru dalam pendidikan STEM

Sikap guru dalam konteks ini merangkumi beberapa perspektif iaitu persepsi guru (C1-C4), keyakinan guru (C5-C8), dan inisiatif guru (C9-C11). Berdasarkan [Jadual 9](#), hasil kajian menunjukkan bahawa, dari segi persepsi guru terhadap pendidikan STEM, persetujuan tertinggi adalah untuk item C3 (pendidikan STEM menggalakkan penyertaan aktif pelajar di dalam kelas) iaitu 58.3%. Untuk keyakinan guru, taburan item adalah sekata bagi C5 hingga C7. Bagi inisiatif guru terhadap pendidikan STEM, persetujuan tertinggi adalah untuk item C11 (bersedia menghadiri mana-mana bengkel untuk meningkatkan pengetahuan dan kemahiran berkaitan pendidikan STEM) sebanyak 29%.

Jadual 9 :Sikap Guru dalam Pendidikan STEM

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Persepsi					
C1	Pendidikan STEM direka untuk memenuhi keperluan pelajar pada abad ke-21	2 (6.5)	3 (9.7)	13 (41.9)	12 (38.7)	1 (3.3)
C2	Pendidikan STEM boleh membantu pelajar berjaya dalam bidang STEM	0 (0)	1 (3.3)	3 (9.7)	18 (58.1)	9 (29.0)
C3	Pendidikan STEM menggalakkan penyertaan aktif pelajar di dalam kelas	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	18 (58.1)	10 (32.3)
C4	Pendidikan STEM direka untuk membantu pelajar memahami dengan lebih baik dan menggunakan perkara yang mereka pelajari di dalam bilik darjah kepada situasi dunia sebenar.	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	17 (54.8)	11 (35.7)
	Keyakinan					
C5	Saya yakin pendidikan STEM membantu pelajar mengembangkan kemahiran berfikir kreatif.	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	17 (54.8)	11 (35.7)
C6	Saya yakin pendidikan STEM mampu melonjakkan mutu pembelajaran yang dialami pelajar	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	17 (54.8)	11 (35.7)
C7	Pelaksanaan pendidikan STEM diyakini dapat meningkatkan kecenderungan pelajar kepada bidang kerjaya berkaitan STEM	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	17 (54.8)	11 (35.7)
	Inisiatif guru					
C8	Perbincangan sentiasa dilaksanakan bersama guru lain demi mengurangkan kesilapan dalam proses pengajaran dan pemudahcaraan subjek STEM.	0 (0)	1 (3.3)	6 (19.4)	18 (58.1)	6 (19.4)
C9	Inovasi dalam proses pengajaran dan pemudahcaraan mata pelajaran berkaitan STEM sentiasa dilaksanakan berdasarkan keperluan isi kandungan subjek	0 (0)	1 (3.3)	6 (19.4)	18 (58.1)	6 (19.4)
C10	Saya bersedia untuk berkolaborasi dengan guru mata pelajaran STEM yang lain bagi menjayakan pelaksanaan pendidikan STEM	0 (0)	0 (0)	4 (12.9)	22 (71.0)	5 (16.1)
C11	Saya bersedia mengikuti sebarang bengkel / kursus yang dianjurkan bagi meningkatkan pengetahuan dan kemahiran berkaitan pendidikan STEM	0 (0)	0 (0)	3 (9.7)	19 (61.3)	9 (29.0)
	Min keseluruhan 4.23					

4.8. Kemahiran Pedagogi dan Penilaian

Merujuk [Jadual 10](#), kajian mendapati item D4, berkaitan dengan menggalakkan pelajar menggunakan kalkulator, komputer atau alatan teknologi lain yang sesuai, sangat dipersetujui oleh 35.5% responden. Selain itu, 74.2% responden bersetuju dengan item D15 iaitu menilai pelajar dengan mengambil kira aspek kemahiran bekerja dalam kumpulan. Namun skala ketidaksetujuan tertinggi didapati bagi item D1 iaitu bermula dengan pemberian tugas kepada pelajar dalam bentuk projek iaitu sebanyak 54.8% responden tidak bersetuju.

Jadual 10 :Tahap Kemahiran Pedagogi dan Penilaian

Bil	Item	Kekerapan dan Skala Peratusan (%)				
		STS	TS	KS	SS	SS
	Persepsi					
D1	Memulakan dengan memberi tugas kepada pelajar dalam bentuk projek.	0 (0)	5 (16.1)	17 (54.8)	8 (25.8)	1 (3.3)
D2	Mengarahkan pelajar supaya bekerja secara berpasangan atau dalam kumpulan yang kecil.	0 (0)	1 (3.3)	6 (19.4)	18 (58.1)	6 (19.4)
D3	Menggalakkan pelajar untuk berbincang tentang tugas yang diberikan.	0 (0)	0 (0)	5 (16.1)	18 (58.1)	8 (25.8)
D4	Menggalakkan pelajar menggunakan kalkulator, komputer atau alatan teknologi lain yang bersesuaian.	0 (0)	0 (0)	2 (6.5)	18 (58.1)	11 (35.5)
D5	Menyediakan kesempatan kepada pelajar untuk membuat keputusan bagi masalah yang mungkin tidak ada kaedah penyelesaian yang jelas.	0 (0)	0 (0)	6 (19.4)	20 (64.5)	5 (16.1)
D6	Membuka ruang untuk pelajar memberikan penerangan tentang penyelesaian permasalahan yang kompleks.	0 (0)	0 (0)	5 (16.1)	21 (67.7)	5 (16.1)
D7	Melibatkan pelajar secara aktif dengan bertanyakan soalan dari pelbagai aras pemikiran.	0 (0)	0 (0)	5 (16.1)	19 (61.3)	7 (22.6)
D8	Menerangkan tentang kursus dan kemahiran yang diperlukan oleh pelajar mengenai kerjaya berkaitan dengan STEM	0 (0)	0 (0)	8 (25.8)	19 (61.3)	4 (12.9)
D9	Merancang lawatan sambil belajar yang memberi pendedahan kepada pelajar berkaitan dengan STEM.	3 (9.7)	5 (16.1)	12 (38.7)	9 (29.0)	2 (6.5)

D10	Menggunakan contoh aplikasi teknologi dan kejuruteraan yang bersesuaian dengan topik pengajaran	1 (3.3)	2 (6.5)	13 (41.9)	12 (38.7)	3 (9.7)
D11	Berkolaborasi dengan guru-guru mata pelajaran yang lain bagi menjayakan sesi pengajaran dan pemudahcaraan STEM	1 (3.3)	3 (9.7)	8 (25.8)	18 (58.1)	3 (9.7)
D12	Membuat penilaian berdasarkan kebolehan pelajar menyelesaikan masalah.	0 (0)	2 (6.5)	8 (25.8)	18 (58.1)	3 (9.7)
D13	Membuat penilaian berdasarkan kemahiran pelajar menguruskan projek.	0 (0)	2 (6.5)	9 (29.0)	18 (58.1)	2 (6.5)
D14	Membuat penilaian dengan mengambil kira tahap pemikiran pelajar.	0 (0)	1 (3.3)	7 (22.6)	21 (67.7)	2 (6.5)
D15	Menilai pelajar dengan mengambil kira aspek kemahiran bekerja dalam kumpulan.	0 (0)	1 (3.3)	6 (19.4)	23 (74.2)	1 (3.3)
D16	Membuat penilaian berdasarkan kemahiran pelajar menggunakan beberapa jenis sumber dapatan dan juga daripada pelbagai jenis teknologi.	0 (0)	1 (3.3)	9 (29.0)	20 (64.5)	1 (3.3)
D17	Membuat penilaian secara berterusan sepanjang proses pembelajaran berlangsung.	0 (0)	1 (3.3)	4 (12.9)	21 (67.7)	5 (16.1)

Min keseluruhan 3.80

5. Perbincangan Kajian

Tujuan kajian ini adalah bagi menentukan tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan, sikap guru dan kemahiran pedagogi serta penilaian guru sains dalam pendidikan STEM. Hasil kajian ini akan memberikan pandangan yang berharga tentang elemen terpenting dalam proses pembelajaran STEM. Maklumat ini berguna untuk pihak berkepentingan seperti agensi kerajaan dan institusi pendidikan untuk meningkatkan kualiti pendidikan STEM di Malaysia.

5.1. Tahap Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan

Tahap pengetahuan pedagogi dalam kalangan guru mata pelajaran STEM secara amnya adalah tinggi. Ini menunjukkan bahawa guru yakin dalam menjalankan pelbagai pendekatan pedagogi, seperti pembelajaran berasaskan masalah, pembelajaran berasaskan inkuiri, pembelajaran berasaskan projek, dan pembelajaran kolaboratif. Dapatan ini berbeza dengan kajian lepas oleh [Shai'rah \(2015\)](#) yang mendapati tahap pengetahuan pedagogi STEM adalah rendah. Kemungkinan perbezaannya adalah disebabkan guru dalam kajian ini telah menghadiri program untuk meningkatkan kemahiran profesional mereka dalam pengajaran dan pemudahcaraan STEM. Analisis dapatan mencatatkan nilai min 4.01 iaitu pada tahap tinggi. Ini menunjukkan bahawa guru mempunyai pengetahuan yang mencukupi dan kecekapan yang tinggi untuk

menyampaikan ilmu kepada pelajar. Selain itu, pengetahuan kandungan teknologi pula, hasil kajian menunjukkan nilai min 3.44 iaitu pada tahap sederhana. Ini selaras dengan penemuan [Joshua \(2020\)](#), yang mendapati guru mempunyai kompetensi pengetahuan yang rendah untuk menggunakan teknologi secara berkesan dalam proses pengajaran dan pembelajaran Sains. Sementara itu, kajian ini juga mendapati min 3.73 bagi tahap kandungan kejuruteraan berada pada tahap tinggi. Ini jelas menunjukkan guru mampu menyuntik elemen kejuruteraan dalam penyampaian mereka di dalam bilik darjah, yang selari dengan kajian [Jayarajah et al. \(2014\)](#). Mereka mendapati apabila elemen kejuruteraan digunakan dalam pengajaran, ia dapat meningkatkan minat pelajar terhadap sains. Ini kerana kejuruteraan menyediakan cara untuk pelajar melihat bagaimana sains relevan dengan kehidupan seharian mereka. Selain itu, dapatan kajian ini juga mendapati min 3.39 bagi tahap kandungan matematik iaitu pada tahap sederhana. Keadaan ini berlaku apabila guru tidak mempunyai kecenderungan yang jelas untuk mengajar kandungan matematik di dalam bilik darjah. Pengetahuan guru tentang kandungan Matematik mempengaruhi amalan pengajaran mereka [Sally \(2016\)](#).

5.2. Sikap Guru Dalam Pendidikan Stem

Kajian ini mendapati sikap guru terhadap pendidikan STEM adalah positif iaitu dengan nilai min 4.23. Ini menunjukkan bahawa guru yakin dan bersedia untuk melaksanakan pendidikan STEM di dalam bilik darjah mereka. Kajian ini selari dengan kajian [Nor Azlina \(2015\)](#) yang mendapati guru sains dan matematik bersedia untuk mengajar menggunakan pendekatan STEM. Walaupun tidak semua sekolah mempunyai sumber yang diperlukan untuk pendidikan STEM, guru masih bermotivasi untuk menyediakan pendidikan terbaik untuk pelajar mereka. Teori Perubahan Pendidikan [Fullan \(2001\)](#) mencadangkan bahawa sikap guru memainkan peranan dalam kesediaan mereka untuk menerima dan melaksanakan perubahan pendidikan. Ini bermakna jika guru merasakan bahawa syarat-syaratnya betul dan keperluan mereka dipenuhi, mereka akan lebih cenderung untuk menerima perubahan dan cuba melaksanakannya dengan cara yang terbaik.

5.3. Tahap Kemahiran Pedagogi Dan Penilaian

Kajian mendapati nilai min keseluruhan bagi aspek ini ialah 3.80 yang dianggap sebagai tinggi. Walau bagaimanapun, hanya mempunyai pengetahuan yang mendalam tentang kandungan atau mata pelajaran yang diajar tidak mencukupi untuk pendidik STEM. Mereka juga perlu mempunyai kemahiran untuk memindahkan kandungan ke dalam bentuk yang mudah difahami, diterima dan menarik minat pelajar. Kenyataan ini disokong oleh [Shulman \(1987\)](#), yang percaya bahawa guru yang kurang pengetahuan dan kemahiran tentang kaedah pengajaran yang berkesan adalah tidak lengkap. Oleh itu, adalah penting bagi guru untuk menekankan aspek kemahiran pedagogi dan penilaian yang berkesan berdasarkan ciri-ciri pendidikan STEM. Penilaian pembelajaran hendaklah berdasarkan maklumat yang dikumpul tentang apa yang pelajar tahu dan mampu lakukan sepanjang proses pembelajaran ([Ostler, 2012](#)).

6. Kesimpulan

Kajian ini menunjukkan tahap PPIK guru sains sekolah menengah yang mengikuti program di Pusat STEM Negara adalah cemerlang. Ini bermakna guru-guru ini mempunyai tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan, sikap dan kemahiran pedagogi serta penilaian yang baik yang akan memberi kesan positif kepada pengajaran. Selain itu, kajian ini memberi implikasi bahawa latihan perguruan perlu dipertingkatkan agar dapat

melaksanakan pendidikan integrasi STEM dengan jayanya. Apabila guru memperoleh pengetahuan dan kemahiran dalam sesuatu topik baharu secara optimum, PPIK mereka dalam topik tersebut akan meningkat. Kajian ini terhad kepada guru sekolah menengah yang menghadiri bengkel Pembelajaran Sains Berasaskan Inkuiri di Pusat STEM. Oleh itu, hasil kajian ini tidak dapat diperluaskan kepada semua warga pendidik atau guru di seluruh Malaysia. Kajian ini memberi cadangan kepada kajian lanjutan untuk menilai tahap pengetahuan pedagogi isi kandungan, sikap dan kemahiran pedagogi serta penilaian guru melalui pemerhatian secara langsung di sekolah agar dapat melaksanakan pendidikan STEM dengan lebih berkesan. Kajian lain juga boleh memberi tumpuan kepada pemantauan guru sains sekolah menengah yang telah mengikuti kursus dalam Program Pengajaran Sains Inkuiri oleh Pusat STEM Negara.

Kelulusan Etika dan Persetujuan untuk Menyertai Kajian (*Ethics Approval and Consent to Participate*)

Para penyelidik menggunakan garis panduan etika penyelidikan yang disediakan oleh Jawatankuasa Etika Penyelidikan Universiti Kebangsaan Malaysia (RECUKM). Semua prosedur yang dilakukan dalam kajian ini yang melibatkan subjek manusia telah dijalankan mengikut piawaian etika jawatankuasa penyelidikan institusi. Kebenaran dan persetujuan mengikuti kajian turut diperoleh daripada semua peserta kajian.

Penghargaan (*Acknowledgement*)

Jutaan terima kasih kepada penyelia saya, Prof Dr Lilia Halim atas bimbingan dan sokongan yang tidak berbelah bagi kepada kajian saya. Sekalung penghargaan kepada pegawai Pusat STEM Negara dan responden-responden yang telah terlibat secara langsung memberikan kerjasama dalam kajian ini.

Kewangan (*Funding*)

Kajian dan penerbitan ini tidak menerima sebarang tajaan atau bantuan kewangan

Konflik Kepentingan (*Conflict of Interest*)

Penulis melaporkan tiada sebarang konflik kepentingan berkenaan penyelidikan, pengarang atau penerbitan kajian ini.

Rujukan

- Abell, S. K., Lannin, J. K., Marra, R. M., Ehlert, M. W., Cole, J. S., Lee, M. H., Roger, M. A. P. & Wang, C. Y. (2007). Multi-site evaluation of science and mathematics teacher professional development programs: The project profile approach. *Studies in Educational Evaluation*, 33(2), 135-158
- Adibah Abdul Latif dan Malathy A/P Kuberan. (2010). *Kesediaan bakal guru siswazah yang mengikuti program khas pensiswazahan guru untuk mengajar mata pelajaran lukisan kejuruteraan*. Satu kajian kes. Unpublished: 1-7.
- Akademi Sains Malaysia. (2018). *Science Outlook: Converging towards progressive Malaysia 2050*. Version 2. Kuala Lumpur: Akademi Sains Malaysia

- Aydin-Gunbatar, S., Ekiz-Kiran, B., & Oztay, E. S. (2020). Pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge for integrated STEM development with LESMeR model. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1063-1082. <https://doi.org/10.1039/D0RP00074D>
- Bryant, E.C. (1974). *Associations between Educational Outcomes and Background Variables (Monograph)*. Denver, CO: National Assessment of Educational Progress.
- Burrows, A. C., Borowczak, M., Myers, A., Schwartz, A. C., & McKim, C. (2021). Integrated STEM for teacher professional learning and development: "I need time for practice". *Education Sciences*, 11(1), 1-23. <https://doi.org/10.3390/educsci11010021>
- Carter, K. (1990). *Teachers' knowledge and learning to teach*. Handbook of Research on Teacher Education. New York: Macmillan.
- Creswell, J.W & Creswell, J.D (2018). *Research Design : Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Approaches*. Edisi ke- 5 . United States of America : SAGE publication
- Darkis, J.M. (2020). Views and challenges in teaching mathematics of elementary teachers in rural and Urban school districts. *Journal of Critical Reviews*, 7(4), 107-112
- Darling-Hammond, L. (2000). Teacher quality and student achievement. *Education Policy Analysis Archives*, 8(1).
- Faikhanta, C., Lertdechapat, K., & Prasoblarb, T. (2020). The impact of a PCK-based professional development program on science teachers' ability to teaching STEM. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia*, 43, 1-22.
- Fazurawati Che Lah. (2018). Pendidikan STEM. <https://www.hmetro.com.my/bestari/2018/10/384491/pendidikan-stem>
- Fullan, M. (2001). *The New Meaning of Educational Change*. Edisi ketiga. London: Roulledge Falmer.
- Fullan, M.G. & Miles, M.B. (1992). Getting reform right: what works and what doesn't. *Phi Delta Kappan*, 73, 745-752.
- Galih Albarra Shidiq, (2020). Exploring the relationship of teachers' attitudes, perceptions, and knowledge towards integrated STEM, *Elementary Education Online*, 19(4), 2514-2531
- Gardner, K., Glassmeyer, D. M., & Worthy, R. (2019). Impacts of STEM professional development on teachers' knowledge, self-efficacy, and practice. *Frontiers in Education*, 4(26), 1-10. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00026>
- Giamellaro, M., & Siegel, D. R. (2018). Coaching teachers to implement innovations in STEM. *Teaching and Teacher Education*, 76, 1-38
- Grossman, P, Schoenfeld, A. & Lee, C. (2005). *Teaching subject matter. Preparing Teachers for a Changing World: What Teachers Should Learn and be Able To Do*. Wiley
- Guzey, S. S., Moore, T. J., & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 6(1), 11-29. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. & Anderson, R.E. (2010). *Multivariate Data Analysis. Ed. ke-7*. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education Inc.
- Hooser, P.V. (1998). *Triangle of Success*. Van Hooser Association, Ocala, Florida, USA.
- Jayarajah, K., Saat, R. M., Amnah, R. & Rauf, A. (2014). A Review of Science, Technology, Engineering & Mathematics (STEM) Education Research from 1999 – 2013 : A Malaysian Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(3), 155–163.
- Joshua, C. (2020). Ke Arah Keberkesanan Penggunaan Teknologi Dalam Pengajaran dan Pembelajaran Sains: Peranan Guru Sebagai Penguasa Pengetahuan. *Researchgate*. https://www.researchgate.net/publication/339616934_Ke_Arah_Keberkesanan_P

enggunaan_Teknologi_Dalam_Pengajaran_dan_Pembelajaran_Sains_Peranan_Guru_Sebagai_Penguasa_Pengetahuan

- Jusup, Y; & Sharif, S. (2021) "Kajian Analisis Keperluan: Pembangunan Modul Pembelajaran Literasi Tenaga Pengintegrasian STEM Sekolah Rendah", *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(8), 325 - 338. doi: 10.47405/mjssh.v6i8.934.
- Katz, D. (1960). The functional approach to the study of attitudes. *Public Opinion Quarterly*, 24(2), 163-204
- Kelley, T. R., Knowles, J. G., Holland, J. D., & Han, J. (2020). Increasing high school teachers' self-efficacy for integrated STEM instruction through a collaborative community of practice. *International Journal of STEM Education*, 7(14), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00211-w>
- Ketelhut, D. J., Mills, K., Hestness, E., Cabrera, L., Plane, J., & McGinnis, J. R. (2020). Teacher change following a professional development experience in integrating computational thinking into elementary science. *Journal of Science Education and Technology*, 29(1), 174-188. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09798-4>
- Lau, M., & Multani, S. (2018). Engineering STEM teacher learning: Using a museum-based field experience to foster STEM teachers' pedagogical content knowledge for engineering. In S. M. Uzzo, S. B. Graves, E. Shay, M. Harford, R. Thompson (Eds), *Pedagogical Content Knowledge in STEM* (pp. 195-213). Springer, Cham.
- Mohamed, S., Jasmi, K. A., dan Zailaini, M. A. (2016). Akhlak guru dalam pengajaran dan pembelajaran pendidikan Islam. *Akademika*, 86(2), 34-45
- Ikhrum, M. (2022). *Pengetahuan Pedagogi Isi Kandungan dan Efikasi Kendiri Guru Matematik Sekolah Rendah Dalam Pendidikan Matematik*. Tesis Sarjana. Universiti Kebangsaan Malaysia
- Nik Aziz Nik Pa. (2008). Pembangunan pendidikan di Malaysia: cabaran dan harapan. Dlm. Nik Aziz Nik Pa & Noraini Idris (pnyt.). *Perjuangan Memperkasakan Pendidikan di Malaysia. Pengalaman 50 Tahun Merdeka*, hlm. 3-32. Kuala Lumpur: Utusan Publications & Distributors Sdn. Bhd.
- Nor Azlina Ahmad. (2015). *Kesediaan Guru Dalam Pendidikan Integrasi Science, Engineering, Technology and Mathematics (STEM)*. Thesis, Universiti Sains Malaysia
- Nur Fatahiyah Mohamed Hata & Siti Nur Diyana Mahmud. (2020). Kesediaan guru Sains dan Matematik dalam melaksanakan pendidikan STEM dari aspek pengetahuan, sikap dan pengalaman mengajar. *Akademika*, 90(3), 85-101.
- Nurul Huda Hassan. (2015). *Pengetahuan pedagogi ilmu kandungan bagi Ism al-'Adad Wa al-Ma'dud dalam kalangan guru bahasa Arab sekolah menengah*. Tesis Dr. Fal, Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia
- Omar Zin. (2022). Kerajaan tangani kekurangan pelajar bidang STEM. *Utusan*. <https://www.utusan.com.my/nasional/2022/09/kerajaan-tangani-kekurangan-pelajar-bidang-stem/>
- Ostler, E. (2012). 21st century STEM education: A tactical model for long-range success. *International Journal of applied Science and Technology*, 2(1), 28-33
- Park, H., Byun, S. Y., Sim, J., Han, H. S., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1739-1753.
- Sally, H. (2016). A Case Study on the Impact of Teacher Mathematical Knowledge on Pedagogical Practices. *Mathematics Education Research Group of Australasia*, 319-327.
- Shai'rah, N. (2015). *Kesediaan guru melaksanakan Pengajaran dan pembelajaran pendidikan STEM*. Tesis Sarjana. Universiti Kebangsaan Malaysia

- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>
- Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 56(1), 1-22.
- Tengku Zawawi Tengku Zainal (2005). *Pengetahuan pedagogi isi kandungan bagi tajuk pecahan di kalangan guru Matematik Sekolah Rendah*. Tesis PhD. Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Vossen, T. E., Henze, I., De Vries, M. J., & Van Driel, J. H. (2019). Finding the connection between research and design: The knowledge development of STEM teachers in a professional learning community. *International Journal of Technology and Design Education*, 30, 295-320. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09507-7>
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G.H. dan Park, M.S. (2011). STEM integration: Teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13
- Yildirim, B. & Topalcengiz, E.S. (2019). STEM pedagogical content knowledge scale (STEMPCK): A validity and reliability study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(2), 1-20
- Yıldırım, B., & Türk, C. (2018). Opinions of middle school science and mathematics teachers on STEM education. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 10(1), 70–78.
- Zarima Mohd Zakaria. (2017). *Pengetahuan Pedagogikal Isi Kandungan Guru Bahasa Arab Dalam Pengajaran Konsonan Arab*. Tesis Dr. Fal, Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia.