

Artikel

Memperkasakan Kemahiran Pedagogi dalam Kalangan Guru Matematik: Aplikasi Kaedah Fuzzy Delphi

(Enhancing Pedagogical Skills Among Mathematics Teachers: Application of the Fuzzy Delphi Method)

Sharida Abu Talib*, Nurfaradilla Mohamad Nasri & Muhammad Sofwan Mahmud

Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia,

*Pengarang Koresponden: sharidaabutalib@gmail.com

Diserah: 03 Februari 2025

Diterima: 26 April 2025

Abstrak: Kemahiran pedagogi penting untuk memastikan keberkesanan pengajaran matematik masa kini. Guru yang berkemahiran tinggi dapat menyesuaikan pengajaran untuk memenuhi keperluan individu murid, termasuk mereka yang berkeperluan khas atau berlatar belakang sosioekonomi berbeza. Namun begitu, penguasaan kemahiran ini sering terhalang oleh pelbagai cabaran seperti kekurangan latihan, beban tugas pentadbiran yang tinggi serta kekangan sumber sokongan. Kajian sistematik yang meneliti aspek kemahiran pedagogi dalam konteks pengajaran matematik masih terhad dan memerlukan penyelidikan yang lebih mendalam. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi mengenal pasti dan mengesahkan elemen-elemen penting dalam kemahiran pedagogi yang diperlukan dalam pengajaran matematik yang berkesan. Kajian ini menggunakan tinjauan literatur dan kaedah Fuzzy Delphi bagi memperoleh pandangan serta konsensus pakar berkaitan elemen-elemen yang relevan. Seramai 13 orang pakar dalam bidang matematik dan kurikulum telah terlibat dalam kajian ini. Dapatan menunjukkan tahap kesepakatan tinggi terhadap tiga konstruk utama iaitu kemahiran komunikasi, kemahiran mengajar dan kemahiran visualisasi. Setiap konstruk merangkumi elemen-elemen spesifik yang menyumbang kepada keberkesanan pedagogi guru. Implikasi kajian menunjukkan keberkesanan kaedah Fuzzy Delphi dalam mencapai konsensus pakar serta menyediakan pendekatan sistematik dalam pembangunan model kemahiran pedagogi. Kajian lanjutan dicadangkan bagi menilai kebolegunaan model dalam konteks bilik darjah sebenar serta memperluas elemen model mengikut keperluan pengajaran semasa.

Kata kunci: : Kemahiran Pedagogi; pengajaran; Guru Matematik; kaedah *Fuzzy Delphi*; konsensus pakar

Abstract: Pedagogical skills play a vital role in ensuring the effectiveness of mathematics teaching. Teachers who possess high pedagogical competence can adapt their instructional approaches to meet the diverse needs of students, including those with special educational needs and varying socioeconomic backgrounds. However, the mastery of these skills is often hindered by challenges such as limited training opportunities, administrative workload, and insufficient support resources. Systematic research on pedagogical skills in mathematics is scarce and requires further comprehensive investigation. Therefore, this study aimed to identify and validate the key elements of pedagogical skills essential for effective mathematics instruction. A literature review and the Fuzzy Delphi Method were employed to obtain expert insights and consensus on relevant pedagogical skill elements. A total of 13 experts in mathematics and curriculum participated in the study. The findings revealed a high level of agreement on three primary constructs: communication skills, teaching skills, and visualisation skills. Each construct comprises specific elements that enhance teaching effectiveness. The study demonstrates that the Fuzzy Delphi Method effectively achieves expert consensus

and offers a systematic framework for developing a pedagogical skills model. Future research should assess the models' practical application in real classroom settings and explore additional elements to meet evolving instructional needs.

Keywords: Pedagogical skills; teaching; Mathematics teachers; Fuzzy Delphi Method; expert consensus

Pengenalan

Seiring dengan perubahan dalam landskap pendidikan masa kini, guru matematik berdepan pelbagai cabaran kompleks yang memerlukan strategi dan pendekatan pengajaran yang lebih dinamik, responsif dan inovatif. Misalnya, kehadiran teknologi canggih telah mencipta peluang baharu untuk menambah baik kemahiran pedagogi guru dalam memastikan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran matematik (De Freitas & Spangenberg, 2019). Dalam konteks ini, kemahiran pedagogi bukan sahaja menjadi teras kepada keberkesanan pengajaran, malah berperanan penting dalam memastikan murid menerima pendidikan yang adil dan inklusif. Guru matematik yang memiliki kemahiran pedagogi yang mantap berupaya menyesuaikan pendekatan mereka dengan keperluan murid yang pelbagai, termasuk murid berkeperluan khas dan yang berlatar belakang sosioekonomi berbeza (Ambusaidi & Al-Maqbali, 2022). Hal ini penting agar setiap murid mempunyai peluang yang sama untuk berjaya dalam matematik (Abu Talib et al., 2024).

Namun demikian, terdapat pelbagai kekangan dan cabaran yang menghalang guru matematik daripada menguasai kemahiran pedagogi terkini. Kajian lepas mengenal pasti beberapa isu utama seperti kekurangan latihan profesional berterusan (Aminah & Crispina, 2020), beban tugas pentadbiran yang tinggi (Mangwende & Maharaj, 2019; Pournara & Adler, 2021), serta akses yang terhad terhadap teknologi pendidikan (Meyer et al., 2023). Kekangan ini bukan sahaja menyukarkan guru untuk mengaplikasikan teknik pengajaran yang lebih inovatif dan berkesan, tetapi juga boleh mengurangkan motivasi dan kepuasan kerja mereka. Walaupun kajian lepas menunjukkan bahawa kemahiran pedagogi yang kukuh dapat meningkatkan pencapaian murid serta memupuk minat mereka terhadap matematik (Zelenicky et al., 2019), namun kajian yang meneliti secara sistematik dan mendalam aspek kemahiran pedagogi dalam konteks pendidikan matematik di Malaysia masih terhad.

Justeru, kajian ini dijalankan dengan objektif utama untuk mengenal pasti dan mengesahkan elemen-elemen penting dalam kemahiran pedagogi yang diperlukan oleh guru matematik dalam pengajaran masa kini. Bagi mencapai objektif tersebut, kajian ini menggabungkan tinjauan literatur yang komprehensif serta kaedah Fuzzy Delphi bagi mendapatkan kesepakatan pakar dalam bidang matematik dan kurikulum. Hasil dapatan dijangka dapat membentuk satu kerangka rujukan yang lebih jelas dan praktikal bagi memperkasa kemahiran pedagogi guru matematik. Secara keseluruhannya, kajian ini menyumbang secara signifikan kepada pembangunan profesional guru, sekali gus memperkuat kualiti pengajaran dan pembelajaran matematik di bilik darjah.

Sorotan Literatur

1. Asas Teori: Perspektif Vygotsky terhadap Pembelajaran Matematik

Teori perkembangan kognitif Vygotsky menekankan kepentingan interaksi sosial, budaya dan bahasa dalam proses pembelajaran. Selain itu, konsep utama seperti Zon Perkembangan Proksimal (ZPD) menegaskan bahawa pembelajaran berlaku secara optimum apabila murid dibimbing oleh individu yang lebih berpengalaman, termasuk guru dan rakan sebaya (Costley, 2012; Muhammad Hayat et al., 2021). Dalam konteks pendidikan matematik, teori ini memberikan panduan kepada pendidik untuk menyediakan sokongan yang sesuai dalam proses pembelajaran, seterusnya meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep yang lebih kompleks (Muhammad Hayat et al., 2021).

Bahasa dalam teori Vygotsky bukan sekadar alat komunikasi, tetapi turut berfungsi sebagai medium kognitif yang membentuk pemikiran dan pemahaman individu (Roth, 2018). Kajian oleh Leonard et al. (2019)

menunjukkan bahawa penggunaan bahasa sebagai alat mediasi dalam perbincangan matematik membantu murid mencapai pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep matematik. Selain itu, Shvarts dan Abrahamson (2019) menekankan peranan perhatian bersama (*joint-attention*) dalam interaksi murid dan guru, yang mampu meningkatkan pencapaian pembelajaran melalui strategi koperatif. Implikasi daripada teori ini menggariskan bahawa kemahiran pedagogi yang mengutamakan interaksi sosial, komunikasi efektif, dan sokongan berstruktur adalah asas penting kepada kejayaan dalam pengajaran matematik.

2. Kemahiran Pedagogi dalam Konteks Pengajaran Matematik

Kemahiran pedagogi merupakan elemen kritikal dalam memastikan keberkesanan pengajaran matematik. Lawrie (2018) menggambarkan pembangunan profesional (PD) merupakan satu proses kompleks yang merangkumi pelbagai aspek termasuk pengetahuan kandungan dan pedagogi. Misalnya penekanan kemahiran seperti membuat hubungan dan membuat inferens adalah penting dalam literasi disiplin pedagogi, yang dapat membantu guru menyampaikan konsep matematik dengan lebih jelas kepada pelajar (Saraceno, 2019). Tambahan pula, kajian oleh De Freitas dan Spangenberg (2019) menunjukkan keperluan guru-guru untuk menambah baik kemahiran pedagogi supaya proses pengajaran dapat dilaksanakan secara efektif. Walaupun guru mempunyai pengetahuan yang tinggi tetapi masih kurang mahir di bilik darjah, ini akan menjejaskan kompetensi guru (Ha et al., 2021).

Sorotan literatur menunjukkan bahawa kemahiran pedagogi guru matematik boleh dikategorikan kepada tiga konstruk utama iaitu kemahiran komunikasi, kemahiran visualisasi, dan kemahiran pengajaran. Setiap konstruk ini memainkan peranan yang saling melengkapi dalam mewujudkan pengalaman pembelajaran matematik yang efektif dan inklusif.

Kemahiran Komunikasi

Kemahiran komunikasi membantu guru menyampaikan konsep matematik secara jelas, menggunakan bahasa yang sesuai, serta mendorong interaksi dua hala melalui pertanyaan terbuka (Reid et al., 2022, Ioannidi & Gogaki, 2021). Kajian menunjukkan adalah komponen pertama yang terdiri daripada 16 elemen. Elemen-elemen ini termasuk kemampuan untuk menjelaskan konsep matematik dengan jelas, menggunakan bahasa yang sesuai dengan tahap pelajar, mendengar dan memberi respons terhadap soalan pelajar, serta menggunakan soalan terbuka untuk menggalakkan pemikiran kritis. Menurut kajian oleh, kemahiran komunikasi yang baik adalah asas kepada pengajaran yang efektif kerana ia memastikan pelajar dapat memahami dan mengikuti pengajaran dengan baik.

Lebih kritikal, komunikasi dalam pendidikan matematik bukan sekadar penyampaian maklumat, tetapi juga satu proses dialogik yang membina scaffolding untuk murid, sebagaimana yang disarankan dalam teori Vygotsky. Maka, kegagalan menguasai kemahiran komunikasi boleh menyebabkan pengajaran menjadi bersifat sehalu, mekanistik, dan tidak merangsang keterlibatan murid.

Kemahiran Pengajaran

Kemahiran pengajaran merujuk kepada keupayaan guru untuk merancang, melaksanakan dan menilai pengajaran secara berkesan, berpandukan prinsip pedagogi yang menyeluruh. Ini merangkumi pemilihan pendekatan instruksional yang sesuai, pengurusan masa dan sumber dengan cekap, serta penyusunan aktiviti berpusatkan murid yang mampu disesuaikan mengikut keupayaan dan gaya pembelajaran yang pelbagai (Mohamad Tarmizi, 2020). Dalam konteks pengajaran matematik, kemahiran ini tidak hanya bersifat teknikal, tetapi juga bersifat responsif terhadap dinamik bilik darjah dan tahap keterlibatan pelajar.

Walau bagaimanapun, kajian terdahulu menunjukkan bahawa penguasaan isi kandungan semata-mata tidak menjamin keberkesanan pengajaran sekiranya tidak disertai dengan pendekatan pedagogi yang sesuai (De Freitas & Spangenberg, 2019). Ini mendedahkan kewujudan jurang kritikal antara pengetahuan kandungan dan pelaksanaannya dalam amalan pengajaran sebenar, yang boleh menjejaskan pencapaian dan kefahaman pelajar terhadap konsep matematik secara menyeluruh.

Dapatan kajian oleh Belinda (2022) turut mengukuhkan pandangan ini apabila didapati tiada hubungan yang signifikan antara pelbagai kemahiran pengajaran matematik dengan prestasi murid secara umum. Namun

begitu, dua kemahiran — penggunaan aktiviti pengayaan dan sikap prihatin guru — dikenal pasti mempunyai kaitan yang positif terhadap pencapaian matematik murid. Dapatan ini menekankan bahawa keberkesanan pengajaran tidak hanya bergantung pada pemilihan strategi, tetapi juga kepada pendekatan emosi dan afektif yang digunakan oleh guru dalam interaksi pengajaran mereka.

Tambahan pula, keupayaan guru untuk menilai tindak balas murid secara formatif dan menyesuaikan pendekatan pengajaran secara serta-merta (formative responsiveness) merupakan komponen penting dalam membentuk satu kitaran pedagogi reflektif yang efektif. Tanpa refleksi yang berterusan terhadap hasil pembelajaran murid, strategi pengajaran yang digunakan berisiko menjadi tidak relevan atau bersifat rutin. Justeru, kemahiran pengajaran dalam pendidikan matematik perlu dilihat sebagai satu dimensi yang dinamik, kontekstual dan saling berkait antara strategi instruksional, pendekatan afektif, dan kesediaan untuk menyesuaikan amalan secara berterusan berdasarkan maklum balas bilik darjah.

Kemahiran Visualisasi

Dalam pendidikan matematik, visualisasi ialah kebolehan untuk mewakili idea atau konsep dalam bentuk yang konkrit dan mudah dilihat seperti graf, model, rajah, atau gambar rajah aliran. Visualisasi membantu mengatasi halangan kognitif terhadap konsep yang bersifat abstrak dan membolehkan murid membuat hubungan antara idea matematik yang berbeza (Doabler et al., 2019; Ching & Nurfaradilla, 2021).

Kajian menunjukkan bahawa murid yang diberikan sokongan visual menunjukkan prestasi yang lebih baik dalam memahami hubungan fungsi, corak, kebarangkalian, dan perwakilan data (Martynenko et al., 2019). Dalam erti kata lain, visualisasi bukan sahaja bertindak sebagai alat bantu pengajaran, tetapi juga sebagai satu bentuk pemikiran matematik yang perlu digalakkan dalam diri murid.

Namun begitu, aspek ini sering kali dipandang remeh atau dilaksanakan secara tidak berstruktur tanpa perancangan rapi. Guru memerlukan kemahiran teknikal dan pedagogi yang kukuh untuk merancang aktiviti visualisasi yang efektif, terutamanya dalam persekitaran bilik darjah yang berbeza tahap kemudahannya dari segi teknologi dan sumber bahan bantu mengajar.

Secara keseluruhannya, ketiga-tiga konstruk ini menunjukkan bahawa kemahiran pedagogi dalam pengajaran matematik perlu dilihat sebagai satu set kebolehan yang saling berkait dan saling menyokong. Penguasaan dalam satu aspek sahaja tidak mencukupi tanpa gabungan kemahiran yang holistik dan integratif. Oleh itu, pembangunan model kemahiran pedagogi guru matematik perlu mengambil kira ketiga-tiga komponen ini, disokong dengan bukti empirikal dan pandangan pakar secara sistematik bagi memastikan kesahihan dan keberkesanan aplikasinya dalam konteks sebenar bilik darjah.

3. Cabaran dalam Pengajaran Matematik

Guru matematik menghadapi pelbagai cabaran dalam pengajaran, termasuk kekurangan sumber dan bahan sokongan. Menurut Demir dan Qureshi (2019), pengalaman tipikal bagi guru sains dan matematik di Pakistan termasuk kekurangan sokongan dalam pembangunan profesional mereka. Ini disokong oleh kajian oleh Pourdavood dan Song (2021) yang mendapati bahawa guru yang tidak mempunyai latar belakang teknologi menghadapi kesukaran dalam mengintegrasikan alat teknologi dalam pengajaran mereka. Kurangnya pendedahan dan pengetahuan yang terhad menjadi halangan kepada guru-guru untuk menambah baik kemahiran pedagogi dalam memastikan keberkesanan proses pengajaran matematik (Pournara & Adler, 2021).

Kajian Mustaffa et al. (2021) pula mendapati bahawa guru sering kali menghadapi kesukaran dalam menyesuaikan gaya pengajaran mereka dengan keperluan pelajar yang pelbagai. Gaya “one-size-fits-all” kurang sesuai untuk dilaksanakan kerana tidak dapat merangsang kognitif danelibatan aktif murid dalam bilik darjah. Oleh itu, kemahiran dalam penyesuaian kurikulum dan pendekatan pengajaran yang fleksibel perlu diberi tumpuan. Selain itu, kajian oleh Abdullah et al. (2017) menunjukkan bahawa beban kerja yang tinggi dan masa yang terhad merupakan cabaran yang dihadapi oleh guru matematik. Tahap kesediaan guru masih berada di tahap sederhana. Dalam konteks ini, sokongan institusi dan rakan sejawat adalah penting untuk membantu guru mengatasi tekanan ini (S. Talib, Alias, & Matore, 2024).

Untuk mengatasi cabaran ini, pembangunan profesional (PD) yang berterusan dan sokongan institusi adalah penting. Jelas Chen et al. (2021), PD perlu dianggap sebagai proses yang berterusan dan holistik yang merangkumi aspek pedagogi dan kandungan. Ini bermakna guru perlu diberi peluang untuk meningkatkan kemahiran pedagogi mereka secara berterusan melalui latihan dan sokongan yang berterusan. Di samping itu, pengintegrasian teknologi dalam pengajaran matematik juga memerlukan kemahiran pedagogi yang tinggi. Kajian oleh Kuzina (2020) menunjukkan bahawa guru perlu mengembangkan kemahiran pedagogi yang khusus untuk menggunakan teknologi sebagai alat pengajaran yang berkesan. Ini termasuk kemahiran dalam mengendalikan perisian pendidikan dan alat teknologi lain yang boleh meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep matematik.

4. Keperluan Pembangunan Model Kemahiran Pedagogi Matematik

Perkembangan pesat dalam bidang pendidikan abad ke-21, khususnya dalam pengajaran dan pembelajaran matematik, menuntut pendekatan pedagogi yang bukan sahaja responsif, tetapi juga adaptif terhadap keperluan murid yang semakin pelbagai. Kajian literatur terdahulu telah menekankan kepentingan penguasaan kemahiran pedagogi dalam kalangan guru matematik, termasuk aspek komunikasi, pengajaran, dan visualisasi (Aziz & Maat, 2021). Namun begitu, dapatan tersebut masih bersifat terpisah, deskriptif, dan tidak membentuk satu kerangka praktikal yang komprehensif untuk diaplikasikan secara langsung dalam amalan pengajaran (Saidi et al., 2024).

Dalam konteks pendidikan di Malaysia, keperluan untuk memperkukuh kemahiran pedagogi dalam kalangan guru matematik semakin mendapat perhatian, khususnya dalam usaha meningkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran (Mahmud & Mahmud, 2022). Walau bagaimanapun, ketiadaan model yang komprehensif dan disesuaikan dengan konteks tempatan menyukarkan guru untuk mengenal pasti secara jelas dimensi utama kemahiran pedagogi yang perlu diberi keutamaan dalam pembangunan profesional mereka (Pamuda & Mahmud, 2022).

Sebagai langkah ke arah penyelesaian masalah ini, kajian ini mencadangkan penggunaan kaedah Fuzzy Delphi untuk membangunkan model kemahiran pedagogi guru matematik yang lebih tepat dan relevan. Kaedah ini membolehkan pengumpulan pandangan daripada pakar dalam bidang matematik dan pendidikan untuk mencapai konsensus mengenai elemen-elemen penting dalam kemahiran pedagogi yang perlu diberi keutamaan. Menerusi pembangunan model pedagogi ini, kerumitan realiti bilik darjah dapat ditangani di samping saranan strategi intervensi latihan yang bersesuaian dengan keperluan sebenar guru di Malaysia.

Metodologi

1. Reka Bentuk Kajian

Kajian ini dijalankan untuk mengenal pasti dan menganalisis elemen-elemen penting dalam kemahiran pedagogi yang diperlukan untuk pengajaran matematik masa kini. Pendekatan penyelidikan ini menggunakan kaedah Fuzzy Delphi (FDM) sebagai alat utama untuk mencapai konsensus di kalangan pakar dalam bidang pendidikan matematik (Zakaria et al., 2022). Reka bentuk kajian ini melibatkan tiga fasa utama. Fasa pertama adalah pemilihan panel pakar yang terdiri daripada pendidik, penyelidik, dan pakar dalam bidang pendidikan matematik. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan kriteria pengalaman dan kepakaran mereka dalam bidang matematik. Bagi fasa kedua melibatkan pengedaran soal selidik menggunakan skala fuzzy kepada panel pakar untuk mengumpulkan maklum balas mereka mengenai elemen-elemen kemahiran pedagogi yang penting. Fasa yang terakhir ialah analisis dan sintesis data untuk mengenal pasti elemen-elemen yang mencapai konsensus tinggi dalam kalangan pakar. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan panduan yang jelas dan berasaskan bukti terhadap kemahiran pedagogi guru matematik, selaras dengan keperluan dan cabaran pengajaran masa kini (Al-Rikabi & Montazer, 2024; Hasim et al., 2023).

2. Sampel Kajian

Dalam kajian ini, pemilihan sampel adalah bersifat bertujuan (purposive) dan mengikut kriteria tertentu (criterion sampling). Justifikasi pemilihan sampel berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk memastikan dapatan kajian yang diperoleh mempunyai nilai kesahan yang tinggi (Mohamad Ikram, 2021; Yousuf, 2007). Panel pakar yang dilibatkan dalam kajian ini terdiri daripada profesor atau pensyarah kanan Universiti Awam (UA), pensyarah Institut Pendidikan Guru (IPG), guru kanan mata pelajaran matematik, dan ketua panitia matematik. Panel pakar yang dipilih mempunyai kepakaran dalam bidang matematik dan pedagogi. Ini adalah selari dengan pandangan Mohd Ridhuan dan Nurulrabihah (2020) yang menekankan kepentingan pelibatan pakar yang sama untuk memudahkan pencapaian konsensus.

Jumlah panel pakar dalam kajian ini adalah seramai 13 orang, yang sesuai dengan cadangan oleh (Cavalli-Sforza & Ortolano, 1984) dan (Nair et al., 2011). Panel pakar ini terdiri daripada 2 orang pensyarah cemerlang, 4 orang pensyarah kanan, 4 orang guru kanan mata pelajaran matematik, dan 3 orang ketua panitia matematik. Kesemua pakar yang dipilih memiliki pengalaman lebih daripada 15 tahun. Pemilihan panel ini memastikan bahawa setiap aspek penting dalam pendidikan matematik dan pedagogi dikaji secara mendalam oleh individu yang berkeelayakan (Ramlan & Ghazali, 2018) dan berpengalaman (Abang Adam, 2018; Khairu Nuzul, 2020). Jadual 1 menunjukkan demografi pakar kajian.

Jadual 1. Demografi Pakar Kajian (N=13)

Pakar Kajian (Kod)	Jawatan	Institusi Pendidikan	Kelulusan Akademik	Pengalaman Berkhidmat (Tahun)	Kepakaran
P01	Pensyarah Cemerlang	IPG	Ijazah Kedoktoran	20	Matematik
P02	Pensyarah Cemerlang	IPG	Ijazah Kedoktoran	20	Matematik
P03	Ketua Bidang	Sekolah	Sarjana	17	Matematik
P04	Ketua Bidang	Sekolah	Sarjana	18	Matematik
P05	Ketua Panitia	Sekolah	Sarjana	17	Matematik
P06	Ketua Panitia	Sekolah	Sarjana	17	Matematik
P07	Pensyarah Kanan	IPG	Ijazah Kedoktoran	20	Matematik
P08	Pensyarah Kanan	IPG	Ijazah Kedoktoran	25	Matematik
P09	Ketua Panitia	Sekolah	Sarjana	17	Matematik
P10	Ketua Bidang	Sekolah	Sarjana	22	Matematik
P11	Pensyarah Kanan	UA	Ijazah Kedoktoran	18	Matematik
P12	Pensyarah Kanan	UA	Ijazah Kedoktoran	17	Matematik
P13	Ketua Bidang	Sekolah	Sarjana	17	Matematik

Nota: P=Pakar Kajian

3. Instrumen Kajian

Instrumen kajian *Fuzzy Delphi* (FDM) dalam kajian ini dibangunkan berpandukan pendekatan pelbagai sumber seperti yang dicadangkan oleh Skulmoski, Hartman dan Krahn (2007), termasuklah sorotan literatur yang mendalam, analisis keperluan, kajian terdahulu serta input awal daripada pakar bidang. Selain itu, Ramlan dan Ghazali (2018) menekankan bahawa kombinasi pelbagai pendekatan ini dapat memperkukuh kesahan kandungan dan kesesuaian konteks instrumen yang dibangunkan.

Fasa pertama pembangunan instrumen ini memberi tumpuan kepada penjanaan komponen utama, konstruk, dan elemen spesifik berdasarkan hasil dapatan analisis keperluan dan sorotan literatur secara sistematik. Tiga konstruk utama telah dikenal pasti, iaitu kemahiran komunikasi, kemahiran pengajaran, dan kemahiran visualisasi. Elemen-elemen bagi setiap konstruk dirumuskan melalui analisis tematik hasil sintesis daripada pelbagai sumber literatur terkini dalam bidang pendidikan matematik dan pedagogi (contohnya Brown, 2020; Mohamad Tarmizi, 2020; Martynenko, 2019), seperti diperincikan dalam Jadual 2.

Jadual 2. Demografi Pakar Kajian (N=13)

Bil.	Konstruk	Bilangan Elemen	Sumber
1.	Kemahiran Komunikasi	16	Abang Adam (2018), Bandres (2021), Fadilla (2019), KPM (2016), Lo (2020), Noor Lina (2022), Syaubari (2021)

2.	Kemahiran Pengajaran	10	Abang Adam (2018), Faridah (2014), Mohamad Tarmizi (2020)
3.	Kemahiran Visualisasi	10	Ching (2021), S. Parahakaran (2021), Martynenko (2019)

Sebagai contoh, bagi konstruk kemahiran komunikasi, elemen seperti kebolehan menjelaskan konsep matematik secara jelas, penggunaan bahasa yang sesuai dengan tahap murid, dan kebolehan menggalakkan soal jawab aktif dirumuskan daripada dapatan Ioannidi dan Gogaki (2021), serta Reid et al. (2022). Bagi kemahiran pengajaran, elemen yang menyentuh aspek perancangan berstruktur, adaptasi strategi mengikut keperluan murid, dan penilaian sendiri berpandukan dapatan Mohamad Tarmizi (2020) dan Faridah (2014). Elemen dalam kemahiran visualisasi pula dirangka daripada konsep representasi visual seperti penggunaan grafik, rajah dan model berdasarkan kajian oleh Ching (2021), Parahakaran (2021) dan Martynenko (2019). Semua elemen ini kemudiannya dirumus dalam bentuk pernyataan soal selidik menggunakan skala linguistik tujuh mata (Likert 7-point scale) bagi tujuan pengumpulan data dalam FDM.

Soal selidik yang dibangunkan mengandungi tiga bahagian utama:

- i. Bahagian A – Maklumat demografi pakar (jantina, tempoh perkhidmatan, kelulusan akademik, dan bidang kepakaran),
- ii. Bahagian B (FDM1) – Penilaian kesepakatan pakar terhadap konstruk dan dimensi utama kemahiran pedagogi,
- iii. Bahagian C (FDM2) – Penilaian kesepakatan terhadap elemen-elemen bagi setiap konstruk yang dicadangkan untuk dimasukkan dalam model kajian.

Instrumen kajian ini dibangunkan dengan merujuk kepada struktur dan format soal selidik Fuzzy Delphi yang telah digunakan dalam kajian-kajian terdahulu, namun diubah suai secara teliti agar bersesuaian dengan konteks pedagogi dan amalan pengajaran matematik di Malaysia. Sebelum pengumpulan data FDM, instrumen ini turut melalui proses semakan awal oleh dua orang pakar bidang bagi memastikan kejelasan bahasa, kesesuaian konteks, dan kesahan kandungan (content validity) sebelum diteruskan ke fasa pelaksanaan FDM.

4. Proses Pengumpulan dan Analisis Data

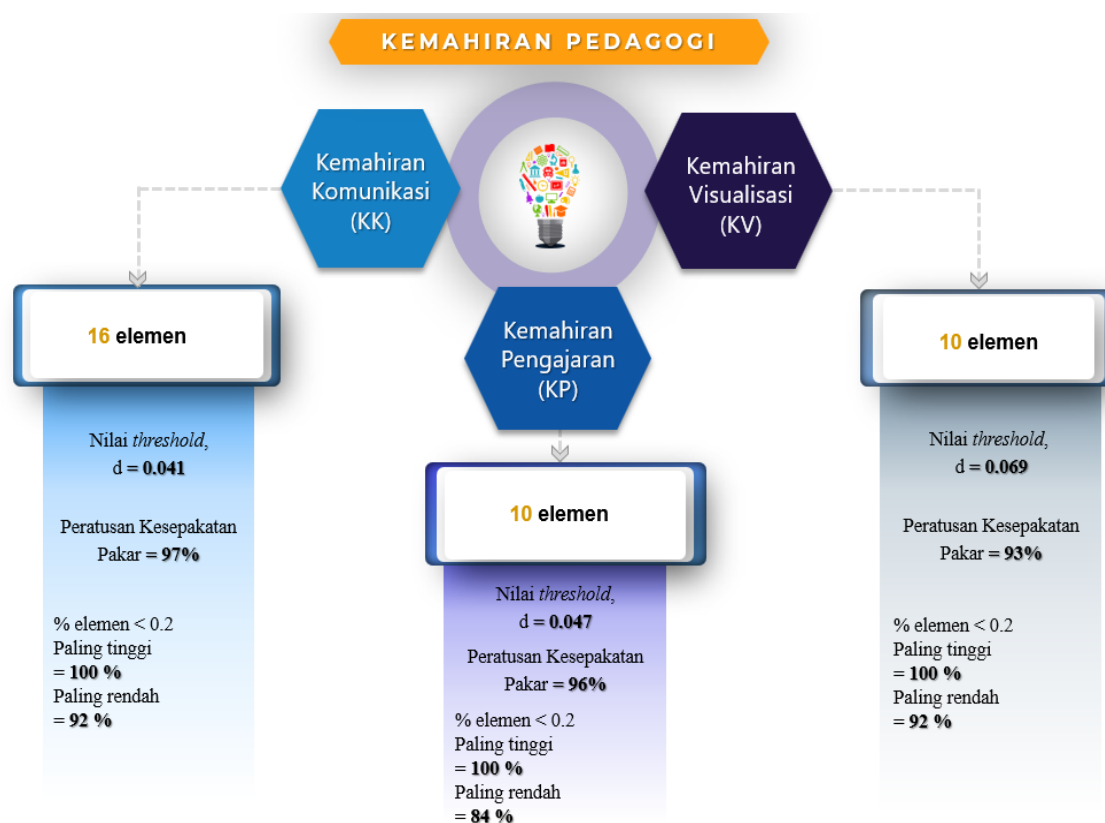
Analisis data kajian ini dilakukan menggunakan perisian Fuzzy Delphi Logic (Fudelo). Proses analisis melibatkan beberapa langkah utama untuk memastikan ketepatan dan kebolehpercayaan dapatan. Langkah pertama adalah penukaran respons soal selidik kepada nombor fuzzy. Respons skala Likert tujuh poin diterjemahkan kepada nilai fuzzy minimum, kemungkinan, dan maksimum. Ini membantu dalam menangani ketidakpastian dan variasi dalam penilaian pakar (Hasim et al., 2023; Ramlan & Ghazali, 2018).

Seterusnya, purata fuzzy bagi setiap item dikira untuk menentukan tahap kesepakatan di kalangan pakar. Purata fuzzy ini memberikan gambaran jelas tentang tahap persetujuan pakar terhadap setiap elemen yang dinilai. Bagi tujuan memperoleh konsensus pakar untuk setiap elemen, tiga syarat perlu dipatuhi iaitu nilai threshold tidak melebihi 0.2, peratusan persetujuan pakar perlu melebihi 75%, dan nilai defuzzication bagi setiap elemen perlu melebihi nilai α -cut = 0.5. Jika konsensus tidak dicapai dalam pusingan pertama, pusingan tambahan akan dijalankan sehingga mencapai kesepakatan yang memuaskan. Komponen dan elemen yang mencapai tahap konsensus tinggi dikenal pasti sebagai elemen penting dalam kemahiran pedagogi. Melalui proses analisis yang teliti dan sistematik, hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan panduan yang kukuh dan berasaskan bukti untuk memperkukuh kemahiran pedagogi guru matematik, sesuai dengan keperluan dan cabaran pengajaran masa kini.

Hasil Kajian

Kajian ini menggunakan Kaedah Fuzzy Delphi (FDM) bagi memperoleh konsensus pakar terhadap konstruk dan elemen-elemen utama dalam kemahiran pedagogi yang diperlukan untuk pengajaran matematik yang berkesan. Ketiga-tiga syarat penerimaan FDM telah digunakan sebagai kriteria penilaian, iaitu: i) nilai threshold ($d \leq 0.2$), ii) peratusan kesepakatan pakar $\geq 75\%$, iii) skor fuzzy ($A \geq 0.5$). Semua elemen bagi

konstruk kemahiran komunikasi (KK), kemahiran pengajaran (KP), dan kemahiran visualisasi (KV) telah memenuhi kesemua syarat ini, menandakan tahap kesepakatan yang tinggi dalam kalangan pakar. Rajah 1 menunjukkan secara ringkas hasil dapatan keseluruhan bagi komponen kemahiran pedagogi.



Rajah 1. Ringkasan Keseluruhan Komponen Kemahiran Pedagogi

Berdasarkan Jadual 3, sebanyak 16 elemen telah diterima dengan nilai threshold keseluruhan $d = 0.041$. Antara elemen yang memperoleh skor fuzzy tertinggi ialah penguasaan perbendaharaan kata dan istilah matematik ($A = 0.962$), keupayaan mempelbagaikan nada dan intonasi ($A = 0.954$), serta kebolehan memberi respons kepada murid ($A = 0.954$). Elemen-elemen ini menekankan keperluan komunikasi lisan yang jelas, berkesan, dan bersifat interaktif dalam membina pemahaman matematik secara progresif. Keupayaan guru untuk menyoal, menjelaskan, dan memberi motivasi secara verbal merupakan aspek penting yang dikenalpasti oleh pakar sebagai asas kepada pengajaran yang berkesan.

Jadual 3. Elemen Kemahiran Komunikasi (KK)

	Elemen Kemahiran Komunikasi (KK)	Nilai Threshold Elemen, d	Peratusan Kesepakatan Pakar (%)	Skor Fuzzy (A)	Kesepakatan Pakar	Turutan Keutamaan
1	Lancar menyampaikan pengajaran dan arahan.	0.038	100%	0.938	Terima	4
2	Mempelbagaikan nada dan intonasi.	0.037	100%	0.954	Terima	2
3	Menguasai perbendaharaan kata dan terma matematik.	0.027	100%	0.962	Terima	1
4	Memiliki penampilan diri yang sopan dan kemas.	0.048	100%	0.923	Terima	6
5	Teknik penyampaian bersahaja dengan gaya tersendiri.	0.041	92%	0.908	Terima	8
6	Teknik penyampaian menggunakan bahan sokongan yang bersesuaian.	0.037	100%	0.931	Terima	5

7	Pengucapan yang teratur.	0.025	100%	0.931	Terima	5
8	Kemampuan memberikan motivasi dan kesedaran.	0.038	100%	0.946	Terima	3
9	Mengaitkan penyampaian kepada pengalaman lalu atau berkesinambungan.	0.045	92%	0.915	Terima	7
10	Yakin menyampaikan idea lisan.	0.038	100%	0.938	Terima	4
11	Dapat memberikan respons kepada murid.	0.037	100%	0.954	Terima	2
12	Dapat menilai dan refleksi komunikasi secara sendiri.	0.041	92%	0.908	Terima	8
13	Menggunakan teknik penyoalan samada secara lisan atau bertulis.	0.052	92%	0.892	Terima	9
14	Mengajukan soalan supaya menepati objektif dan matlamat PdP.	0.067	92%	0.885	Terima	10
15	Menggunakan teknik penyoalan dalam PdP untuk merangsang kemahiran berfikir murid.	0.048	92%	0.923	Terima	6
16	Penyoalan boleh digunakan untuk menggalakkan interaksi guru dan murid secara berkesan.	0.037	100%	0.931	Terima	5

1. Nilai *Threshold* Konstruk, $d = 0.041$

2. Syarat telah dipenuhi:

a. Nilai *Threshold*, $d \leq 0.2$, b. Peratus Kesepakatan Kumpulan Pakar $\geq 75\%$, c. Skor *Fuzzy* (A) $\geq \alpha=0.5$

Manakala Jadual 4 memaparkan konstruk kemahiran pengajaran terdiri daripada 10 elemen dengan nilai *threshold* keseluruhan $d = 0.047$. Elemen yang dinilai paling kritikal termasuk pemilihan sumber pengajaran yang sesuai dengan tahap kognitif murid ($A = 0.969$), penerapan nilai murni dalam pengajaran ($A = 0.946$), serta peranan guru sebagai pemudah cara ($A = 0.946$). Dapatan ini menunjukkan bahawa kecekapan pedagogi bukan sekadar merancang pengajaran, tetapi turut melibatkan adaptasi terhadap keperluan murid dan penekanan terhadap nilai serta makna dalam pembelajaran. Guru yang mampu menyesuaikan pendekatan dan menyampaikan pengajaran secara reflektif dilihat sebagai kunci kepada kualiti pengajaran. Implikasinya, elemen-elemen ini bukan sahaja mencerminkan amalan pedagogi berkualiti, malah berpotensi dijadikan indikator utama dalam merangka intervensi latihan profesional guru matematik yang lebih berfokus dan berkesan.

Jadual 4. Elemen Kemahiran Pengajaran (KP)

	Elemen Kemahiran Pengajaran (KP)	Nilai <i>Threshold</i> Elemen, d	Peratusan Kesepakatan Pakar (%)	Skor Fuzzy (A)	Kesepakatan Pakar	Turutan Keutamaan
1	Mengenal pasti kaedah pengajaran berkesan.	0.037	100%	0.931	Terima	3
2	Mengaplikasikan kaedah pengajaran berkesan.	0.037	100%	0.931	Terima	3
3	Mengintegrasikan kemahiran generik dalam PdP.	0.034	100%	0.923	Terima	4
4	Mengenal pasti kaedah penerapan nilai-nilai murni semasa PdP	0.029	100%	0.946	Terima	2
5	Memanfaatkan sumber pengajaran berasaskan ICT secara berkesan	0.072	100%	0.862	Terima	7
6	Memantau dan memberikan maklum balas terhadap konseptual dan prosedural murid adalah penting untuk kejayaan murid itu.	0.067	84%	0.877	Terima	6
7	Matlamat pengajaran dan perancangan yang jelas dan tepat adalah penting (kritikal) bagi memberikan arahan pengajaran yang baik.	0.067	92%	0.885	Terima	5
8	Mempamerkan sikap yang positif terhadap penguasaan konseptual serta kemahiran yang diajar adalah tanda seorang guru yang baik.	0.068	84%	0.885	Terima	5

9	Memilih dan menggunakan sumber pengajaran dan pembelajaran yang bersesuaian dengan kognitif murid.	0.025	100%	0.969	Terima	1
10	Bertindak sebagai pemudahcara dalam usaha memperkembangkan potensi murid.	0.038	100%	0.946	Terima	2

1. Nilai *Threshold* Konstruk, $d = 0.047$

2. Syarat telah dipenuhi:

a. Nilai *Threshold*, $d \leq 0.2$, b. Peratus Kesepakatan Kumpulan Pakar $\geq 75\%$, c. Skor *Fuzzy* (A) $\geq \alpha=0.5$

Bagi Jadual 5, kemahiran visualisasi terdiri daripada 10 elemen yang telah disahkan dengan nilai threshold keseluruhan $d = 0.049$. Antara elemen yang menerima skor fuzzy tertinggi termasuk kebolehan membina dan memilih percontohan visual seperti rajah dan graf ($A = 0.946$), serta keupayaan menggunakan perisian matematik untuk mewakili konsep secara simbolik dan grafik ($A = 0.900$). Dapatan ini menegaskan bahawa visualisasi tidak lagi berfungsi sebagai sokongan sampingan, sebaliknya merupakan strategi pedagogi yang signifikan dalam membantu murid memahami konsep matematik yang bersifat abstrak secara konkrit. Kemahiran ini juga berupaya menyokong pelaksanaan pengajaran berpusatkan murid dengan menggalakkan eksplorasi, imaginasi visual dan kebolehan membuat perwakilan mental yang lebih mantap. Secara keseluruhannya, elemen-elemen ini membentuk asas penting dalam membina pengalaman pembelajaran yang lebih bermakna dan visual-dinamik, selaras dengan keperluan pendidikan matematik semasa.

Jadual 5. Elemen Kemahiran Visualisasi (KV)

	Elemen Kemahiran Visualisasi (KV)	Nilai <i>Threshold</i> Elemen, d	Peratusan Kesepakatan Pakar (%)	Skor Fuzzy (A)	Kesepakatan Pakar	Turutan Keutamaan
1	Menggunakan visualisasi untuk menggambarkan persekitaran bilik darjah murid secara positif	0.082	92%	0.831	Terima	9
2	Aplikasi visualisasi dalam memperkenalkan pelajaran topik atau konsep.	0.093	92%	0.808	Terima	10
3	Penggunaan visual dapat membantu murid memahami maksud terma matematik yang baru.	0.085	92%	0.838	Terima	8
4	Penggunaan visualisasi dapat merangsang murid untuk mengingat apa yang dibaca atau ditonton dan berfikir seterusnya dapat menggambarannya dalam pemikiran dengan baik.	0.079	92%	0.862	Terima	6
5	Meringkaskan aktiviti pengajaran.	0.066	92%	0.869	Terima	5
6	Dapat membantu mendalami sesuatu situasi pengajaran.	0.074	92%	0.846	Terima	7
7	Keupayaan menggunakan alat bantu mengajar yang dapat menggambarkan sesuatu pernyataan matematik.	0.053	92%	0.900	Terima	2
8	Menerangkan hukum-hukum matematik serta perwakilan simbol dalam membuat pernyataan matematik.	0.081	92%	0.877	Terima	4
9	Keupayaan untuk memilih dan membina percontohan ketika sesi pengajaran Matematik menggunakan rajah, graf dan sebagainya	0.038	100%	0.946	Terima	1
10	Keupayaan untuk mengumpul dan menggunakan perisian siap sedia untuk bentuk simbolik, grafik, analisis berangka, model matematik, objek sebenar	0.036	100%	0.900	Terima	3

1. Nilai *Threshold* Konstruk, $d = 0.069$

2. Syarat telah dipenuhi: a. Nilai *Threshold*, $d \leq 0.2$, b. Peratus Kesepakatan Pakar $\geq 75\%$, c. Skor *Fuzzy* (A) $\geq \alpha=0.5$

Perbincangan

Secara ringkasnya, kajian ini telah menggunakan kaedah Fuzzy Delphi (FDM) bagi memperoleh konsensus pakar terhadap elemen-elemen penting kemahiran pedagogi dalam engajaran matematik. Dapatan analisis menunjukkan bahawa ketiga-tiga konstruk utama yang dikenal pasti iaitu kemahiran komunikasi, kemahiran pengajaran, dan kemahiran visualisasi telah mencapai tahap kesepakatan yang tinggi. Hal ini menggambarkan bahawa ketiga-tiga konstruk tersebut berperanan penting sebagai komponen asas dalam pedagogi guru matematik yang berkesan.

Bagi kemahiran komunikasi terdiri daripada 16 elemen yang mendapat konsensus yang sangat tinggi. Elemen seperti penguasaan istilah matematik, keupayaan mempelbagaikan nada dan intonasi, serta memberi respons secara aktif kepada murid dikenal pasti sebagai elemen kritikal. Dapatan ini menunjukkan bahawa komunikasi berkesan bukan sekadar berkaitan dengan penyampaian maklumat, tetapi turut melibatkan keupayaan guru menyampaikan pengajaran secara interaktif dan adaptif terhadap keperluan murid. Penemuan ini konsisten dengan dapatan Ioannidi dan Gogaki (2021) yang menekankan bahawa komunikasi yang jelas dan berstruktur adalah teras kepada pembinaan kefahaman dalam matematik.

Dalam konstruk kemahiran pengajaran, sebanyak 10 elemen utama dikenal pasti. Antara elemen yang mendapat kesepakatan tertinggi termasuk pemilihan sumber pengajaran yang sesuai, penerapan nilai murni semasa PdP dan peranan guru sebagai pemudah cara pembelajaran. Dapatan ini selaras dengan Ulusoy (2020) yang menegaskan bahawa pendekatan pengajaran yang terancang dan fleksibel perlu disesuaikan dengan tahap kognitif serta konteks bilik darjah. Implikasinya, elemen-elemen ini boleh berstruktur dan adaptif. Guru perlu bukan sahaja merancang dengan teliti tetapi turut menyesuaikan pendekatan berdasarkan tahap kognitif, latar belakang dan persekitaran kelas. Implikasinya, elemen-elemen ini dijadikan indikator dalam merangka latihan profesional yang bersasar serta menyokong pembangunan amalan pengajaran reflektif.

Kemahiran visualisasi pula, dapatan menunjukkan bahawa kebolehan membina percontohan visual serta penggunaan perisian aplikasi matematik untuk perwakilan simbolik merupakan elemen yang signifikan. Visualisasi yang berkesan mampu menghubungkan pemahaman abstrak kepada konsep konkrit, sekali gus meningkatkan daya imaginasi matematik murid. Kajian oleh Ching dan Nurfaradilla (2021) turut menyokong dapatan ini dengan menekankan bahawa visualisasi memainkan peranan penting dalam membina pemahaman dan ingatan konsep matematik secara berkesan.

Namun begitu, beberapa batasan metodologi perlu diberi perhatian. Pertama, saiz sampel pakar yang terhad kepada 13 orang mungkin tidak cukup untuk mewakili keseluruhan populasi guru matematik di Malaysia. Kedua, pemilihan pakar secara bertujuan menghadkan kebolehgunaan dapatan ini kepada konteks yang lebih luas. Seperti dinyatakan oleh Richey dan Klein (2014), isu generalisasi merupakan cabaran utama dalam kajian reka bentuk dan pembangunan, terutamanya apabila fokus tertumpu kepada konteks yang spesifik.

Kajian lanjutan disarankan untuk memperluas populasi penyelidikan kepada guru di pelbagai peringkat persekolahan dan bidang pengajaran lain seperti sains dan teknologi. Kajian campuran yang menggabungkan data kuantitatif dan kualitatif boleh memperkayakan lagi pemahaman terhadap pelaksanaan elemen pedagogi dalam bilik darjah sebenar. Kajian longitudinal juga disarankan bagi menilai keberkesanan penggunaan model dari semasa ke semasa dalam membentuk amalan pengajaran yang efektif.

sekolah rendah, prauniversiti, atau dalam bidang subjek lain seperti sains dan teknologi. Ini dapat meningkatkan kesahan luaran dan potensi aplikasi model secara lebih meluas. Kajian campuran (*mixed methods*) yang menggabungkan data kualitatif daripada temu bual atau pemerhatian bilik darjah juga dapat memperkaya pemahaman tentang penerapan sebenar elemen-elemen pedagogi ini dalam konteks pengajaran harian. Tambahan lagi, kajian longitudinal boleh dijalankan untuk menilai kesan penggunaan model kemahiran pedagogi terhadap peningkatan amalan guru dan pencapaian pelajar dari semasa ke semasa.

Model kemahiran pedagogi yang dicadangkan dalam kajian ini berpotensi menjadi kerangka panduan praktikal bagi pelbagai pihak. Bagi guru, model ini boleh dijadikan alat refleksi sendiri bagi menilai kekuatan dan keperluan peningkatan dalam amalan pedagogi mereka. Manakala pentadbir sekolah dan penyelarass kurikulum, model ini dapat membantu dalam merancang latihan dan pembangunan profesional yang lebih berfokus dan relevan. Di peringkat dasar, Kementerian Pendidikan Malaysia serta institusi latihan guru seperti

IPG dan universiti boleh menjadikan elemen-elemen yang dikenal pasti ini sebagai asas kepada modul latihan praperkhidmatan dan dalam perkhidmatan yang berasaskan dapatan empirikal dan disokong oleh konsensus pakar.

Kesimpulan

Kajian ini telah mengenal pasti dan mengesahkan elemen-elemen utama kemahiran pedagogi yang diperlukan dalam pengajaran matematik melalui pendekatan Kaedah Fuzzy Delphi (FDM). Dapatan kajian menunjukkan tiga konstruk utama yang mendapat tahap kesepakatan tinggi daripada panel pakar iaitu kemahiran komunikasi, kemahiran pengajaran, dan kemahiran visualisasi. Elemen-elemen seperti penguasaan istilah matematik, penggunaan pendekatan pengajaran yang bersesuaian, serta kebolehan membina perwakilan visual yang berkesan telah dikenal pasti sebagai komponen penting dalam menyokong pemahaman dan pencapaian murid. Pelaksanaan Fuzzy Delphi telah membolehkan pengumpulan pandangan secara sistematik dan berpandukan kesepakatan pakar, sekali gus memastikan bahawa dapatan kajian ini mempunyai tahap kesahan dan kredibiliti yang tinggi serta bersesuaian untuk diaplikasikan dalam konteks pendidikan di Malaysia.

Implikasinya, elemen-elemen yang dikenal pasti boleh dijadikan asas kepada pembangunan modul latihan guru matematik, penilaian profesionalisme, serta pelaksanaan strategi intervensi pengajaran yang lebih holistik dan bersasar. Di samping memperkuat kerangka konseptual dalam pendidikan matematik, kajian ini turut menyediakan asas kukuh bagi pembangunan model kesediaan guru yang berfokus kepada pengukuhan kemahiran pedagogi. Walaupun terdapat batasan dari segi skop dan saiz sampel pakar, kajian ini tetap menyumbang kepada pemahaman awal yang penting dalam bidang ini. Justeru, kajian lanjutan disarankan untuk menilai kebolegunaan model dalam pelbagai konteks persekolahan serta melibatkan pakar daripada pelbagai latar belakang bagi meningkatkan kesahan luaran dan impak aplikasinya dalam sistem pendidikan.

Penghargaan: Setinggi-tinggi penghargaan diucapkan kepada Bahagian Tajaan Pendidikan, Kementerian Pendidikan Malaysia dan Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia atas sokongan yang diberikan dalam merealisasikan kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua peserta yang terlibat atas kesudian menyumbang masa, pandangan, dan kepakaran mereka dalam menjayakan kajian ini.

Kelulusan Etika: Reka bentuk kajian dan kaedah pengumpulan data telah memperolehi kebenaran dan kelulusan daripada Bahagian Perancangan Dan Penyelidikan Dasar Pendidikan, Kementerian Pendidikan Malaysia

Kenyataan Persetujuan Termaklum: Maklumat persetujuan telah diperolehi daripada semua peserta kajian yang terlibat dalam kajian ini.

Konflik Kepentingan: Semua pengarang menyatakan tiada konflik kepentingan.

Rujukan

- Abang Adam, A. D. (2018). *Pembangunan Model Standard Kompetensi Guru Kanan Mata Pelajaran Di Malaysia*. National University Of Malaysia.
- Abdullah, A. H., Hamzah, M. H., Hussin, R. H. S. R., Kohar, U. H. A., Rahman, S. N. S. A., & Junaidi, J. (2017). Teachers' readiness in implementing science, technology, engineering and mathematics (STEM) education from the cognitive, affective and behavioural aspects. *2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)*, December, 6–12. <https://doi.org/10.1109/TALE.2017.8252295>
- Akbari, R., & Yazdanmehr, E. (2014). A critical analysis of the selection criteria of expert teachers in ELT. *Theory and Practice in Language Studies*, 4(8), 1653–1658. <https://doi.org/10.4304/tpls.4.8.1653-1658>
- Al-Rikabi, Y. K., & Montazer, G. A. (2024). Designing an e-learning readiness assessment model for Iraqi Universities employing fuzzy delphi method. In *Education and Information Technologies* (Vol. 29, Issue 2). Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11889-0>

- Alkhaldi, I. A. Rahaman, Talib, O., Kamarudin, N., Abduljalil, H., & Sabitu, A. (2021). The application of fuzzy delphi method (FDM) in the development of fun-driven mobile learning (FDML) model for teaching of arithmetic in Saudi Schools. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(12), 223–232. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i12.1205>
- Ambusaidi, A. K., & Al-Maqbali, F. Y. (2022). Exploring pedagogical decision making from the lens of science teachers in response to different pedagogical issues. *Social Sciences & Humanities Open*, 5(1), 100236. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2021.100236>
- Aminah, J., & Crispina, G. K. H. (2020). Pengaruh pengalaman mengajar dalam pengetahuan, motivasi dan pelaksanaan pengajaran dan pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 10(2), 45–56.
- Aziz, N. F. A., & Maat, S. M. (2021). Kesiapan dan efikasi guru matematik sekolah rendah dalam pengintegrasian teknologi semasa pandemik COVID-19. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(8), 93–108. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i8.949>
- Bakti, G. (2014). Penerapan teori belajar vygotsky dalam pembelajaran. *Academia*, 1(3), 1–13.
- Brown, R. (2020). Re-conceptualising the development of agency in the school mathematics classroom. *Theory into Practice*, 59(2), 139–149. <https://doi.org/10.1080/00405841.2019.1702394>
- Cavalli-Sforza, V., & Ortolano, L. (1984). Delphi forecasts of land use: Transportation interactions. *Journal of Transportation Engineering*, 110(3), 324–339. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(1984\)110:3\(324\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(1984)110:3(324))
- Chen, S., Geesa, R., Izci, B., & Song, H. (2021). Investigating preservice teachers' science and mathematics teaching efficacy, challenges, and support. *Teacher Educator*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/08878730.2021.2007560>
- Ching, N. C., & Nurfaradilla Mohamad, N. (2021). Penggunaan kaedah visualisasi dalam pengajaran dan pembelajaran perbendaharaan kata Bahasa Inggeris (Using Method Visualization in the Teaching and Learning of English Vocabulary). *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(3), 444–449.
- Chua, C., Kosnin, A. M., & Yeo, K. J. (2024). Fuzzy delphi method for A-level mathematics technological pedagogical and content knowledge module. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 13(1), 441. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i1.25982>
- Costley, K. C. (2012). An overview of the life, central concepts, including classroom applications of Lev Vygotsky. In *Online Submission*.
- De Freitas, G., & Spangenberg, E. D. (2019). Mathematics teachers' levels of technological pedagogical content knowledge and information and communication technology integration barriers. *Pythagoras*, 40(1), 1–13. <https://doi.org/10.4102/PYTHAGORAS.V40I1.431>
- Demir, K., & Qureshi, A. M. (2019). Pakistani science teachers' experiences of professional development: a phenomenological case study. *Journal of Science Teacher Education*, 30(8), 838–855. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1607707>
- Doabler, C. T., Clarke, B., Firestone, A. R., Turtura, J. E., Jungjohann, K. J., Brafford, T. L., Sutherland, M., Nelson, N. J., & Fien, H. (2019). Applying the curriculum research framework in the design and development of a technology-based tier 2 mathematics intervention. *Journal of Special Education Technology*, 34(3), 176–189. <https://doi.org/10.1177/0162643418812051>
- Ha, H. T. L., Pham, A. T. K., Nguyen, H. T., & Duong, H. T. T. (2021). Training pedagogical skills: Evaluation of lecturers and teacher training students at educational universities in Vietnam. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(12), em2054. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11418>
- Hasim, M. A., Jabar, J., Sufian, A., Ibrahim, N. F., & Khalid, F. A. (2023a). Employing fuzzy delphi techniques to validate the components and contents of e-learning antecedents and usage behavior towards e-learning performance. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 467–480. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.467>
- Ioannidi, V., & Gogaki, I. (2021). Pedagogical skills and e-Teaching - The example of mathematics and reading. *European Journal of Open Education and E-Learning Studies*, 6(1).

- <https://doi.org/10.46827/ejoe.v6i1.3530>
- Jamelaa Bibi, A., & Siti Ilyana, M. Y. (2018). A fuzzy delphi method-developing high-performance leadership standard for Malaysian school leaders. *Journal of Education and Social Sciences*, 9(2), 1–10.
- Khairu Nuzul, H. (2020). *Reka Bentuk Dan Pembangunan Model Pengajaran “e-TVET” Bagi Program Mekanikal Dan Pembuatan Di Kolej Vokasional Zon Utara*. Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Kuzina, N. A. (2020). Integration of pedagogical approaches and their use in the educational process. *Education and Science: Current Trends*, 2022(c), 4–6. <https://doi.org/10.31483/r-75004>
- Lawrie, G. A. (2018). Personal journeys of teachers: an investigation of the development of teacher professional knowledge and skill by expert tertiary chemistry teachers. *Chemistry Education Research Practice*. <https://doi.org/10.1039/c8rp00187a>
- Leonard, J., C. Burrows, A., & Kitchen, R. (2019). Recruiting, preparing, and retaining STEM teachers for a global generation. In *Recruiting, Preparing, and Retaining STEM Teachers for a Global Generation*. BRILL. <https://doi.org/10.1163/9789004399990>
- Mabrouk, N. Ben. (2020). Green supplier selection using fuzzy delphi method for developing sustainable supply chain. *Decision Science Letters*, 10(1), 63–70. <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2020.10.003>
- Mangwende, E., & Maharaj, A. (2019). Barriers to mathematics teachers’ use of their knowledge of students’ learning styles in mathematics teaching: A case of secondary schools in Zimbabwe. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(1), 1–15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/109198>
- Martynenko, O., Chkana, Y., Shyshenko, I., & Rysina, M. (2019). Formation of intellectual skills for future mathematics teachers. *TEM Journal*, 8(3), 1084–1093. <https://doi.org/10.18421/TEM83-55>
- Meyer, A., Kleinknecht, M., & Richter, D. (2023). What makes online professional development effective? The effect of quality characteristics on teachers’ satisfaction and changes in their professional practices. *Computers and Education*, 200(November 2022). <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104805>
- Mohamad Ikram, Z. (2021). *Pembangunan Dan Penilaian Model Pengajaran M-PBM Bagi Guru-Guru Matematik Sekolah Rendah*. National University of Malaysia.
- Mohamad Tarmizi, A. H. (2020). *Pengaruh Tret Personaliti, Pengetahuan Pedagogi, Kefahaman Kurikulum Dan Kemahiran Guru Ke Atas Perkembangan Bahasa Kanak-Kanak Prasekolah*. National University of Malaysia.
- Mohd Ridhuan, M. J., & Nurulrabihah, M. N. (2020). *Kepelbagaian Metodologi Dalam Penyelidikan Reka Bentuk Dan Pembangunan* (I. Noh (ed.)). Qaisar Prestige Resources.
- Muhammad Hayat, K., Ahmad Zabidi, A. R., & Husaina Banu, K. (2021). Professional learning community, trust, and teacher professional development in Malaysian secondary schools. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 46(01), 25–37. <https://doi.org/10.17576/jpen-2021-46.01-04>
- Mustaffa, Z., Hussin, Z., & Sulaiman, A. M. (2021). Pedagogi terbeza untuk pengajaran guru terhadap kepelbagaian murid. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(9), 202–214. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v6i9.997>
- Nair, R., Aggarwal, R., & Khanna, D. (2011). Methods of formal consensus in classification/diagnostic criteria and guideline development. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 41(2), 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2010.12.001>
- Nurulrabihah, M. N., Saedah, S., Siti Hajar, H., Mohd Ridhuan, M. J., & Zaharah, H. (2019). Aplikasi teknik fuzzy delphi terhadap berasaskan pemikiran reka bentuk. *Asia Pacific Journal of Educators and Education*, 34. <https://doi.org/10.21315/apjee2019.34.7>
- Osborne, J., Ratcliffe, M., Collins, S., Millar, R., & Duschl, R. A. (2001). What should we teach about science? A delphi study. *Evidence-Based Practice in Science Education (EPSE) Research Network*, January, 93.
- Pamuda, D., & Mahmud, M. S. (2022). Kompetensi guru dalam pengajaran konsep matematik: kajian literatur bersistematis. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(10), e001850. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i10.1850>
- Pourdavood, R. G., & Song, X. (2021). Engaging pre-service and in-service teachers in online mathematics teaching and learning: Problems and possibilities. *International Journal of Learning, Teaching and*

- Educational Research*, 20(11), 96–114. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.11.6>
- Pournara, C., & Adler, J. (2021). Revisiting school mathematics in pre-service secondary teacher education: Purposes, opportunities and challenges. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(2), 391–410. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10150-9>
- Ramlan, M., & Ghazali, D. (2018). *Aplikasi Kaedah: Fuzzy Delphi Dalam Penyelidikan Sains Sosial*. Universiti Malaya. <https://doi.org/10.14425/9789831009505>
- Reid, M., Lee, A., Leslie, K., Feldman, L. S., Hameed, S. M., Kirkpatrick, R., Lovrics, P. J., MacDonald, P. H., Pace, D., Shaw, J. M., Swallow, C. J., Pagliarello, G., Bigam, D. L., Porter, G., Mathieson, A., McFadden, N., Lapointe, R., MacLean, T., Kuziemy, C., & Balaa, F. (2022). A framework for role allocation in education, research and leadership services in Canadian academic divisions of general surgery: a modified Delphi consensus. *Canadian Journal of Surgery*, 65(1), E73–E81. <https://doi.org/10.1503/CJS.021120>
- Roth, W. M. (2018). Elaborating the later Vygotsky's radical initiative on the nature and function of language: Implications for mathematics education. *ZDM - Mathematics Education*, 50(6), 975–986. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0912-x>
- Saffie, N. A. M., Shukor, N. A. M., & Rasmani, K. A. (2016). Fuzzy delphi method: Issues and challenges. *2016 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences, LISS 2016*. <https://doi.org/10.1109/LISS.2016.7854490>
- Saidi, S. M., Teoh, S. H., Singh, P. S. A., & Retnawati, H. (2024). The relationship between teachers' personalities and students' attitudes. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 14(1), 61–70. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol14.1.6.2024>
- Sanura, J., Rozniza, Z., & Muhammad Nidzam, Y. (2022). Development of technology tools in next generation learning spaces (NGLS) framework: A fuzzy delphi analysis. *International Journal Of Special Education*, 37(3).
- Saraceno, L. M. (2019). *Disciplinary Literacy Pedagogical Content Knowledge (DLPCCK) Today: An Exploration of Disciplinary Literacy Pedagogical Content Knowledge of Middle and High School Science, Social Studies, and English Language Arts: Vol. Dissertati*. Rowan University.
- Shvarts, A., & Abrahamson, D. (2019). Dual-eye-tracking Vygotsky: A microgenetic account of a teaching/learning collaboration in an embodied-interaction technological tutorial for mathematics. *Learning, Culture and Social Interaction*, 22(May), 100316. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.05.003>
- Talib, S., Alias, B. S., & Mohd Matore, M. E. (2024). Principal competency, teacher readiness, and teacher commitment in STEM education implementation: A qualitative study. *E-Bangi Journal of Social Science and Humanities*, 20(4). <https://doi.org/10.17576/ebangi.2024.2104.30>
- Ulusoy, F. (2020). Prospective teachers' skills of attending, interpreting and responding to content-specific characteristics of mathematics instruction in classroom videos. *Teaching and Teacher Education*, 94, 103103. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103103>
- Yousuf, M. I. (2007). Using experts' opinions through delphi technique. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 12(4).
- Zakaria, R. A., Hamzah, M. I., & Abdul Razak, K. (2022). Analysis of self-hisbah factors on moral appreciation among muslim secondary school students in Malaysia: Fuzzy delphi method application. *E-Bangi Journal of Social Science and Humanities*, 19(2), 16–34. <https://doi.org/10.17576/ebangi.2022.1902.02>
- Zelenicky, L., Horvathova, D., & Rakovska, M. (2019). Forming the professional skills of a future physics teacher. *AIP Conference Proceedings*, 2152(September). <https://doi.org/10.1063/1.5124784>
- Zulkifli, H., Ismail, A. M., Muhamad, N. A. F., Hussin, N. H., & Mahdi Yusuf, S. A. (2024). Reliability and validity of the fuzzy delphi instrument of Islamic cognitive domains running head: Reliability and validity of Islamic cognitive domains. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 13(2), 943–956. <https://doi.org/10.6007/ijarped/v13-i2/21201>