

Penggunaan Teknologi Maklumat dan Komunikasi dalam Pengajaran dan Pembelajaran Matematik: Sorotan Literatur Bersistematik

The Use of Information and Communication Technology in the Teaching and Learning of Mathematics: A Systematic Literature Review

Thian Jia Ling & Mohd Effendi @ Ewan Mohd Matore*

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Selangor, Malaysia

*Corresponding author: effendi@ukm.edu.my

Received: 19 November 2020; **Accepted:** 03 March 2021; **Published:** 19 May 2021

To cite this article (APA): Jia Ling, T., & Mohd Matore, M. E. @ E. (2021). The Use of Information and Communication Technology in the Teaching and Learning of Mathematics: A Systematic Literature Review. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 11(1), 45-59. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.1.5.2021>

To link to this article: <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.1.5.2021>

ABSTRAK

Perkembangan teknologi maklumat dan komunikasi (TMK) telah mempengaruhi strategi penyampaian para pendidik melalui pengaplikasian TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Kajian-kajian lepas menunjukkan perkembangan berkaitan penggunaan TMK dalam pendidikan matematik. Justeru, kajian ini dibuat bertujuan untuk mengkaji kesan penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik menggunakan sorotan literatur bersistematik (SLR). Hasil dapatan daripada analisis kajian-kajian literatur terpilih mendapati bahawa penggunaan TMK memberi impak positif yang signifikan terhadap pembelajaran matematik pelajar, terutamanya dalam domain perkembangan kognitif dan emosi pelajar. Kajian lanjutan boleh dijalankan dengan menyiasat impak penggunaan TMK terhadap perkembangan tingkah laku pelajar dalam aktiviti pengajaran dan pembelajaran matematik. Beberapa ciri dan kelebihan aplikasi TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik juga telah dikenal pasti berdasarkan penggunaannya daripada aspek ergonomik kognitif, fizikal dan pengurusan.

Kata kunci: Impak penggunaan teknologi maklumat dan komunikasi, kognitif, emosi, tingkah laku, pengajaran dan pembelajaran matematik

ABSTRACT

The development of information and communication technology (ICT) has influenced the delivery strategy of educators through the application of ICT in the teaching and learning of mathematics. Past studies show developments related to the use of ICT in mathematics education. Therefore, this study was carried out to examine the effect of the use of ICT in the teaching and learning of mathematics using systematic literature review (SLR). Findings from the analysis of selected literature studies found that the use of ICT has a significant positive impact on students' mathematical learning, especially in the domain of students' cognitive and emotional development. Further research can be conducted by investigating the impact of the use of ICT on the development of student behavior in mathematics' teaching and learning activities. Several features and advantages of the application of ICT in the teaching and learning of mathematics have also been identified based on their use from cognitive, physical and management ergonomic aspects.

Keywords: Use of information and communication technologies, cognitive, emotional, behaviour, teaching and learning of mathematics

PENGENALAN

Teknologi maklumat dan komunikasi (TMK) adalah gabungan peranti dan sumber teknologi yang digunakan untuk memanipulasi dan menjalinkan informasi (Kaware & Sain, 2015). Alat teknologi merangkumi semua alat elektronik dan digital seperti komputer, internet dan teknologi multimedia yang lain (Nur Afifah Zakaria & Fariza Khalid, 2016) termasuk perisian, permainan digital, media sosial dan sebagainya. Perkembangan TMK telah memberi kemudahan dalam mencari informasi dan berkomunikasi (Annajmi, 2016) kepada setiap individu di dunia maya dengan cekap dan pantas. Fenomena ini jelas dilihat bahawa kebanyakan individu sekarang mempunyai akses kepada informasi terkini di hujung jari melalui penggunaan alat elektronik atau teknologi tanpa mengira di mana mereka berada dan pada bila masa. Tambahan lagi, generasi muda yang juga dikenali sebagai generasi Alpha merupakan generasi yang paling akrab dengan gadget dan internet (Urmadin, 2017). Memandangkan kewujudan internet, telefon pintar dan pelbagai aplikasi telah mengubah keseluruhan idea pengajaran dan pembelajaran matematik pada masa kini (Gnanasagaran & Abdul Halim Amat @ Kamaruddin, 2019), maka adalah dicadangkan agar TMK diintegrasikan dan diaplikasikan secara meluas dalam bidang pendidikan bagi menggantikan kaedah pengajaran konvensional.

Pada masa yang sama, Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) telah menyenaraikan 11 anjakan bagi transformasi sistem pendidikan di Malaysia dengan mengambil kira keperluan kehidupan abad ke-21 melalui Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013-2025. Dalam anjakan ketujuh PPPM telah menyatakan keperluan TMK dalam pembelajaran semua peringkat di Malaysia. Ia juga menyatakan hasrat kementerian dalam memanfaatkan TMK untuk meningkatkan kualiti pembelajaran negara kita, khususnya pembelajaran mata pelajaran kritikal seperti matematik. Individu yang berupaya menguasai kemahiran pembelajaran abad ke-21 seperti kemahiran menggunakan teknologi, berkolaborasi dan berfikir secara kreatif adalah individu yang bakal berjaya di dalam bidang industri yang sebenar. Jadi, ia turut bertindak sebagai platform KPM untuk menghasilkan tenaga kerja yang celik teknologi, berfikir secara kritis, bersedia untuk melibatkan diri dengan sepenuhnya dalam ekonomi global abad ke-21 (Ghavifekr & Mohammed Sani, 2015). Sehubungan dengan itu, Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) semakan 2017 oleh KPM (2016) telah menekankan kepentingan golongan pendidik untuk menerapkan penggunaan TMK dalam aktiviti pengajaran dan pembelajaran.

Tidak boleh dinafikan bahawa guru-guru merupakan kunci kepada kejayaan penerapan teknologi (Papadakis, 2018). Sekiranya guru-guru dapat menggabungkan pengaplikasian alat TMK dengan pedagogi yang sesuai dan relevan, maka beberapa isu popular yang seringkali berlaku dan berkaitan dengan pendidikan matematik dapat diatasi. Salah satu isu utama yang sudah lama wujud di negara-negara di seluruh dunia ialah perbezaan jantina dalam pemerolehan matematik. Di peringkat global, kanak-kanak perempuan cenderung berprestasi rendah dalam matematik berbanding dengan kanak-kanak lelaki (*Organisation for Economic Co-operation and Development*, 2016; *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*, 2015). Keadaan tersebut membimbangkan masyarakat apabila analisis data *Programme for International Student Assessment* (PISA) sebanyak sepuluh tahun menunjukkan bahawa tidak ada negara yang berjaya menghapuskan perbezaan jantina dalam domain pemerolehan matematik (Stoet & Geary, 2013). Akan tetapi, kajian Pitchford, Chigeda dan Hubber (2018) telah mendapati bahawa penggunaan TMK dapat mengurangkan jurang perbezaan jantina dalam hasil pembelajaran matematik. Kajian tersebut menunjukkan bahawa aplikasi perisian interaktif pada peringkat awal pendidikan dapat meningkatkan pencapaian matematik pelajar Gred 1 di Malawi, khasnya pelajar perempuan dan pencapaian pelajar perempuan adalah sama dengan pencapaian pelajar lelaki. Sebaliknya, perbezaan jantina muncul bagi kumpulan pelajar yang mempelajari matematik dengan menggunakan kaedah pengajaran tradisional di mana pencapaian pelajar perempuan adalah lebih rendah berbanding dengan pelajar lelaki.

Selain itu, kebanyakan pelajar juga mengalami kesukaran memahami pengetahuan matematik sama ada pengetahuan konseptual ataupun pengetahuan prosedural. Pengetahuan konseptual merujuk kepada pengetahuan asas pengaturan matematik mengenai hubungan dan penjalinan idea matematik yang membolehkan seseorang menerangkan dan memberi makna kepada prosedur matematik manakala



pengetahuan prosedur ditakrifkan sebagai mempunyai kesedaran terhadap pendekatan yang akan digunakan dalam proses memanipulasi simbol matematik (Hutkemri Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2017) bagi menyelesaikan masalah. Kegagalan memahami pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedura menyebabkan pelajar-pelajar menanam sikap negatif termasuk fobia, kebimbangan, ketakutan serta kurang berkeyakinan diri terhadap pembelajaran matematik. Walau bagaimanapun, terdapat kajian-kajian yang membuktikan bahawa pengaplikasian TMK memberi impak yang positif terhadap pencapaian matematik pelajar-pelajar (Etcuban & Pantinople, 2018; Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019; Oktaviyanti & Supriani, 2015; Ven et al., 2017; Volk et al., 2017) dan meningkatkan motivasi serta efikasi diri pelajar untuk belajar subjek matematik (Chang et al., 2015; Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017). Pendek kata, alat teknologi berpotensi dijadikan sebagai cara alternatif untuk meningkatkan mutu dan hasil pembelajaran pelajar dalam mata pelajaran matematik.

Justeru, kajian ini dibuat untuk mengkaji kesan penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik di samping menjawab dua persoalan kajian iaitu (a) mengenal pasti impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik serta (b) ciri-ciri TMK yang mempengaruhi penggunaannya dalam pengajaran dan pembelajaran matematik.

METODOLOGI

Kajian ini hanya mengambil kira artikel jurnal yang diterbitkan pada tahun 2015 hingga tahun 2019. Hal ini kerana pengkaji mendapati bahawa bilangan artikel kajian berkaitan penggunaan TMK dalam pembelajaran matematik yang dihasilkan adalah lebih banyak dalam lingkungan lima tahun dari tahun 2015 hingga tahun 2019 manakala terbitan artikel pada tahun 2020 adalah kurang. Pengkaji menggunakan kaedah PRISMA untuk menganalisis artikel-artikel jurnal yang dikumpul. Terdapat empat langkah dalam PRISMA yang mengandungi pengenalpastian (*identification*), pemeriksaan (*screening*), kelayakan (*eligibility*) dan terpilih (*inclusion*). Kaedah ini dipilih kerana ia dapat membantu pengkaji mensintesis artikel jurnal yang relevan. Rajah 1 memaparkan carta aliran PRISMA dalam kajian ini yang diadaptasi dan diubahsuai dari Moher et al. (2009).

Pengenalpastian (*Identification*)

Artikel-artikel dikumpul melalui pangkalan data *Sci hub*, *Elsevier* dan *ERIC*. Kata kunci “penggunaan TMK dalam matematik”, “impak TMK dalam pembelajaran matematik” dan “manfaat TMK dalam pembelajaran matematik” dalam Bahasa Melayu serta “*application of ICT in mathematics*”, “*effects of ICT in learning mathematics*” dan “*benefits of ICT in learning mathematics*” dalam Bahasa Inggeris telah digunakan untuk tujuan pencarian data. Hasilnya, terdapat sebanyak 118 buah artikel jurnal yang dicapai pada peringkat ini.

Pemeriksaan (*Screening*)

Pertama sekali, pengkaji hanya memilih artikel berbentuk jurnal dan artikel prosiding. Manuskrip, kertas kerja persidangan dan sumber rujukan lain tidak dimasukkan dalam kajian ini. Kedua, artikel kajian yang membentangkan pengintegrasian TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik yang melibatkan peringkat pengajian dari sekolah rendah hingga ke sekolah menengah dipilih kecuali artikel yang dikaji pada peringkat prasekolah dan pengajian tinggi. Selain itu, pemilihan artikel kajian memfokuskan skop mengenai (1) pembelajaran menggunakan alat teknologi seperti telefon pintar, komputer, laptop, iPad dan tablet; (2) pembelajaran menggunakan perisian matematik seperti Geogebra, Sketchpad dan perisian interaktif lain-lain; (3) pembelajaran berasaskan permainan digital. Tujuan pengkaji menentukan kriteria sedemikian adalah untuk memastikan kajian yang dijalankan ini memberi tumpuan kepada penggunaan TMK dalam pendidikan matematik sahaja. Kemudian, artikel kajian yang berulang dalam ketiga-tiga pangkalan data dibuang melalui pembacaan tajuk dan abstrak masing-



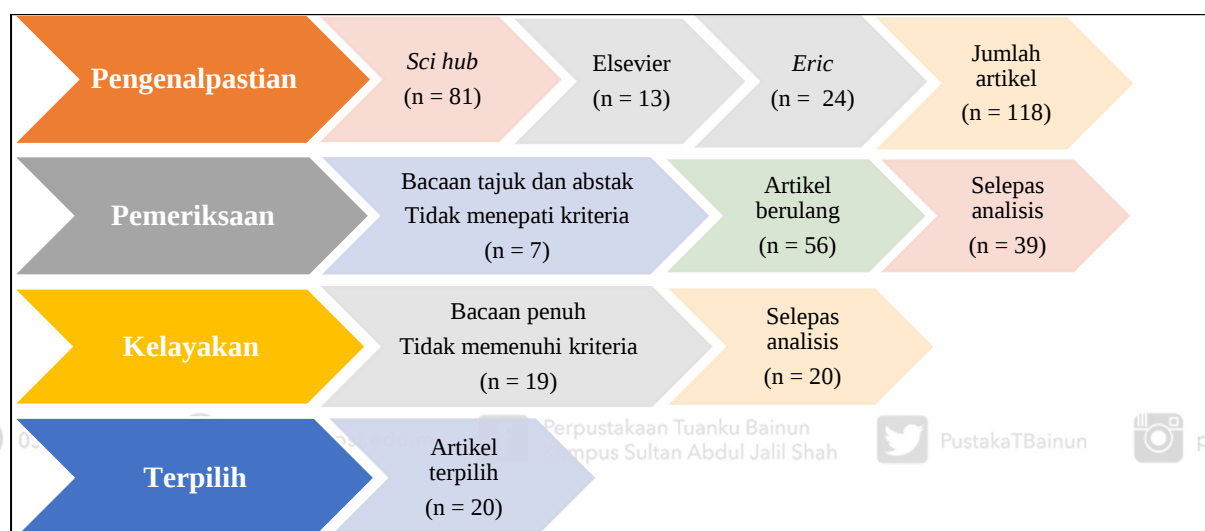
masing. Setelah melakukan saringan, 23 buah artikel yang tidak menepati kriteria kajian dan 56 buah artikel yang berulang disingkirkan. Maka, tinggal 39 buah artikel.

Kelayakan (Eligibility)

39 buah artikel disaring semula dengan membaca tajuk, abstrak, metodologi, dapatan dan perbincangan kajian untuk memastikan artikel-artikel tersebut menepati kriteria pemilihan dan tujuan kajian. 19 buah artikel dibuang pada peringkat ini kerana tidak menghuraikan penggunaan TMK dengan terperinci (11 buah) serta tidak memaparkan dan membincangkan data-data hasil dapatan dengan jelas dalam bahagian dapatan kajian (8 buah).

Terpilih (Inclusion)

Akhirnya, hanya terdapat sejumlah 20 buah artikel yang meninggal dan memenuhi kriteria pemilihan yang ditetapkan dalam kajian ini.



Rajah 1: Adaptasi dan ubahsuai proses pemilihan artikel daripada Moher et al. (2009).

DAPATAN KAJIAN

Mengikuti model pembelajaran tiga peringkat Bruner, aktiviti pembelajaran harus dirancang mengikut urutan konkrit, visual dan abstrak. Ia bermula dengan tahap enaktif di mana kanak-kanak memanipulasi bahan atau objek konkrit dan bergerak ke tahap ikonik di mana kanak-kanak berurusan dengan gambar dan seterusnya ke tahap simbolik di mana kanak-kanak memanipulasi simbol dan bukannya gambar atau objek secara langsung (Bruner, 1966).

Kajian Chang et al. (2015) mencadangkan tiga domain untuk mengukur penglibatan dalam matematik, iaitu tingkah laku, kognitif dan emosi. Hasil kajian Hsin, Li dan Tsai (2014) mengenai kesan penggunaan teknologi dalam pembelajaran awal terhadap perkembangan dari segi domain kognitif, psikomotor dan afektif-sosial mendapati bahawa pembelajaran mengikut perkembangan mencapai kesan positif. Mereka juga mendapati bahawa pemanipulasian objek konkrit untuk mempelajari konsep abstrak dalam sains dan matematik menghasilkan kesan positif dalam domain kognitif manakala penggunaan teknologi untuk interaksi dan kolaborasi menghasilkan kesan positif dalam domain sosial pembelajaran. Jadi, penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik haruslah dijalankan secara berperingkat dengan memberi fokus kepada pencapaian hasil dalam domain kognitif, tingkah laku dan emosi.

Penggunaan teknologi dalam pembelajaran adalah suatu masalah kontroversial kerana perlu membangunkan kurikulum yang sesuai agar dapat membantu merapatkan pengalaman anak-anak di rumah dan di sekolah (Hsin, Li, & Tsai, 2014). Oleh itu, isu reka bentuk pengajaran juga tidak harus diabaikan. Volk et al. (2017) dalam kajiannya telah menekankan bahawa pengurusan dan reka bentuk pengajaran perlu mengambil kira pembelajaran dalam ergonomik kognitif, fizikal dan pengurusan (*organisational*). Sehubungan itu, pengkaji telah menganalisis dan mensintesis koleksi kajian-kajian terkumpul dengan menjurus kepada aspek cadangan berdasarkan definisi operasional kajian Chang et al. (2015) bagi persoalan impak penggunaan TMK dan berpanduan tafsiran Volk et al. (2017) bagi persoalan ciri-ciri TMK.

Impak Penggunaan TMK dalam Pengajaran dan Pembelajaran Matematik

Bahagian ini akan membincangkan impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Jadual 1 menunjukkan senarai kajian yang diklasifikasi ke dalam kategori kognitif, tingkah laku dan emosi. Dalam pada itu, domain kognitif dalam konteks impak penggunaan TMK terhadap pengajaran dan pembelajaran kajian ini merujuk kepada usaha bagi memahami idea yang rumit, menguasai kemahiran tahap tinggi dan memperoleh peningkatan dalam pencapaian. Domain tingkah laku dalam kajian ini pula didefinisikan sebagai usaha gigih menggunakan strategi yang berbeza untuk menyelesaikan masalah dan cuba menjawab soalan matematik. Bagi domain emosi, perasaan dan sikap dalam pembelajaran matematik dititikberatkan. Impak kognitif merupakan impak yang paling kerap dikaji dengan jumlah 18 buah kajian dihasil, diikuti oleh impak emosi sebanyak 13 kajian. Impak tingkah laku mencatat rekod terendah dengan jumlah hanya 6 kajian.

Jadual 1: Domain klasifikasi kajian dalam konteks impak penggunaan TMK

Pengkaji (Tahun)	Impak		
	Kognitif	Tingkah laku	Emosi
Oktaviyanthi & Supriani (2015)	*		*
Jere, Jona & Lukose (2019)		*	*
Ven et al. (2017)	*		*
Zhang et al. (2015)	*		*
Kepceoglu & Yavuz (2016)	*		
Seloraji & Leong (2017)	*		
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2019)	*	*	*
Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri (2016)	*		
Pitchford, Chigeda & Hubber (2018)	*		
Jelatu, Sariyasa & Ardana (2018)	*		
Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi (2019)	*		
Chen et al. (2017)		*	
Volk et al. (2017)	*	*	*
Estapa & Nadolny (2015)	*		*
Cai et al. (2018)	*		*
Cai et al. (2019)	*	*	*
Chang et al. (2015)	*	*	*

Parrot & Leong (2018)	*		*
Etcuban & Pantinople (2018)	*		*
Mavridis, Katmada & Tsiatsos (2017)	*		*
Jumlah	18	6	13

Berdasarkan Jadual 1, daripada keseluruhan 20 buah artikel yang dianalisis dalam kajian ini, 9 buah artikel membincangkan impak penggunaan TMK dengan berfokus kepada satu domain sahaja, iaitu impak domain kognitif (6 artikel) dan domain tingkah laku (1 artikel). Kajian yang mengkaji impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik dalam dua domain adalah sebanyak 8 artikel, iaitu sama ada impak domain kognitif dengan domain emosi (8 artikel) mahupun yang mengkaji impak domain tingkah laku bergabung dengan domain emosi (1 buah). Di samping itu, terdapat 4 buah kajian pendidikan matematik yang menyelidik kesan pengaplikasian TMK dengan mempertimbangkan ketiga-tiga domain tersebut.

Impak Kognitif

Daripada 18 buah artikel yang dianalisis dalam kajian ini, impak-impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran terhadap perkembangan kognitif pelajar meliputi pengetahuan konseptual, pengetahuan prosedural dan pencapaian dalam matematik. Hasil analisis mendapati penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik memberi impak paling besar terhadap prestasi akademik pelajar-pelajar dengan rekodan bilangan sebanyak 16 kajian. Aktiviti pembelajaran matematik yang mengintegrasikan TMK bukan sahaja meningkatkan pencapaian para pelajar, malah turut merapatkan jurang perbezaan pelajar dalam usaha menguasai ilmu matematik yang luas (9 artikel). 3 kajian telah menguji perbezaan pencapaian matematik antara pelajar yang berkemampuan rendah, sederhana dan tinggi (Seloraji & Leong, 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019; Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016). 3 kajian meneliti perbezaan pencapaian berdasarkan jantina, iaitu antara pelajar lelaki dengan pelajar perempuan (Chang et al., 2015; Pitchford, Chigeda & Hubber, 2018; Seloraji & Leong, 2017). Sebuah kajian mengkaji perbezaan pencapaian antara pelajar berkeperluan khas dengan pelajar biasa (Zhang et al., 2015), satu buah artikel mengkaji mengikut keupayaan ruang (*spatial ability*) pelajar (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018) dan satu lagi artikel menjalankan kajian dengan membandingbeza pencapaian berasaskan tahap efikasi diri pelajar (Cai et al., 2018).

Merujuk kepada Jadual 2, 4 daripada 13 kajian menghuraikan impak penggunaan TMK terhadap hasil pembelajaran kognitif pelajar dengan menguji pengetahuan konseptual dan juga pengetahuan prosedural dalam satu kajian yang sama (Kepceoğlu & Yavuz, 2016; Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019; Volk et al., 2017; Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016). Sementara itu, 8 kajian yang membentangkan pemerolehan dan pemahaman pengetahuan konseptual pelajar setelah menerima intervensi pembelajaran matematik dengan menggunakan TMK dengan mengambil kira kebolehan pelajar untuk mengingat dan memberi penerangan jelas mengenai suatu idea atau formula matematik (Kepceoğlu & Yavuz, 2016), meneroka dan membina konsep matematik (Seloraji & Leong, 2017), menterjemah konsep matematik abstrak dalam bentuk semi-konkrit dengan menggunakan kaedah perwakilan grafik (Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019), menaakul secara kreatif (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018) serta berkemahiran berfikir aras tinggi (Volk et al., 2017). Selain itu, 5 kajian memberi tumpuan kepada penguasaan pengetahuan prosedur dalam kalangan pelajar. Kajian-kajian tersebut menekankan kefasihan dan kecekapan aritmetik pelajar (Ven et al., 2017), kemahiran menjalankan operasi dan mengira (Kepceoğlu & Yavuz, 2016) serta keupayaan menyelesaikan masalah matematik (Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019; Volk et al., 2017).

Jadual 2: Impak penggunaan TMK terhadap perkembangan kognitif pelajar dalam matematik

Pengkaji (Tahun)	Impak Kognitif		
	Pengetahuan Konseptual	Pengetahuan Prosedural	Pencapaian
Oktaviyanti & Supriani (2015)	*		*
Ven et al. (2017)		*	
Zhang et al. (2015)			*
Kepceoglu & Yavuz (2016)	*	*	*
Seloraji & Leong (2017)	*		*
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2019)			*
Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri (2016)	*	*	
Pitchford, Chigeda & Hubber (2018)			*
Jelatu, Sariyasa & Ardana (2018)	*		*
Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi (2019)	*	*	*
Volk et al. (2017)	*	*	*
Estapa & Nadolny (2015)			*
Cai et al. (2018)	*		*
Cai et al. (2019)			*
Chang et al. (2015)			*
Parrot & Leong (2018)			*
Etcuban & Pantinople (2018)			*
Mavridis, Katmada & Tsiatsos (2017)			*
Jumlah	8	5	16

Impak Tingkah Laku

Jadual 3 memaparkan ringkasan dapatan kajian-kajian lepas tentang perubahan tingkah laku pelajar selepas melibatkan diri dalam proses pengajaran dan pembelajaran matematik berbantuan TMK. Semua kajian yang disenaraikan dalam Jadual 3 telah meninjau perkembangan pelajar dari segi pergerakan verbal. Kajian-kajian menunjukkan pelajar tekun mempraktikkan pelbagai amalan sosial. Antaranya berkomunikasi dengan guru atau rakan-rakan bagi mengkongsikan maklumat dan mengemukakan soalan berkenaan ilmu matematik (Jere, Jona & Lukose, 2019; Volk et al., 2017). Pelajar juga aktif berinteraksi untuk meluahkan pendapat masing-masing (Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019) di samping melakukan demonstrasi konsep matematik secara jelas dengan menggunakan pendekatan TMK yang baru (Cai et al., 2019). Bukan itu sahaja, kajian mendapati penerapan TMK menggalakkan pelajar yang lemah berinteraksi dengan pelajar yang lebih pandai semasa menghadapi kesukaran dalam proses belajar matematik (Volk et al., 2017). Hanya satu kajian yang membincangkan impak aplikasi TMK terhadap tumpuan pelajar dalam pembelajaran dengan memerhatikan perubahan gerak badan pelajar ketika membuat tugas matematik yang diberi (Chen et

al., 2017). Kajian mendapati masa pelajar fokus kepada bahan matematik lebih panjang dan kebarangkalian gangguan berlaku mengalami penurunan.

Jadual 3: Impak aplikasi TMK terhadap perkembangan tingkah laku pelajar dalam matematik

Pengkaji (Tahun)	Impak Tingkah Laku	
	Pergerakan Verbal	Pergerakan Badan
Jere, Jona & Lukose (2019)	*	
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2019)	*	
Chen et al. (2017)	*	*
Volk et al. (2017)	*	
Cai et al. (2019)	*	
Chang et al. (2015)	*	
Jumlah	6	1

Impak Emosi

Penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik turut memberi impak terhadap perasaan dan sikap pelajar. Dapatan 7 kajian menunjukkan bahawa pengaplikasian TMK semasa belajar matematik mendorong pelajar memupuk perasaan serta emosi positif seperti berasa gembira (Jere, Jona & Lukose, 2019), seronok (Ven et al., 2017), ingin tahu (Cai et al., 2018) dan puas hati (Cai et al., 2019). Kajian-kajian turut mendapati pengajaran dan pembelajaran matematik yang mengintegrasikan elemen TMK mengubah sikap pelajar untuk menerima matematik sebagai satu subjek teras yang mencabar (Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019), seterusnya meningkatkan semangat belajar dengan penuh kegigihan (Volk et al., 2017). Dalam kategori sikap, semua kajian menyatakan pelajar menjadi lebih bermotivasi dan berminat agar mencurahkan penglibatan yang tinggi sepanjang masa mempelajari matematik. Jadual 4 mengkategorikan kajian-kajian lepas berdasarkan impak penggunaan TMK terhadap perkembangan emosi dalam pembelajaran matematik.

Jadual 4: Impak penggunaan TMK terhadap perkembangan emosi pelajar dalam matematik

Pengkaji (Tahun)	Impak Emosi	
	Perasaan	Sikap
Oktaviyanthi & Supriani (2015)		*
Jere, Jona & Lukose (2019)	*	*
Ven et al. (2017)	*	*
Zhang et al. (2015)		*
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2019)	*	*
Volk et al. (2017)	*	*
Estapa & Nadolny (2015)		*
Cai et al. (2018)	*	*
Cai et al. (2019)	*	*
Chang et al. (2015)		*
Parrot & Leong (2018)		*

Etcuban & Pantinople (2018)		*
Mavridis, Katmada & Tsiatsos (2017)	*	*
Jumlah	7	13

Ciri-ciri TMK yang Mempengaruhi Penggunaannya dalam Pengajaran dan Pembelajaran Matematik

Bahagian ini memperihalkan ciri-ciri TMK yang menyokong penggunaannya dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Jadual 5 menunjukkan rumusan kajian-kajian terpilih yang dikategorikan ke dalam komponen kognitif, fizikal dan pengurusan. Daripada keseluruhan 20 buah artikel yang dikaji dalam kajian ini, terdapat 17 artikel yang membentangkan ciri-ciri TMK sebagai alat bantu mengajar dan belajar dalam bilik darjah matematik. Sebanyak 12 buah artikel membincangkan ciri-ciri TMK dengan melihat kepada fungsi ergonomik kognitif, diikuti dengan fungsi ergonomik pengurusan (9 artikel) dan fungsi ergonomik fizikal (3 artikel). Pendek kata, ciri-ciri ergonomik kognitif TMK merupakan tema yang paling popular dikaji manakala ciri-ciri penggunaan TMK dari segi ergonomik fizikal kurang mendapat sambutan para pengkaji. Dalam kajian ini, ciri-ciri ergonomik kognitif TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik memberi tumpuan kepada kemampuan visualisasi dan simulasi TMK, interaksi multisensori dengan membekalkan interaktif manipulatif yang serupa dengan interaksi dengan manipulatif fizikal sehingga mempengaruhi proses mental pelajar. Ergonomik fizikal terlibat dengan interaksi pengguna secara fizikal dengan TMK melalui motor sentuh. Di samping itu, ergonomik pengurusan bermaksud proses pemanipulasian TMK secara teknikal.

Jadual 5: Ciri-ciri penggunaan TMK berasaskan ergonomik kognitif, fizikal dan pengurusan

Pengkaji (Tahun)	Ergonomik		
	Kognitif	Fizikal	Pengurusan
Oktaviyanthi & Supriani (2015)	*		
Jere, Jona & Lukose (2019)			*
Ven et al. (2017)	*	*	*
Zhang et al. (2015)			*
Kepceoğlu & Yavuz (2016)	*		
Seloraji & Leong (2017)	*		
Zulnaidi, Oktavika & Hidayat (2019)	*		*
Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri (2016)	*		
Pitchford, Chigeda & Hubber (2018)	*		*
Jelatu, Sariyasa & Ardana (2018)	*		*
Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi (2019)	*		
Chen et al. (2017)		*	
Volk et al. (2017)		*	*
Estapa & Nadolny (2015)	*		
Cai et al. (2019)	*		
Parrot & Leong (2018)	*		*
Mavridis, Katmada & Tsiatsos (2017)			*

Jumlah	12	3	9
---------------	----	---	---

Ciri Ergonomik Kognitif

Daripada 12 kajian yang dianalisis, ciri-ciri ergonomik kognitif yang menggalakkan aplikasi TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik termasuk keupayaan visualisasi interaktif, fungsi membuat lakaran, fungsi animasi dan kepelbagaian perwakilan. Kebanyakan kajian menekankan keupayaan alat TMK mevisualisasikan serta menggambarkan suatu kandungan matematik yang begitu abstrak memudahkan pelajar membina pemahaman konsep, idea, rumus atau fakta matematik dengan lebih bermakna sama ada dalam bentuk 2D atau 3D (Oktaviyanti & Supriani, 2015; Seloraji & Leong, 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019). Kajian juga mengatakan TMK sebagai alat lukisan menawarkan kesenangan kepada guru untuk menyediakan bahan penyampaian yang menarik dan berwarna-warni (Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019). Pelajar-pelajar pula dapat menghasilkan perwakilan idea matematik numerik, algebra atau geometri melalui lakaran grafik dan jadual (Kepceoğlu & Yavuz, 2016; Parrot & Leong, 2018). Selain itu, kajian juga mendapati bahawa fungsi animasi TMK membolehkan guru menjalankan aktiviti pengajaran yang lebih kreatif dan interaktif (Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016).

Ciri Ergonomik Fizikal

Hanya 3 kajian yang menerangkan ciri-ciri ergonomik fizikal penerapan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Kajian-kajian tersebut menunjukkan bahawa peralatan teknologi *touch screen* seperti tablet membenarkan pelajar menukar dan melaksanakan perintah berbeza semasa membuat tugas matematik dalam bilik darjah. Pada masa yang sama, kajian-kajian menegaskan penggunaan TMK memperkenalkan kemudahan interaksi melalui sentuhan multisensori dengan menggunakan jari tangan (Volk et al., 2017) tanpa memerlukan tetikus komputer (Ven et al., 2017) menyenangkan pelajar “*drag and swipe*” ketika melakukan pengiraan atau melakar grafik. Dalam pada itu, satu kajian menunjukkan bahawa tugas membuat lakaran grafik dan jadual dengan menggunakan tablet secara *touch screen* mempunyai ketepatan yang tinggi sama seperti membangunkan lakaran grafik dengan mengguna pakai pensel secara manual (Chen et al., 2017).

Ciri Ergonomik Pengurusan (*Organisational*)

Sebanyak 9 kajian yang menyelidik ciri-ciri ergonomik pengurusan penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Terdapat 2 kajian menghuraikan bahawa TMK merupakan aplikasi yang mesra pengguna kerana ia mudah digunakan (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat 2019) dan *setting* fungsi TMK boleh ditetapkan mengikut keperluan dan kesesuaian pengguna Zhang et al., 2015). Kajian-kajian turut mengenal pasti bahawa aplikasi TMK yang dapat diakses di mana-mana tempat dan pada bila-bila masa (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018; Oktaviyanti & Supriani, 2015) dengan pemilikan ciri mudah alih, ringan serta mudah dibawa (Volk et al., 2017) membolehkan maklumat dihantar dan dikongsi tanpa sekatan sempadan geografi. Lantaran itu, kajian telah membuktikan aplikasi TMK membenarkan pengemaskinian bahan pembelajaran dapat dilakukan dari semasa ke semasa (Oktaviyanti & Supriani, 2015). Bukan itu sahaja, kajian menunjukkan bahawa TMK mempunyai ciri pengurusan yang dapat memberi maklum balas segera dan menjejaki sejarah log masuk aplikasi TMK (Pitchford, Chigeda & Hubber, 2018; Zhang et al., 2015) kepada pengguna. Kajian juga mendapati bahawa bukan semua aplikasi TMK memerlukan pemasangan perisian tambahan untuk diterapkan dalam proses pengajaran dan pembelajaran matematik, contohnya permainan digital atas talian (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017).

PERBINCANGAN

Berdasarkan sorotan literatur bersistematik, kajian ini mengesakan bahawa penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik mempunyai impak yang amat positif terhadap perkembangan pelajar sama ada secara langsung atau secara tidak langsung. Sementara itu, pengaplikasian TMK mengenakan impak paling kuat dari domain kognitif pelajar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan TMK dapat mevisualisasikan dan mensimulasikan suatu konsep matematik yang abstrak melalui persembahan gambaran atau fungsi animasi yang menarik. Seterusnya, membolehkan pelajar membuat peralihan antara perwakilan yang berbeza dan membekalkan pengalaman pembelajaran interaktif kepada pelajar. Volk et al. (2017) juga menegaskan bahawa pengaplikasian TMK membantu para pelajar untuk belajar dan menemui kurikulum yang berbeza kandungan melalui gambar atau simulasi (Volk et al., 2017). Buktinya, dapatan kajian telah menunjukkan bahawa keupayaan peralatan TMK mevisualisasikan pengetahuan matematik konseptual yang kompleks (Oktaviyanti & Supriani, 2015; Zulnadi, Oktavika & Hidayat, 2019) membantu pelajar untuk menemui dan membina konsep matematik dengan bermakna (Seloraji & Leong, 2017) dan mengurangkan keadaan berlakunya masalah miskonsepsi (Zulnadi, Oktavika & Hidayat, 2019).

Dalam pada itu, dapatan kajian mendapati bahawa trend penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik menjurus kepada kewujudan aktiviti pembelajaran yang serupa dengan keadaan sebenar agar dapat menzahirkan “*real sense*” dalam kalangan pelajar khususnya bagi mendemonstrasikan kandungan maya matematik yang hampir tidak dapat dilihat dalam dunia nyata. Misalnya, perisian Geogebra dan Sketchpad digunakan untuk mempersembahkan perwakilan konsep matematik melalui lakaran grafik dan jadual (Mohammad Ahmad Alkhateeb & Ahmed Mohammad Al-Duwairi, 2019; Parrot & Leong, 2018) dengan tujuan membantu pelajar mengingat, menjelaskan dan menaakul konsep matematik dalam bentuk yang lebih kreatif (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018; Kepceoğlu & Yavuz, 2016). Selain itu, aplikasi *augmented reality* memberi kesempatan kepada pelajar agar belajar dalam persekitaran interaktif (Estapa & Nadolny, 2015) dengan merangsang pelajar berfikir aras tinggi (Volk et al., 2017) untuk mengaitkan pembelajaran matematik dengan pengalaman dalam kehidupan sebenar (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017; Oktaviyanti & Supriani, 2015; Volk et al., 2017; Zulnadi, Oktavika & Hidayat, 2019) seperti membalikkan duit syiling bagi memperkenalkan konsep kebarangkalian (Cai et al., 2019).

Kajian-kajian turut mendapati penerapan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran berjaya meningkatkan pemerolehan pengetahuan prosedural matematik pelajar. Alat bantu TMK yang mengandungi ciri-ciri membekalkan langkah dan panduan terperinci tentang operasi pengiraan mendorong pelajar menguasai setiap topik matematik yang diajar (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018; Zulnadi, Oktavika & Hidayat, 2019). Hasil kajian menyatakan bahawa TMK berfungsi untuk menyediakan latihan tubi dan latihan penyelesaian masalah (Oktavika & Hidayat, 2019) bagi mengukuhkan kefasihan dan kecekapan aritmetik pelajar (Ven et al., 2017). Antara dapatan kajian yang sangat menarik ialah pengintegrasian TMK mempunyai potensi meningkatkan pencapaian matematik para pelajar sehingga mengurangkan jurang perbezaan prestasi antara pelajar yang berkemampuan berlainan (Seloraji & Leong, 2017; Zulnadi, Oktavika & Hidayat, 2019; Zulnadi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016), antara pelajar lelaki dengan pelajar perempuan (Chang et al., 2015; Pitchford, Chigeda & Hubber, 2018; Seloraji & Leong, 2017), antara pelajar berkeperluan khas dengan pelajar biasa (Zhang et al., 2015), antara pelajar yang mempunyai keupayaan ruang (*spatial ability*) tinggi dengan yang rendah (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018) serta antara pelajar yang memiliki efikasi diri tinggi dengan yang rendah (Cai et al., 2018).

Penggunaan TMK bagi tujuan menjalankan aktiviti pengajaran dan pembelajaran matematik turut memberi impak terhadap pembentukan tingkah laku pelajar. Kemudahan akses terbuka tanpa sekatan faktor tempat dan masa (Jelatu, Sariyasa & Ardana, 2018; Oktaviyanti & Supriani, 2015) mempromosikan aplikasi TMK sebagai medium pembelajaran di luar waktu persekolahan. Kajian mencadangkan aplikasi TMK seperti media sosial dijadikan satu platform yang memberi peluang kepada pelajar, khususnya pelajar yang segan supaya berkomunikasi dengan guru atau rakan-rakan bagi mengkongsikan informasi tambahan dan mengemukakan sebarang pertanyaan berkaitan kemahiran matematik tanpa perasaan ketakutan (Jere, Jona & Lukose, 2019; Volk et al., 2017). Dalam pada itu, kajian juga mendapati keupayaan alat TMK memberi maklum balas segera (Pitchford, Chigeda &

Hubber, 2018; Ven et al., 2017; Zhang et al., 2015) membolehkan pelajar memyemak langkah penyelesaian masalah sama ada betul atau salah (Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019), kemudian membuat pembetulan tanpa perlu memakan masa menunggu giliran untuk mendapatkan bantuan dan bimbingan daripada guru. Tanpa disedari, mod pembelajaran individual secara berdikari diwujudkan di mana pelajar mengambil tanggungjawab dan kawalan terhadap pembelajaran sendiri mengikut kemampuan masing-masing (Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016).

Bukan itu sahaja, kajian-kajian mengesan perubahan tingkah laku pelajar yang belajar matematik dengan mengaplikasikan TMK melalui pemerhatian terhadap usaha yang dilakukan bagi mencapai hasil pembelajaran yang telah ditetapkan. Dalam kes tersebut, guru mendapat manfaat di mana TMK diguna sebagai alat penilaian alternatif bagi memantau kemajuan pelajar dan memahami skop kelemahan pelajar sedangkan aplikasi TMK mempunyai fungsi menjejaki kekerapan pelajar log masuk sistem TMK dan menilai prestasi pelajar secara atas talian (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017; Zhang et al., 2015). Di samping itu, kajian-kajian menunjukkan bahawa sifat peralatan TMK yang mudah alih, ringan serta mudah dibawa tanpa wayar membenarkan pelajar menukar postur badan mereka mengikut keselesaan dan peluang bergerak di sekitar kawasan kelas dan juga di luar kelas untuk melaksanakan kerja berpasukan dalam kalangan pelajar (Volk et al., 2017). Justeru itu, kajian mendapati pelajar menjadi lebih memberi tumpuan semasa mengadakan perbincangan secara mendalam dengan rakan-rakan dalam proses pembelajaran matematik bagi menyiapkan tugas tepat pada masa dan fenomena berlakunya perhatian beralih atau terganggu berkurangan (Chen et al., 2017).

Selain daripada impak dari domain kognitif, kajian-kajian lepas juga menunjukkan kecenderungan untuk menyelidik kesan pengajaran dan pembelajaran matematik berbantuan TMK dari domain emosi. Dapatan kajian menunjukkan bahawa pengaplikasian TMK mendorong pelajar menyemai perasaan serta emosi positif terhadap pembelajaran mata pelajaran matematik. Kajian-kajian mendapati pelajar berasa gembira dan seronok melibatkan diri dalam aktiviti pembelajaran matematik yang dijalankan dengan adanya aplikasi TMK sebagai alat bantu belajar (Jere, Jona & Lukose, 2019; Ven et al., 2017). Tambahan lagi, kajian-kajian menunjukkan penggunaan TMK dalam pembelajaran matematik menyemarakkan rasa ingin tahu pelajar (Cai et al., 2018). Apabila pelajar tidak lagi berasa bimbang, murung dan takut, sikap pelajar terhadap pembelajaran matematik juga mengalami perubahan. Dapatan kajian menunjukkan pelajar boleh menerima matematik sebagai salah satu subjek utama yang penting untuk dipelajari dan sudi belajar bersungguh-sungguh supaya menguasainya (Volk et al., 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019). Keadaan ini wujud disebabkan oleh ciri kefungsian TMK bagi menyediakan persekitaran maya serupa pengalaman sebenar dalam kehidupan seharian (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017; Oktaviyanti & Supriani, 2015; Volk et al., 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019) yang meningkatkan motivasi dan minat pelajar belajar (Cai et al., 2019; Chang et al., 2015; Estapa & Nadolny, 2015; Etcuban & Pantinople, 2018; Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017). Akhir sekali, aplikasi TMK, khasnya permainan digital boleh dijadikan sebagai alat pemberian peneguhan atau ganjaran kepada pelajar agar menyumbang penglibatan yang aktif semasa belajar matematik dengan menawarkan fungsi untuk mengintegrasikan elemen bunyi dan animasi yang menarik (Mavridis, Katmada & Tsiatsos, 2017; Pitchford, Chigeda & Hubber, 2018; Ven et al., 2017; Volk et al., 2017).

KESIMPULAN

Sorotan literatur bersistematik ini dibuat bertujuan untuk meninjau isu berkaitan dengan impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Berdasarkan hasil analisis 20 buah kajian lepas terpilih dalam kajian ini, kesimpulan yang boleh dibuat ialah penggunaan TMK memberi impak yang positif terhadap pengajaran dan pembelajaran matematik pelajar dari aspek perkembangan kognitif, tingkah laku dan emosi. Hal ini bermaksud penerapan TMK dalam pembelajaran dapat membantu pelajar memahami konsep dan menguasai kemahiran berkenaan matematik, menggalakkan pelajar supaya berani bertanya dan berkomunikasi untuk mendapatkan bimbingan dalam proses penerokaan ilmu matematik serta memengikis sikap dan perasaan negatif pelajar terhadap subjek

matematik. Dapatan kajian menunjukkan pengkaji-pengkaji lebih prihatin terhadap impak penggunaan TMK dalam pengajaran dan pembelajaran matematik dari domain kognitif dan afektif. Sehubungan dengan itu, dicadangkan agar kajian lanjutan boleh dijalankan dengan mengutamakan impak penggunaan TMK terhadap perkembangan tingkah laku pelajar dalam aktiviti pengajaran dan pembelajaran matematik.

Dapatan kajian menunjukkan bahawa pengintegrasian TMK dalam aktiviti pengajaran dan pembelajaran dapat meningkatkan pencapaian matematik pelajar, seterusnya mengurangkan jurang perbezaan kemampuan antara pelajar yang berkebolehan tinggi, sederhana dan lemah (Seloraji & Leong, 2017; Zulnaidi, Oktavika & Hidayat, 2019; Zulnaidi & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri, 2016), antara pelajar lelaki dengan pelajar perempuan (Chang et al., 2015; Pitchford, Chigeda & Hubber, 2018; Seloraji & Leong, 2017) dan antara pelajar berkeperluan khas dengan pelajar biasa (Zhang et al., 2015). Oleh itu, kajian lanjutan harus dilakukan bagi meneliti faktor TMK yang memberi impak kepada peningkatan pencapaian pelajar. Hal ini demikian kerana kesukaran yang dihadapi oleh pelajar-pelajar dalam pembelajaran matematik selama ini berkemungkinan dapat diatasi jika faktor-faktor yang menyebabkan penggunaan TMK memberi implikasi positif terhadap perkembangan pelajar dapat dikenal pasti. Tahap kesediaan dan penerimaan pelajar terhadap pengaplikasian TMK dalam pembelajaran matematik turut boleh diselidik. Hal ini disebabkan oleh keputusan kajian mengenai impak penggunaan TMK akan terjejas jika pelajar yang biasa mengikuti pembelajaran tradisional sepanjang masa ini belum bersedia untuk menerima kaedah pengajaran berasaskan teknologi.

Seperti yang dimaklumkan di bahagian pengenalan, kajian ini juga mengkaji ciri-ciri aplikasi TMK yang mempengaruhi penggunaannya dalam pengajaran dan pembelajaran matematik dengan mempertimbangkan tiga ergonomik, iaitu kognitif, fizikal dan pengurusan. Secara keseluruhannya, hasil kajian mendapati bahawa peralatan TMK mengandungi sifat kefungsiannya mevisualisasikan konsep matematik yang abstrak, membuat lakaran, animasi, perwakilan data dalam bentuk jadual ataupun grafik, sentuhan multisensori dengan menggunakan jari tangan tanpa memerlukan tetikus komputer, mudah untuk diguna serta mudah dibawa, dapat memberi maklum balas segera, menjejaki sejarah log masuk aplikasi pengguna dan sebagainya. Perkara ini menunjukkan bahawa penggunaan TMK merupakan strategi pengajaran baru yang berkesan untuk menghasilkan kegiatan pengajaran dan pembelajaran matematik yang berkualiti. Jadi, guru-guru digalakkan menyertai seminar, bengkel dan persidangan untuk mengemas kini strategi pengajaran mereka agar menjadi lebih inovatif dalam usaha mewujudkan pembelajaran yang bermanfaat dan menyeronokkan (Etcuban & Pantinople, 2018). Kajian akan datang boleh dilakukan dengan mengkaji kesediaan, kompetensi dan kecekapan guru matematik menguruskan pengajaran berbantuan TMK.

Kesemua kajian-kajian lepas yang dikaji dalam kajian ini memilih pelajar sekolah rendah dan sekolah menengah sebagai responden. Maka, kajian baru juga boleh dijalankan dengan memberi fokus kepada golongan guru sedangkan guru bertanggungjawab untuk menyampaikan ilmu pengetahuan kepada pelajar. Topik kajian yang dicadangkan ialah cabaran guru matematik dalam pengaplikasian pendekatan pengajaran berasaskan TMK. Akhir kata, diharapkan kajian-kajian lanjutan yang disebut dalam kajian ini boleh dilaksanakan dalam konteks bidang pendidikan matematik di negara kita.

RUJUKAN

- Annajmi. (2016). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematik Siswa SMP Melalui Metode Penemuan Terbimbing Berbantuan Software Geogebra. *Journal of Mathematics Education and Science*, 2(1), 1–10.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Cai, S., Liu, E. R., Shen, Y., Liu, C. H. Li, S. H., & Shen, Y. H. (2019). Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 560-573. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696839>

- Cai, S., Liu, E. R., Yang, Y., & Liang, J. C. (2018). Tablet-based ar technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 0(0), 1-16. <http://doi:10.1111/bjet.12718>
- Chang, M. D., Evans, M. A., Kim, S. H., Norton, A., Deckard, K. D., & amur, Y. (2015). The effects of an educational video game on mathematical engagement. *Education and Information Technologies*, 21(5), 1283-1297. <http://doi: 10.1007/s10639-015-9382-8>
- Chen, C. H., Chiu, C. H., Lin, C. P., & Chou, Y. C. (2017). Students' attention when using touchscreens and pen tablets in a mathematics classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 16, 91-106.
- Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The effect of an augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM Education*, 16(3), 40-48.
- Etcuban, J. O., & Pantinople, L. D. (2018). The effects of mobile application in teaching high school mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 249-259.
- Ghavifekr, S., & Mohammed Sani. (2015). Effectiveness of ICT integration in Malaysian schools: A quantitative analysis. *International Research Journal for Quality in Education*, 2(8), 1-12.
- Gnanasagaran, D., & Abdul Halim Amat @ Kamaruddin. (2019). The effectiveness of mobile learning in the teaching and learning of probability. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 9(2), 9-15.
- Hsin, C. T., Li, M. C., & Tsai, C. C. (2014). The influence of young children's use of technology on their learning: A review. *Educational Technology & Society*, 17(4), 85-99.
- Hutkemri Zulnaidi, & Sharifah Norul Akmar Syed Zamri. (2017). The Effectiveness of the GeoGebra Software: The Intermediary Role of Procedural Knowledge On Students' Conceptual Knowledge and Their Achievement in Mathematics. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(6), 2155-2180.
- Jelatu, S., Sariyasa., & Ardana, I. M. (2018). Effect of geogebra-aided react strategy on understanding of geometry concepts. *International Journal of Instruction*, 11(4), 325-336.
- Jere, N. R., Jona, W., & Lukose, J. M. (2019). Effectiveness of using whatsapp for grade 12 learners in teaching mathematics in south africa. *IST-Africa 2019 Conference Proceedings* (pp. 1-12).
- Kaware, S. S., & Sain, S. K. (2015). Ict application in education: An overview. *International Journal of Multidisciplinary Approach and Studies*, 2, 25-32.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2016). *Kurikulum Standard Sekolah Rendah: Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran Matematik Tahun 2*. Putrajaya: Kementerian Pendidikan Malaysia.
- Kepceoglu, I., & Yavuz, I. (2016). Teaching a concept with GeoGebra: Periodicity of trigonometric functions. *Education Research and Reviews*, 11(8), 573-581.
- Mavridis, A., Katmada, A., & Tsiatsos, T. I. (2017). Impact of online flexible games on students' attitude towards mathematics. *Education Technology Research and Development*, 65(6), 1451-1470.
- Mohammad Ahmad Alkhateeb, & Ahmed Mohammad Al-Duwairi. (2019). The effect of using mobile applications (geogebra and sketchpad) on the students' achievement. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 14(3), 523-533.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62, 1006-1012. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005>
- Nur Afifah Zakaria, & Fariza Khalid. (2016). The benefits and constraints of the use of information and communication technology (ict) in teaching mathematics. *Creative Education*, 7, 1537-1544.
- OECD. (2016). *PISA 2015 results (volume I): Excellence and equity in education*. Paris: PISA, OECD Publishing.
- Oktaviyanthi, R., & Supriani, Y. (2015). Experimental design: Utilizing microsoft mathematics in teaching & learning calculus. *Journal of Education and Practice*, 6(25), 75-84.
- Papadakis, S. (2018). The use of computer games in classroom environment. *International Journal of Teaching and Case Studies*, 9(1), 1-25.
- Parrot, M. A. S. & Leong, K. E. (2018). Impact of using graphing calculator in problem solving. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 139-148.
- Pitchford, N. J., Chigeda, A., & Hubber, P. J. (2018). Interactive apps prevent gender discrepancies in early-grade mathematics in a low-income country in sub-Saharan Africa. *Developmental Science*, 22(5), 1-14.
- Seloraji, P., & Leong, K. E. (2017). Students' Performance in Geometrical Reflection Using GeoGebra. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 5(1), 65-77.
- Stoet, G., & Geary, D. C. (2013). Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: Within-and across-nation assessment of 10 years of PISA data. *PLoS ONE*, 8(3), 1-10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057988>
- UNESCO. (2015). *Gender and education for all 2000–2015: Achievements and challenges*. Paris: UNESCO.
- Urmadin, Y. (2017). *Menjadi Orang Tua dari Generasi Alpha*. Retrieved from http://www.familyguideindonesia.com/assets/widget/file/FG_44_Calameo.pdf



- Ven, F. V. D., Segers, E., Takashima, A., & Verhoeven, L. (2017). Effects of a tablet game intervention on simple addition and subtraction fluency in first graders. *Computers in Human Behavior*, 72(2017), 200-207.
- Volk, M., Cotič, M. Zajc, M., & Starcic, A. I. 2017. Tablet-based cross-curricular maths vs. traditional maths classroom practice for higher-order learning outcomes. *Computers in Human Behavior*, 114(2017), 1-23.
- Zhang, M. L., Trussell, R. P., Gallegos, B., & Asam, R. (2015). Using math apps for improving student learning: An exploratory study in an inclusive fourth grade classroom. *TechTrends*, 59(2), 32-39.
- Zulnaidi, H., Oktavika, E., & Hidayat, R. (2019). Effects of use of geoGebra on achievement of high school mathematics students. *Education and Information Technologies*, 25(1), 51-72.
<https://doi.org/10.1007/s10639-019-09899-y>

