

The Effects of Inquiry-Based Learning Environment with Augmented Reality Integration on Spatial Reasoning for Topic of Space

Kesan Persekitaran Pembelajaran Berasaskan Inkuiri dengan Integrasi Realiti Terimbuhan terhadap Penaakulan Spatial bagi Tajuk Ruang

Khairuddin Abd Rahman^a, Noor Dayana Abd Halim^{b*}

^aJabatan Pendidikan Negeri Johor, 80604 Johor Bahru, Johor, Malaysia

^bSekolah Pendidikan, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 UTM Johor Bahru, Johor, Malaysia

*Corresponding author: noordayana@utm.my

Article history: Received: 10 December 2023 Received in revised form: 15 July 2024 Accepted: 20 July 2024 Published online: 31 August 2024

Abstract

Students' mastery of the topic of Space in the field of Geometry is also influenced by their spatial reasoning. The use of technology such as augmented reality applications is necessary in assisting students in develop these skills through its ability to display real objects virtually that can be manipulated freely. However, the effectiveness of integrating augmented reality applications requires the implementation of suitable teaching strategies. This is because learning involving difficult concepts requires students not only to receive information directly but also to actively engage in learning activities to generate knowledge and skills. Therefore, this study aims to design an inquiry-based learning environment with the integration of augmented reality and examine its effects on students' spatial reasoning for the topic of Space in Year Three Mathematics. This study used a pre-experimental quantitative research design involving 25 Year Three students. The purposive sampling method was used to select the school as the location of the study and convenience sampling was used to select students as the study respondents. Pre-tests and post-tests were used to measure students' spatial reasoning after the intervention. The results of the descriptive analysis show that there is an increase in the mean score of 6.16 for students' spatial reasoning. The results of the inferential analysis also prove that there is a significant difference in the mean score (Asymp. Sig. (2-tailed) <0.001) between the pre-test and the post-test on students' spatial reasoning. Therefore, the results of this study have had a positive effect on students' spatial reasoning. In conclusion, this study is expected to encourage teachers to apply 21st-century learning strategies along with the integration of appropriate technology tools to design a learning environment of Mathematics learning among primary school students.

Keywords: Inquiry-based learning, 5E instructional model, augmented reality, spatial reasoning, Mathematics, Geometry, and topic of Space

Abstrak

Penguasaan murid bagi tajuk Ruang dalam bidang Geometri turut dipengaruhi oleh penaakulan spatial mereka. Penggunaan teknologi seperti aplikasi realiti terimbuhan diperlukan dalam membantu murid mengembangkan kemahiran tersebut melalui kemampuannya dalam memaparkan objek sebenar secara maya yang boleh dimanipulasikan secara bebas. Akan tetapi, keberkesanan pengintegrasian aplikasi realiti terimbuhan memerlukan penerapan strategi pengajaran yang bersesuaian. Ini kerana, pembelajaran yang melibatkan konsep yang sukar memerlukan murid bukan sekadar menerima maklumat secara terus akan tetapi murid perlu terlibat secara aktif dalam aktiviti pembelajaran bagi menjana pengetahuan dan kemahiran mereka. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk mereka bentuk persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhan dan mengkaji kesannya terhadap penaakulan spatial murid bagi tajuk Ruang dalam mata pelajaran Matematik Tahun Tiga. Kajian ini menggunakan reka bentuk kajian kuantitatif pra-eksperimen yang melibatkan 25 orang murid Tahun Tiga. Kaedah persampelan bertujuan telah digunakan untuk memilih sekolah sebagai lokasi kajian dan persampelan secara kebetulan digunakan untuk memilih murid sebagai responden kajian. Ujian pra dan ujian pasca digunakan bagi mengukur penaakulan spatial murid selepas intervensi dijalankan. Hasil analisis deskriptif menunjukkan terdapat peningkatan min markah sebanyak 6.16 bagi penaakulan spatial murid. Hasil analisis inferensi juga membuktikan terdapat perbezaan yang signifikan min markah (Asymp. Sig. (2-tailed) <0.001) di antara ujian pra dan ujian pasca terhadap penaakulan spatial murid. Oleh itu, hasil kajian ini telah memberikan kesan yang positif terhadap penaakulan spatial murid. Kesimpulannya, kajian ini diharap dapat menggalakkan guru untuk menerapkan strategi pembelajaran abad ke-21 bersama pengintegrasian alat teknologi yang bersesuaian bagi merangka persekitaran pembelajaran Matematik dalam kalangan murid sekolah rendah.

Kata kunci: Pembelajaran berasaskan inkuiri, model pembelajaran 5E, realiti terimbuhan, penaakulan spatial, Matematik, Geometri, dan tajuk Ruang

© 2024 Penerbit UTM Press. All rights reserved

■1.0 PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan pesat dunia pendidikan, Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) sentiasa berusaha untuk memacu kualiti pendidikan negara dengan pelbagai hala tuju dan dasar yang menjadi tunjang kepada pelaksanaan pendidikan. Ini boleh dilihat dari inisiatif KPM melalui Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013 - 2025 dengan melaksanakan pembelajaran abad ke-21 (PAK-21). PAK-21 amat berkait rapat dengan perkembangan teknologi dalam amalan pendidikan di sekolah (Mantihal dan Maat, 2020). Bahkan, peluang untuk penguasaan murid terhadap kemahiran abad ke-21 seperti kemahiran mencari maklumat, kemahiran kolaborasi dan pembelajaran akses sendiri dapat ditawarkan melalui pengintegrasian teknologi (Rusdin dan Ali, 2019).

Di Malaysia, KPM telah mula mengintegrasikan teknologi seperti aplikasi realiti terimbu sebagai elemen nilai tambah dalam buku teks sekolah (Nordin dan Daud, 2020). Pelbagai program dan pertandingan pembangunan aplikasi realiti terimbu turut dianjurkan dalam kalangan warga pendidik bagi menggalakkan penggunaan bahan interaktif ini untuk tujuan pembelajaran. Penggunaan realiti terimbu dapat membantu guru menyampaikan kandungan pembelajaran dengan lebih berkesan dari segi fizikal, kognitif dan kontekstual (Wei et al., 2021). Ini kerana realiti terimbu membolehkan murid 'melihat' persekitaran sedia ada dengan pertindihan kandungan pembelajaran digital (Ahmad dan Junaini, 2020). Bagi memastikan keberkesannya, penggunaan teknologi seperti realiti terimbu haruslah dipadankan bersama strategi pembelajaran yang baik (Chao dan Chang, 2018).

Pendekatan pembelajaran berasaskan inkuiri merupakan kaedah pembelajaran yang menggalakkan penglibatan aktif dan pembelajaran sendiri murid (Jumaat dan Saupian, 2022). Pendekatan pembelajaran ini menekankan kepada murid membina pengetahuan sendiri melalui kaedah penerokaan dan penyiasatan berdasarkan pengetahuan sedia ada mereka. Justeru itu, ianya akan dapat mewujudkan persekitaran pembelajaran yang mendorong murid belajar melalui penemuan dan bukan hanya menerima arahan dari guru (Kamaruddin dan Mohd Tahir, 2022). Murid diberikan peluang untuk mencari dan mengumpul maklumat, membentuk persoalan, menganalisis dan membina konsep, membuat menghipotesis dan inferens, serta menjana kaedah penyelesaian melalui proses yang sistematik bagi mengasah pemahaman dan kemahiran penaakulan murid terhadap masalah (Jerry dan Jamaludin, 2021).

Sejak tahun 2011, kemahiran menaakul telah mula diberikan penekanan dalam Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) bersama kemahiran membaca, menulis dan mengira yang dikenali sebagai kemahiran 4M bermula dari murid Tahun Satu. Penguasaan kemahiran menaakul dapat melahirkan murid yang boleh menyatakan sebab dan akibat serta memberikan rasional yang logik dalam menyelesaikan sesuatu masalah (Jamel et al., 2022). Elemen kemahiran menaakul dalam pengajaran dan pembelajaran Matematik penting bagi mengelakkan tanggapan murid bahawa Matematik hanyalah sebagai satu set prosedur yang perlu diikuti untuk mendapatkan penyelesaian (KPM, 2017). Terdapat pelbagai jenis kemahiran menaakul yang lazimnya perlu dikuasai oleh murid iaitu penaakulan logikal, penaakulan verbal, penaakulan numerikal, penaakulan abstrak dan juga penaakulan spatial (KPM, 2012).

■2.0 LATAR BELAKANG MASALAH

Pada masa kini, warga pendidik menghadapi cabaran untuk mengaplikasikan teknologi yang lebih sesuai dan terkini memandangkan golongan murid sekolah rendah yang terdiri daripada generasi Alpha banyak terdedah kepada penggunaan alat peranti teknologi dalam kehidupan (Yusof et al., 2021). Perkembangan teknologi yang pesat mendorong kepada perubahan penerimaan murid dalam proses pembelajaran mereka (Ching et al., 2020). Menurut Ponnors dan Piller (2020), murid kini lebih cenderung kepada pengalaman teknologi yang bersifat interaktif dan 'immersive'. Menurutny lagi, penggunaan bahan pengajaran dalam bentuk slaid Power Point dan menggelarkannya sebagai integrasi teknologi dalam bilik darjah sudah tidak relevan. Maka, perlunya penerapan teknologi yang lebih terkini dalam mewujudkan persekitaran pembelajaran yang interaktif dan aktif.

Lantaran itu, penggunaan teknologi seperti aplikasi realiti terimbu amat sesuai diterapkan dalam pengajaran dan pembelajaran. Menurut Chao dan Chang (2018), realiti terimbu yang diterapkan dalam persekitaran pembelajaran dapat menggalakkan penglibatan aktif murid, memperkukuhkan kemahiran penyelesaian masalah dan menjadikan pembelajaran lebih bermakna. Walau bagaimanapun, teknologi tersebut perlu digabung jalin dengan strategi pengajaran yang baik bagi membantu pembelajaran murid. Menurut Rusdin dan Ali (2019), pengintegrasian teknologi yang bertepatan dengan kaedah pedagogi merupakan faktor utama dalam mempermudah dan menyokong kemajuan murid dalam PAK-21. Antara strategi pengajaran yang menyokong PAK-21 adalah pembelajaran berasaskan projek, pembelajaran berasaskan masalah dan pembelajaran berasaskan inkuiri (Sahrir et al., 2020).

Pembelajaran berasaskan inkuiri memberi peluang kepada murid untuk menjalankan penyiasatan berhubung konsep pembelajaran dan seterusnya menjana ramalan dan rumusan berdasarkan dapatan yang diperoleh di mana guru bertindak sebagai pembimbing dan penggalak dalam proses pembelajaran (Korkmaz dan Yilmaz, 2022). Namun menurut Susilo et al. (2018), antara cabaran dalam pelaksanaan pembelajaran berasaskan inkuiri adalah menyelesaikan masalah berdasarkan andaian yang diperoleh murid. Ini menyebabkan guru perlu menggunakan alat media dan teknologi bagi membantu mereka memberikan penerangan dan penjelasan kepada murid dengan lebih mudah. Menurut Che Mohd Sukri dan Abdul Rahman (2022), bantuan visual diperlukan bagi membantu murid memahami konsep pembelajaran dengan lebih berkesan. Oleh itu, ciri-ciri yang terdapat pada realiti terimbu mempunyai kelebihan dalam membantu murid belajar dengan lebih baik berdasarkan kemampuannya dalam memvisualisasi sesuatu idea yang abstrak (Virata dan Castro, 2019).

Dalam sistem pendidikan Malaysia, penguasaan murid amat dititikberatkan terutamanya dalam Matematik yang merupakan mata pelajaran teras di sekolah (Chuen dan Rosli, 2021). Namun berdasarkan Laporan Kebangsaan *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) 2019 yang dikeluarkan oleh KPM (2020), domain kandungan Geometri mencatatkan skor 466 yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan negara jiran Singapura yang mencatatkan skor 619. Disokong dengan kajian oleh Nadzeri et al. (2022), seramai lebih 75.9% murid Tahun Dua merasakan sukar untuk memahami pembelajaran Geometri bagi tajuk Ruang. Penguasaan murid dalam Geometri di Tahap Satu akan memberikan kesan kepada pencapaian mereka di Tahap Dua dan seterusnya yang memerlukan penguasaan kemahiran dan pengetahuan yang lebih tinggi. Menurut Ma'Rifatin et al. (2019), salah satu punca murid tidak menguasai tajuk berkaitan Geometri adalah disebabkan oleh kemahiran penaakulan spatial yang lemah.

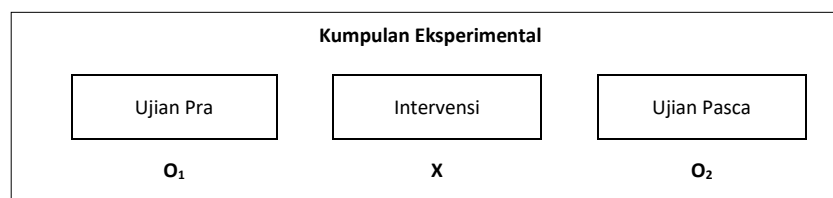
Penaakulan spatial merupakan salah satu daripada pelbagai jenis kemahiran menaakul yang perlu dikuasai oleh murid (KPM, 2012). Menurut Anggraini et al. (2020), penaakulan spatial merupakan kemahiran yang amat penting dalam Matematik yang berkaitan dengan konsep ruang dalam bidang Geometri. Ia membolehkan murid memahami dan membuat pertimbangan secara logik tentang hubungan antara objek dalam bentuk dua atau tiga dimensi (Han et al., 2020). Menurut Ramful et al. (2017), terdapat tiga konstruk asas dalam penaakulan spatial iaitu rotasi mental, orientasi spatial dan visualisasi spatial.

Rotasi mental merupakan satu proses kognitif yang memerlukan murid untuk menggambarkan secara mental bentuk dua dimensi atau tiga dimensi setelah ianya diputarkan pada suatu sudut tertentu (Fowler et al., 2021). Menurut Harris (2021), rotasi mental dapat menyediakan model mental yang membantu murid dalam mengkaji sifat Geometri sesuatu objek. Berbeza dengan konstruk rotasi mental, konstruk orientasi spatial lebih melibatkan kepada perubahan pada kedudukan dan perspektif murid. Menurut Ramful et al. (2017), orientasi spatial adalah keupayaan murid untuk membayangkan rupa objek dari perspektif yang berbeza. Kemampuan dalam menggambarkan bentuk dan mengetahui keseluruhan bahagian bentuk ini dapat membantu murid memahami konsep tiga dimensi dengan lebih baik (Winarti, 2018). Manakala, konstruk visualisasi spatial digunakan untuk mengecam, memanipulasi dan mentransformasikan bentuk tiga dimensi (Phon et al., 2019). Konstruk ini melibatkan keupayaan murid untuk mengubah secara mental sifat objek itu sendiri (Lowrie et al., 2018). Menurut Novitasari et al. (2021), murid menggunakan kemahiran visualisasi spatial apabila menukarkan bentuk tiga dimensi kepada dua dimensi dan sebaliknya.

Kemahiran penaakulan spatial yang tinggi dapat membantu murid untuk menyelesaikan masalah berkaitan Geometri (Ma'Rifatin et al., 2019) dan seterusnya akan mempamerkan penguasaan lebih baik dalam Matematik (Lowrie et al., 2021). Namun, kurangnya penekanan terhadap penaakulan spatial ini sejak dari peringkat awal akan memberikan kesan terhadap murid apabila mereka meningkat dewasa kelak. Yilmaz (2022) dalam kajian tinjauannya telah menemui bahawa tahap penaakulan spatial dalam kalangan pelajar di sekolah menengah masih berada di paras sederhana. Malah kajian oleh Septia et al. (2019) turut mendapati terdapat pelajar yang telah memasuki alam pengajian tinggi mempunyai tahap penaakulan spatial yang rendah serta memerlukan bimbingan berperingkat untuk meningkatkan kemahiran tersebut. Justeru itu, Rich dan Brendefur (2019) berpendapat bahawa pembentukan kemahiran penaakulan spatial seharusnya menjadi fokus dalam pendidikan terutamanya di tahap sekolah rendah. Menurut Woolcott et al. (2022), kemahiran penaakulan spatial ini sangat mudah dibentuk melalui pengalaman dan boleh diperbaiki melalui latihan. Disokong oleh Wulandari (2022), pembelajaran dalam bilik darjah yang melibatkan aktiviti spatial mampu mempengaruhi penaakulan spatial murid. Selain itu, Pangestu et al. (2020) dalam kajiannya turut mendapati penggunaan teknologi seperti aplikasi realiti terimbu dalam pembelajaran dapat memberikan kesan terhadap penaakulan spatial murid. Walau bagaimanapun, kajian melibatkan penaakulan spatial bersama integrasi teknologi didapati masih kurang dijalankan di persekitaran pembelajaran di Malaysia. Oleh itu, kajian ini bertujuan mereka bentuk persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri melalui pengintegrasian realiti terimbu. Seterusnya, kajian ini mengkaji kesannya terhadap penaakulan spatial murid bagi tajuk Ruang dalam mata pelajaran Matematik di sekolah rendah.

3.0 METODOLOGI KAJIAN

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif di mana data kajian akan dikumpulkan dalam bentuk numerik. Menurut Kumar (2010), penyelidikan kuantitatif adalah khusus, lebih tersusun, telah diuji kesahan dan kebolehpercayaannya, dan boleh ditakrifkan secara eksplisit. Reka bentuk Ujian Pra dan Ujian Pasca Satu Kumpulan atau *One-Group Pretest - Posttest Design* telah digunakan di mana skor sebelum dan selepas intervensi di kumpul dan dibandingkan bagi mengukur sejauh mana kesan intervensi tersebut terhadap pemboleh ubah yang telah ditetapkan (Creswell, 2009). Menurut Privitera dan Ahlgrim-Delzell (2018), reka bentuk Ujian Pra dan Ujian Pasca Satu Kumpulan mempunyai kelebihan dalam membandingkan markah sebelum dan selepas rawatan berdasarkan ukuran yang sama dalam kalangan sampel kajian yang sama. Rajah 1 menunjukkan reka bentuk ujian pra eksperimental yang digunakan.



Rajah 1 Reka bentuk Ujian Pra dan Ujian Pasca Satu Kumpulan

Reka bentuk kajian ini digunakan untuk mengukur kesan pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbu terhadap penaakulan spatial murid. Ujian pra dilaksanakan sebelum intervensi pembelajaran dijalankan bagi mengukur penaakulan spatial sedia ada murid. Seterusnya, ujian pasca dilaksanakan selepas intervensi pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbu selesai dilaksanakan dalam bilik darjah. Skor penaakulan spatial murid selepas intervensi ini dikumpulkan dan dibandingkan dengan skor pada ujian pra. Jadual 1 menunjukkan ringkasan prosedur kajian yang telah dilaksanakan. Pendekatan pembelajaran secara inkuiri dengan integrasi realiti terimbu telah di jalankan pada Fasa 4 dan ianya di implementasi selama empat minggu.

Jadual 1 Ringkasan prosedur kajian

Fasa	Aktiviti	Keterangan
Fasa 1	Mereka bentuk persekitaran pembelajaran inkuiri	Penyelidik menjalankan analisis awal bagi mengenal pasti masalah, keperluan dan pengetahuan sedia ada murid bagi menentukan objektif dan bahan pembelajaran. Seterusnya, penyelidik memilih dua aplikasi realiti terimbuah iaitu '2D Shapes AR' dan '3D Shapes AR' sebagai bahan bantu belajar. Penyelidik mereka bentuk persekitaran pembelajaran berdasarkan lima fasa dalam pembelajaran berasaskan inkuiri iaitu penglibatan, penerokaan, penerangan, pengembangan dan penilaian.
Fasa 2	Membangunkan instrumen	Penyelidik membina satu set soalan Ujian Penaakulan Spatial yang merangkumi soalan berbentuk objektif yang disesuaikan dengan tajuk Ruang Matematik Tahun Tiga.
Fasa 3	Melaksanakan kajian rintis	Penyelidik telah memilih pakar dari kalangan guru dan pensyarah berpengalaman untuk membuat kesahan kandungan dan menjalankan ujian kebolehppercayaan terhadap 10 orang murid yang berbeza dari sampel sebenar tetapi mempunyai ciri yang sama dengan sampel sebenar.
Fasa 4	Menjalankan intervensi	Penyelidik menjalankan intervensi kajian yang meliputi tiga peringkat; iaitu ujian pra, pelaksanaan persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuah dan diakhiri dengan ujian pasca.
Fasa 5	Menganalisis data	Penyelidik telah melaksanakan dua jenis analisis iaitu analisis deskriptif dan analisis inferensi berdasarkan data yang diperolehi daripada ujian pra dan ujian pasca yang dianalisis menggunakan perisian <i>Statistical Package for Social Sciences</i> (SPSS) versi 27.

Dalam kajian ini, penyelidik menggunakan dua kaedah persampelan iaitu persampelan bertujuan (*purposive sampling*) bagi membuat pemilihan sekolah sebagai lokasi utama kajian dan persampelan mudah (*convenience sampling*) bagi membuat pemilihan responden dalam kalangan murid. Kajian ini dijalankan di sebuah sekolah dalam daerah Pasir Gudang kerana sekolah berkenaan mempunyai kemudahan teknologi maklumat dan komunikasi yang baik bagi membolehkan pembelajaran menggunakan aplikasi realiti terimbuah dapat dilaksanakan dengan lancar. Seramai 25 orang murid Tahun Tiga dari satu kelas pertengahan dari sekolah berkenaan dipilih untuk terlibat dalam intervensi pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuah mengikut lima fasa Model Pembelajaran Inkuiri 5E.

3.1 Instrumen Ujian Penaakulan Spatial

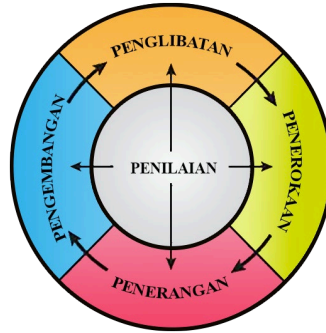
Instrumen Ujian Penaakulan Spatial telah dibangunkan untuk mengukur kemahiran penaakulan spatial murid. Instrumen ini diadaptasi daripada *Spatial Reasoning Instrument* (SRI) oleh Ramful et al. (2017) yang berkaitan dengan konsep Matematik terutamanya bidang Geometri yang berasaskan dari kurikulum di kebanyakan negara di dunia. Soalan dalam instrumen ini diubahsuai dan disesuaikan mengikut tajuk Ruang berdasarkan Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Matematik Tahun Tiga, Kementerian Pelajaran Malaysia. Jenis soalan adalah berbentuk objektif dengan aneka pilihan jawapan yang mengandungi 30 soalan untuk dijawab dalam tempoh masa 45 minit yang melibatkan tiga konstruk penaakulan spatial iaitu rotasi mental, orientasi spatial dan visualisasi spatial.

Kajian rintis telah dilaksanakan bagi mendapatkan kesahan dan kebolehppercayaan terhadap instrumen tersebut. Kesahan bagi instrumen Ujian Penaakulan Spatial telah dijalankan oleh seorang guru pakar yang mempunyai pengalaman selama 28 tahun dalam bidang Matematik. Selain itu, kesahan juga di peroleh dari seorang pensyarah yang berpengalaman selama 21 tahun serta mempunyai kepakaran dalam bidang Kontinum Pemikiran Visual. Kemudian, ujian kebolehppercayaan telah dijalankan menggunakan kaedah uji-ulang uji (*test retest*) terhadap 10 orang responden yang berbeza dari sampel sebenar. Nilai Cronbach Alpha yang diperolehi bagi Ujian Penaakulan Spatial adalah 0.937. Menurut Cohen et al. (2018), nilai yang melebihi 0.70 menunjukkan bahawa instrumen tersebut diterima dan dipercayai untuk digunakan.

3.2 Reka Bentuk Persekitaran Pembelajaran Berasaskan Inkuiri dengan Integrasi Realiti Terimbuah bagi Tajuk Ruang dalam Mata Pelajaran Matematik Tahun Tiga

Tujuan utama kajian ini adalah untuk mereka bentuk persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuah bagi tajuk Ruang dalam mata pelajaran Matematik Tahun Tiga. Sebelum persekitaran pembelajaran di reka bentuk, analisis awal telah dijalankan terhadap murid Tahun Tiga yang dipilih untuk mengenal pasti masalah dan pengetahuan sedia ada murid bagi tajuk Ruang yang bertujuan untuk menentukan objektif pembelajaran pada setiap minggu. Keperluan dan kesediaan murid dari segi penggunaan alat teknologi dan kemudahan bilik darjah turut dianalisis bagi menetapkan bahan pembelajaran yang bersesuaian.

Persekitaran pembelajaran dalam kajian ini menggunakan salah satu model pembelajaran berasaskan inkuiri iaitu Model Pembelajaran 5E yang diasaskan oleh Bybee et al. (2006). Terdapat lima fasa dalam Model Pembelajaran Inkuiri 5E iaitu penglibatan, penerokaan, penerangan, pengembangan dan penilaian. Model ini dipilih kerana ianya sesuai untuk diterapkan kepada semua mata pelajaran dalam kurikulum Malaysia (KPM, 2016), termasuklah dalam mata pelajaran Matematik di sekolah rendah. Rajah 2 menunjukkan fasa – fasa yang terdapat dalam Model Pembelajaran Inkuiri 5E.



Rajah 2 Model Pembelajaran Inkuiri 5E oleh Bybee et al. (2006)

Lima fasa pembelajaran yang terdapat dalam Model Pembelajaran Inkuiri 5E ini dijalankan dengan pembelajaran tajuk Ruang berdasarkan silibus mata pelajaran Matematik Tahun Tiga yang merangkumi empat Standard Kandungan iaitu prisma, prisma dan bukan prisma, poligon sekata dan paksi simetri. Sebagai tambahan, penyelidik turut menggunakan dua aplikasi realiti terimbuh berasaskan penanda atau 'marker' iaitu '2D Shapes AR' dan '3D Shapes AR' yang dibina oleh Zakeya Maki Helal dan boleh dimuat turun dari *Google Play Store* dalam menyampaikan kandungan pembelajaran tajuk Ruang kepada murid Tahun Tiga. Aplikasi '2D Shapes AR' digunakan untuk memaparkan bentuk, sudut, sisi dan paksi simetri bagi bentuk dua dimensi manakala aplikasi '3D Shapes AR' digunakan untuk memaparkan bentuk, bucu, tepi dan permukaan rata bagi bentuk tiga dimensi. Penggunaan aplikasi realiti terimbuh ini disesuaikan dengan aktiviti murid dan diintegrasikan ke dalam tiga fasa pertama pendekatan pembelajaran berasaskan inkuiri.

Dalam fasa pertama iaitu fasa penglibatan, murid ditunjukkan bentuk asas dua dimensi dan tiga dimensi yang telah mereka pelajari pada pembelajaran lalu dengan menggunakan aplikasi realiti terimbuh. Ini bertujuan untuk merangsang sifat ingin tahu murid terhadap konteks pembelajaran. Menurut Ong et al. (2021), fasa penglibatan menyediakan aktiviti yang boleh membangkitkan perasaan ingin tahu murid dan menimbulkan pandangan pra-pengajaran. Rajah 3 menunjukkan aktiviti murid ditunjukkan bentuk asas Geometri menggunakan aplikasi realiti terimbuh. Selain itu, murid turut diajarkan beberapa soalan berkaitan bentuk asas dua dimensi atau tiga dimensi yang dipaparkan melalui aplikasi realiti terimbuh bagi mencungkil pengetahuan sedia ada mereka. Rajah 4 menunjukkan aktiviti soal jawab yang dijalankan.



Rajah 3 Murid ditunjukkan bentuk Geometri menggunakan aplikasi realiti terimbuh

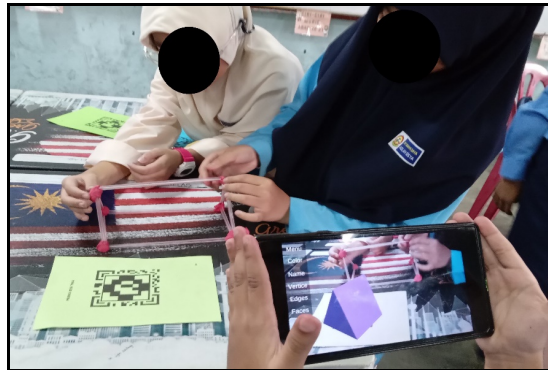


Rajah 4 Aktiviti soal jawab bersama murid

Dalam fasa penerokaan, murid menggunakan aplikasi realiti terimbuh bagi mendapatkan maklumat berkaitan ciri bentuk dua dimensi atau tiga dimensi yang akan dipelajari. Murid mengimbas penanda atau 'marker' yang diberikan dan kemudiannya murid memanipulasikan bentuk maya yang terpapar secara bebas dalam kumpulan. Rajah 5 menunjukkan aktiviti penerokaan yang dilaksanakan menggunakan aplikasi realiti terimbuh. Aktiviti dalam fasa ini bertujuan untuk membolehkan murid meneroka idea dan dapatan pembelajaran melalui aktiviti kolaboratif (Ramlee et al., 2019) dengan melakukan aktiviti perbincangan dan penglibatan aktif antara murid dan guru (Rozali dan Abd Halim, 2019). Seterusnya, murid dilibatkan dalam aktiviti bersifat *hands-on* seperti membina model atau menggunakan bahan maujud bagi membina pemahaman terhadap konsep pembelajaran. Rajah 6 menunjukkan aktiviti *hands-on* membina model menggunakan tanah liat dan straw oleh murid.



Rajah 5 Aktiviti penerokaan menggunakan aplikasi realiti terimbuh



Rajah 6 Aktiviti *hands-on* membina model

Dalam fasa penerangan pula, murid seterusnya diberikan tugas untuk melukis dan melabelkan ciri – ciri model yang dibina dengan merujuk kepada aplikasi realiti terimbuh sebagai persediaan bahan untuk aktiviti penerangan dan pembentangan yang akan dijalankan. Rajah 7 menunjukkan aktiviti murid menggunakan dan merujuk kepada aplikasi realiti terimbuh bagi melabel ciri-ciri bentuk Geometri. Murid seterusnya dikehendaki menerangkan ciri – ciri model Geometri secara berkumpulan. Murid turut diajukan beberapa soalan bagi menggalakkan perbincangan dua hala dan soal jawab dalam kalangan murid. Aktiviti ini bertujuan untuk membolehkan murid membina penerangan dan idea lanjutan melalui refleksi berkenaan penyiasatan yang telah dilaksanakan. Setelah tamat sesi pembentangan, murid seterusnya diberikan penerangan secara terperinci oleh guru berkaitan kandungan pembelajaran yang seharusnya mereka pelajari. Ini membolehkan murid untuk menyemak pemahaman konsep yang telah mereka peroleh melalui input yang diberikan.



Rajah 7 Aktiviti melukis dan melabel dengan merujuk aplikasi realiti terimbuh

Bagi fasa pengembangan, murid dilibatkan dalam pelbagai aktiviti lanjutan seperti mereka bentuk bentangan bagi bentuk prisma, menandakan objek kehidupan seharian berdasarkan bentuk prisma dan bukan prisma, mereka bentuk corak gabungan bagi bentuk poligon sekata, serta melakukan aktiviti melipat dan menanda paksi simetri pada rajah bergambar. Kesemua aktiviti ini bertujuan untuk membolehkan murid mengembangkan pemahaman konsep mereka dalam situasi yang baharu. Aktiviti dalam fasa ini memberikan ruang kepada murid bagi memahami masalah yang timbul, membuka peluang kepada murid untuk berhujah, dan berkongsi idea bersama rakan lain (Jumaat dan Saupian, 2022).

Di fasa terakhir iaitu fasa penilaian, pentaksiran berbentuk soalan latihan daripada buku aktiviti terbitan Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) digunakan. Pentaksiran menggunakan set latihan yang standard dapat menilai pemahaman murid dengan baik. Murid menjawab set soalan yang diberikan secara individu sebelum tamat sesi pembelajaran. Sebagai tambahan, murid turut memberikan rumusan berkaitan isi pembelajaran yang telah diperolehi. Aktiviti ini bertujuan untuk menilai pemahaman dan kebolehan murid terhadap konteks pembelajaran bagi setiap sesi pembelajaran.

4.0 DAPATAN KAJIAN

Dalam kajian ini, data yang diperolehi dalam ujian pra dan ujian pasca bagi instrumen Ujian Penaakulan Spatial dianalisis melalui kaedah kuantitatif menggunakan perisian *Statistical Package for Social Sciences (SPSS)* versi 27. Dua jenis analisis iaitu analisis deskriptif dan analisis inferensi telah dilaksanakan untuk mengetahui sejauh mana kesan persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbulk bagi tajuk Ruang terhadap penaakulan spatial murid.

4.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilaksanakan untuk mendapatkan nilai min dan sisihan piawai bagi membandingkan markah murid dalam ujian pra dan ujian pasca. Jumlah markah penuh bagi setiap instrumen ujian pra dan ujian pasca bagi Ujian Penaakulan Spatial adalah 30 markah, iaitu satu markah bagi setiap soalan. Terdapat tiga konstruk yang di uji iaitu rotasi mental, orientasi spatial, dan visualisasi spatial di mana setiap satu konstruk mempunyai 10 soalan dan membawa jumlah 10 markah. Jadual 2 menunjukkan keputusan markah ujian pra dan ujian pasca bagi Ujian Penaakulan Spatial berdasarkan tiga konstruk dalam penaakulan spatial yang telah dijalankan ke atas 25 orang responden dan nilai perbezaan markah dalam kedua-dua ujian pra dan ujian pasca bagi setiap responden dari kumpulan yang sama.

Jadual 2 Analisis statistik Ujian Penaakulan Spatial

Responden	Markah Ujian Pra dan Ujian Pasca Ujian Penaakulan Spatial								Nilai Perbezaan Ujian Pasca – Ujian Pra
	Rotasi Mental (10m)		Orientasi Spatial (10m)		Visualisasi Spatial (10m)		Markah Keseluruhan (30m)		
	Ujian Pra	Ujian Pasca	Ujian Pra	Ujian Pasca	Ujian Pra	Ujian Pasca	Ujian Pra	Ujian Pasca	
R1	5	5	6	7	6	7	17	19	+2
R2	5	4	7	9	5	7	17	20	+3
R3	7	8	5	7	6	8	18	23	+5
R4	3	6	7	9	7	7	17	22	+5
R5	7	8	3	6	3	6	13	20	+7
R6	7	9	7	9	4	8	18	26	+8
R7	3	8	6	8	7	8	16	24	+8
R8	2	6	7	8	5	7	14	21	+7
R9	5	5	4	7	3	6	12	18	+6
R10	6	8	6	7	6	6	18	21	+3
R11	3	6	3	6	3	5	9	17	+8
R12	3	4	4	4	1	6	8	14	+6
R13	7	7	7	10	5	8	19	25	+6
R14	5	9	8	10	6	9	19	28	+9
R15	7	8	6	9	4	6	17	23	+6
R16	6	5	6	10	7	8	19	23	+4
R17	4	7	5	8	5	8	14	23	+9
R18	4	7	5	9	5	8	14	24	+10
R19	5	7	6	9	6	6	17	22	+5
R20	4	5	2	7	3	6	9	18	+9
R21	8	9	5	8	6	6	19	23	+4
R22	7	7	6	10	7	10	20	27	+7
R23	6	7	8	10	4	9	18	26	+8
R24	5	9	7	7	6	6	18	22	+4
R25	4	7	7	8	7	8	18	23	+5

R= Responden; m= Markah

Berdasarkan Jadual 2, markah paling rendah dalam ujian pra dicatatkan oleh R12 dengan 8 markah dan markah paling tinggi dicatatkan oleh R22 dengan 20 markah. Manakala, markah paling rendah dalam ujian pasca dicatatkan oleh R12 dengan 14 markah dan markah paling tinggi ialah 28 markah yang dicatatkan oleh R14. Berdasarkan keputusan yang diperolehi, kesemua responden mencatatkan

peningkatan markah antara ujian pra dan ujian pasca. R18 mencatatkan peningkatan tertinggi dengan 10 markah, manakala R1 mencatatkan peningkatan terendah dengan 2 markah.

Manakala Jadual 3 menunjukkan perbandingan min markah dan sisihan piawai antara ujian pra dan ujian pasca bagi instrumen Ujian Penaakulan Spatial berdasarkan tiga konstruk dalam penaakulan spatial.

Jadual 3 Perbandingan min markah dan sisihan piawai ujian pra dan ujian pasca berdasarkan setiap konstruk Ujian Penaakulan Spatial

Konstruk	Min Markah Ujian Penaakulan Spatial		Nilai Perbezaan Min Ujian Pra – Ujian Pasca
	Ujian Pra	Ujian Pasca	
Rotasi Mental (10 markah)	5.12	6.84	+1.72
Orientasi Spatial (10 markah)	5.72	8.08	+2.36
Visualisasi Spatial (10 markah)	5.08	7.16	+2.08
Min Keseluruhan	15.92	22.08	+6.16
Sisihan Piawai	3.415	3.265	0.15

Berdasarkan Jadual 3, nilai min markah keseluruhan yang diperoleh bagi ujian pra adalah sebanyak 15.92 dengan sisihan piawai sebanyak 3.415, manakala nilai min markah keseluruhan yang diperoleh bagi ujian pasca adalah sebanyak 22.08 dengan sisihan piawai sebanyak 3.265. Peningkatan nilai min markah keseluruhan antara ujian pra dan ujian pasca adalah sebanyak 6.16 dengan perbezaan sisihan piawai sebanyak 0.15.

Konstruk orientasi spatial menunjukkan peningkatan min markah yang paling tinggi iaitu 2.36, diikuti konstruk visualisasi spatial dengan peningkatan min markah sebanyak 2.08, manakala konstruk rotasi mental pula menunjukkan peningkatan min markah paling rendah iaitu 1.72 berbanding konstruk penaakulan spatial lain. Sebagai perbandingan keseluruhan, kesemua konstruk penaakulan spatial yang diuji dalam ujian pra dan ujian pasca masing – masing telah menunjukkan peningkatan min markah.

4.2 Analisis Inferensi

Analisis inferensi menggunakan Ujian Wilcoxon Signed Ranked turut dilaksanakan bagi mengetahui sama ada terdapat perbezaan yang signifikan terhadap min markah di antara ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial bagi dua sampel berpasangan setelah murid menjalani persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhi bagi tajuk Ruang. Analisis menggunakan jenis ujian ini dipilih kerana responden kajian merupakan dari kumpulan yang sama dengan bilangan kurang daripada 30 orang dan juga melibatkan data yang tidak berserak secara normal (Corder dan Foreman, 2014). Hipotesis kajian adalah seperti berikut:

- H_0 : Tidak terdapat perbezaan yang signifikan terhadap min markah di antara ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial setelah murid menjalani persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhi bagi tajuk Ruang.
- H_1 : Terdapat perbezaan yang signifikan terhadap min markah di antara ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial setelah murid menjalani persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhi bagi tajuk Ruang.

Jadual 4 menunjukkan keputusan yang diperolehi berdasarkan analisis Ujian Wilcoxon Signed Ranked bagi ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial.

Jadual 4 Ujian Wilcoxon Signed Ranked ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial

Test Statistics ^a	
	UjianPasca – UjianPra
Z	-4.381 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	<.001

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Analisis dari Ujian Wilcoxon Signed Ranked bagi Ujian Penaakulan Spatial dalam Jadual 4 menunjukkan bahawa, $Z = -4.381$, dan $p < 0.001$. Oleh kerana nilai signifikan yang diperolehi adalah $p < 0.001$ dan kurang daripada nilai alpha 0.05 ($p < 0.05$), maka hipotesis null (H_0) adalah ditolak. Oleh itu, terdapat perbezaan yang signifikan terhadap min markah di antara ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan Spatial setelah murid menjalani persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhi bagi tajuk Ruang. Sebagai kesimpulan, persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuhi bagi tajuk Ruang telah memberikan kesan yang positif terhadap penaakulan spatial murid.

5.0 PERBINCANGAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN

Hasil analisis deskriptif mendapati kesemua murid telah menunjukkan peningkatan markah selepas intervensi dijalankan dan secara keseluruhannya min markah antara ujian pra dan ujian pasca telah meningkat. Dapatan ini turut diperkuat melalui analisis inferensi yang telah dijalankan yang menunjukkan terdapatnya perbezaan yang signifikan antara min markah ujian pra dan ujian pasca Ujian Penaakulan

Spatial selepas intervensi dijalankan. Oleh itu, ini telah membuktikan bahawa penerapan persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuh bagi tajuk Ruang mungkin dapat membantu meningkatkan penaakulan spatial murid.

Hasil kajian ini selari dengan dapatan kajian oleh Pangestu et al. (2020) yang menunjukkan bahawa secara keseluruhannya penaakulan spatial murid telah meningkat selepas penerapan media pengajaran berasaskan realiti terimbuh dalam pembelajaran. Ini kerana aplikasi realiti terimbuh dapat menyediakan model Geometri sebenar secara maya yang boleh dimanipulasikan secara bebas dari pelbagai sudut dan perspektif. Justeru itu, ianya dapat meningkatkan kemampuan visualisasi murid di mana ianya merupakan faktor yang penting dalam penaakulan spatial. Dalam kajian ini, murid perlu memanipulasikan bentuk Geometri yang terpapar dalam aplikasi realiti terimbuh semasa melaksanakan aktiviti di fasa penerokaan bagi mendapatkan maklumat berkaitan ciri – ciri bentuk dua dimensi dan tiga dimensi yang dipelajari. Menurut Phon et al. (2019), aplikasi realiti terimbuh berupaya mewujudkan perwakilan visual dengan mempermudah murid untuk memutar, melaraskan perspektif, jarak dan saiz sesuatu objek berbanding penggunaan bahan pembelajaran bersifat dua dimensi seperti buku teks.

Antara faktor lain yang mungkin turut menyumbang kepada peningkatan penaakulan spatial murid adalah persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri yang diterapkan. Ini seiring dengan dapatan kajian oleh Narpila (2018) yang menunjukkan bahawa penerapan strategi pembelajaran berasaskan inkuiri dapat meningkatkan penaakulan spatial murid berbanding kaedah pembelajaran konvensional. Menurutnya, pembelajaran berasaskan inkuiri dapat membuka peluang kepada murid untuk membina pengetahuan mereka sendiri dengan menggunakan maklumat yang diperolehi dan ini memberikan kesan kepada pembangunan penaakulan spatial murid. Ciri ini boleh dilihat melalui pelaksanaan aktiviti *hands-on* dalam fasa penerokaan yang memerlukan murid menggunakan penaakulan spatial semasa membina model dan menggunakan bahan maujud bagi membina pemahaman konsep berkaitan isi pembelajaran berdasarkan maklumat yang diperolehi melalui aplikasi realiti terimbuh. Disokong oleh Siwawetkul et al. (2020), penerapan aktiviti pembelajaran berasaskan inkuiri bersama penggunaan alat teknologi membantu meningkatkan kemahiran penaakulan murid di sekolah rendah.

Selain itu, penyelidik turut menguji tiga konstruk penaakulan spatial iaitu rotasi mental, orientasi spatial dan visualisasi spatial dalam kajian ini. Ketiga – tiga konstruk penaakulan spatial telah menunjukkan peningkatan min markah di antara ujian pra dan ujian pasca di mana konstruk orientasi spatial menunjukkan peningkatan min markah tertinggi, diikuti konstruk visualisasi spatial manakala konstruk rotasi mental mencatatkan peningkatan min markah terendah. Hasil kajian ini berbeza dengan dapatan kajian oleh Pangestu et al. (2020) yang mendapati murid lebih menguasai konstruk visualisasi spatial berbanding konstruk penaakulan spatial yang lain. Menurutnya, faktor ini adalah disebabkan oleh ciri media pembelajaran yang digunakan dalam kajiannya di mana aplikasi realiti terimbuh tersebut hanya boleh memaparkan isipadu, luas dan bentangan bagi bentuk Geometri yang terhad. Sebagai perbandingan, aplikasi realiti terimbuh yang digunakan dalam kajian ini membenarkan murid untuk memanipulasikan pelbagai bentuk dua dimensi dan tiga dimensi dari pelbagai sudut secara bebas mengikut ciri – ciri bentuk yang dikehendaki. Menurut Wulandari (2022), aktiviti pembelajaran yang menggalakkan murid meneroka objek dan menentukan paparan objek dari sudut tertentu akan memberikan kesan kepada peningkatan orientasi spatial murid.

Walaupun kajian ini telah menunjukkan hasil penemuan yang positif, terdapat beberapa cadangan untuk penambahbaikan yang boleh dilakukan bagi kajian lanjutan pada masa hadapan. Berdasarkan kepada pemilihan reka bentuk kajian dalam kajian ini, penyelidik menyarankan agar reka bentuk kuasi-eksperimen dapat digunakan dengan mewujudkan kumpulan kawalan. Ini membolehkan perbandingan antara kumpulan rawatan dan kumpulan kawalan dapat dilaksanakan agar dapatan kajian yang bakal diperoleh menjadi lebih kukuh bagi menjawab persoalan kajian. Di samping itu, pemilihan sampel yang kecil dan terhad kepada murid Tahun Tiga di sebuah sekolah menyebabkan dapatan kajian ini tidak dapat digeneralisasikan kepada murid dari sekolah yang berlainan. Oleh itu, penyelidik mencadangkan agar pemilihan sampel yang lebih besar dapat dibuat dari sekolah yang berlainan dan dari demografi yang berbeza. Sebagai tambahan, kajian lanjutan turut boleh dilaksanakan juga kepada murid yang berada dalam tahun yang berlainan di peringkat sekolah rendah mahupun dikembangkan terhadap murid yang berada di peringkat sekolah menengah.

6.0 KESIMPULAN

Sebagai kesimpulan, kajian ini telah menunjukkan bahawa persekitaran pembelajaran berasaskan inkuiri dengan integrasi realiti terimbuh bagi tajuk Ruang memberikan kesan yang positif terhadap peningkatan penaakulan spatial murid. Oleh itu, penerapan strategi pembelajaran abad ke-21 (PAK-21) yang berpusatkan murid bersama penerapan bahan teknologi yang bersesuaian hendaklah dijadikan amalan oleh setiap guru dalam merangka persekitaran pembelajaran agar potensi murid dapat dikembangkan dengan lebih optimum seiring dengan hasrat Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) melalui Pelan Pembangunan Pendidikan Malaysia (PPPM) 2013 – 2025 untuk meningkatkan mutu sistem pendidikan dan melahirkan murid yang mampu menghadapi cabaran dunia dalam era Revolusi Industri 4.0.

Penghargaan

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Jabatan Pendidikan Negeri Johor (JPNJ) dan Sekolah Pendidikan, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Teknologi Malaysia (UTM) atas sokongan dalam menjayakan kajian ini.

Rujukan

- Ahmad, N. I. N., & Junaini, S. N. (2020). Augmented Reality for Learning Mathematics: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(16), 106–122. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.14961>
- Anggraini, S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 1–8.. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012066>

- Bybee, R. W., Taylor, J. a, Gardner, a, Scotter, P. V, Powell, J. C., Westbrook, a, & Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications. *Bscs*.
- Chao, W.-H., & Chang, R.-C. (2018). Using Augmented Reality to Enhance and Engage Students in Learning Mathematics. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 5(12), 455-464. <https://doi.org/10.14738/assrj.512.5900>
- Che Mohd Sukri, N. S., & Abdul Rahman, M. H. (2022). Permainan Berkomputer Mata Pelajaran Matematik dalam Tajuk Operasi Asas. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science*, 4(2), 55-66. <https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas-0402.378>
- Ching, N., Rahim, H., & Salamat, Z. (2020). Tahap Amalan Pembelajaran Abad Ke-21 (PAK21): Satu Kajian Kes. *Jurnal Pengurusan Dan Kepimpinan Pendidikan*, 33(1), 43-56
- Chuen, T. L., & Rosli, R. (2021). The Content Domain Analysis of the Revised KSSR Standard 4 Mathematics Textbook Version 2017. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 11(2), 51. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.2.5.2021>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). Research Methods in Education. In *Research Methods in Education* (8th ed.). Routledge.
- Corder, G. W., & Foreman, D. I. (2014). Nonparametric Statistics - A Step-by-Step Approach. In *Syria Studies* (Second Edition, Issue 1). John Wiley & Sons.
- Creswell, J. W. (2009). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. In SAGE Publications, Inc.
- Fowler, S., Cutting, C., Kennedy, J. P., Leonard, S. N., Gabriel, F., & Jaeschke, W. (2021). Technology enhanced learning environments and the potential for enhancing spatial reasoning: a mixed methods study. *Mathematics Education Research Journal*. <https://doi.org/10.1007/s13394-021-00368-9>
- Han, W., Xiang, S., Liu, C., Wang, R., & Feng, C. (2020). Spare3D: A dataset for spatial reasoning on three-view line drawings. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. <https://doi.org/10.1109/CVPR42600.2020.01470>
- Harris, D. (2021). Spatial ability, skills, reasoning or thinking: What does it mean for mathematics? *Mathematics Education Research Group of Australasia*. In Y. H. Leong, B. Kaur, B. H. Choy, J. B. W. Yeo, & S. L. Chin (Eds.), *Excellence in Mathematics Education: Foundations and Pathways* (Proceedings of the 43rd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia), pp. 219-226. Singapore: MERGA.
- Jamel, S. F. W., Khalid, M., Sabar, S., Ahmad, S. F., Muhamad, M. D., Hamidon, M., & Othman, R. (2022). Elemen Multimedia Dalam Menjana Penaakulan Bagi Pembelajaran Al-Quran Bahagian Kefahaman Dalam Kalangan Pelajar. *Proceedings Borneo Islamic International Conference*, 13, 293-299.
- Jerry, F. A. C., & Jamaludin, K. A. (2021). Pelaksanaan Pembelajaran Berasaskan Inkuiri Kritis Dalam Mata Pelajaran Matematik. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 3(2), 386-400
- Jumaat, N. F., & Saupian, Y. (2022). Pembelajaran Berasaskan Inkuiri dalam Meningkatkan Kemahiran Literasi Sains dan Pencapaian Murid menerusi Persekitaran Pembelajaran dalam Talian. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(1), 73-84. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i1.1250>
- Kamaruddin, M., & Mohd Tahir, R. (2022). Pembelajaran Berasaskan Inkuiri Menggunakan Model 5E dalam Kursus Pengurusan Pusat Sumber: Kekuatan dan Cabaran. *Jurnal Dunia Pendidikan*. 4(1), 428-435. <https://doi.org/10.55057/jdpd.2022.4.1.34>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2012). *Buku Panduan Kemahiran Menaakul* (Edisi Pertama). Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2016). *Panduan Pelaksanaan Pengajaran dan Pembelajaran Berasaskan Inkuiri*. Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2017). *Dokumen Standard Kurikulum dan Pentaksiran (DSKP) Matematik Tahun 3*. . Bahagian Pembangunan Kurikulum.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2020). *Laporan Kebangsaan TIMSS 2019 - Trends in International Mathematics and Science Study*. Bahagian Perancangan dan Penyelidikan Dasar Pendidikan
- Korkmaz, H. İ., & Yılmaz, A. (2022). Inquiry-based mathematics activities to improve children's Geometric and spatial thinking skills. *Turkish Journal of Education*, 11(3), 143-161. <https://doi.org/10.19128/turje.949930>
- Kumar, R. (2010). *Research Methodology: A Step-by-Step Guide for Beginners (Third)*. In SAGE. SAGE Publications Ltd.
- Lowrie, T., Harris, D., Logan, T., & Hegarty, M. (2021). The Impact of a Spatial Intervention Program on Students' Spatial Reasoning and Mathematics Performance. *Journal of Experimental Education*, 89(2), 259-277. <https://doi.org/10.1080/00220973.2019.1684869>
- Lowrie, T., Logan, T., Harris, D., & Hegarty, M. (2018). The impact of an intervention program on students' spatial reasoning: student engagement through mathematics-enhanced learning activities. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0147-y>
- Ma'Rifatun, S., Amin, S. M., & Siswono, T. Y. E. (2019). Students' mathematical ability and spatial reasoning in solving Geometric problem. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042062>
- Mantihal, S., & Maat, S. M. (2020). Pengaruh Pembelajaran Abad ke-21 (PAK21) terhadap minat murid dalam pengajaran dan pembelajaran Matematik: Satu tinjauan sistematik. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 2(1), 82-91
- Nadzeri, M. B., Musa, M., Cheng Meng, C., & Ismail, I. M. (2022). Analysis of Weaknesses Among Second-Grade Primary School Pupils on Learning Geometry Topic. *Online Journal for TVET Practitioners*, 7(2), 44-52. <https://doi.org/10.30880/ojtp.2022.07.02.006>
- Narpila, S. D. (2018). The Application of Inquiry-Based Learning to Improve Students' Spatial Capability in SMA YPK Medan. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 7(2), 154-160
- Nordin, N., & Daud, Y. (2020). Level of readiness of daily secondary school students for use of augmented reality in form 2 science textbooks. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11 A), 17-24. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082103>
- Novitasari, D., Risfiyanti, D. K., Triutami, T. W., Wulandari, N. P., & Tyaningsih, R. Y. (2021). The relation between spatial reasoning and creativity in solving Geometric problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1776(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1776/1/012007>
- Ong, E. T., Govindasamy, D., Singh, C. K. S., Ibrahim, M. N., Wahab, N. A., Borhan, M. T., & Tho, S. W. (2021). The 5E inquiry learning model: Its effect on the learning of electricity among Malaysian students. *Cakrawala Pendidikan*, 40(1), 170-182. <https://doi.org/10.21831/cp.v40i1.33415>
- Pangestu, A., & Setyaningrum, W. (2020). Instructional media for space geometry based on augmented reality to improve students' spatial reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012058>
- Phon, D. N. A. L. E., Rahman, M. H. A., Utama, N. I., Ali, M. B., Halim, N. D. A., & Kasim, S. (2019). The effect of augmented reality on spatial visualization ability of elementary school student. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 9(2). <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.5.4971>
- Ponners, P. J., & Piller, Y. (2020). The reality of augmented reality in the classroom. In *Cognitive and affective perspectives on immersive technology in education* 51-66. IGI Global.
- Privitera, G. J., & Ahlgrim-Dezell, L. (2018). Quasi-experimental and single-case experimental designs. In *Research Methods for Education*. 333-370. Sage Publications
- Ramful, A., Lowrie, T., & Logan, T. (2017). Measurement of Spatial Ability: Construction and Validation of the Spatial Reasoning Instrument for Middle School Students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(7), 709-727. <https://doi.org/10.1177/0734282916659207>
- Ramlee, N., Rosli, M. S., & Saleh, N. S. (2019). Mathematical HOTS cultivation via online learning environment and 5E inquiry model: Cognitive impact and the learning activities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 14(24), 140-151. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i24.12071>
- Rich, K., & L. Brendefur, J. (2019). The Importance of Spatial Reasoning in Early Childhood Mathematics. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.81564
- Rozali, N. A., & Abd Halim, N. D. (2019). Kesan Pembelajaran Berasaskan Inkuiri Dengan Integrasi Video Terhadap Pencapaian Pelajar Dalam Pembelajaran Matematik. *Innovative Teaching and Learning Journal*, 3(2), 42-60.
- Rusdin, N. M., & Ali, S. R. (2019, November). Amalan dan cabaran pelaksanaan pembelajaran abad ke-21. In *International Conference on Islamic Civilization and Technology Management*, 87, 09-1 - 09-8
- Sahrir, M. S., Osman, N., & Muhammad, I. S. (2020). Aplikasi 'Konsep 4C' Pembelajaran Abad Ke-21 Dalam Kalangan Guru Pelajar Sarjana Mod Pengajian Pendidikan Bahasa Arab Cuti Sekolah UIAM: Application of '4C Concept' in 21st Century Learning Among Student Teachers for Master in Education for Arabic in School Holiday Mode, IIUM. *e-Jurnal Bahasa dan Linguistik (e-JBL)*, 2(1), 12-22.
- Septia, T., Yuwono, I., Parta, I. N., & Susanto, H. (2019). Spatial reasoning ability of mathematics college students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188(1), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1188/1/012102>
- Siwawetkul, W., & Koraneekij, P. (2020). Effect of 5e instructional model on mobile technology to enhance reasoning ability of lower primary school students. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 41(1), 40-45. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.02.005>

- Susilo, T., Sujadi, I., & Indriati, D. (2018). Developing A Media “Visual Design of Pop Up Mathematics Book” as a Supporting Tool in Inquiry-Based Learning for Learning Three-Dimensional Figures. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1), 1-15. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012029>
- Virata, R. O., & Castro, J. D. L. (2019). Augmented reality in science classroom: Perceived effects in education, visualization and information processing. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3306500.3306556>
- Wei, C. Y., Kuah, Y. C., Ng, C. P., & Lau, W. K. (2021). Augmented Reality (AR) as an Enhancement Teaching Tool: Are Educators Ready for It? *Contemporary Educational Technology*, 13(3), ep303. <https://doi.org/10.30935/cedtech/10866>
- Winarti, D. W. (2018). Developing spatial reasoning activities within geometry learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1088. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1088/1/012004>
- Woolcott, G., Le Tran, T., Mulligan, J., Davis, B., & Mitchelmore, M. (2022). Towards a framework for spatial reasoning and primary mathematics learning: an analytical synthesis of intervention studies. *Mathematics Education Research Journal*, 34(1). <https://doi.org/10.1007/s13394-020-00318-x>
- Wulandari, S. (2022). Effects of Spatial Learning and Characteristics on Completing Spatial Tasks. *Proceedings of the 2nd International Conference on Innovation in Education and Pedagogy (ICIEP 2020)*, 619. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.211219.036>
- Yılmaz, M. A. (2022). Spatial reasoning skills levels of junior high school students. *International Journal of Geography and Geography Education*, 135–147. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32003/igge.1116462>
- Yusof, Y. M., Ayob, A., & Md Saad, M. H. (2021). Penggunaan Teknologi Kejuruteraan dalam Pendidikan STEM Bersepadu (Use of Engineering Technology in Integrated STEM Education). *Jurnal Kejuruteraan*, 33(1)