

INTEGRASI REALITI TERIMBUH DALAM PEMBELAJARAN DAN PENGAJARAN (PdP) GEOMETRI DI SEKOLAH RENDAH: MEMPERKASAKAN DASAR PENDIDIKAN DIGITAL

INTEGRATION OF AUGMENTED REALITY IN GEOMETRY LEARNING AND TEACHING PRIMARY SCHOOLS: EMPOWERING DIGITAL EDUCATION POLICIES

Samae'yah Kamarudin^{1*}
Muhammad Sofwan Mahmud²
Zamri Mahamod³

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
(E-mail: samaeyah@gmail.com)

²Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
(E-mail: sofwanmahmud@ukm.edu.my)

³Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Malaysia
(E-mail: d-zam@ukm.edu.my)

*Corresponding author: email: samaeyah@gmail.com

Article history

Received date : 3-3-2026

Revised date : 4-3-2026

Accepted date : 10-4-2026

Published date : 15-4-2026

To cite this document:

Kamarudin, S., Mahmud, M. S., & Mahamod, Z. (2026). Integrasi realiti terimbuah dalam pembelajaran dan pengajaran (PdP) geometri di sekolah rendah: Memperkasakan dasar pendidikan digital. *Journal of Islamic, Social, Economics and Development (JISED)*, 11 (81), 869 - 889.

Abstrak: *Realiti Terimbuah (Augmented Reality, AR) merupakan satu pendekatan inovatif yang dilihat berupaya meningkatkan pemahaman konsep abstrak dalam geometri seperti bentuk tiga dimensi, dimensi spasial dan simetri melalui manipulasi objek maya dalam dunia nyata dengan pengalaman visual yang interaktif. Meskipun penggunaan AR dalam proses pembelajaran dan pengajaran dilihat mampu meningkatkan motivasi, penglibatan serta hasil pembelajaran murid, ia juga memudahkan penyampaian guru menerusi bahan pengajaran interaktif yang boleh diakses melalui peranti digital. Kertas konsep ini bertujuan untuk melihat keperluan dan potensi integrasi teknologi AR dalam PdP geometri di sekolah rendah selaras dengan agenda Dasar Pendidikan Digital oleh Kementerian Pelajaran Malaysia, 2023. Kertas konsep ini turut mengupas pelbagai isu dalam pendidikan masa kini seperti kemerosotan pencapaian Malaysia dalam domain geometri berdasarkan laporan Programme for International Students Assessment (PISA) 2022 dan Trend in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2023, kepentingan dan cabaran penggunaan AR dalam geometri di peringkat sekolah rendah. Walaupun pelbagai cabaran dikenal pasti sama ada melibatkan murid, guru, sekolah mahupun KPM, pelaksanaan strategi seperti latihan profesional guru, pembangunan platform sumber terbuka serta perkongsian pintar antara sektor awam dan swasta dicadangkan dan dibincangkan sebagai penambahbaikan. Implikasi kajian ini menunjukkan bahawa integrasi AR bukan sahaja merapatkan jurang pencapaian pendidikan negara dengan negara serantau,*

tetapi turut menyokong perubahan pedagogi dalam memacu sistem pendidikan yang lebih berimpak tinggi seterusnya memenuhi aspirasi Dasar Pendidikan Digital.

Kata kunci: Realiti terimbuh, integrasi realiti terimbuh, pengajaran dan pembelajaran geometri, Dasar Pendidikan Digital

Abstract: *Augmented Reality (AR) is an innovative approach that is seen to be able to improve the understanding of abstract concepts in geometry such as three-dimensional shapes, spatial dimensions and symmetry through the manipulation of virtual objects in the real world with interactive visual experiences. Although the use of AR in the teaching and learning process is seen to increase student motivation, engagement and learning outcomes, it also facilitates the delivery of teachers through interactive teaching materials that can be accessed through digital devices. This concept paper aims to look at the need and potential for the integration of AR technology in geometry PdP in primary schools in line with the Digital Education Policy agenda by the Ministry of Education Malaysia, 2023. This concept paper also explores various issues in education today such as Malaysia's declining achievement in geometry based on the Programme for International Students Assessment (PISA) 2022 and Trend in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2023 reports, the importance and challenges of using AR in geometry at the primary school level. Although various challenges were identified whether involving students, teachers, schools or MOEs, the implementation of strategies such as teacher professional training, development of open-source platforms as well as smart partnerships between the public and private sectors were proposed and discussed as improvements. The implications of this study show that the integration of AR not only bridges the gap in national educational attainment with regional countries, but also supports pedagogical changes in driving a more high-impact education system that meets the aspirations of the Digital Education Policy.*

Keywords: Augmented reality; integration of augmented reality, geometry teaching and learning; Digital Education Policy

Pengenalan

Penggunaan teknologi seperti Realiti Terimbuh (AR) dalam bilik darjah semakin mendapat perhatian sebagai medium inovatif bagi meningkatkan pemahaman murid terhadap konsep geometri yang abstrak. Pendidikan teknologi mendorong pemikiran yang kreatif dan inovatif, mempersiapkan generasi untuk bersaing dalam dunia kerjaya yang dinamik dan kompleks (Fakharudin, 2024). Perkembangan teknologi digital ini telah membuka ruang luas kepada inovasi dalam sistem pendidikan. Dalam pengajaran matematik, AR semakin berkembang sebagai alat yang mampu meningkatkan pemahaman konsep matematik (Yanuarto et al., 2024). Sehubungan itu, penggunaan AR telah menjadi pendekatan baharu yang berpotensi untuk merevolusikan pengalaman pengajaran dan pembelajaran matematik berorientasikan pendidikan digital khususnya dalam pembelajaran geometri di sekolah rendah.

Penguasaan topik geometri masih menjadi cabaran besar bagi sebahagian murid di sekolah rendah terutamanya apabila melibatkan konsep bentuk tiga dimensi, sudut, simetri dan orientasi spasial atau ruang. Di Malaysia, penggunaan AR dalam pendidikan matematik masih terhad terutama melibatkan topik geometri (Shing Kit & Mahmud, 2023). Kekurangan sumber dan bahan pengajaran yang berasaskan AR mendorong guru untuk menggunakan pendekatan

tradisional berasaskan lukisan dua dimensi serta latihan buku teks walaupun ia dilihat tidak mencukupi untuk membantu murid memahami konsep geometri secara menyeluruh.

Pembelajaran geometri sering dianggap sukar oleh murid mengakibatkan murid tidak mempunyai keyakinan diri yang tinggi untuk mengikuti pembelajaran. Dalam laporan kajian oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (2024) menyatakan bahawa 70% murid mempunyai keyakinan diri yang kurang untuk mempelajari matematik walaupun ada sebahagian meminatinya. Kekurangan keyakinan ini dikaitkan secara langsung dengan pencapaian rendah dalam TIMSS 2023 termasuk melibatkan domain geometri dan pengukuran yang memerlukan corak pemikiran abstrak dan visualisasi yang tinggi. Walau bagaimanapun, kertas konsep ini tidak melibatkan kajian lapangan sebaliknya ia hanya berbincang tentang integrasi AR dalam pembelajaran geometri di sekolah rendah seiring dengan Dasar Pendidikan Digital.

Selain itu, isu-isu yang berkaitan dengan kemerosotan pencapaian matematik terutama di sekolah rendah sangat berkait rapat dengan motivasi murid yang rendah apabila berhadapan dengan topik-topik yang sukar seperti geometri. Pengintegrasian teknologi AR dalam pembelajaran dan pengajaran geometri merupakan satu langkah strategik yang relevan dan perlu diberi perhatian. Oleh itu, kertas konsep ini bertujuan untuk mengemukakan pendapat tentang keperluan dan potensi integrasi AR dalam pembelajaran geometri di sekolah rendah bagi memenuhi aspirasi dan agenda yang terkandung dalam memperkasakan Dasar Pendidikan Digital.

Penyataan Masalah

Pentaksiran pendidikan peringkat antarabangsa seperti *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) dan *Programme for International Student Assessment* (PISA) menjadi penanda aras penting dalam menilai kualiti sistem pendidikan sesebuah negara. Laporan awal TIMSS 2023 menunjukkan bahawa pencapaian Malaysia mengalami trend penurunan dalam semua domain kandungan berbanding kitaran 2019 (Monan & Donald, 2024). Secara khususnya, domain geometri dan pengukuran mencatatkan skor 417 pada tahun 2023 berbanding 466 pada tahun 2019, sekali gus menunjukkan kemerosotan yang ketara. Namun demikian, walaupun penilaian antarabangsa ini sering menjadi indikator utama untuk menilai kualiti pendidikan Matematik khususnya di Malaysia, penurunan prestasi dalam domain geometri tidak boleh ditafsir semata-mata sebagai isu prestasi akademik, tetapi perlu dilihat dari perspektif kelemahan dalam pendekatan pedagogi dan asas teori pembelajaran yang digunakan dalam bilik darjah. Ini membuktikan bahawa dalam konteks Malaysia, penguasaan Matematik amat dititikberatkan kerana ia merupakan mata pelajaran teras yang wajib dikuasai oleh murid (Chuen & Rosli, 2021).

Jadual 1 menunjukkan trend pencapaian Malaysia dalam TIMSS mengikut domain kandungan Matematik dari tahun 2007 hingga 2023.

Jadual 1: Trend pencapaian Malaysia Mengikut Domain Kandungan Matematik 2007 – 2023

Tahun/ Domain	Nombor	Algebra	Geometri dan Pengukuran	Data dan Kebarangkalian
2007	494	455	474	459
2011	451	430	432	429
2015	472	467	455	451
2019	458	456	466	457

2023	409	406	417	403
------	-----	-----	-----	-----

Sumber: Laporan Awal TIMSS 2023

Berdasarkan Jadual 1, jelas bahawa domain geometri dan pengukuran menunjukkan pola penurunan yang ketara, khususnya antara tahun 2019 dan 2023. Dapatan ini selari dengan kajian Hock Wuong dan Rajoo (2024) yang menegaskan bahawa pencapaian Matematik murid Malaysia adalah membimbangkan dalam aspek nombor dan operasi, algebra, geometri serta data dan kebarangkalian berdasarkan keputusan TIMSS dan PISA. Selain itu, Hasrin dan Maat (2022) turut melaporkan bahawa pencapaian TIMSS 2019 menunjukkan prestasi kurang memuaskan, termasuk melibatkan topik geometri. Ini memberi gambaran bahawa prestasi yang kurang memuaskan ini disebabkan oleh pengajaran geometri di sekolah rendah masih didominasi oleh pendekatan tradisional berasaskan representasi dua dimensi yang tidak selari dengan sifat intrinsik geometri yang menuntut manipulasi objek tiga dimensi dan visualisasi ruang. Keadaan ini menunjukkan ketidaksepadanan antara pendekatan pedagogi yang diamalkan dengan keperluan kognitif murid terutama dalam penaakulan spatial dan pembinaan konsep secara konstruktif. Walaupun pelbagai kajian telah melaporkan keberkesanan teknologi seperti AR dalam meningkatkan visualisasai spatial dan kefahaman konsep geometri, integrasi teknologi ini masih bersifat terhad, kurang berlandaskan teori kerangka pedagogi yang jelas dan masih bersifat kurang sistematik.

Keadaan ini disahkan lagi melalui laporan PISA 2022 yang menunjukkan domain geometri dan pengukuran, murid didapati lemah dalam persepsi bentuk, pengiraan sudut dan panjang serta keupayaan mengaplikasikan konsep geometri dalam konteks dunia sebenar (OECD, 2023). Domain geometri PISA menilai kebolehan memahami konsep dua dan tiga dimensi, sudut, perimeter, isipadu dan transformasi geometri secara praktikal. Namun begitu, laporan tersebut mendapati bahawa murid di Malaysia dan di banyak negara lain gagal menggunakan pengetahuan geometri dalam situasi sebenar seperti mentafsir pelan, memahami jarak pada peta atau menganggarkan saiz dan bentuk objek secara visual (OECD, 2023).

Lebih membimbangkan, jurang pencapaian antara murid berprestasi tinggi dan rendah dalam domain ini semakin melebar. Menurut OECD (2023), bilangan murid yang mencapai tahap minimum kecekapan Matematik (Tahap 2 dan ke atas) menurun dengan ketara, manakala bilangan murid pada Tahap 1 dan ke bawah meningkat. Fenomena ini menunjukkan peningkatan ketidaksamarataan pencapaian yang boleh menjejaskan usaha memperkukuh pendidikan STEM secara menyeluruh. Kemerostan berterusan dalam domain geometri dan pengukuran ini memberi implikasi besar terhadap kesiapsiagaan murid menghadapi cabaran abad ke-21 yang menuntut kemahiran pemikiran ruang, penyelesaian masalah dan literasi teknologi. Oleh itu, perubahan pendekatan pengajaran geometri menjadi satu keperluan mendesak, termasuk pengintegrasian teknologi seperti Realiti Terimbuh (AR) serta strategi pedagogi berasaskan penyelesaian masalah bagi meningkatkan kefahaman konseptual dan aplikasi praktikal murid.

Tinjauan Literatur

Konsep AR dalam Pembelajaran Geometri: Perspektif Teori Pembelajaran

Penggunaan Augmented Reality (AR) dalam pendidikan matematik semakin mendapat perhatian, khususnya dalam pembelajaran geometri yang melibatkan konsep abstrak. Realiti terimbuh (AR) merujuk kepada teknologi yang menggabungkan elemen dunia nyata dengan kandungan komputer yang dihasilkan seperti imej, video, grafik atau data lokasi secara

langsung dan dalam dunia maya (Alzahrani, 2020). Namun, menurut Nadzri et al. (2023), teknologi AR merupakan gabungan pertindihan antara imej sebenar dan imej maya melalui imbasan yang dilakukan menggunakan peranti pintar (mobile – AR) atau komputer. Ini membuktikan bahawa sistem AR (Ziaee & Hamedi, 2021) biasanya melibatkan penggunaan peranti seperti skrin, lensa atau peranti bergerak seperti telefon pintar dan kaca mata AR yang membolehkan maklumat tambahan dipaparkan ke atas persekitaran sebenar murid. Walaupun AR sering dilihat sebagai teknologi inovatif yang mampu meningkatkan pengalaman pembelajaran, pemahamannya tidak seharusnya terhad kepada aspek teknologi semata-mata. Sebaliknya, peranannya perlu diteliti dari sudut teori pembelajaran bagi memahami bagaimana ia benar-benar mempengaruhi proses pembelajaran murid.

Dalam beberapa tahun kebelakangan ini, penggunaan AR semakin mendapat perhatian bukan sahaja dalam bidang pendidikan, malah turut berkembang pesat dalam konteks industri 4.0. Dalam sektor perindustrian, AR digunakan untuk meningkatkan kecekapan kerja dan ketepatan operasi melalui latihan masa nyata, paparan maklumat secara langsung serta integrasi dengan teknologi seperti Internet of Things (IoT) dan sensor pintar (Ziaee & Hamedi, 2021). Perkembangan ini menunjukkan bahawa AR bukan sekadar teknologi tambahan, tetapi telah menjadi sebahagian daripada ekosistem digital yang menyokong pembelajaran dan prestasi dalam pelbagai bidang. Dalam konteks pendidikan, potensi ini mula diterokai khususnya dalam pembelajaran matematik yang melibatkan konsep abstrak seperti geometri.

Walaupun AR sering dilihat sebagai teknologi inovatif yang mampu meningkatkan pengalaman pembelajaran, pemahamannya tidak seharusnya terhad kepada aspek teknologi semata-mata. Sebaliknya, peranannya perlu diteliti dari sudut teori pembelajaran bagi memahami bagaimana ia benar-benar mempengaruhi proses pembelajaran murid. Dari perspektif konstruktivisme, pembelajaran berlaku apabila murid terlibat secara aktif dalam membina pengetahuan melalui pengalaman mereka sendiri (Voon, 2021). Dalam hal ini, AR menyediakan ruang pembelajaran yang membolehkan murid berinteraksi secara langsung dengan objek geometri, seperti memutar, membesarkan dan meneroka bentuk tiga dimensi. Pengalaman ini bukan sahaja menjadikan pembelajaran lebih menarik, malah membantu murid membina pemahaman yang lebih bermakna berbanding sekadar melihat representasi statik dalam buku teks.

Selain itu, dapatan kajian sistematik oleh Matar (2020) menunjukkan bahawa AR berpotensi meningkatkan visualisasi bahan pembelajaran serta mengurangkan beban kognitif murid melalui pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan mendalam. Hal ini selari dengan teori beban kognitif yang menjelaskan bahawa kesukaran dalam pembelajaran geometri sering berpunca daripada keperluan untuk menukar representasi dua dimensi kepada tiga dimensi secara mental. Dengan penggunaan AR, murid tidak lagi perlu bergantung sepenuhnya kepada imaginasi, sebaliknya dapat melihat dan berinteraksi dengan objek secara langsung. Ini membantu mengurangkan beban kognitif dan membolehkan murid memberi tumpuan kepada pemahaman konsep yang lebih mendalam.

Di samping itu, visualisasi spatial merupakan komponen penting dalam pembelajaran geometri. Persekitaran pembelajaran yang mengintegrasikan AR didapati mampu meningkatkan keupayaan penaakulan spatial murid melalui pengalaman visual yang dinamik dan pelbagai perspektif (Abd Rahman & Abd Halim, 2025). Dalam masa yang sama, penggunaan teknologi digital seperti e-pembelajaran, video interaktif dan platform dalam talian telah mengubah cara murid belajar dan guru mengajar (Fakharudin Shahudin, 2024), sekali gus membuka ruang kepada integrasi teknologi seperti AR dalam bilik darjah secara lebih meluas.

Dari sudut hasil pembelajaran, beberapa kajian turut melaporkan bahawa penggunaan AR dapat meningkatkan pencapaian murid berbanding kaedah pengajaran tradisional (Abdul Hanid et al., 2022), di samping membantu memperkukuh pemahaman konsep matematik (Yanuarto et al., 2024). Namun begitu, walaupun pelbagai dapatan positif telah dilaporkan, kebanyakan kajian masih menumpukan kepada hasil pembelajaran tanpa menghuraikan secara mendalam bagaimana AR menyokong proses pembelajaran dari sudut teori. Tambahan pula, integrasi elemen seperti konstruktivisme, teori beban kognitif dan visualisasi spatial sering dibincangkan secara berasingan dan tidak digabungkan dalam satu kerangka teori yang jelas.

Keadaan ini menunjukkan bahawa pemahaman tentang bagaimana AR mempengaruhi pembelajaran masih bersifat terpisah dan belum menyeluruh. Justeru, walaupun integrasi AR dalam pembelajaran geometri dilihat berpotensi untuk menyokong aspirasi Dasar Pendidikan Digital, keperluan untuk membangunkan satu pendekatan yang lebih bersepadu berasaskan teori pembelajaran adalah penting bagi memastikan penggunaannya benar-benar memberi impak yang signifikan terhadap pembelajaran murid..

Konsep Geometri

Perkataan geometri berasal daripada dua perkataan Yunani, iaitu 'geo' yang bermaksud bumi dan 'metria' yang bermaksud ukuran (Bahariah et al., 2017). Geometri juga merupakan salah satu bidang paling tua yang memainkan peranan penting dalam perkembangan matematik secara keseluruhan (Lintiasri et al., 2024). Kajian yang dilakukan oleh Norliza (2021) dalam prosiding Seminar Antarabangsa Indonesia-Malaysia mengatakan bahawa geometri dalam tamadun awal Mesir merupakan perancangan sains dan disiplin mental kerana melibatkan penggunaan teori matematik contohnya teori Rhind Papyrus atau dikenali juga Ahmes Papyrus pada 2000 SM dalam pengiraan segitiga dan sebagainya. Namun, menurut Lintiasri et al. (2024), perkembangan geometri bermula sejak Mesir purba dan Babylonia di mana pengiraan mudah yang berkaitan dengan kawasan dan isipadu digunakan untuk memenuhi keperluan praktikal seperti pengukuran tanah pertanian dan pembinaan bangunan. Justeru, geometri terus berkembang dan ia menjadi salah satu cabang utama dalam matematik yang memainkan peranan penting untuk membentuk kemahiran pemikiran kritikal dan logik murid.

Selain boleh mengembangkan pemikiran logik, geometri juga berkesan untuk membantu menyelesaikan masalah dalam banyak cabang matematik (Hasanah & Agung, 2020). Ini disokong oleh kajian oleh Mochamad Surya et al. (2022), yang menyatakan bahawa geometri merupakan aspek penting yang perlu diberi penekanan sejak dari awal pembelajaran. Namun begitu, geometri bukan hanya melibatkan pemahaman dari sudut teori semata-mata malah ianya penting dari sudut praktikal dalam kehidupan seharian. Pengenalan kepada asas geometri harus melibatkan aktiviti bersifat praktikal dan interaktif untuk menarik perhatian serta minat di kalangan murid-murid.

Oleh kerana geometri merupakan salah satu cabang matematik yang paling awal berkembang sejak zaman tamadun Mesir kuno, ia banyak digunakan dalam pengukuran tanah dan pembinaan struktur. Ini membuktikan bahawa pembelajaran geometri bukan sahaja bertumpu dalam bidang matematik malah berkait rapat dalam bidang-bidang lain seperti sains, teknologi dan kejuruteraan (Syed Zainuddin & Abdullah, 2023). Oleh yang demikian, perkembangan geometri akan terus berlaku secara dinamik termasuk dalam bidang pendidikan selaras dengan kemajuan tamadun dan teknologi. Ini disokong dalam kajian Scholarworks dan Jones (2020) yang menyatakan bahawa integrasi teknologi AR dalam pengajaran geometri seperti penggunaan perisian dinamik GeoGebra dapat meningkatkan pemahaman murid terhadap

konsep ruang dan bentuk secara visual serta interaktif. Justeru, peranan geometri yang merentas zaman menjadikannya tonggak penting dalam perkembangan intelektual manusia dan penerokaan ilmu baharu terutama melibatkan pengintegrasian teknologi AR.

Kesimpulannya, pengenalan kepada konsep geometri perlu merangkumi kepelbagaian pendekatan termasuk integrasi dengan teknologi, peralatan dan penggunaan media pembelajaran yang inovatif. Penggunaan teknologi yang menawarkan pendekatan lebih dinamik untuk membantu murid membina pemahaman yang lebih konkrit melalui visualisasi dan manipulasi objek maya dalam dunia nyata. Justeru, integrasi teknologi AR dalam geometri dapat menyokong proses pembelajaran dan pengajaran yang lebih efektif seterusnya memperkasakan Dasar Pendidikan Digital yang merupakan salah satu agenda utama KPM.

Konsep Dasar Pendidikan Digital

Kerangka strategik seperti Dasar Pendidikan Digital (DPD) bertujuan untuk menambah baik sistem pendidikan negara agar dapat disesuaikan dengan kemajuan teknologi dalam Revolusi Industri Keempat (4IR). DPD menekankan pelaksanaan pembelajaran dan pemudahcaraan (PdPc) yang inovatif dan bersepadu berasaskan teknologi digital untuk melahirkan murid yang celik digital, kreatif dan bersedia menghadapi cabaran masa hadapan (Kementerian Pendidikan Malaysia, 2023). Menurut Perifanou et al. (2023), pedagogi berasaskan teknologi seperti Realiti Terimbuh (AR), pembelajaran mudah alih dan pembelajaran teradun (*blended learning*) boleh membantu DPD meningkatkan literasi digital murid. Namun begitu, dasar ini bukan sahaja memberi tumpuan kepada pembangunan infrastruktur digital, penyediaan bahan pembelajaran digital yang berkualiti tinggi, penyediaan latihan profesional guru namun mewujudkan persekitaran pendidikan yang inklusif dan mampan.

Metodologi Kajian

Kajian ini merupakan kertas konsep yang menggunakan pendekatan analisis konseptual berasaskan sorotan literatur secara sistematik. Pendekatan ini dipilih kerana kajian tidak melibatkan pengumpulan data empirikal, sebaliknya bertujuan membina pemahaman secara mendalam terhadap integrasi teknologi Realiti Terimbuh (AR) dalam pembelajaran geometri.

Proses pencarian literatur dijalankan melalui pangkalan data seperti Scopus, Web of Science dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci seperti “Augmented Reality”, “geometry learning”, “spatial visualization” dan “primary education”. Pemilihan artikel adalah berdasarkan kriteria seperti tempoh penerbitan lima tahun terkini (2020–2025), artikel jurnal berwasit, serta kesesuaian dengan fokus kajian.

Artikel yang dipilih kemudiannya dianalisis menggunakan kaedah analisis tematik bagi mengenal pasti tema utama seperti impak AR terhadap visualisasi spatial, penglibatan murid dan kefahaman konsep geometri. Dapatan daripada analisis ini digunakan untuk membina cadangan konseptual berkaitan integrasi AR dalam PdP geometri.

Keperntingan Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah

Keperntingan Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Murid

Meningkatkan Motivasi Murid-Sekolah Rendah dalam Pembelajaran Geometri melalui Integrasi AR

Satu kajian yang dijalankan oleh Nadzri et al. (2023) mendapati bahawa aplikasi LearnGeoAR meningkatkan kemahiran visualisasi spatial murid secara ketara, membolehkan mereka "melihat" dan "memanipulasi" objek seperti kubus, silinder, sfera dan piramid secara maya. Berbanding dengan pengajaran konvensional, aplikasi ini meningkatkan kemahiran visualisasi spatial murid. Secara tidak langsung, aktiviti PdPc yang mengintegrasikan AR mencetuskan perasaan ingin tahu yang lebih mendalam di kalangan murid-murid terhadap topik geometri. Ini membuktikan bahawa penggunaan AR dalam geometri dapat meningkatkan motivasi pembelajaran secara signifikan dan mengurangkan ketakutan terhadap matematik berbanding kaedah tradisional (Nining Suryani & Angga Hidayat, 2022).

Aplikasi AR membolehkan murid memahami konsep geometri dan meningkatkan rasa ingin tahu mereka dengan memutar dan mengecilkan bentuk 3D seperti piramid, kon dan silinder dengan sentuhan. Penggunaan AR dalam aktiviti PdPc meningkatkan pemahaman dan prestasi murid-murid (Nadzri et al., 2023). Secara tidak langsung motivasi murid-murid dapat ditingkatkan melalui integrasi AR dalam PdPc geometri seterusnya memberi impak yang positif terhadap peningkatan pencapaian dan prestasi murid-murid dalam matematik. Oleh itu, integrasi AR dalam geometri melalui visualisasi bentuk 3D penting untuk merangsang minat murid-murid dengan pelaksanaan aktiviti yang interaktif dan menyeronokkan.

Meningkatkan Penglibatan Murid Sekolah Rendah dalam Pembelajaran Geometri melalui Integrasi AR

Penggunaan AR dapat dapat mengurangkan beban kognitif dan meningkatkan kefahaman konsep serta keterlibatan murid dalam aktiviti pembelajaran geometri. Murid dapat membina pemahaman yang lebih konkrit dengan meneroka variasi bentuk baharu, membuat eksperimen secara sendiri dan inferens melalui pengalaman dan pemerhatian. Murid dapat melihat dan berinteraksi dengan model geometri bentuk tiga dimensi yang memungkinkan pemahaman konsep dapat ditingkatkan melalui pembelajaran aktif dan praktis (Cai et al., 2021). Di samping itu, murid dapat melaksanakan aktiviti secara kolaboratif dan membina hubungan interaktif yang positif melalui aktiviti berkumpulan ketika proses pembelajaran berlangsung. Kesannya, murid tidak akan merasa bosan untuk melibatkan diri secara aktif dalam aktiviti pembelajaran dan lebih bersemangat untuk belajar.

Keperntingan Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Guru

Peningkatan Hasil Pembelajaran Geometri Murid Sekolah Rendah melalui Integrasi AR dalam Pengajaran Guru

Integrasi *Augmented Reality* (AR) dalam pengajaran geometri memberikan impak signifikan terhadap hasil pembelajaran murid. AR bukan sahaja berperanan merangsang minat, tetapi turut menyumbang kepada peningkatan pemahaman kognitif secara objektif melalui interaksi visual dan manipulatif. Selain itu, AR memperkaya proses pembelajaran melalui pengalaman imersif

yang meningkatkan keberkesanan penguasaan konsep ruang dan bentuk dalam matematik (Saeed Alqahtani et al., 2017).

Memudahkan Guru Akses Bahan dan Sumber Pengajaran Geometri Sekolah Rendah melalui Integrasi AR

Teknologi AR membolehkan guru mengakses dan mempersembahkan maklumat dengan lebih efisien melalui peranti mudah alih, sekaligus menggantikan kebergantungan terhadap bahan fizikal yang statik. Penggunaan model 3D, animasi dan video interaktif membantu guru menyampaikan konsep sukar dengan lebih jelas dan menarik. Guru juga boleh menyesuaikan kaedah pengajaran mengikut tahap penguasaan murid, seterusnya memperkukuh pendekatan pedagogi yang bersifat responsif. Pendekatan ini bukan sahaja menjimatkan masa persediaan tetapi turut mengoptimumkan pengajaran terbeza.

Kepentingan Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri kepada Sekolah

Melahirkan Guru dan Murid yang Berkemahiran Tinggi dalam Pembelajaran Geometri Melalui Integrasi AR

Penggunaan AR secara sistematik memperkasakan guru dan murid dengan literasi digital abad ke-21. Pendedahan kepada teknologi AR membentuk kemahiran literasi 3D, kecekapan menggunakan peranti digital serta merangsang pemikiran reka bentuk (*design thinking*), selari dengan prinsip Pembelajaran Berasaskan Reka Bentuk (DBL). Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan celik teknologi, tetapi juga memupuk budaya inovatif di sekolah yang mementingkan kreativiti dan teknologi dalam pembelajaran harian.

Meningkatkan Prestasi dan Pencapaian Peperiksaan Matematik Topik Geometri Melalui Integrasi AR

Bukti empirikal menunjukkan bahawa AR memberi impak positif terhadap prestasi akademik dalam peperiksaan. Penggunaan AR dalam pembelajaran geometri didapati meningkatkan penguasaan murid terhadap konsep-konsep geometri serta kemahiran aplikasi yang diterjemahkan kepada peningkatan markah dalam peperiksaan lisan dan bertulis (Garzón et al., 2019). Pengalaman pembelajaran yang bersifat imersif dan visual ini memperkukuh pemahaman secara mendalam dan ingatan jangka panjang sekaligus menyokong pencapaian akademik yang lebih baik.

Kepentingan Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri kepada KPM.

Meningkatkan Pencapaian TIMSS dan PISA dalam Domain Geometri Melalui Integrasi AR

Dalam konteks penilaian antarabangsa seperti TIMSS dan PISA, penggunaan AR dilihat sebagai pendekatan strategik untuk memperbaiki pencapaian murid di Malaysia, khususnya dalam domain geometri yang mencatat penurunan prestasi. Kajian meta-analisis oleh Garzón et al. (2019) mendapati bahawa AR secara konsisten memberikan peningkatan prestasi akademik dalam matematik termasuk dalam ujian berfokuskan penalaran visual dan ruang seperti TIMSS dan PISA. Pelaksanaan AR berupaya meningkatkan tahap pemikiran aras tinggi murid yang menjadi asas kepada kejayaan dalam penilaian antarabangsa.

Merapatkan Jurang Pendidikan dengan Negara-negara Asia dalam Domain Geometri Melalui Integrasi AR

Negara seperti Singapura, Korea Selatan dan Jepun telah mendahului Malaysia dalam penerapan teknologi digital pendidikan matematik. Justeru, pelaksanaan AR dalam pengajaran geometri di sekolah rendah dapat menjadi pemangkin untuk merapatkan jurang prestasi pendidikan serantau. Dalam laporan yang dikeluarkan oleh UNESCO (2022), integrasi teknologi secara sistematik adalah antara faktor utama yang menyumbang kepada kecemerlangan sistem pendidikan negara-negara Asia Timur. Langkah ini akan memastikan sistem pendidikan di Malaysia setanding dan relevan dalam ekosistem pendidikan global.

Cabaran Integrasi AR dalam Topik Geometri Sekolah Rendah

Cabaran Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Murid

Murid Beranggapan Integrasi AR dalam Topik Geometri Sekolah Rendah Sukar kerana Melibatkan Visualisasi Ruang, Bentuk dan Dimensi

Pengajaran topik geometri di sekolah rendah sering dianggap sukar kerana murid perlu membayangkan bentuk-bentuk dalam ruang tiga dimensi yang abstrak. Geometri merupakan subjek yang paling mencabar untuk dikuasai dalam kurikulum sekolah rendah (Mantik et al., 2023). Tambahan pula, apabila AR diintegrasikan dalam topik geometri, ia boleh mengelirukan golongan murid yang mempunyai masalah gaya pembelajaran tertentu dan mempunyai tahap pengetahuan awal yang rendah. Selain itu, murid perlu memahami cara menggunakan aplikasi AR dan peranti kerana kedua-dua aplikasi ini boleh menjadi beban kognitif dan gangguan yang lebih besar terhadap fokus pembelajaran.

Berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Andriliani et al. (2022), terdapat kesulitan yang dihadapi oleh murid dalam memahami konsep geometri. Ini mengakibatkan konsep geometri sering dianggap abstrak dan sukar difahami oleh murid khususnya di peringkat sekolah rendah. Pembelajaran geometri memerlukan pemahaman yang menyeluruh tentang penaakulan spatial tetapi murid menghadapi kesukaran untuk menguasai kemahiran tersebut (Mandala et al., 2025). Kesukaran dalam mempelajari topik ruang dalam geometri sering berkaitan dengan kesukaran untuk memahami konsep, visualisasi ruang (*spatial*) dan sebagainya (Ismail, 2020). Kajian ini menggambarkan bahawa pentingnya kaedah dan pendekatan yang sesuai seperti AR untuk membantu murid memahami konsep geometri dengan lebih mendalam dan berkesan.

Murid Sekolah Rendah Kurang Keyakinan Diri dan Motivasi Belajar Geometri Melalui Integrasi AR

Pelbagai faktor yang saling berkaitan boleh menyumbang kepada kurangnya keyakinan diri dan motivasi murid terhadap matematik. Pengaruh individu, pedagogi dan persekitaran adalah antara faktor yang secara kolektifnya mempengaruhi keyakinan diri dan motivasi murid sekolah rendah dalam matematik terutama melibatkan geometri. Namun begitu, Fakhrudin (2024) menyatakan bahawa antara faktor murid kurang motivasi terhadap matematik adalah akibat kegagalan murid dalam peperiksaan berulang kali, kekurangan sokongan daripada guru sebagai fasilitator atau mediator, masa latihan yang tidak mencukupi, kurang keyakinan diri dan kekurangan pengetahuan konseptual atau pengetahuan sebelumnya. Tambahnya lagi, ini jelas terbukti apabila murid-murid menganggap mata pelajaran matematik adalah sulit dan abstrak mengakibatkan kurangnya keyakinan dan motivasi terhadap pembelajaran. Tambahan pula, murid tidak mempunyai motivasi yang tinggi kerana mereka kurang mahir dalam matematik

Rismawati et al. (2020) lebih-lebih lagi melibatkan topik geometri yang abstrak. Di samping itu, menurut Noor Fazliena dan Siti Mistima (2023), persepsi murid tentang matematik semakin merosot disebabkan oleh tiada motivasi dalam diri merupakan salah satu komponen yang mempengaruhi tahap pencapaian mereka, termasuk apabila berhadapan dengan topik geometri.

Cabaran Integrasi AR dalam Pengajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Guru

Sumber dan Bahan Pengajaran AR dalam Pembelajaran Geometri untuk Guru Matematik Sekolah Rendah Sangat Terhad

Dalam laporan oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (2022), lebih 40% guru menyatakan bahawa murid mereka menghadapi kesukaran untuk memahami konsep asas geometri terutamanya dalam aspek simetri, pengukuran sudut dan pemahaman ciri bentuk 3D. Antara faktor-faktor adalah berpunca daripada kekurangan sumber dan bahan yang sesuai yang boleh memudahkan pengajaran guru untuk meningkatkan pemahaman spatial murid sekolah rendah terhadap konsep geometri. Tambahan pula, kebanyakan pendekatan PdPc yang diaplikasi dalam bilik darjah masih bersifat tradisional dan dua dimensi (2D).

Di samping itu, ketiadaan alat bantu visual yang interaktif menjadikan topik ini kurang menarik dan membosankan. Walaupun kurikulum Matematik sekolah rendah telah menetapkan hasil pembelajaran yang jelas berkaitan bentuk dan ruang, masih ada guru mengajar menggunakan pendekatan konvensional seperti menggunakan gambar rajah, kad imbas dan objek fizikal yang terhad. Selain itu, sumber dan bahan bantu mengajar berasaskan teknologi yang boleh diakses dengan mudah oleh guru dan murid juga terbatas.

Kekurangan Latihan Profesional dan Kemahiran untuk Mengintegrasikan AR dalam Pengajaran Geometri di Kalangan Guru Sekolah Rendah

Golongan murid sekolah rendah masa kini terdiri daripada generasi Alpha yang banyak terdedah dengan penggunaan alat peranti teknologi dalam kehidupan seharian menjadi cabaran utama para guru untuk mengaplikasikan teknologi yang sesuai (Syafiq et al., 2022). Ini menunjukkan bahawa penggunaan slaid power point sudah tidak relevan untuk dianggap sebagai integrasi teknologi dalam bilik darjah (Ponners & Piller, 2020). Justeru, situasi ini mendorong kepada perubahan penerimaan murid terhadap proses pembelajaran berikutan kepesatan perkembangan teknologi yang semakin rancak.

Sehubungan itu, AR dilihat mampu diterapkan sebagai bahan pengajaran dan pembelajaran (Abd Rahman & Abd Halim, 2025). Namun begitu, guru matematik sekolah rendah masih kurang latihan profesional secara taktikal dan pendedahan tentang kemahiran mengintegrasikan teknologi AR melibatkan topik geometri dalam bilik darjah. Cabaran ini menjadikan guru sekolah rendah terbatas untuk menyampaikan maklumat secara lebih mendalam tentang geometri kepada murid-murid.

Cabaran Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Sekolah

Kekurangan Tenaga Pengajar Mahir di Sekolah Rendah untuk Mengintegrasikan AR dalam Topik Geometri

Ketiadaan tenaga pengajar yang mempunyai kepakaran pedagogi dan teknikal yang diperlukan untuk melaksanakan teknologi AR dalam pembelajaran geometri di sekolah rendah merupakan halangan utama dalam melaksanakan teknologi tersebut dengan berkesan. Kajian oleh

Zainuddin et al. (2021) mendapati bahawa pemahaman guru tentang teknologi pendidikan baharu dan keupayaan mereka untuk menggunakannya dalam konteks pedagogi adalah penting untuk kejayaan pendidikan. Guru sekolah rendah, terutamanya guru matematik, sering menghadapi halangan apabila melibatkan diri dalam latihan profesional yang memfokuskan pada teknologi AR. Ini kerana pendidikan sedia ada tertumpu kepada penggunaan teknologi asas seperti pembelajaran digital biasa dan bahan bantu mengajar konvensional.

Selain itu, pembelajaran geometri memerlukan pemahaman yang mendalam tentang bentuk, ruang dan perwakilan visual secara interaktif boleh dibantu menerusi penggunaan AR. Guru mungkin tidak dapat memanfaatkan kelebihan AR dengan baik jika mereka tidak tahu cara menggunakan aplikasi AR seperti *Merge Cube* atau *GeoGebra* AR dengan betul. Oleh itu, untuk memenuhi matlamat Dasar Pendidikan Digital, pihak sekolah perlu menggalakkan guru-guru sedia ada di sekolah rendah mengikuti latihan pembangunan profesional berasaskan teknologi AR dalam pengajaran dan pembelajaran geometri.

Sekolah tiada Platform Khusus Melibatkan AR dalam Pengajaran dan Pembelajaran Geometri di Sekolah Rendah

Ketiadaan platform khusus yang menyokong AR dalam pengajaran dan pembelajaran geometri di peringkat sekolah rendah merupakan satu lagi masalah yang perlu diberi perhatian. Walaupun terdapat banyak aplikasi AR untuk pendidikan, Namun, kebanyakan daripadanya tidak direka untuk kurikulum Matematik sekolah rendah di Malaysia. Satu kajian yang dijalankan oleh Perifanou et al. (2023) menunjukkan bahawa apabila kandungan tempatan tidak sepadan dengan sukatan pelajaran, guru menghadapi kesukaran untuk memilih bahan AR yang berkesan dan sesuai untuk mencapai matlamat pembelajaran.

Lantaran itu, aplikasi AR di sekolah rendah masih berlaku secara tidak sistematik kerana kekurangan platform yang mengintegrasikan teknologi AR dengan reka bentuk pedagogi tempatan. Selain itu, penemuan Syafiq Yusof et al. (2022) menyatakan bahawa penggunaan inovasi digital dalam pendidikan hanya akan berkesan jika ia disokong oleh infrastruktur platform yang kukuh, mudah digunakan dan sesuai dengan konteks tempatan. Oleh itu, mewujudkan platform AR khusus untuk topik geometri berdasarkan kurikulum nasional bukan sahaja boleh menyokong pembelajaran secara visual dan interaktif tetapi ia juga boleh membantu guru menjadi lebih baik dan meningkatkan minat dan pemahaman murid tentang geometri.

Cabaran Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada KPM

Peralatan Digital, Infrastruktur, Sumber dan Bahan AR Melibatkan Topik Geometri Sekolah Rendah yang Terbatas dan Masih Terhad

Kekurangan peralatan digital dan infrastruktur yang baik di peringkat sekolah rendah merupakan halangan utama dalam usaha menjayakan integrasi teknologi AR dalam pengajaran geometri. Penyediaan peralatan digital dan infrastruktur yang baik sudah pasti memerlukan kos yang tinggi. Tambahan pula, jika ingin melibatkan jalinan dan jaringan daripada pihak luar, satu ekosistem digital memerlukan perancangan yang teliti agar DPD dapat dilaksanakan dengan sempurna dan mencapai sasarannya. Ia adalah penting untuk menyokong keberkesanan penggunaan teknologi seperti AR dalam pendidikan matematik di peringkat sekolah rendah.

Selain itu, kesukaran guru untuk mendapatkan bahan digital yang berkualiti tinggi dan relevan dengan silibus kebangsaan dalam matematik termasuk melibatkan topik geometri. Situasi ini memerlukan penyesuaian khusus terhadap kandungan kurikulum kebangsaan khususnya untuk mengintegrasikan AR dalam pengajaran. Oleh itu, perkongsian sumber adalah penting untuk mempercepatkan adopsi teknologi ini. Usaha untuk memperkasakan DPD melalui penggunaan AR membabitkan geometri mungkin tidak mencapai kesan terbaik jika tiada platform sokongan yang sistematik seperti repositori digital guru berasaskan komuniti.

Kekurangan Latihan Profesionalisme dan Pendedahan kepada Guru Matematik Sekolah Rendah tentang Inovasi Sumber atau Bahan AR Melibatkan Geometri

Satu lagi isu yang perlu diberi perhatian ialah guru matematik sekolah rendah kurang didedahkan dengan teknologi AR melibatkan geometri. Kebanyakan guru di peringkat sekolah rendah masih belum menerima latihan khusus mengenai pendedahan dan penggunaan aplikasi AR dalam pengajaran geometri. Situasi ini menghalang pelaksanaan DPD kerana matlamat utama dasar ialah memupuk pendidik sebagai penggerak perubahan dalam pedagogi digital. Guru yang tidak mahir dalam teknologi mungkin tidak meneroka atau memanfaatkan inovasi digital seperti AR dalam geometri. Walau bagaimanapun, AR mempunyai potensi besar untuk meningkatkan pemahaman murid tentang konsep abstrak geometri seperti bentuk tiga dimensi.

Selain itu, reka bentuk bahan berasaskan AR memerlukan kemahiran teknikal tertentu yang kebanyakan guru tidak mempunyai pengalaman melalui pendidikan formal. Oleh itu, tidak mungkin untuk memenuhi keperluan pengajaran sebenar yang selaras dengan Kurikulum Standard Sekolah Rendah (KSSR) jika hanya bergantung kepada bahan yang sedia ada. Ketiadaan latihan profesional dalam bidang ini membuatkan guru tidak yakin untuk mencuba atau mengintegrasikan AR dalam proses pengajaran dan pembelajaran geometri di bilik darjah.

Perbincangan dan Cadangan Penambahbaikan

Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Murid.

Mengurangkan Beban Kognitif Murid Sekolah Rendah Terhadap AR Dalam Pembelajaran Geometri

Pandangan murid tentang ruang tiga dimensi (3D) yang abstrak adalah cabaran utama dalam penggunaan teknologi AR ketika proses pembelajaran geometri berlaku. Terdapat kemungkinan bahawa AR yang bertujuan sebagai alat bantu visual tidak akan berfungsi dengan baik jika murid tidak mempunyai pemahaman asas tentang geometri dan elemen spasial. Untuk membantu murid memahami konsep asas bentuk dan ruang, guru boleh menggunakan bahan fizikal seperti blok geometri dan model 3D pada peringkat awal pembelajaran.

Bagi membolehkan murid memindahkan pengetahuan mereka dari pengalaman sebenar ke pengalaman maya, pengenalan AR boleh dilaksanakan dalam konteks aktiviti berasaskan masalah (*problem-based learning*) yang berkaitan dengan dunia sebenar. Selain itu, beban kognitif di kalangan murid sekolah rendah boleh dikurangkan. Ini kerana, teknologi harus disesuaikan dengan gaya pembelajaran murid dan tahap kebolehan mereka. Pendekatan berperingkat ini akan menjadikan integrasi AR lebih berkesan, membantu murid memahami konsep geometri secara visual dan interaktif.

Mengaplikasikan Faktor Psikososial untuk Meningkatkan Keyakinan Murid Sekolah Rendah dalam Pembelajaran Geometri melalui Integrasi AR

Faktor psikososial seperti keinginan dan keyakinan diri memainkan peranan penting dalam kejayaan murid sekolah rendah dalam pembelajaran matematik khususnya bagi pembelajaran geometri. Untuk menyelesaikan masalah ini, teori "*Self-Determination Theory* (SDT)" boleh digunakan sebagai asas untuk intervensi motivasi. Dalam pendekatan ini, murid digalakkan untuk meneroka kandungan geometri melalui AR dengan diberi kebebasan untuk memilih aktiviti, menerima maklum balas positif secara konsisten, dan mempunyai peluang untuk menunjukkan apa yang mereka telah lakukan. Tambahan pula, kaedah ganjaran aktiviti gamifikasi seperti lencana digital, pencapaian maya dan penceritaan interaktif dalam aplikasi AR boleh digunakan untuk meningkatkan penglibatan dan keyakinan murid (Noor Fazliena & Siti Mistima, 2023). Justeru, bagi melaksanakan kaedah ini dengan berkesan, guru harus dilatih untuk membina pertumbuhan pemikiran yang positif terhadap integrasi AR melibatkan pembelajaran geometri dalam kalangan murid sekolah rendah.

Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Guru

Latihan Profesional Komprehensif Meliputi Pendedahan Teori, Amalan Pedagogi Inovatif serta Bimbingan Teknikal Melalui Integrasi AR

Salah satu faktor utama yang menghalang penggunaan teknologi AR secara meluas dalam bilik darjah, terutamanya dalam pengajaran geometri ialah kekurangan latihan profesional yang menyeluruh untuk guru sekolah rendah. Latihan yang menyeluruh tentang teori pedagogi, reka bentuk pembelajaran inovatif dan bimbingan praktikal dalam pelaksanaan adalah penting untuk guru (Radin Muhd Imaduddin et al., 2020). Latihan yang sedang dijalankan sering kali bersifat satu hala dan tidak berkaitan dengan cabaran sebenar yang dihadapi oleh murid sekolah rendah dalam pembelajaran geometri khususnya melibatkan AR.

Oleh itu, mewujudkan program pembangunan profesional berterusan (CPD) kepada guru-guru matematik sekolah rendah yang menumpukan pada penggabungan teknologi AR dalam subjek geometri adalah salah satu penambahbaikan yang boleh dilaksanakan. Latihan ini harus berasaskan model latihan berfasa seperti TPACK (Teknologi, Pendidik, dan Pengetahuan Kandungan). TPACK mampu meningkatkan pemahaman guru tentang cara menyeimbangkan teknologi, aspek pedagogi, dan kandungan (Mishra & Koehler, 2006). Tambahan pula, institusi pendidikan tinggi dan agensi teknologi boleh bekerjasama untuk mengadakan bengkel latihan yang menekankan penggunaan aplikasi AR secara langsung untuk mengajar konsep bentuk geometri 3D, simetri dan pengukuran sudut. Guru perlu diberi motivasi untuk meneroka dan mencuba kaedah baharu, sokongan berterusan daripada komuniti pembelajaran profesional (PLC) atau pembimbing pakar adalah penting (Abd Rahman & Abd Halim, 2025).

Pembangunan Sumber dan Bahan AR untuk Pengajaran dan Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah

Guru matematik sekolah rendah berhadapan dengan kesukaran untuk menggunakan AR dalam pengajaran geometri kerana mereka tidak mempunyai sumber dan bahan bantu mengajar yang sesuai serta mudah diakses. Bahagian Pembangunan Kurikulum (2022) menyatakan bahawa kekurangan sumber digital interaktif yang khusus untuk subtopik geometri seperti simetri dan bentuk 3D telah menjadikannya lebih sukar bagi guru untuk menyampaikan konsep visual dengan cara yang menyeronokkan dan mendalam. Situasi ini menyebabkan pengajaran lebih

cenderung menggunakan pendekatan tradisional iaitu sumber dan bahan 2D yang tidak menarik perhatian murid.

Penambahbaikan boleh dicapai melalui pembangunan pangkalan data sumber terbuka atau repositori sumber terbuka yang mengandungi modul AR interaktif untuk pengajaran dan pembelajaran geometri yang sepadan dengan silibus KSSR. Bahan visual 3D dan simulasi AR yang boleh digunakan pada peranti mudah alih atau tablet boleh dibangunkan oleh Kementerian Pendidikan Malaysia (KPM) dengan bantuan syarikat edutech atau pembangun kandungan tempatan. Sebagai contoh, aplikasi tempatan seperti “*Assembler Edu*” atau “*CoSpaces Edu*” boleh digunakan untuk menghasilkan objek geometri 3D yang membolehkan murid mengubah, memutar dan meneroka bentuk secara interaktif. Setiap bahan yang dicipta harus disertakan dengan panduan penggunaan dan cadangan aktiviti PdPc. Ini dilakukan untuk memudahkan guru merancang pelaksanaan dengan berkesan di bilik darjah (Chiang et al., 2020).

Akhir sekali, penggunaan AR dalam pengajaran geometri di sekolah rendah sangat bergantung pada kebolehan guru yang didukung oleh latihan profesional yang mendalam dan akses kepada bahan dan sumber yang berkualiti. Untuk menjadikan pengajaran dan pembelajaran geometri lebih menarik, interaktif dan bermakna, institusi latihan guru, pemain industri teknologi pendidikan dan KPM perlu bekerjasama dengan guru-guru matematik sekolah rendah sedia ada dalam usaha membangunkan sumber dan bahan pengajaran dan pembelajaran geometri secara berterusan dan holistik.

Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada Sekolah

Jaringan dan Jalinan Luar - Pihak Universiti, Syarikat Swasta dan PIBG

Memperluaskan jaringan dan kerjasama antara pihak sekolah dengan pihak luar seperti institusi pengajian tinggi, syarikat teknologi pendidikan dan Persatuan Ibu Bapa dan Guru (PIBG) adalah satu cara untuk melaksanakan penambahbaikan terhadap pelbagai cabaran yang telah dikenal pasti. Sinergi ini akan membolehkan guru matematik mengikuti program latihan profesional yang komprehensif merangkumi teori pendidikan digital, amalan pedagogi inovatif dan panduan teknikal untuk aplikasi AR melibatkan geometri. Latihan ini harus diiktiraf dan disusun dengan tujuan menjadikan pendidik sebagai "pakar rujuk" teknologi AR di setiap sekolah khususnya yang mempunyai perkaitan dengan geometri.

Pihak sekolah juga boleh berkolaborasi dengan universiti awam untuk menyediakan kursus latihan berasaskan kurikulum nasional yang menggabungkan kepakaran dalam kandungan geometri serta kemahiran AR manakala syarikat swasta memberi sumbangan dengan menyediakan sokongan teknikal dan penyelenggaraan. Menurut Alniza et al. (2024), kejayaan integrasi digital dalam bilik darjah bergantung pada latihan berterusan yang menggabungkan kebolehan pedagogi dan teknologi. Selain itu, matlamat Dasar Pendidikan Digital (DPD) adalah untuk mewujudkan tenaga pengajar yang mahir dalam teknologi dan inovatif. Ini boleh dicapai dengan melahirkan pakar dalam bidang teknologi AR pembelajaran geometri di peringkat sekolah rendah.

Pembangunan Platform Perkongsian Sumber dan Bahan Pembelajaran serta Pengajaran AR

Pembangunan platform khusus diperlukan untuk perkongsian bahan pembelajaran dan pengajaran berasaskan AR khususnya melibatkan topik geometri bagi kegunaan murid dan guru matematik sekolah rendah. Platform ini perlu berfungsi sebagai repositori digital yang

mengumpulkan bahan interaktif seperti modul AR, latihan geometri berdasarkan visualisasi 3D dan panduan untuk penggunaan aplikasi seperti *Merge EDU* dan *GeoGebra AR*. Bahan interaktif ini perlu disusun mengikut tahap dan topik geometri yang bersesuaian dengan konteks pendidikan nasional.

Menurut Perifanou et al. (2023), guru menghadapi masalah untuk menggunakan AR dengan baik kerana tiada kandungan yang sejajar dengan konteks tempatan. Oleh itu, untuk platform ini memenuhi keperluan pengajaran dan pembelajaran sebenar di bilik darjah, ia perlu dibangunkan dengan kerjasama pendidik, pakar kurikulum dan pakar aplikasi AR. Selain itu, infrastruktur digital yang kontekstual dan mudah digunakan boleh meningkatkan keberkesanan inovasi akademik. Dengan ini, pendidik boleh mengakses, menyumbang dan menyesuaikan bahan AR dengan lebih sistematik. Ini membolehkan pembelajaran murid menjadi lebih aktif, visual dan menyeronokkan.

Secara keseluruhannya, penggunaan teknologi AR dalam pengajaran geometri di sekolah rendah sangat bergantung pada guru yang bersedia dan mempunyai infrastruktur sokongan yang kukuh. Antara isu penting yang perlu ditangani secara holistik ialah kekurangan guru yang mahir dalam pedagogi AR dan tekniknya, serta kekurangan platform khusus yang menyokong kandungan kurikulum tempatan. Oleh itu, program latihan profesional yang dilaksanakan melalui jaringan strategik bersama universiti, syarikat teknologi dan PIBG boleh menghasilkan guru pakar yang boleh dipercayai di institusi pendidikan.

Selain itu, pembangunan platform khusus yang mengandungi bahan pengajaran berasaskan AR yang sesuai dengan sukatan pelajaran akan membolehkan guru melaksanakan pengajaran berasaskan teknologi dengan lebih cekap dan berkesan. Penambahbaikan ini bukan sahaja selaras dengan matlamat DPD, tetapi ia juga boleh menjadikan pembelajaran lebih menarik, interaktif dan memberi kesan yang lebih besar kepada pemahaman geometri.

Integrasi AR dalam Pembelajaran Geometri Sekolah Rendah kepada KPM

Membangunkan "Hub Perkongsian Digital" bagi Peralatan Digital, Infrastruktur, Sumber dan Bahan AR Yang Terbatas serta Masih Terhad

Membangunkan "Hub Perkongsian Digital" di seluruh negara, yang merupakan repositori digital berasaskan komuniti yang digunakan oleh guru matematik untuk berkongsi sumber dan bahan bagi pengajaran geometri berasaskan AR. Hubs ini boleh dibangunkan dengan bantuan Bahagian Sumber dan Teknologi Pendidikan (BSTP), KPM dan institusi pengajian tinggi tempatan yang mempunyai kepakaran dalam pembangunan kandungan digital. Ini bertujuan untuk mengurangkan kekangan dari segi peralatan digital, infrastruktur, sumber dan bahan AR yang terbatas dan masih terhad. Satu komponen penting untuk menyokong transformasi pendidikan digital adalah pembentukan ekosistem digital yang berfungsi secara kolektif. Justeru, perlu adanya kerjasama dengan penyedia teknologi tempatan seperti startup teknologi pendidikan bagi menghasilkan templat AR modular yang mudah digunakan oleh guru.

Menyediakan Latihan dan Kursus Berterusan kepada Guru-Guru Matematik Melibatkan AR dalam Topik Geometri Sekolah Rendah

Tahap kesiapsiagaan profesional guru matematik sekolah rendah berkaitan dengan penggunaan AR dalam pengajaran geometri adalah satu lagi isu yang penting. Sebuah kajian oleh Abdullah et al. (2021) serta Rahman dan Ahmad (2023) menunjukkan bahawa kebanyakan pendidik tidak mempunyai pengetahuan teknikal dan pedagogi digital yang mencukupi untuk mencipta atau

mengadaptasi bahan AR. Selain itu, reka bentuk bahan berasaskan realiti augmented memerlukan pengetahuan pemodelan 3D, penggunaan perisian pembinaan AR seperti *Unity* atau *Adobe Aero*, dan pemetaan kurikulum yang teliti.

Sehubungan dengan itu, KPM perlu melaksanakan program latihan yang berstruktur dan berkala untuk mengatasi masalah kekurangan latihan profesional dalam penggunaan dan pembuatan bahan berasaskan AR untuk subjek geometri di sekolah rendah. Tiga domain utama harus dibincangkan dalam kelas ini: asas teknologi AR dan kegunaannya dalam pendidikan; keupayaan untuk membuat bahan AR menggunakan perisian yang mudah digunakan; dan kaedah untuk memasukkan bahan AR ke dalam rancangan pengajaran berdasarkan sukatan KSSR. Bagi membolehkan guru mengikuti latihan secara fleksibel dan sendiri tanpa mengganggu tugas sebenar mereka, pendekatan gabungan pembelajaran (*blended learning*) dan modul *Massive Open Online Courses* (MOOC) berasaskan keperluan adalah disarankan.

Dalam kerangka TPACK, menyatakan bahawa penggabungan ketiga-tiga elemen iaitu pengetahuan kandungan, pedagogi dan teknologi sangat penting untuk kejayaan penggunaan teknologi dalam pendidikan (Chieng & Tan, 2021). Oleh itu, program latihan guru mesti mengambil kira perkara ini dengan seimbang. Bagi meningkatkan kredibiliti dan mendorong guru untuk meneroka inovasi digital dalam pedagogi, KPM juga dicadangkan membangunkan satu Sijil Profesional Integrasi AR dalam PdP Geometri dengan kerjasama Institut Pendidikan Guru Malaysia (IPGM) atau institusi latihan yang berkaitan.

Selain itu, pelantikan guru digital AR yang berbakat di setiap daerah atau negeri boleh menyokong sokongan berterusan secara peribadi dan dalam talian melalui penubuhan komuniti amalan yang aktif. Pendekatan ini selaras dengan kerangka pengetahuan kandungan teknologi pedagogi TPACK yang menekankan bahawa kesepadanan pengetahuan teknologi, pedagogi dan kandungan adalah penting untuk keberkesanan integrasi teknologi dalam bilik darjah. Oleh itu, untuk memastikan kelestarian pelaksanaan DPD secara keseluruhan, setiap inisiatif latihan hendaklah disusun secara seimbang dan berasaskan keperluan sebenar guru di lapangan.

Kesimpulannya, jika AR digunakan dalam pembelajaran dan pengajaran geometri di sekolah rendah, terdapat banyak peluang untuk menyokong matlamat Dasar Pendidikan Digital. Walau bagaimanapun, untuk mencapainya, ia memerlukan asas yang kukuh dalam bentuk ekosistem perkongsian digital dan latihan profesional yang berterusan dan relevan. Dengan mewujudkan Pusat Perkongsian Digital dan melaksanakan kursus latihan berstruktur, isu yang berkaitan dengan kekurangan platform sumber dan kebolehan guru boleh diatasi dengan berkesan. Oleh itu, untuk mencapai pendidikan digital yang inklusif dan berimpak tinggi, KPM harus menumpukan pada sokongan sistemik dan pembinaan kapasiti guru.

Kesimpulan

Teknologi AR boleh menawarkan solusi yang efektif kerana ia mampu memvisualisasikan objek tiga dimensi dalam bentuk maya yang boleh dimanipulasi, diperbesar, diputar dan dikaji secara interaktif oleh murid dalam dunia nyata. Namun, sehingga kini, penggunaan AR dalam PdP geometri masih bersifat terpencil dan belum dijadikan sumber bahan PdP utama dalam sistem pendidikan arus perdana. Oleh itu, perkara ini perlu diambil kira untuk memastikan integrasi teknologi AR berlaku secara sistematik dan menyeluruh bukannya hanya sebagai projek perintis atau inisiatif terasing. Dengan hanya menggunakan pendekatan holistik dan terancang, AR mempunyai keupayaan untuk meningkatkan pedagogi geometri secara ketara.

Ini boleh menjadikan pembelajaran lebih kontekstual, berpusatkan murid dan selaras dengan Dasar Pendidikan Digital.

Penghargaan

Segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT kerana dengan limpah rahmatNya, artikel ini berjaya disiapkan dengan jayanya. Usaha ini tidak akan terlaksana tanpa sokongan dan dorongan daripada insan-insan yang banyak membantu secara langsung mahupun tidak langsung sepanjang perjalanan penyelidikan ini. Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada pensyarah Prof. Madya Dr. Muhammad Sofwan Mahmud dan Prof. Dr. Zamri Mahamod atas segala bimbingan dan nasihat yang telah diberikan. Tidak dilupakan juga kepada keluarga dan rakan FPEND UKM 2024 yang secara tidak langsung menyokong dalam penulisan ini. Sumbangan anda semua amat saya hargai dan semoga Allah membalas segala jasa baik dengan sebaik-baik ganjaran.

References

- Abd Rahman, K., & Abd Halim, N. D. (2025). Augmented Reality in Learning Geometry: A Review of its Advantages and Challenges. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 14(4). <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v14-i4/26676>
- Abdul Hanid, M. F., Mohamad Said, M. N. H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*, 27(7), 9485–9521. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Alniza Azman, N., Isa Hamzah, M., & Abd Razak, K. (2024). Digital Teaching Pedagogy Among Primary School Teachers: A Systematic Literature Review. In *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology* (Vol. 23).
- Alzahrani, N. M. (2020). Augmented reality: A systematic review of its benefits and challenges in e-learning contexts. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Number 16). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app10165660>
- Andriliani, L., Amaliyah, A., Putry Prikustini, V., & Daffah, V. (2022). Analisis Pembelajaran Matemaika Pada Materi Geometri. *Sibatik Journal: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, dan Pendidikan*, 1(7), 1169–1178. <https://doi.org/10.54443/sibatik.v1i7.138>
- Bahariah B.H.B., Baharizah B.H.B., Nurul Jannah B.A., Nurazreen B. M. T., & Mohd Nazri B.M.H. (2017). *Kurikulum Standard Sekolah Menengah: Matematik Tingkatan 2*. <http://www.geogebra.org/>
- Cai, S., Liu, C., Wang, T., Liu, E., & Liang, J. C. (2021). Effects of learning physics using Augmented Reality on students' self-efficacy and conceptions of learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 235–251. <https://doi.org/10.1111/bjet.13020>
- Chieng, Y. E., & Tan, C. K. (2021). A sequential explanatory investigation of TPACK: Malaysian science teachers' survey and perspective. *International Journal of Information and Education Technology*, 11(5), 235–241. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2021.11.5.1517>
- Chuen, T. L., & Rosli, R. (2021). The Content Domain Analysis of the Revised KSSR Standard 4 Mathematics Textbook Version 2017. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matemaik Malaysia*, 11(2), 51–66. <https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.2.5.2021>
- Fakharudin Shahudin. (2024). *Aplikasi Augmented Reality (AR) Bagi Topik Bentuk Geometri 3d Dalam Kalangan Pelajar Tingkatan 2*. 78–90. <https://www.researchgate.net/publication/383212342>
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
- Hasanah, L., & Agung, S. (2020). Kemampuan Pengenalan Geometri Melalui Kegiatan Bermain Balok Anak Usia 5-6 Tahun. *Jurnal Paud Agapedia*, 2(2), 115–124. <https://doi.org/10.17509/jpa.v2i2.24538>
- Hasrin, N., & Maat, S. M. B. (2022). Kebimbangan dan Kepercayaan Matematik Serta Hubungan dengan Pembelajaran Matematik. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(4), e001437. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i4.1437>
- Hock Wuong, N., & Rajoo, M. (2024). Sikap Murid Sebagai Mediator Terhadap Hubungan antara Keterlibatan Ibu Bapa dan Pencapaian Matematik. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 9(9), e003004. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v9i9.3004>

- Ismail, H. (2020). Investigating Student's Learning Difficulties in Shape and Space Topic: A Case Study. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(5), 5315–5321. <https://doi.org/10.37200/ijpr/v24i5/pr2020238>
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2022). *Laporan Penilaian Keberkesanan Pengajaran Matematik di Sekolah Rendah*.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2023). *Dasar Pendidikan Digital 2023–2030*.
- Kementerian Pendidikan Malaysia. (2024). *Laporan kajian kebangsaan: Keyakinan murid dalam pembelajaran matematik*.
- Lintiasri, S., Fitrotun Nisa, A., Al Masjid, A., & Henu Cahyani, B. (2024). The Effect of Augmented Reality Media on Mathematics Learning Outcomes of Elementary School Students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 25(4), 2000–2012. <https://doi.org/10.23960/jpmipa/v25i4.pp2000-2012>
- Mandala, A. S., Anwar, L., Sa'dijah, C., & Zulnaidi, H. (2025). Development of mobile augmented reality-based geometry learning games to facilitate spatial reasoning. *Infinity Journal*, 14(2), 323–348. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p323-348>
- Mantik, J., Irawan, D., Dara Fayola, A., Werdiningsih, R., Hikmah, N., & Yuniara, R. (2023). Development of interactive multimedia on learning geometry to improve understanding of elementary school children. In *Jurnal Mantik* (Vol. 6, Number 4). Online.
- Mishra Punya, & Koehler J. Matthew. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Mochamad Surya, C., Zulvian Iskandar, Y., Marlina, L., & Rakeyang Santang, S. (2022). *Meningkatkan kemampuan mengenal bentuk geometri dasar pada anak kelompok a melalui metode tebak gambar*.
- Monan, & J Donald. (2024). *Matthias von Davier Highlights of the TIMSS 2023 Release*.
- Nadzri, A. Y. N. M., Ayub, A. F. M., & Zulkifli, N. N. (2023). The effect of using augmented reality module in learning geometry on mathematics performance among primary students. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(9), 1478–1486. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.9.1952>
- Nining Suryani, & Angga Hidayat. (2022). Psychology of learning in geometry course with Augmented Reality technology. *Journal of Positive School Psychology*.
- Noor Fazliena, J., & Siti Mistima, M. (2023). Pengaruh motivasi terhadap pencapaian matematik: Kajian literatur bersistematik. *Jurnal Dunia Pendidikan*, 4, 151–163. <https://doi.org/10.55057/jdpd.2022.4.4.13>
- Norliza, M. I. (2021). "Konstruksi ruang kreatif, simbolik, spiritual seni pertunjukan dalam masyarakat Melayu" penerbit singgasana budaya nusantara. *PROSIDING Seminar Antar Bangsa Indonesia-Malaysia "Konstruksi Ruang Kreatif, Simbolik, Spiritual Seni Pertunjukan Dalam Masyarakat Melayu" Penerbit Singgasana Budaya Nusantara*, 27–59.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I)*. OECD. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Perifanou, M., Economides, A. A., & Nikou, S. A. (2023). Teachers' views on integrating augmented reality in education: Needs, opportunities, challenges and recommendations. *Future Internet*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/fi15010020>
- Ponners, P. J., & Piller, Y. (2020). *The Reality of Augmented Reality in the Classroom*.
- Radin Muhd Imaduddin Radin Abdul Halim, Ruhizan Mohammad Yasin, & Nik Mohd Rahmi Nik Yusof. (2020). The Development of Mathematics Teaching Module Framework Using Social and Emotional Learning (SEL) Approach. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 45(02). <https://doi.org/10.17576/jpen-2020-45.02-03>
- Rismawati, M., Khairiati, E., Pendidikan Matematika, P., Persada Khatulistiwa, S., Harapan Tempunak, B., & Sintang, K. (2020). *Analisis faktor yang mempengaruhi rendahnya motivasi belajar siswa pada mata pelajaran matematika* (Vol. 2, Number 2).

- Saeed Alqahtani, A., Foaud Daghestani, L., & Fattouh Ibrahim, L. (2017). Environments and System Types of Virtual Reality Technology in STEM: A Survey. In *IJACSA International Journal of Advanced Computer Science and Applications* (Vol. 8, Number 6). www.ijacsa.thesai.org
- Scholarworks, S., & Jones, B. (2020). *The Experiences of Elementary Teachers Regarding Technology The Experiences of Elementary Teachers Regarding Technology Integration in the Classroom Integration in the Classroom*. <https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations>
- Shing Kit, C., & Mahmud, M. S. (2023). Keberkesanan Pembelajaran Berasaskan Perisian Terhadap Penguasaan Geometri dalam kalangan Murid Tahun Enam: Sebuah Tinjauan Literatur. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 8(1), e002037. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i1.2037>
- Syafiq Yusof, A., Ajmain @ Jima'ain, M. T., Rahim, S. Ab., & Abuhassna, H. (2022). Implementation of Augmented Reality (AR) in Malaysian Education System. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 11(3). <https://doi.org/10.6007/ijarped/v11-i3/14660>
- Syed Zainuddin, S. A. H., & Abdullah, A. H. (2023). Kreativiti Murid dalam Pembelajaran Geometri di Sekolah Rendah. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 8(4), e002263. <https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i4.2263>
- UNESCO. (2022). Digital Transformation in Education in Asia Pacific: Policy Brief. *Asia-Pacific Regional Education Minister's Conference, 2nd, Bangkok, 2022*.
- Voon, S. H., & Amran, M. S. (2021). Pengaplikasian Teori Pembelajaran Konstruktivisme Dalam Pembelajaran Matematik: application of constructivism learning theory in mathematical learning. *Sains Insani*, 6(2). Yanuarto, W. N., Suanto, E., & Isnawan, M. G. (2024). Augmented Reality for Mathematics Learning: A Study for Enhancing Mathematical Comprehension in High School Students. *JTAM (Jurnal Teori Dan Aplikasi Matematika)*, 8(3), 910. <https://doi.org/10.31764/jtam.v8i3.22778>
- Zainuddin, N., Abdelrahman Ibrahim Suleiman Islaieh, & Sahrir, M. S. (2021). An Insight into Motivational Factors of Integrating Edu-Tech in Learning Arabic During COVID-19 Outbreak. *Ulum Islamiyyah*, 33(S4), 1–14. <https://doi.org/10.33102/uij.vol33nos4.412>
- Ziaee, O., & Hamedi, M. (2021). *Augmented reality applications in manufacturing and its future scope in Industry 4.0*.