

COGNIMATHAR: MERANGSANG PEMBANGUNAN KOGNITIF MELALUI PEMBELAJARAN MATEMATIK AWAL BERASASKAN AUGMENTASI REALITI

MUHAMMAD HARRAZ IMAN BIN MAZLAN
TENGGU SITI MERIAM BINTI TENGGU WOOK

*Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor Darul Ehsan, Malaysia*

ABSTRAK

Projek ini bertujuan untuk menjawab keperluan penting dalam bidang pendidikan matematik awal yang inovatif dan memikat bagi kanak-kanak berusia 2 hingga 6 tahun di Malaysia. Kaedah tradisional dalam pendidikan matematik untuk kumpulan umur ini seringkali kurang berkesan, dengan menekankan penghafalan berulang tanpa memberi tumpuan kepada pembangunan Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (HOTS) yang penting untuk pertumbuhan menyeluruh. Projek ini mencadangkan pembangunan aplikasi pembelajaran matematik berasaskan Augmentasi Realiti (AR) yang interaktif dan merangsang dengan penekanan yang kuat pada HOTS. Projek ini juga mengiktiraf kepentingan peranan ibu bapa dan guru dalam proses pembelajaran. Aplikasi AR yang dicadangkan menyediakan alat untuk memantau kemajuan kanak-kanak dan memberikan panduan yang disesuaikan, mencipta persekitaran pembelajaran yang kolaboratif. Dengan menekankan pendidikan matematik awal dan pembangunan HOTS, projek ini bertujuan untuk memberi kanak-kanak asas matematik yang kukuh dan mempersiapkan mereka untuk cabaran pendidikan pada masa akan datang. Melalui cara ini, projek ini berharap untuk menjadikan pembelajaran matematik menyeronokkan dan efektif, membentuk asas bagi pembelajaran berasaskan pemikiran kritikal yang lebih maju sepanjang perjalanan pendidikan mereka.

Kata kunci: Pendidikan Matematik Awal, Augmentasi Realiti (AR), Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (HOTS), Interaktif dan Merangsang, Persekitaran Pembelajaran Kolaboratif

PENGENALAN

Dalam era pendidikan yang semakin mencabar, terdapat dua isu utama yang memerlukan perhatian khusus dalam pengajaran matematik, terutamanya dalam kalangan kanak-kanak prasekolah di Malaysia. Pertama, terdapat cabaran yang ketara dalam visualisasi dan pemahaman bentuk geometri serta konsep matematik, termasuk kesulitan dalam menggambarkan bentuk geometri tiga dimensi (3D) dan aplikasi konsep matematik abstrak seperti probabiliti. Kedua, pelajar juga menghadapi kesulitan dalam memahami konsep

matematik, termasuk sifat vektor 3D, perbezaan antara bentuk geometri dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D), serta topik matematik lain yang berkaitan.

Dalam usaha untuk mengatasi isu-isu ini, penyelidikan "CogniMathAR: Merangsang Pembangunan Kognitif Melalui Pembelajaran Matematik Awal Berasaskan Augmentasi Realiti" menjadi penting. Kajian ini mengenal pasti keperluan mendalam untuk memanfaatkan teknologi Augmentasi Realiti (AR) dalam konteks pengajaran matematik awal. Dengan memanfaatkan AR, penyelidikan ini bertujuan untuk merangsang kemahiran berfikir aras tinggi (KBAT) dalam kalangan kanak-kanak dengan menyediakan persekitaran yang membolehkan visualisasi dan pemahaman yang lebih baik dalam matematik. Ini bukan sahaja akan membantu pelajar dalam memahami konsep matematik dengan lebih mendalam, tetapi juga membentuk asas yang kukuh untuk pembelajaran matematik yang lebih berkesan.

Dengan melihat kepada kelebihan teknologi AR yang telah terbukti dalam kajian-kajian terdahulu, penyelidikan ini akan mengkaji potensi CogniMathAR sebagai 2 alat yang boleh memberi sumbangan penting dalam merangsang perkembangan kognitif kanak-kanak prasekolah melalui pendekatan pembelajaran matematik yang menggabungkan augmentasi realiti. Oleh itu, penyelidikan ini mempunyai implikasi penting dalam usaha untuk meningkatkan pemahaman dan pencapaian matematik dalam kalangan kanak-kanak prasekolah di Malaysia serta mempromosikan Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) dalam pendidikan matematik mereka.

METODOLOGI KAJIAN

Pemilihan metodologi Agile sebagai pendekatan utama dalam projek "CogniMathAR: Merangsang Pembangunan Kognitif Melalui Pembelajaran Matematik Awal Berasaskan Augmentasi Realiti" adalah berasaskan kepada keperluan untuk memberi penekanan kepada fleksibiliti, kolaborasi, dan penghasilan hasil yang berterusan dalam pembangunan aplikasi pendidikan yang melibatkan teknologi AR (Augmentasi Realiti).

Dalam konteks projek "CogniMathAR: Merangsang Pembangunan Kognitif Melalui Pembelajaran Matematik Awal Berasaskan Augmentasi Realiti," fasa-fasa dalam metodologi Agile boleh dijelaskan seperti berikut:

Fasa Perancangan

Dalam fasa ini, perancangan aplikasi pembelajaran CogniMathAR berdasarkan Augmentasi Realiti (AR) akan dijalankan dengan teliti. Proses ini melibatkan kajian mendalam tentang keperluan kanak-kanak prasekolah dalam konteks pembelajaran matematik awal, analisis yang mendalam terhadap konsep-konsep matematik yang perlu diterapkan, dan pemerhatian yang teliti terhadap teknologi Augmentasi Realiti (AR) yang relevan. Rancangan ini akan menjadi landasan yang kukuh untuk pembangunan aplikasi CogniMathAR, memastikan aplikasi tersebut sesuai dan berkesan dalam meningkatkan pemahaman matematik awal kanak-kanak.

Fasa Reka Bentuk

Fasa reka bentuk akan melibatkan pembangunan antara muka pengguna (UI) dan reka bentuk keseluruhan aplikasi AR. Aspek ini akan memberi tumpuan kepada kebolegunaan, interaktiviti, dan estetika aplikasi. Prototaip awal akan dibangunkan untuk mendapatkan maklum balas awal daripada pengguna dan pemangku kepentingan.

Fasa Pembangunan

Pembangunan aplikasi AR akan dilaksanakan berdasarkan reka bentuk dan perancangan yang telah ditetapkan. Pembangunan akan mengambil kira kekompleksan teknologi AR dan memastikan keselarasan aplikasi dengan pelbagai platform peranti AR. Pembangunan juga melibatkan penyusunan model-model 3D, latihan-latihan matematik, dan modul-modul pendidikan yang disesuaikan.

Fasa Pengujian

Fasa ujian melibatkan ujian kebolegunaan aplikasi AR dengan kanak-kanak prasekolah dan pemerhatian berdasarkan senarai semak. Ujian akan dijalankan untuk memastikan aplikasi berfungsi dengan baik dalam pelbagai keadaan dan akan diambil kira untuk membuat penyesuaian dan penambahbaikan..

Kaedah yang sama digunakan untuk pengujian kebolegunaan dengan menggunakan senarai semak yang terdiri daripada pelbagai kriteria penilaian. Senarai semak ini merangkumi aspek seperti keterlibatan pengguna, navigasi, interaksi dengan elemen AR, dan reaksi pengguna. Setiap kriteria dinilai dari 0 (Sangat Rendah) hingga 5 (Sangat Tinggi) berdasarkan pemerhatian secara langsung semasa sesi ujian. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang terperinci mengenai keberkesanan aplikasi dalam membantu pembelajaran matematik awal. Data yang diperoleh daripada senarai semak ini memberikan gambaran yang jelas tentang pengalaman pengguna dan potensi penambahbaikan untuk aplikasi tersebut.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

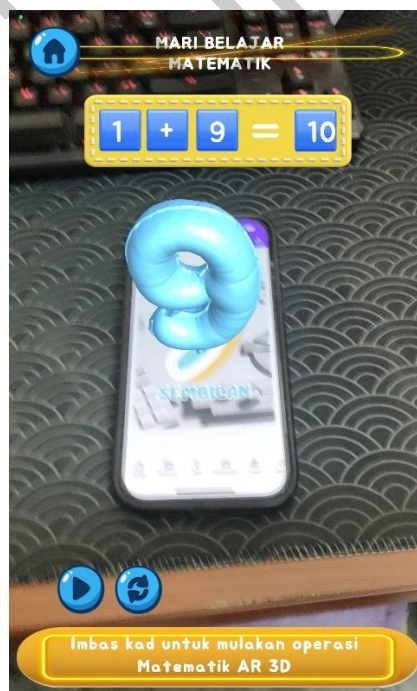
CogniMathAR, sebuah aplikasi pembelajaran matematik berasaskan realiti terimbuh (AR), telah berjaya dibangunkan dan semua dokumentasinya telah dilengkapkan. Proses pembangunan aplikasi ini menggunakan enjin permainan Unity dan teknologi pengesanan imej Vuforia. Ini membolehkan pengguna untuk berinteraksi dengan elemen AR yang muncul apabila penanda tertentu diimbias.

Apabila pengguna membuka aplikasi, mereka akan disambut dengan skrin halaman utama yang memaparkan pilihan untuk memulakan sesi pembelajaran. Untuk menggunakan aplikasi, pengguna perlu memilih modul yang ingin diteroka, sama ada Pembelajaran Matematik, Pembelajaran Bentuk Geometri, Modul Kuiz atau Ruang Info.



Rajah 1 Antara Muka Halaman Utama

Rajah 2 menunjukkan Skrin Pembelajaran Matematik memaparkan interaksi dengan angka 3D yang dapat diputar dan dibesarkan. Pengguna boleh melakukan pengiraan asas seperti penambahan dan pengurangan setelah imbasan marker yang ditentukan dan menekan butang 'Kira'. Pengguna juga boleh memulakan pengiraan asas yang baru dengan menekan butang 'Set Semula'. Ini menggalakkan pembelajaran melalui permainan, di mana pengguna dapat berinteraksi dengan model 3D dan memperkuat pemahaman konsep matematik.



Rajah 2 Antara Muka Pembelajaran Matematik

Rajah 3 memperlihatkan modul Pembelajaran Bentuk Geometri, di mana bentuk geometri 3D muncul untuk diterokai setelah pengguna mengimbas marker yang ditetapkan. Pengguna boleh memutar dan membesarkan, memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan interaktif dalam memahami konsep geometri. Ini membantu pengguna mengenali bentuk-bentuk geometri secara lebih visual dan praktikal, meningkatkan daya ingatan dan pemahaman mereka terhadap subjek yang dipelajari.

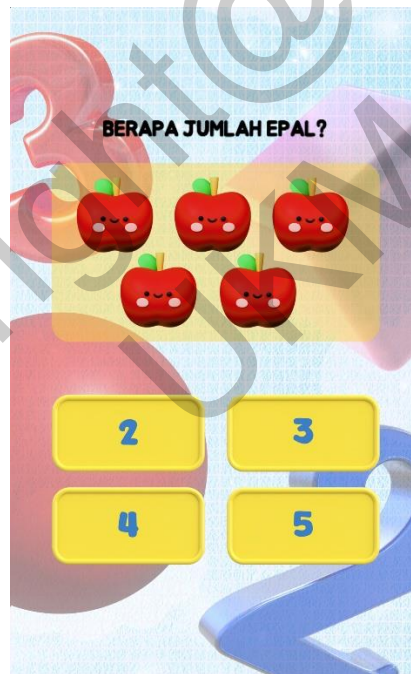


Rajah 3 Antara Muka Pembelajaran Geometri

Modul Kuiz menyediakan sesi interaktif di mana pengguna boleh menguji pengetahuan mereka selepas sesi pembelajaran. Setiap kuiz mempunyai penilaian yang akan membantu pengguna memahami tahap penguasaan mereka dalam matematik dan geometri. Rajah 4 menunjukkan antara muka pilihan jenis kuiz yang boleh dipilih oleh pengguna. Terdapat tiga pilihan iaitu 'Nombor Asas', 'Operasi Asas Matematik' dan yang terakhir 'Bentuk Geometri'. Terdapat lima soalan bagi setiap jenis kuiz. Rajah 5 menunjukkan antara muka soalan kuiz yang terdapat empat pilihan jawapan bagi pengguna. Terdapat bunyi yang akan dimainkan bagi pilihan jawapan yang betul atau salah bagi membezakan antara keduanya.



Rajah 4 Antara Muka Pilihan Jenis Kuiz



Rajah 5 Antara Muka Contoh Soalan Kuiz

Rajah 6 menunjukkan di akhir kuiz, skrin akan memaparkan keputusan dan markah berdasarkan semua soalan yang telah dijawab oleh pengguna. Pengguna akan dapat melihat analisis prestasi mereka dalam bentuk markah keseluruhan dan bintang. Terdapat juga dua pilihan yang disediakan: pengguna boleh memilih untuk mengulangi kuiz yang sama dengan menekan butang 'Jawab Semula' atau kembali ke menu pemilihan jenis kuiz dengan menekan butang 'Menu'. Ini memberikan fleksibiliti kepada pengguna sama ada untuk memperbaiki prestasi mereka dalam kuiz yang sama atau mencuba kuiz lain untuk menguji pengetahuan mereka dalam bidang yang berbeza.



Rajah 6 Antara Muka Keputusan Menjawab Kuiz

Rajah 7 menunjukkan antara muka Ruang Info. Modul ini menyediakan maklumat tambahan dan info tambahan berkaitan matematik asas dan bentuk geometri. Rajah 7 menunjukkan antara muka halaman utama 'Ruang Info', pengguna boleh memilih 3 jenis info tambahan iaitu 'Nombor dan Mengira', 'Bentuk dan Geometri' dan 'Penambahan dan Penolakan'.



Rajah 7 Antara Muka Halaman Utama Ruang Info

Pengguna boleh meleret skrin untuk melihat info tambahan yang disediakan bagi setiap jenis informasi. Kesemua informasi ini disediakan bersama dengan grahah yang boleh membantu pengguna untuk menguatkan lagi asas matematik dan geometri yang telah mereka pelajari. Pengguna boleh menekang butang 'Kembali' untuk kembali ke halaman utama ruang info bagi memilih jenis informasi berbeza yang ingin mereka pelajari atau kenalpasti.



Pengujian Kebolehgunaan

Pengujian kebolehgunaan ialah proses yang melibatkan ujian akhir yang dilaksanakan oleh wakil pengguna dan pihak berkepentingan untuk memastikan aplikasi CogniMathAR mampu menyediakan fungsi yang diperlukan sebelum ia dikeluarkan kepada umum. Tujuan pengujian kebolehgunaan ini adalah untuk menilai kebolehgunaan aplikasi, mengumpul data kuantitatif mengenai interaksi pengguna, dan menilai tahap kebolehgunaan aplikasi terhadap pengguna.

Jadual 1 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian penglibatan kanak-kanak prasekolah dalam aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam aspek menunjukkan minat pada aplikasi dengan segera, 60% kanak-kanak menunjukkan minat pada tahap sangat tinggi, manakala 40% menunjukkan minat pada tahap tinggi terhadap aplikasi ini. Tiada respons menunjukkan minat pada tahap sederhana, rendah, atau sangat rendah. Ini menunjukkan aplikasi ini mampu menarik minat kanak-kanak dengan berkesan sejak awal penggunaan.

Kedua, dalam mengekalkan minat sepanjang 10 minit, 80% kanak-kanak dapat mengekalkan minat mereka pada tahap yang sangat tinggi, sementara 20% menunjukkan minat

yang tinggi terhadap aplikasi ini. Tiada respons menunjukkan kebolehan untuk mengekalkan minat pada tahap sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan aplikasi ini mampu mengekalkan ketertarikan pengguna dalam jangka masa yang lebih lama.

Ketiga, dalam aspek kerap berinteraksi dengan aplikasi seperti menekan dan meleret, 80% kanak-kanak menunjukkan kemahiran berinteraksi pada tahap sangat tinggi, sementara 20% menunjukkan kemahiran yang tinggi. Tiada respons menunjukkan kemahiran berinteraksi pada tahap sederhana, rendah, atau sangat rendah. Ini menunjukkan aplikasi ini memfasilitasi interaksi yang aktif dan mudah antara pengguna dan aplikasi.

Jadual 1 Senarai Semak Pemantuan Aplikasi CogniMathAR (Penglibatan)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Menunjukkan minat pada aplikasi dengan segera	Sangat Tinggi	3	60
		Tinggi	2	40
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Mengekalkan minat sepanjang 10 minit	Sangat Tinggi	4	80
		Tinggi	1	20
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
3.	Kerap berinteraksi dengan aplikasi (contohnya menekan, meleret)	Sangat Tinggi	4	80
		Tinggi	1	20
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa majoriti kanak-kanak prasekolah mampu terlibat secara aktif dengan aplikasi pembelajaran AR. Mereka menunjukkan minat yang tinggi sejak awal, mampu mempertahankan minat mereka dalam jangka masa yang lebih panjang, serta memiliki kemahiran yang baik dalam berinteraksi dengan aplikasi dan menyelesaikan kuiz. Ini menegaskan bahawa aplikasi ini sesuai untuk digunakan dalam pendidikan prasekolah, memberikan pengalaman pembelajaran yang interaktif dan menyenangkan.

Jadual 2 hasil pengujian dari segi pemerhatian navigasi dan kebolehgunaan aplikasi CogniMathAR oleh kanak-kanak prasekolah.

Pertama, kanak-kanak mampu menavigasi aplikasi dengan mudah tanpa bantuan, dengan 100% menunjukkan kebolehan pada tahap sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah. Ini menunjukkan aplikasi

ini menyediakan pengalaman navigasi yang intuitif dan mudah difahami oleh pengguna prasekolah.

Kedua, kanak-kanak mampu memahami cara memulakan kuiz dengan baik, dengan 100% menunjukkan kebolehan pada tahap sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah. Ini menegaskan bahawa instruksi untuk memulakan kuiz dalam aplikasi ini jelas dan dapat dipahami dengan baik oleh kanak-kanak.

Ketiga, kanak-kanak mampu bergerak antara soalan-soalan kuiz dengan mudah, dengan 100% menunjukkan kebolehan pada tahap sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah. Hal ini menunjukkan antarmuka aplikasi ini memfasilitasi perpindahan antara konten dengan lancar, memastikan pengalaman pengguna yang tidak terganggu.

Keempat, kanak-kanak mampu menyelesaikan kuiz dan melihat keputusan dengan baik, dengan 100% menunjukkan kebolehan pada tahap sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah. Ini menunjukkan aplikasi ini tidak hanya mendukung dalam melakukan kuiz tetapi juga memberikan penggunaan yang mudah untuk meninjau prestasi mereka setelah selesai.

Jadual 2 Senarai Semak Pemantuan Aplikasi CogniMathAR (Navigasi dan Kebolegunaan)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Boleh menavigasi aplikasi dengan mudah tanpa bantuan	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Memahami cara memulakan kuiz	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
3.	Boleh bergerak antara soalan dengan mudah	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
4.	Boleh menyelesaikan kuiz dan melihat keputusan	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0

Rendah	0	0
Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa aplikasi CogniMathAR telah mencapai prestasi yang sangat baik dalam aspek navigasi dan kebolehgunaan, sesuai untuk penggunaan dalam pendidikan prasekolah untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang interaktif dan efektif bagi kanak-kanak prasekolah.

Rajah 3 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap pemahaman penggunaan aplikasi CogniMathAR oleh kanak-kanak prasekolah dalam beberapa kriteria penting.

Pertama, dalam aspek memahami arahan untuk setiap jenis kuiz, 100% daripada kanak-kanak menunjukkan tahap kebolehan yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah dalam memahami arahan untuk setiap jenis kuiz, menunjukkan pemahaman yang mendalam dan segera terhadap arahan kuiz.

Kedua, dalam aspek mengenalpasti nombor dengan betul, melakukan penambahan/pengurangan asas, atau mengenali bentuk, 100% daripada kanak-kanak menunjukkan tahap kebolehan yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah dalam kemahiran ini, menunjukkan kecekapan yang konsisten dalam mengenali dan melaksanakan tugas matematik asas.

Ketiga, dalam aspek menjawab majoriti soalan dengan betul, 80% daripada kanak-kanak menunjukkan kemahiran yang sangat tinggi, manakala 20% menunjukkan kemahiran yang tinggi. Tiada respons menunjukkan kemahiran sederhana, rendah, atau sangat rendah dalam menjawab soalan dengan betul, menunjukkan pemahaman yang mantap dan ketepatan dalam menjawab soalan-soalan kuiz.

Jadual 3 Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Pemahaman)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Memahami arahan untuk setiap jenis kuiz	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Mengenalpasti nombor dengan betul, melakukan penambahan/pengurangan Asas, atau mengenali bentuk	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
3.	Menjawab majoriti soalan	Sangat Tinggi	4	80

dengan betul	Tinggi	1	20
	Sederhana	0	0
	Rendah	0	0
	Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa majoriti kanak-kanak prasekolah dapat memahami arahan dengan baik untuk setiap jenis kuiz, mengenali nombor dan melakukan operasi asas, serta menjawab majoriti soalan dengan betul dalam aplikasi CogniMathAR. Ini menegaskan bahawa aplikasi ini membantu meningkatkan pemahaman matematik asas kanak-kanak prasekolah dengan baik.

Jadual 4 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap bagaimana kanak-kanak prasekolah berinteraksi dengan elemen Realiti Tambahan (AR) dalam aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam aspek berinteraksi dengan elemen AR dengan betul, 100% kanak-kanak menunjukkan tahap kebolehan yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah dalam berinteraksi dengan elemen AR, menunjukkan pemahaman yang baik dalam mengarahkan peranti ke penanda AR.

Kedua, dalam hal menunjukkan kegembiraan atau keingintahuan tentang elemen AR, 100% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah dalam menunjukkan kegembiraan atau keingintahuan terhadap elemen AR, menunjukkan minat yang positif terhadap teknologi AR dalam pembelajaran.

Jadual **Error! No text of specified style in document.** Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Interaksi dengan Elemen AR)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Berinteraksi dengan elemen AR dengan betul (contohnya mengarahkan peranti ke penanda)	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Menunjukkan kegembiraan atau keingintahuan tentang elemen AR	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa kanak-kanak prasekolah mampu berinteraksi dengan baik dan menunjukkan minat yang tinggi terhadap elemen AR dalam

aplikasi CogniMathAR. Ini menegaskan keberkesanan aplikasi dalam menggalakkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran matematik menggunakan teknologi AR.

Jadual 5 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap tingkah laku dan reaksi kanak-kanak prasekolah semasa menggunakan aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam aspek menunjukkan tanda kegembiraan seperti tersenyum atau ketawa, 100% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan tanda kegembiraan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan kegembiraan mereka dalam menggunakan aplikasi ini.

Kedua, dalam hal menunjukkan tanda kekeliruan atau kekecewaan seperti mengerutkan dahi atau meminta bantuan, 80% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat rendah, manakala 20% menunjukkan tahap rendah. Tiada respons menunjukkan tanda kekeliruan atau kekecewaan pada tahap tinggi, sederhana, atau sangat tinggi, menunjukkan pemahaman yang baik terhadap aplikasi ini.

Ketiga, dalam aspek mengikuti petunjuk visual atau audio yang disediakan oleh aplikasi, 80% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat tinggi, manakala 20% menunjukkan tahap tinggi. Tiada respons menunjukkan kemampuan mengikuti petunjuk pada tahap sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan kesesuaian aplikasi dalam menyampaikan arahan kepada pengguna.

Jadual 5 Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Tingkah Laku dan Reaksi)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Menunjukkan tanda kegembiraan (contohnya, tersenyum, ketawa)	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Menunjukkan tanda kekeliruan atau kekecewaan (contohnya, mengerut dahi, meminta bantuan)	Sangat Tinggi	0	0
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	1	20
		Sangat Rendah	4	80
3.	Mengikut petunjuk visual atau audio yang disediakan oleh aplikasi	Sangat Tinggi	4	80
		Tinggi	1	20
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa kanak-kanak prasekolah menunjukkan respons yang positif terhadap aplikasi CogniMathAR dengan menunjukkan kegembiraan yang tinggi, pemahaman yang baik terhadap arahan yang diberikan, dan kekurangan tanda kekeliruan atau kekecewaan secara signifikan. Hal ini mengesahkan bahawa aplikasi ini sesuai untuk digunakan dalam pembelajaran prasekolah dengan efektif.

Jadual 6 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap interaksi fizikal kanak-kanak prasekolah semasa menggunakan aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam aspek memegang peranti dengan betul, 100% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kemampuan memegang peranti pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan kecekapan mereka dalam mengendalikan peranti.

Kedua, dalam hal memanipulasi peranti seperti memiring atau memutar untuk berinteraksi dengan ciri AR, 80% kanak-kanak menunjukkan tahap yang sangat tinggi, manakala 20% menunjukkan tahap tinggi. Tiada respons menunjukkan kemampuan memanipulasi peranti pada tahap sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan kemahiran mereka dalam menggunakan teknologi AR dengan efektif.

Ketiga, dalam aspek mengambil rehat atau kehilangan minat sebelum tamat 10 minit, 80% kanak-kanak menunjukkan tahap sangat rendah, manakala 20% menunjukkan tahap rendah. Tiada respons menunjukkan kebolehan mengambil rehat atau kehilangan minat pada tahap tinggi, sederhana, atau sangat tinggi, menunjukkan ketekunan mereka dalam berinteraksi dengan aplikasi sepanjang sesi pembelajaran.

Jadual 6 Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Interaksi Fizikal)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Memegang peranti dengan betul	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Memanipulasi peranti (contohnya memiring, memutar) untuk berinteraksi dengan ciri AR	Sangat Tinggi	4	80
		Tinggi	1	20
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
3.	Mengambil rehat atau hilang minat sebelumnya tamat 10 minit	Sangat Tinggi	0	0
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	1	20
		Sangat Rendah	4	80

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa kanak-kanak prasekolah mampu berinteraksi dengan baik dengan aplikasi CogniMathAR melalui pemegangan peranti yang tepat dan kemampuan manipulasi yang baik. Namun demikian, terdapat cabaran dalam mempertahankan minat mereka sepanjang sesi pembelajaran yang panjang, yang perlu diperhatikan dalam pengembangan aplikasi ini untuk meningkatkan penglibatan mereka secara berterusan.

Jadual 7 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap penglibatan ibu bapa atau penjaga semasa kanak-kanak prasekolah menggunakan aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam hal keperluan bantuan yang diberikan oleh ibu bapa atau penjaga, 80% kanak-kanak menunjukkan bahawa mereka tidak memerlukan bantuan yang tinggi atau kerap dari ibu bapa atau penjaga, sementara 20% memerlukan bantuan pada tahap rendah. Tiada respons menunjukkan keperluan bantuan pada tahap tinggi atau sederhana, menunjukkan keupayaan kanak-kanak untuk menggunakan aplikasi ini dengan sendirinya.

Kedua, dalam aspek panduan atau penjelasan yang diberikan oleh ibu bapa atau penjaga tentang bahagian aplikasi, 80% kanak-kanak menunjukkan bahawa mereka tidak menerima panduan atau penjelasan yang banyak atau pada tahap yang tinggi, sementara 20% menerima panduan pada tahap rendah. Tiada respons menunjukkan penerimaan panduan pada tahap tinggi atau sederhana, menunjukkan keupayaan kanak-kanak untuk memahami dan menggunakan aplikasi ini tanpa panduan tambahan dari orang dewasa.

Jadual 7 Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Penglibatan Ibu Bapa/Penjaga)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Ibu bapa/penjaga perlu membantu dengan kerap	Sangat Tinggi	0	0
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	1	20
		Sangat Rendah	4	80
2.	Ibu bapa/penjaga memberi panduan atau menerangkan bahagian aplikasi	Sangat Tinggi	0	0
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	1	20
		Sangat Rendah	4	80

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa majoriti kanak-kanak prasekolah mampu menggunakan aplikasi CogniMathAR tanpa memerlukan bantuan yang kerap atau panduan yang mendalam dari ibu bapa atau penjaga. Ini menunjukkan antara muka pengguna aplikasi yang mesra dan sesuai untuk digunakan dalam persekitaran pembelajaran prasekolah,

di mana kanak-kanak dapat belajar secara mandiri dengan bimbingan minimal dari orang dewasa.

Jadual 8 menunjukkan hasil pengujian dari segi pemerhatian terhadap pengalaman keseluruhan kanak-kanak prasekolah dalam menggunakan aplikasi CogniMathAR.

Pertama, dalam hal menyelesaikan sekurang-kurangnya satu kuiz penuh, 100% kanak-kanak mampu menyelesaikan satu kuiz penuh dengan tahap kebolehan yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan tahap kebolehan pada tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah yang lain, menunjukkan keberkesanan aplikasi dalam memastikan penggunaan yang lancar oleh kanak-kanak.

Kedua, dalam aspek menunjukkan minat untuk terus menggunakan aplikasi selepas 10 minit, 80% kanak-kanak menunjukkan minat yang sangat tinggi, manakala 20% menunjukkan minat pada tahap tinggi. Tiada respons menunjukkan tahap minat pada sederhana, rendah, atau sangat rendah, menunjukkan aplikasi ini mampu mengekalkan minat kanak-kanak dalam jangka masa yang lebih lama.

Ketiga, dalam hal menavigasi ke bahagian "Ruang Info" dan berinteraksi dengan maklumat tersebut, 100% kanak-kanak mampu melakukan tindakan ini dengan kebolehan yang sangat tinggi. Tiada respons menunjukkan kebolehan pada tahap tinggi, sederhana, rendah, atau sangat rendah yang lain, menunjukkan kesesuaian antara muka pengguna aplikasi untuk kanak-kanak prasekolah dalam menjelajah maklumat tambahan.

Jadual 8 Senarai Semak Pemantauan Aplikasi CogniMathAR (Pengalaman Keseluruhan)

No	Item	Skala	Kekerapan(n)	Peratus(%)
1.	Menyelesaikan sekurang-kurangnya satu kuiz penuh	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
2.	Menunjukkan minat untuk terus menggunakan aplikasi selepas 10 minit	Sangat Tinggi	4	80
		Tinggi	1	20
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0
3.	Menavigasi ke bahagian "Ruang Info" dan berinteraksi dengan maklumat tersebut	Sangat Tinggi	5	100
		Tinggi	0	0
		Sederhana	0	0
		Rendah	0	0
		Sangat Rendah	0	0

Secara keseluruhan, data menunjukkan bahawa pengalaman keseluruhan kanak-kanak prasekolah dalam menggunakan aplikasi CogniMathAR adalah positif, dengan kemampuan yang tinggi untuk menyelesaikan kuiz, mengekalkan minat, dan berinteraksi dengan maklumat tambahan. Ini menegaskan aplikasi ini sesuai untuk digunakan dalam pendidikan prasekolah, memberikan pengalaman pembelajaran yang interaktif dan menyeronokkan kepada pengguna muda.

Cadangan Penambahbaikan

Berdasarkan maklum balas dan analisis, beberapa cadangan penambahbaikan untuk aplikasi ini adalah seperti berikut. Pertama, tingkatkan ciri interaktif untuk meningkatkan minat dan penglibatan kanak-kanak, termasuk penyesuaian avatar dan ruang. Kedua, perbaiki alat bantu pengajaran dengan menyediakan modul latihan yang komprehensif untuk guru dan ibu bapa, seperti panduan langkah demi langkah, tutorial video, dan sesi latihan interaktif. Ketiga, tingkatkan kestabilan sistem untuk memastikan pengalaman pengguna yang lancar dan bebas gangguan teknikal melalui peningkatan prestasi dan ujian teliti. Akhir sekali, untuk meningkatkan kebolehcapaian, kembangkan versi aplikasi yang boleh diakses melalui pelbagai peranti, termasuk yang tidak memerlukan peralatan AR yang mahal, agar lebih ramai kanak-kanak dapat menggunakan aplikasi tanpa halangan teknikal atau kewangan.

KESIMPULAN

Projek "CogniMathAR: Merangsang Pembangunan Kognitif Melalui Pembelajaran Matematik Awal Berasaskan Augmentasi Realiti" telah berjaya mencapai semua objektif yang ditetapkan. Aplikasi interaktif yang dibangunkan telah berfungsi dengan baik dalam merangsang pemahaman konsep matematik prasekolah dan mempromosikan Kemahiran Berfikir Aras Tinggi (KBAT) di kalangan kanak-kanak. Melalui ujian kebolegunaan yang dijalankan, aplikasi ini menunjukkan potensi yang tinggi dalam meningkatkan pengalaman pembelajaran dan interaksi kanak-kanak dengan matematik. Diharapkan hasil kajian ini dapat memberikan panduan untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang pembelajaran berbantuan teknologi, serta membuka jalan bagi kajian-kajian seterusnya pada masa hadapan.

Kekuatan Aplikasi

Aplikasi CogniMathAR mempunyai beberapa kekuatan utama yang menjadikannya berkesan dalam meningkatkan pembelajaran matematik untuk kanak-kanak. Pertama, penggunaan teknologi realiti tambahan (AR) dengan Vuforia dan Unity menjadikan pengalaman pembelajaran lebih interaktif dan menarik, membantu kanak-kanak memahami konsep matematik dan geometri dengan lebih baik melalui visualisasi 3D. Kedua, modul pembelajaran yang pelbagai, termasuk Pembelajaran Matematik, Pembelajaran Bentuk Geometri, Modul Kuiz, dan ruang info, menyediakan pendekatan menyeluruh untuk pembelajaran. Ketiga, aplikasi ini dirancang dengan mengambil kira kebolegunaan, dengan ujian kebolegunaan yang menyeluruh dijalankan untuk memastikan aplikasi mudah digunakan oleh kanak-kanak prasekolah. Keempat, ciri interaktif seperti kemampuan memutar dan membesar model 3D serta penyesuaian pengalaman pembelajaran memastikan

kanak-kanak terlibat dan berminat. Terakhir, penekanan pada pengukuhan konsep melalui modul kuiz yang memberikan maklum balas segera dan peluang untuk mengulang kuiz membantu kanak-kanak memperbaiki pemahaman mereka dengan berkesan.

Kelemahan Sistem

Walaupun aplikasi CogniMathAR mempunyai banyak kelebihan, terdapat beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Pertama, penggunaan teknologi AR memerlukan peranti yang sesuai, yang mungkin tidak dimiliki oleh semua keluarga, menjadikannya kurang boleh diakses oleh golongan berpendapatan rendah. Kedua, aplikasi ini mungkin memerlukan bimbingan yang lebih intensif daripada ibu bapa atau guru untuk memastikan kanak-kanak menggunakan aplikasi dengan betul dan mendapat manfaat sepenuhnya. Ketiga, kestabilan sistem masih boleh ditingkatkan, kerana sebarang gangguan teknikal boleh mengganggu pengalaman pembelajaran dan mengurangkan minat kanak-kanak. Akhirnya, aplikasi ini mungkin tidak sesuai untuk semua kanak-kanak, terutamanya mereka yang mempunyai masalah kesihatan yang berkaitan dengan penggunaan skrin yang berpanjangan.

PENGHARGAAN

Penulis ingin menyampaikan setinggi-tinggi penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Tengku Siti Meriam Tengku Wook, penyelia yang telah memberikan panduan dan sokongan yang tidak ternilai dalam perjalanan menyelesaikan projek ini. Bimbingan dan nasihat yang diberikan telah menjadi sumber inspirasi yang besar.

Selain itu, penulis juga ingin merakamkan rasa terima kasih kepada semua individu dan organisasi yang telah membantu, baik secara langsung mahupun tidak langsung, dalam menjayakan projek ini. Setiap sumbangan, walau sekecil mana, telah memberi impak yang signifikan dan membantu menjadikan projek ini satu realiti. Semoga segala kebaikan yang diberikan dibalas dengan ganjaran yang setimpal.

RUJUKAN

- A. Rahman, A. & J., W. 2019. Neurodiversity awareness: Is Malaysia there yet? *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 8(4), 676.
- Abd Rahim, M.H., Ibrahim, M.I., Ab Rahman, A., Yaacob, N.M. & Hashim, N.S.F. 2023. Emotional and Behavioural Problems among Preschool Children in Northeast Peninsular Malaysia: Parent Report Version. *Healthcare*, 11(13), 1828.
- Abdullah, M.N.L.Y. & Abdullah, A.C. 2018. Preschool teachers' training and attitudes towards multicultural education in Malaysia. *Southeast Asia Early Childhood Journal*, 7, 1–13.
- Abu Bakar, S., Salim, N.R., Ayub, A.F.M. & Gopal, K. 2021. Success Indicators of Mathematical Problem-Solving Performance Among Malaysian Matriculation Students. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(3), 97–116.

- Ahmad, N.I.N. & Junaini, S.N. 2020. Augmented Reality for Learning Mathematics: A Systematic Literature Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)* 15(16): 106.
- Fantamstick, Ltd. 2019. *Math Ninja AR* (Versi 1.3) [Aplikasi Mudah Alih]. Diperoleh daripada <https://apps.apple.com/us/app/math-ninja-ar/id1274871322>
- Harun, J., Ghazali, M., Abd Hamid, Z.B. & Md Nasir, M.I. 2017. Content of Early Numeracy in the Malaysian Preschools. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 7(2), 477-485.
- Hidajat, F.A. 2023. Augmented reality applications for mathematical creativity: a systematic review. *Journal of Computers in Education*.
- INFOGP. 2020. *AR Math* (Versi 0.5.2) [Aplikasi Mudah Alih]. <https://apps.apple.com/mt/app/ar-math/id1505314745>
- Lessani, A., Suraya, A., Yunus, Tarmiz, R.B., & Mahmud, R.B. 2014. Effects of Malaysian Secondary Schools Mathematics Teachers' Familiarity with TIMSS on Students' Achievement in Mathematics. *International Journal of Education and Research*, 2(8).
- MyFirstApp Ltd. 2020. *Math skills Subtraction - AR* [Aplikasi Mudah Alih]. <https://apps.apple.com/my/app/math-skills-subtraction-ar/id1501478759>
- Nadzeri, M.B., Meng, C.C., Ismail, I.M. & Abu Hassan, A.H. 2022. The Development and Evaluation of Augmented Reality Learning Application in Geometry Topic. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 11(1).
- Nurliyana, A.R., Mohd Shariff, Z., Mohd Taib, M.N., Gan, W.Y. & Tan, K.-A. 2016. Early nutrition, growth, and cognitive development of infants from birth to 2 years in Malaysia: a study protocol. *BMC Pediatrics*, 16(1).
- Ompok, C.S. @ C.C. & Bacotang, J. 2019. Kesan kaedah mengajar terhadap pencapaian awal matematik dalam kalangan kanak-kanak prasekolah. *Jurnal Pendidikan Awal Kanak-Kanak Kebangsaan* 8: 8–16.
- Qin, T.Y. & Md Nor, M. 2018. Exploring Issues on Teaching and Learning In Malaysian Private Preschools. *Malaysian Online Journal of Educational Management*, 6(2), 67–82.
- Salleh, R.T.A.M. 2020. Towards a new framework of English language learning in Malaysian preschools. <https://ejournal.upsi.edu.my/index.php/SAECJ/article/view/3972>.
- Shaari, M.F. & Sh Ahmad, S. 2018. Preschool Design and School Readiness. *Asian Journal of Quality of Life*, 3(10), 109–120.
- Shaari, M.F., Ahmad, S.S., Ismail, I.S. & Zaiki, Y. (2020). The Influence of Modified Open-Plan Preschool Spaces on Cognitive School Readiness in Malaysia. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 5(15), 123–130.

Thien, L.M. & Ong, M.Y. 2015. Malaysian and Singaporean students' affective characteristics and mathematics performance: evidence from PISA 2012. *SpringerPlus*, 4(1).

Muhammad Harraz Iman bin Mazlan (A189609)

Prof. Madya Dr. Tengku Siti Meriam Tengku Wook

Ketua Makmal 'Learning Innovation Technology' (LIT) SOFTAM

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia

Copyright@FTSM
UKM