

MODUL PEMBELAJARAN BERASASKAN REALITI MAYA BAGI TOPIK KETUMPATAN UDARA DAN TEKANAN UDARA: VR SCIENCE LAB

SAAJHAYRAO A/L KUMARA RAO

DR. LAM MENG CHUN

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

ABSTRAK

Kajian ini membangunkan aplikasi pembelajaran berasaskan Realiti Maya (VR) bertajuk *VR Science Lab*, direka khusus untuk meningkatkan pemahaman murid sekolah rendah terhadap konsep tekanan udara, yang sering dianggap abstrak dan sukar difahami melalui kaedah pengajaran tradisional seperti buku teks atau teori semata-mata. Aplikasi ini menyediakan simulasi interaktif bagi dua eksperimen utama, iaitu *Beaker Flip* dan *Can Crush*, yang membolehkan murid meneroka prinsip tekanan udara secara visual dan kinestetik dalam persekitaran maya 3D. Aplikasi ini dibangunkan menggunakan perisian *Unity* dengan bahasa pengaturcaraan *C#* dan dijalankan pada peranti *Meta Quest 2*. Pembangunan sistem mengikut model *Waterfall*, merangkumi fasa perancangan, analisis keperluan, reka bentuk, pembangunan, dan pengujian. Modul ini turut disertakan dengan kuiz pelbagai pilihan (*MCQ*) selepas eksperimen untuk menilai kefahaman murid secara serta-merta, dengan kandungan selari dengan kurikulum Sains Tahun 3 dan Tahun 6 Malaysia. Pengujian kebolehgunaan melibatkan 10 peserta menunjukkan skor purata tinggi ($4.70\text{--}4.80 \pm 0.42\text{--}0.48$) untuk kefungsi, kejelasan arahan, kemudahan pelaksanaan eksperimen, dan pemahaman konsep tekanan udara, membuktikan aplikasi ini menyeronokkan, imersif, dan efektif. Maklum balas pengguna mencadangkan penambahan panduan audio dan pelabelan peralatan untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran. Aplikasi ini berjaya menyokong pendigitalan pendidikan sains di peringkat sekolah rendah, meningkatkan minat dan pemahaman murid terhadap topik tekanan udara.

ABSTRACT

This study developed a Virtual Reality (VR)-based learning application titled VR Science Lab, specifically designed to enhance primary school students' understanding of the air pressure concept, which is often considered abstract and difficult to grasp through traditional teaching methods such as textbooks or purely theoretical instruction. The application provides interactive simulations of two key experiments, Beaker Flip and Can Crush, enabling students to explore air pressure principles visually and kinesthetically in a 3D virtual environment. It was developed using Unity software with the C# programming language and operates on the Meta Quest 2 device. The system development followed the Waterfall model, encompassing planning, requirements analysis, design, development, and testing phases. The module includes multiple-choice quizzes (MCQs) after each experiment to assess students' understanding immediately, with content aligned with the Malaysian Science Curriculum for Year 3 and Year 6. Usability testing involving 10 participants yielded high average scores ($4.70-4.80 \pm 0.42-0.48$) for functionality, clarity of instructions, ease of experiment execution, and comprehension of the air pressure concept, demonstrating that the application is engaging, immersive, and effective. User feedback suggested adding audio guidance and equipment labeling to enhance the learning experience. The application successfully supports the digitalization of science education at the primary school level, increasing students' interest and understanding of the air pressure topic.

1.0 PENGENALAN

Dalam era Revolusi Industri Keempat, penggunaan teknologi canggih seperti Realiti Maya (VR) semakin meluas dalam pelbagai sektor termasuklah bidang pendidikan. Teknologi VR menawarkan pendekatan pembelajaran yang lebih inovatif, interaktif dan berkesan, khususnya dalam menyampaikan topik-topik sains yang bersifat abstrak seperti tekanan udara (Gb, 2023). Konsep-konsep ini selalunya sukar difahami oleh murid apabila hanya diajar melalui buku teks, nota bercetak atau pengajaran berasaskan teori semata-mata.

Teknologi VR membolehkan murid berinteraksi secara langsung dengan persekitaran maya yang direka bentuk untuk memvisualisasikan fenomena saintifik. Interaksi visual dan fizikal ini membantu murid memahami prinsip sains dengan lebih mendalam serta mengekalkan maklumat dengan lebih lama. Kajian oleh (Haryani et

al.,2022) menyatakan bahawa penggunaan teknologi seperti VR mampu meningkatkan daya ingatan dan pemahaman murid terhadap topik yang dipelajari secara signifikan.

Sehubungan itu, kajian ini mencadangkan pembangunan sebuah aplikasi pembelajaran berasaskan Realiti Maya yang dinamakan “*VR Science Lab*”, yang direka khusus untuk membantu murid sekolah rendah memahami topik tekanan udara dengan lebih berkesan. Aplikasi ini membolehkan murid menjalankan eksperimen maya secara interaktif dalam persekitaran simulasi 3D yang realistik. Murid juga berpeluang mengendalikan objek, melihat kesan tekanan secara langsung, serta menjalankan ujian seperti “*Can Crush*” dan “*Beaker Flip*” dalam bentuk maya.

Selain itu, aplikasi *VR Science Lab* juga disertakan dengan modul kuiz penilaian selepas setiap eksperimen untuk menguji tahap kefahaman murid terhadap konsep yang dipelajari. Dengan adanya aplikasi ini, murid bukan sahaja dapat memahami konsep saintifik yang abstrak secara lebih jelas, malah dapat meningkatkan minat mereka terhadap pembelajaran sains

2.0 KAJIAN LITERATUR

i. Tekanan Udara dan Pendekatan Pembelajaran Berasaskan Pengalaman

Tekanan udara merupakan konsep sains yang sukar difahami oleh murid sekolah rendah kerana sifatnya yang tidak kelihatan secara langsung. Pendekatan pembelajaran berasaskan pengalaman, seperti eksperimen “*Can Crush*” atau “*Beaker Flip*”, terbukti berkesan dalam menjelaskan konsep ini melalui demonstrasi nyata, seperti tin yang kemek akibat perbezaan tekanan atmosfera. Kajian oleh Brunsell dan Marcks menunjukkan bahawa penglibatan aktif dalam eksperimen tekanan udara dapat meningkatkan pemahaman konseptual murid, sekaligus memupuk minat dan sikap positif terhadap sains (Brunsell & Marcks, 2007). Selain itu, teknologi realiti maya (*VR*) telah memperkayakan pembelajaran tekanan udara dengan menyediakan simulasi interaktif yang membolehkan murid memvisualisasikan perubahan tekanan secara dinamik. Menurut Makransky dan Lilleholt, *VR* meningkatkan kefahaman jangka panjang

melalui pengalaman visual dan interaktif yang menyeronokkan, menjadikan konsep abstrak lebih mudah difahami (Makransky & Lilleholt, 2018).

ii. Realiti Maya dalam Pendidikan Sains

Realiti maya (*VR*) ialah teknologi yang mencipta persekitaran digital interaktif, membolehkan pengguna berinteraksi dengan dunia maya melalui peralatan seperti set kepala *VR*, sarung tangan, atau pengawal gerakan. Dalam pendidikan, *VR* menawarkan peluang untuk pembelajaran imersif yang mengintegrasikan elemen visual, audio, dan kinestetik, membantu murid memahami konsep sains yang kompleks seperti tekanan udara. Terdapat tiga jenis *VR* iaitu bukan imersif, separuh imersif, dan sepenuhnya imersif. Realiti maya bukan imersif menggunakan skrin komputer biasa dengan interaksi terhad, seperti permainan video atau simulasi komputer (Harder, 2023) (Heizenrader, 2019). Realiti maya separuh imersif melibatkan skrin besar atau projektor untuk pengalaman yang lebih menyeluruh, sering digunakan dalam simulator latihan seperti penerbangan (Harder, 2023). Sementara itu, realiti maya sepenuhnya imersif, dengan peralatan seperti *Meta Rift*, memberikan pengalaman paling realistik dengan mengasingkan pengguna sepenuhnya daripada dunia nyata, sesuai untuk pendidikan interaktif dan simulasi kompleks (Heizenrader, 2019).

iii. Pembelajaran Sains Berasaskan Visual dan Pengalaman melalui VR

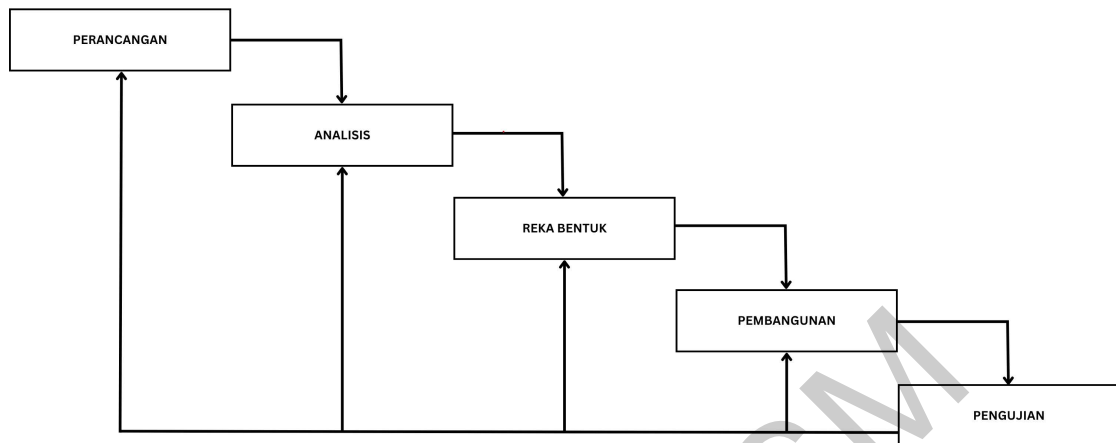
Penggunaan *VR* dalam pendidikan sains telah merevolusikan cara murid memahami konsep abstrak melalui visualisasi tiga dimensi (3D) dan interaksi aktif. Menurut Ott dan Tavella, *VR* amat berkesan untuk pelajar sekolah rendah yang menghadapi cabaran memvisualisasikan fenomena sains (Ott & Tavella, 2009). Sebagai contoh, simulasi *VR* membolehkan murid meneroka pergerakan molekul atau dinamik fizikal seperti tekanan udara secara langsung, meningkatkan pemahaman dan motivasi (Merchant et al., 2014). Kajian oleh Wu menunjukkan bahawa visualisasi interaktif dalam *VR* membantu pelajar mengaitkan teori sains dengan aplikasi praktikal, seperti memanipulasi model molekul atau mengubah parameter simulasi (Wu et al., 2020). Selain itu, Parong dan Mayer mendapati bahawa *VR* meningkatkan daya ingatan jangka panjang

melalui pengalaman imersif yang menggabungkan deria visual dan sentuhan, sekali gus menyokong pembelajaran diperibadikan (Parong & Mayer, 2020) (Haryani et al., 2022).

Pembelajaran berasaskan pengalaman melalui *VR* juga memupuk kemahiran abad ke-21 seperti penyelesaian masalah dan pemikiran kritis. Menurut Makransky, simulasi *VR* yang menyerupai situasi dunia nyata meningkatkan penglibatan dan rasa ingin tahu pelajar, terutamanya dalam topik seperti dinamik bendalir (Makransky et al., 2019) atau perubahan fasa bahan (Radianti et al., 2020). Kajian oleh Sattar menunjukkan peningkatan sikap positif terhadap sains, dengan pelajar menunjukkan keyakinan dan motivasi yang lebih tinggi (Sattar et al., 2020). Dengan menyokong pembelajaran yang berpusat kepada pelajar, *VR* mengatasi kekangan kaedah tradisional seperti buku teks, menjadikan pembelajaran sains lebih relevan, interaktif, dan menyeronokkan (Fisika, 2024; Lowood, 2024). Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan hasil pembelajaran, tetapi juga memupuk minat berterusan terhadap sains di kalangan murid sekolah rendah.

3.0 METODOLOGI KAJIAN

Kitaran hayat pembangunan perisian (*SDLC*) bertujuan untuk menghasilkan perisian yang berkualiti tinggi untuk menunjukkan perisian tersebut dapat mencapai atau melebihi jangkaan pelanggan dalam masa dan bajet yang telah ditetapkan. Model Air Terjun (*Waterfall*) merupakan salah satu *SDLC* yang akan digunakan dalam pembangunan *VR Science Lab*. Setiap fasa Model Air Terjun mesti dilengkapkan sebelum fasa seterusnya boleh bermula dan tidak akan berlaku pertindihan antara satu fasa dengan fasa yang lain. Model Air Terjun mengandungi 5 fasa iaitu perancangan aplikasi, analisis keperluan aplikasi, reka bentuk aplikasi, pembangunan dan pengujian aplikasi.



Rajah 3.1 Model Air Terjun

i. Fasa Perancangan Konsep dan Topik

Pada fasa awal, perancangan dijalankan untuk menentukan konsep dan topik yang akan digunakan dalam aplikasi *VR Science Lab*. Fokus utama adalah memilih simulasi dan fenomena saintifik berkaitan tekanan udara yang relevan untuk pembelajaran murid sekolah rendah. Kandungan dipilih dengan teliti untuk memastikan kesesuaian dengan tahap pemahaman murid, dengan penekanan pada modul tekanan udara yang disokong oleh simulasi interaktif.

ii. Fasa Analisis Keperluan

Keperluan aplikasi dikumpulkan dengan merujuk sukatan pelajaran dalam Buku Teks Sains Tahun 3 dan Tahun 6, dengan tumpuan khusus pada konsep tekanan udara. Kajian terhadap teknologi VR dan aplikasi pendidikan sedia ada dijalankan untuk mengenal pasti kaedah terbaik menyampaikan konsep ini secara visual dan praktikal. Perbandingan dengan aplikasi serupa direkodkan untuk menentukan kelebihan kompetitif dan peluang penambahbaikan bagi aplikasi *VR Science Lab*.

iii. Fasa Reka Bentuk Sistem

Berdasarkan keperluan yang dikumpulkan, reka bentuk sistem dan modul aplikasi dirancang dengan terperinci. Elemen utama seperti antara muka pengguna, aliran modul, dan simulasi eksperimen tekanan udara ditentukan. Perisian *Canva* digunakan untuk mencipta reka bentuk antara muka yang mesra pengguna dan menarik, manakala *Unity* digunakan untuk membangunkan prototaip simulasi VR yang realistik. Spesifikasi teknikal untuk peranti *Meta Quest 2* juga dikenal pasti untuk memastikan keserasian aplikasi.

iv. Fasa Pembangunan

Pembangunan aplikasi VR bertajuk "*VR Science Lab*" dimulakan menggunakan perisian *Unity*. Dua eksperimen maya, iaitu *Beaker Flip* dan *Can Crush*, dibangunkan dengan panduan langkah demi langkah untuk mempamerkan fenomena tekanan udara secara interaktif. Animasi, kesan bunyi, dan elemen interaktif seperti pelarasan audio dan navigasi menu ditambah untuk meningkatkan pengalaman pengguna. Kuiz pelbagai pilihan (*MCQ*) sebanyak lima soalan disertakan untuk menguji kefahaman murid terhadap konsep tekanan udara, dan semua komponen digabungkan menjadi aplikasi yang lengkap dan berfungsi.

v. Fasa Pengujian Sistem

Selepas pembangunan selesai, setiap modul dan fungsi aplikasi diuji secara berasingan untuk mengesan dan membetulkan sebarang ralat. Pengujian keseluruhan aplikasi dijalankan oleh pembangun dan pengguna untuk memastikan ia beroperasi seperti yang dirancang. Fasa ini penting untuk mengesahkan bahawa aplikasi *VR Science Lab* memenuhi objektif pembelajaran, stabil, dan mesra pengguna bagi kegunaan murid dalam persekitaran sebenar.

4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

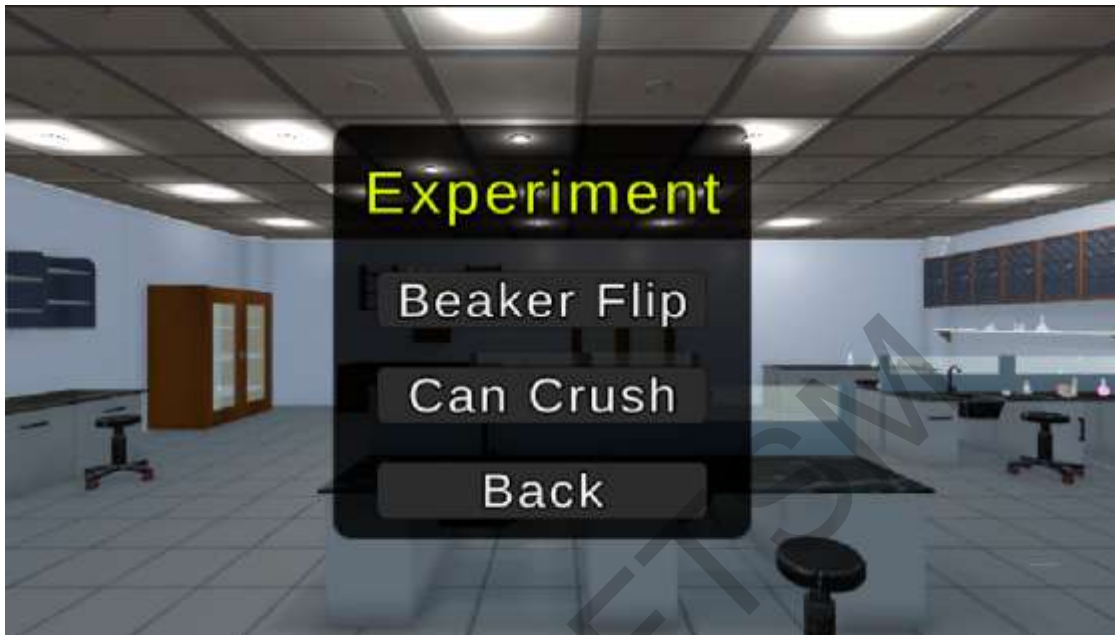
Antara muka dalam aplikasi *VR Science Lab* direka untuk menyediakan pengalaman yang intuitif, mesra pengguna, dan efisien bagi murid, memastikan interaksi yang lancar dengan sistem melalui menu utama, eksperimen *Beaker Flip* dan *Can Crush*, kuiz pelbagai pilihan (*MCQ*), serta tetapan audio.

Rajah 4.1 menunjukkan reka bentuk antara muka halaman utama bagi aplikasi *VR Science Lab*, yang direka untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif dan mesra bagi murid. Proses bermula apabila murid melancarkan aplikasi pada peranti *Meta Quest 2*, di mana menu utama dipaparkan secara automatik dengan pilihan *Play* untuk memulakan pembelajaran tekanan udara, *Setting* untuk mengurus tetapan, dan *Quit* untuk keluar daripada aplikasi, memastikan navigasi yang mudah dan berkesan.



Rajah 4.1 Menu Utama

Rajah 4.2 memaparkan menu eksperimen dalam aplikasi *VR Science Lab*, yang direka untuk membolehkan murid memilih modul pembelajaran tekanan udara melalui eksperimen interaktif *Beaker Flip* atau *Can Crush*.



Rajah 4.2 Menu Eksperimen

Rajah 4.3 memaparkan eksperimen *Beaker Flip*, yang merupakan sebahagian daripada modul pembelajaran tekanan udara. Apabila murid memilih *Beaker Flip* dari menu eksperimen, aplikasi melancarkan simulasi VR yang interaktif, lengkap dengan arahan langkah demi langkah.

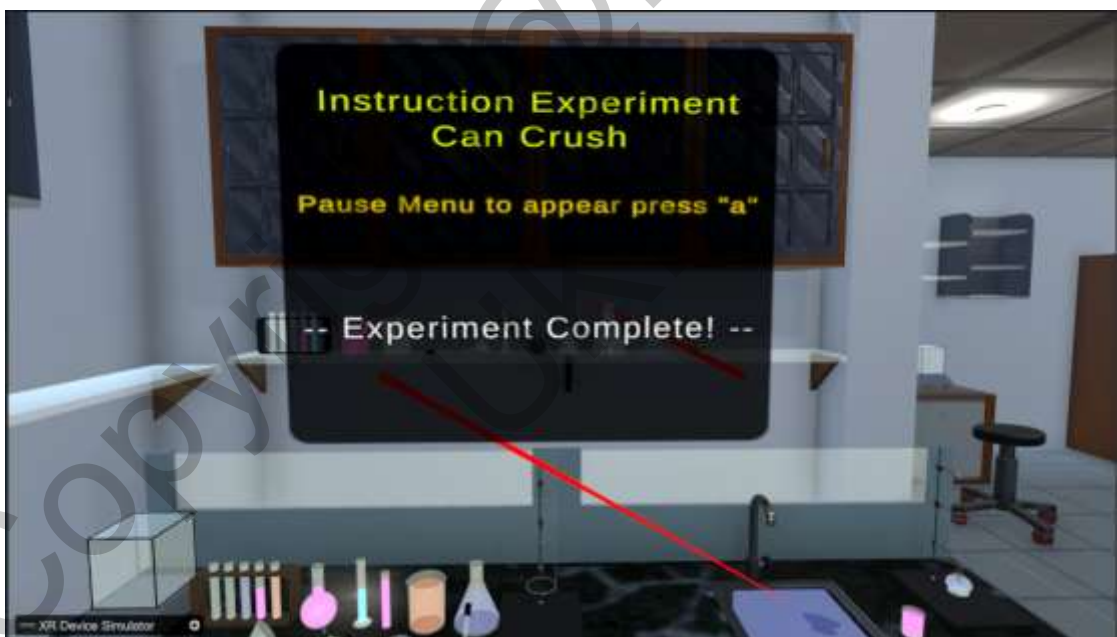




Rajah 4.3 Eksperimen *Beaker Flip*

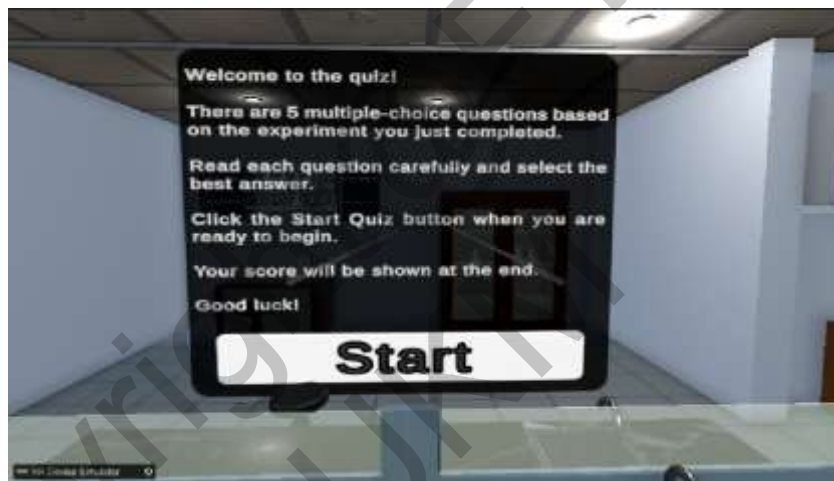
Rajah 4.4 memaparkan eksperimen *Can Crush*, yang merupakan sebahagian daripada modul pembelajaran tekanan udara. Apabila murid memilih *Can Crush* dari menu eksperimen, aplikasi melancarkan simulasi VR yang interaktif, lengkap dengan arahan langkah demi langkah.



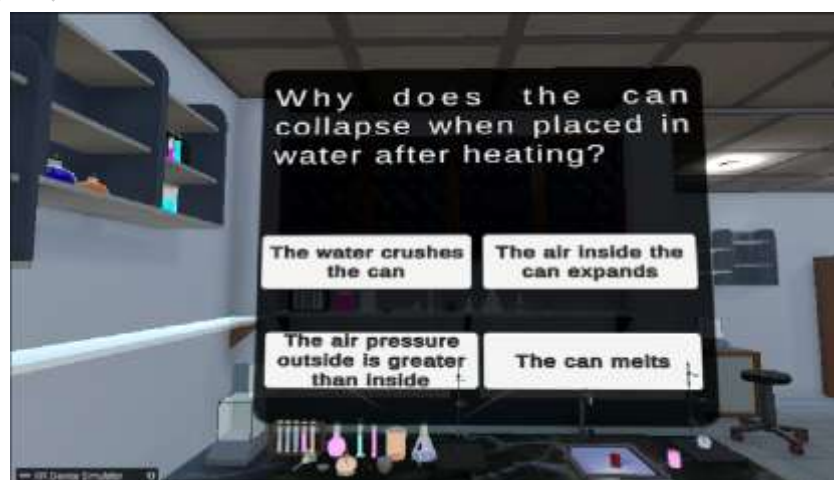


Rajah 4.4 Eksperimen *Can Crush*

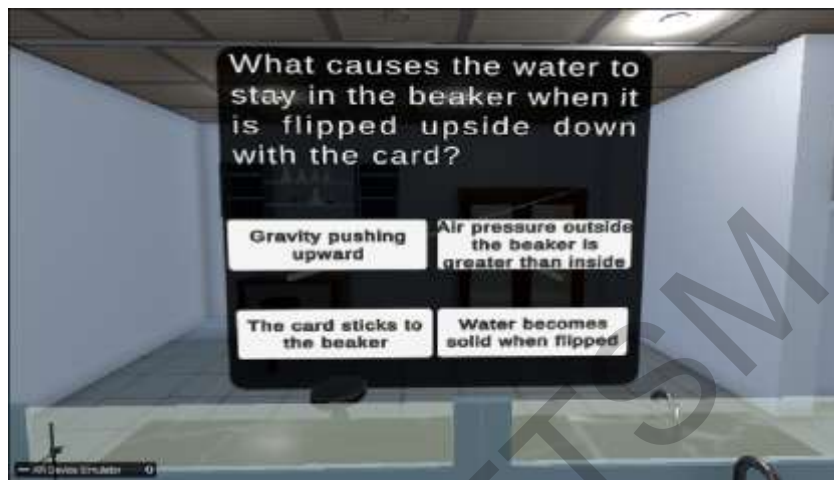
Rajah 4.5(a) memaparkan kuiz eksperimen dalam aplikasi *VR Science Lab*, yang merupakan sebahagian daripada modul pembelajaran tekanan udara. Selepas murid melengkapkan eksperimen *Beaker Flip* atau *Can Crush*, aplikasi memaparkan kuiz pelbagai pilihan (MCQ) dengan lima soalan untuk menilai kefahaman murid terhadap konsep tekanan udara. Rajah 4.5(b) menunjukkan soalan kuiz untuk eksperimen *Can Crush*, manakala Rajah 4.5(c) memaparkan soalan kuiz untuk eksperimen *Beaker Flip*. Soalan-soalan kuiz disertai arahan yang jelas dan pilihan jawapan yang terstruktur. Rajah 4.5(d) menunjukkan skor kuiz yang dihasilkan secara automatik selepas murid selesai menjawab, memastikan proses penilaian yang teratur, interaktif, dan mesra pengguna.



(a)



(b)



(c)



(d)

Rajah 4.5 (a) Kuiz Eksperimen, (b) Soalan Eksperimen *Can Crush*, (c) Soalan Eksperimen *Beaker Flip*, (d) Skor Kuiz

Rajah 4.6 memaparkan reka bentuk tetapan dalam aplikasi *VR Science Lab*, yang direka untuk membolehkan murid mengurus pengalaman pengguna dengan mudah. Apabila murid memilih *Setting* dari menu utama, aplikasi memaparkan antara muka tetapan dengan fungsi Audio untuk melaraskan kelantangan muzik dan *SFX* menggunakan slider, serta *About* untuk melihat maklumat aplikasi. Semua perubahan tetapan disimpan secara automatik, memastikan navigasi yang lancar dan mesra pengguna sebelum kembali ke menu utama atau meneruskan eksperimen.



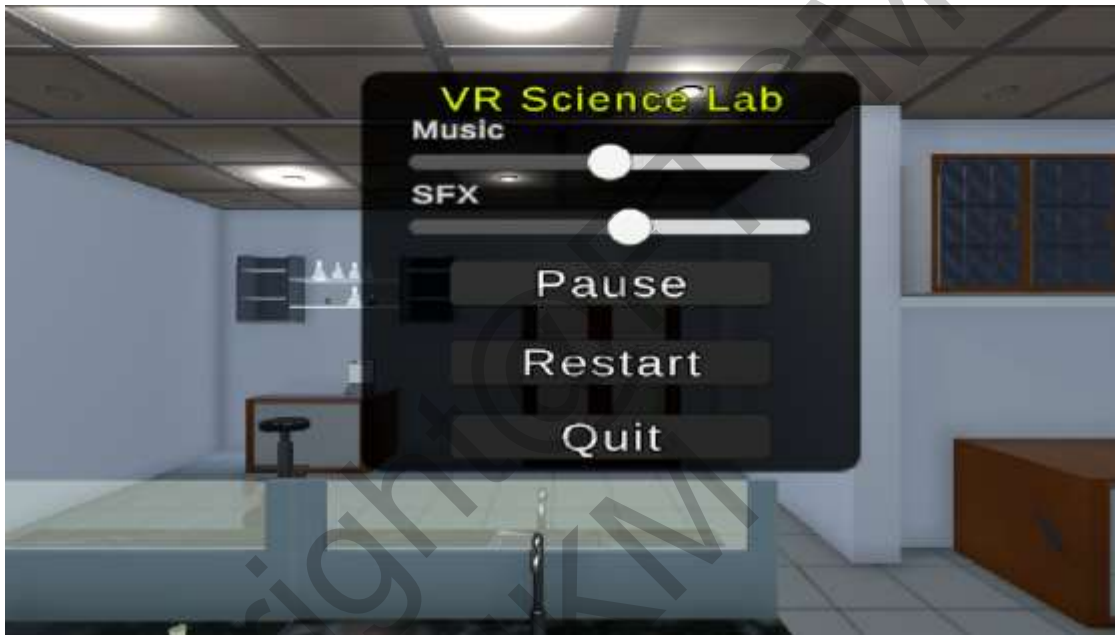
Rajah 4.6 Tetapan

Rajah 4.7 memaparkan reka bentuk bahagian *About* dalam aplikasi *VR Science Lab*, yang direka untuk membekalkan maklumat penting kepada murid. Apabila murid memilih *Setting* dan kemudian *About* dari menu utama, aplikasi memaparkan antara muka yang mengandungi butiran seperti versi aplikasi, pencipta, dan tujuan pembelajaran tekanan udara, lengkap dengan butang *Back* untuk kembali ke menu tetapan.



Rajah 4.7 *About*

Rajah 4.8 memaparkan reka bentuk menu pause dalam aplikasi *VR Science Lab*, yang direka untuk memberikan kawalan fleksibel kepada murid semasa menjalankan eksperimen. Apabila murid menekan butang “a” semasa eksperimen, aplikasi memaparkan menu pause dengan pilihan *Pause* untuk menghentikan sementara, *Restart* untuk memulakan semula dari langkah pertama, Audio untuk melaraskan kelantangan muzik dan *SFX*, serta *Quit* untuk kembali ke menu utama.



Rajah 4.8 Menu Pause

4.1 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian aplikasi *VR Science Lab* dijalankan selepas fasa pembangunan modul selesai dalam persekitaran pembangunan menggunakan *Meta Quest 2* di bilik mesyuarat *MyXLab*. Semua pengujian dilakukan secara manual berdasarkan reka bentuk kes ujian yang telah disusun, merujuk kepada keperluan fungsi dan bukan fungsi aplikasi. Pengguna yang bertindak sebagai pengguna akhir telah dipilih untuk menjalankan ujian bagi memastikan fungsi-fungsi utama sistem memenuhi jangkaan pengguna sebenar.

Antara fungsi yang diuji termasuk navigasi menu utama (*Play, Setting, Quit*), pemilihan eksperimen (*Beaker Flip* dan *Can Crush*) dalam menu eksperimen, pelaksanaan eksperimen dengan arahan langkah demi langkah, pengendalian kuiz pelbagai pilihan (*MCQ*) untuk menguji kefahaman, pelarasan audio (muzik dan *SFX*), akses maklumat *About*, serta fungsi menu pause (*Pause, Restart, Quit*). Ujian juga meliputi pengesahan input untuk memastikan aplikasi memproses data dengan betul dan aspek kebolegunaan seperti kejelasan paparan dan responsiviti antaramuka.

Pengujian dilaksanakan sebanyak dua kali bagi setiap fungsi untuk mengesahkan kestabilan dan ketekalan sistem. Semua keputusan ujian direkodkan dengan teliti dan dibandingkan dengan output yang dijangka berdasarkan kriteria Lulus atau Gagal seperti yang ditetapkan dalam reka bentuk kes ujian. Keseluruhannya, sistem didapati berfungsi dengan baik, dengan sebarang ralat kecil seperti kelewatan navigasi atau paparan teks yang kurang jelas telah dikenal pasti dan diperbetulkan semasa proses ujian, memastikan aplikasi stabil dan bersedia untuk digunakan dalam persekitaran sebenar.

4.2 Peserta

Pengujian kebolegunaan telah dijalankan dengan melibatkan 10 orang pengguna yang mengendalikan peranti *Meta Quest 2* di bilik mesyuarat *MyXLab*. Selepas sesi pengujian, semua peserta telah mengisi borang soal selidik melalui *Google Forms*. Jadual 4.1 di bawah memaparkan taburan demografi peserta berdasarkan jantina, umur, dan pengalaman menggunakan peranti realiti maya (*VR*). Daripada jumlah peserta, jantina adalah seimbang, dengan 5 orang lelaki (50%) dan 5 orang perempuan (50%). Dari segi umur, 5 peserta berusia antara 18–22 tahun (50%), 4 peserta berusia 23–30 tahun (40%), dan seorang berusia 30 tahun ke atas (10%). Bagi pengalaman menggunakan peranti *VR*, majoriti peserta (90%) tidak pernah menggunakan peranti *VR* sebelum ini, manakala hanya seorang (10%) mempunyai pengalaman terdahulu dengan teknologi tersebut.

Jadual 4.1 Jantina, Umur dan Pengalaman VR

Jantina/Umur/Pengalaman VR	Kekerapan	Peratus(%)
Lelaki	5	50.0%
Perempuan	5	50.0%
18–22 tahun	5	50.0%
23–30 tahun	4	40.0%
30 tahun ke atas	1	10.0%
Tiada pengalaman	9	90.0%
Berpengalaman	1	10.0%

4.3 Instrumen

Instrumen kajian ini terdiri daripada borang soal selidik yang dibangunkan melalui *Google Forms* (rujuk Lampiran A). Soal selidik ini dibahagikan kepada tiga bahagian, dengan Bahagian 2 dan Bahagian 3 masing-masing mengandungi 5 soalan, manakala Bahagian 4 mengandungi 2 soalan. Pengujian ini bertujuan untuk mengumpul maklum balas pengguna terhadap kefungsi eksperimen *Beaker Flip*, eksperimen *Can Crush*, serta penilaian keseluruhan terhadap aplikasi *VR Science Lab*. Soalan-soalan yang dibentuk direka untuk menilai pelbagai aspek kebolehgunaan aplikasi, termasuk tahap keyakinan pengguna dalam melaksanakan eksperimen, pemahaman terhadap konsep tekanan udara, serta kesediaan pengguna untuk menggunakan dan mengesyorkan

aplikasi ini kepada pihak lain. Soal selidik ini menggunakan skala Likert 5 mata, iaitu dari "Sangat Tidak Setuju" hingga "Sangat Setuju".

4.4 Hasil Pengujian Kebolehgunaan dan Keputusan Aplikasi daripada Pengguna

Soal selidik yang dibangunkan melalui *Google Forms* telah dijalankan untuk menilai tahap kebolehgunaan dan kepuasan pengguna terhadap aplikasi *VR Science Lab*. Soal selidik ini merangkumi soalan yang menilai kefungsi eksperimen *Beaker Flip* dan *Can Crush*, pemahaman pengguna terhadap konsep tekanan udara, serta kesediaan mereka untuk menggunakan dan mengesyorkan aplikasi ini kepada pihak lain. Jadual 4.2 di bawah memaparkan skor purata (*mean*) dan sisihan piawai (*SD*) bagi setiap pernyataan yang dinilai berdasarkan skala Likert 5 mata (1 = Sangat Tidak Setuju, 5 = Sangat Setuju).

Secara keseluruhan, semua pernyataan mencatatkan skor purata yang tinggi, mencerminkan keberkesanan aplikasi dalam menyokong pelaksanaan eksperimen dan memupuk pemahaman konsep saintifik. Berikut adalah analisis terperinci bagi setiap aspek yang dinilai:

- i. Kefungsi Eksperimen: Pernyataan seperti "Eksperimen berjalan dengan lancar tanpa gangguan" dan "Tiada kelewatan semasa interaksi atau paparan" mencatatkan skor purata masing-masing 4.80 ± 0.42 untuk kedua-dua eksperimen (*Beaker Flip* dan *Can Crush*). Ini menunjukkan bahawa pengguna secara amnya mendapati aplikasi VR Science Lab berfungsi dengan baik tanpa isu teknikal yang ketara, memastikan pengalaman yang lancar dan stabil.
- ii. Kejelasan Arahan: Pernyataan "Arahan mudah difahami dan diikuti" mencatatkan skor purata 4.70 ± 0.48 untuk kedua-dua eksperimen. Skor ini menunjukkan bahawa arahan yang disediakan dalam aplikasi adalah jelas, terstruktur, dan memudahkan pengguna melaksanakan eksperimen dengan berkesan.
- iii. Kemudahan Pelaksanaan Eksperimen: Pernyataan "Eksperimen ini mudah untuk dilakukan" mencatatkan skor purata 4.70 ± 0.48 bagi kedua-dua

eksperimen. Walaupun 90% peserta tidak mempunyai pengalaman terdahulu dengan peranti *VR*, skor tinggi ini menunjukkan bahawa aplikasi ini mesra pengguna dan intuitif, membolehkan pelaksanaan eksperimen yang mudah.

- iv. Pemahaman Konsep Tekanan Udara: Pernyataan "Saya memahami konsep tekanan udara selepas eksperimen ini" mencatatkan skor purata 4.70 ± 0.48 untuk kedua-dua eksperimen. Ini membuktikan bahawa aplikasi *VR Science Lab* berjaya memfasilitasi pembelajaran konsep saintifik melalui pendekatan realiti maya yang interaktif dan berkesan.

Jadual 4.2 Keputusan Analisis Kebolehgunaan Aplikasi *VR Science Lab*

Soalan	Eksperimen <i>Beaker Flip</i> (<i>Mean</i> $\pm$ <i>SD</i>)	Eksperimen <i>Can Crush</i> (<i>Mean</i> $\pm$ <i>SD</i>)
Eksperimen berjalan dengan lancar tanpa gangguan	4.80 ± 0.42	4.80 ± 0.42
Tiada kelewatan semasa interaksi atau paparan	4.80 ± 0.42	4.80 ± 0.42
Arahan mudah difahami dan diikuti	4.70 ± 0.48	4.70 ± 0.48
Eksperimen ini mudah untuk dilakukan	4.70 ± 0.48	4.70 ± 0.48
Saya memahami konsep tekanan udara selepas eksperimen ini	4.70 ± 0.48	4.70 ± 0.48

5.0 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, pembangunan aplikasi *VR Science Lab* telah berjaya memenuhi objektif utama iaitu membantu murid memahami konsep tekanan udara melalui pendekatan pembelajaran interaktif dan imersif. Dengan menggabungkan teknologi realiti maya (VR), eksperimen maya seperti *Beaker Flip* dan *Can Crush* telah direka bentuk untuk memberi pengalaman pembelajaran yang menyeronokkan, bermakna dan selari dengan sukatan pelajaran sains sekolah rendah

5.1 Kekuatan Sistem

Aplikasi *VR Science Lab* merupakan satu-satunya aplikasi yang memfokuskan kepada topik tekanan udara dalam persekitaran realiti maya (VR). Aplikasi ini mempunyai beberapa kelebihan unik yang membezakannya daripada sistem-sistem lain yang terdapat di pasaran. Antara kekuatan utama sistem ini ialah:

- i. Antara muka pengguna yang mesra murid serta mudah dinavigasi, direka khusus untuk persekitaran VR yang interaktif.
- ii. Penyediaan eksperimen maya seperti *Beaker Flip* dan *Can Crush* yang menyeronokkan, selaras dengan pendekatan pembelajaran berasaskan pengalaman.
- iii. Kuiz automatik disediakan selepas eksperimen bagi menilai tahap kefahaman murid terhadap konsep tekanan udara secara langsung.
- iv. Audio interaktif dan panduan visual yang jelas membantu meningkatkan penglibatan dan pengalaman pembelajaran yang lebih imersif.

5.2 Kekangan Sistem

Setiap aplikasi mempunyai kekangan tertentu yang boleh diperbaiki dari semasa ke semasa. Bagi aplikasi *VR Science Lab*, beberapa kekangan utama yang dikenal pasti termasuk:

- i. Ketiadaan Narasi Audio Sepanjang Eksperimen: Aplikasi ini masih belum menyediakan penceritaan atau panduan audio sepenuhnya semasa eksperimen berlangsung, yang boleh membantu murid memahami langkah demi langkah dengan lebih berkesan.
- ii. Tiada Demonstrasi Awal Eksperimen: Tiada paparan demo atau simulasi ringkas yang menunjukkan keseluruhan eksperimen sebelum murid melaksanakannya, yang boleh menyebabkan kekeliruan bagi pengguna baharu.
- iii. Keperluan Teknikal yang Tinggi: Pembangunan dan penyelenggaraan aplikasi VR memerlukan kemahiran teknikal khusus dalam pembangunan *Unity* dan pengendalian peranti VR, sekaligus menyukarkan proses naik taraf atau peluasan modul oleh pengguna bukan teknikal.

5.3 Cadangan Penambahbaikan

Berdasarkan maklum balas yang diperoleh daripada pengguna semasa proses pengujian aplikasi *VR Science Lab*, beberapa kelemahan kecil telah dikenal pasti. Justeru, beberapa cadangan penambahbaikan berikut boleh dipertimbangkan bagi meningkatkan kualiti dan keberkesanan aplikasi:

Aspek Eksperimen yang Perlu Diperbaiki:

- i. Peningkatan Kuasa Lensa: Pengguna mencadangkan peningkatan kuasa lensa untuk memastikan pengalaman visual yang lebih jelas dan berkesan semasa menjalankan eksperimen.
- ii. Penambahan Bilangan Eksperimen: Terdapat permintaan untuk menambahkan lebih banyak eksperimen dalam aplikasi bagi mempelbagaikan kandungan pembelajaran.
- iii. Pelabelan Peralatan: Pelabelan pada peralatan perlu ditambah untuk memudahkan pengguna mengenal pasti dan mencari alatan yang diperlukan semasa eksperimen.

- iv. Penyediaan Video Demonstrasi: Pengguna mencadangkan penambahan video demo sebelum memulakan eksperimen untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang proses pelaksanaan.
- v. Panduan Pelabelan Khusus: Dalam aktiviti seperti permainan "can crushing," pelabelan tambahan diperlukan, seperti panduan untuk meletakkan tin ke dalam air, bagi memudahkan pengguna.
- vi. Pengoptimuman Penggunaan Elemen: Elemen dalam aplikasi perlu digunakan dengan lebih baik untuk meningkatkan pengalaman pengguna secara keseluruhan.

Cadangan Penambahan dalam Projek:

- i. Integrasi Pustaka Muzik Rantas Platform: Pengguna mencadangkan penyepaduan dengan pustaka muzik seperti Spotify untuk memberikan pengalaman yang lebih mendalam melalui muzik latar yang sesuai.
- ii. Pilihan Muzik yang Menarik: Penambahan sambungan ke pemain muzik dan pelbagai pilihan muzik disarankan untuk mencipta suasana yang lebih menyeronokkan.
- iii. Interaksi yang Lebih Menarik: Pengguna meminta lebih banyak elemen interaksi yang menyeronokkan untuk memastikan aplikasi kekal menarik dan melibatkan pengguna.
- iv. Panduan Audio Semasa Eksperimen: Penambahan panduan audio semasa eksperimen berlangsung dicadangkan untuk membantu pengguna memahami langkah-langkah dengan lebih baik.

6.0 PENGHARGAAN

Terlebih dahulu syukur ke hadrat Ilahi dengan limpah kurniaNya dapat saya menyiapkan laporan usulan dengan berjaya. Saya juga bersyukur proposal ini dapat disiapkan dalam jangka masa yang ditetapkan.

Dalam kesempatan ini juga, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat kerana dapat mengaplikasikan segala ilmu yang telah di belajar sepanjang berada di UKM.

Selain itu juga, kami berterima kasih kepada penyelia projek saya iaitu Dr. Lam Meng Chun yang banyak memberi tunjuk ajar dan membimbing kami untuk mencari idea bagi penghasilan idea baru. Jutaan terima kasih juga kepada pensyarah yang pernah mengajar saya secara langsung atau tidak langsung.

7.0 RUJUKAN

Brunsell, E., & Marcks, J. (2007). Teaching through experiments: Air pressure. National Science Teaching Association. <https://www.nsta.org/science-teacher/science-teacher-november-2007/teaching-through-experiments>

Fisika, S. P. (n.d.). Potensi dan tantangan AR (Augmented Reality) dan VR (Virtual Reality) dalam revolusi pembelajaran pendidikan modern. S1 Pendidikan Fisika | FMIPA Universitas Negeri Surabaya. <https://pendidikan-fisika.fmipa.unesa.ac.id/post/potensi-dan-tantangan-ar-augmented-reality-dan-vr-virtual-reality-dalam-revolusi-pembelajaran-pendidikan-modern>

Gb. (2023b, June 6). *Buku teks Sains Tahun 6 SK KSSR (Semakan 2017)*. GuruBesar.my. <https://gurubesar.my/buku-teks-sains-tahun-6-sk-kssr-semakan-2017/>

Harder, J., & Harder, J. (2023, December 11). What is virtual reality and how does it work. Robots.net. <https://robots.net/tech/what-is-virtual-reality-and-how-does-it-work/>

Haryani, M. R. A., Warsono, S., Achjari, D., & Nahartyo, E. (2022). Virtual reality learning media with innovative learning materials to enhance individual learning outcomes based on cognitive load theory. *The International Journal of Management Education*, 20(3), 100657. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100657>

Heizenrader. (2019). The 3 types of virtual reality. Retrieved July 24, 2025, from <https://heizenrader.com/the-3-types-of-virtual-reality/>

- Lowood, H. E. (2024, November 2). Virtual reality (VR) | Definition, development, technology, examples, & facts. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality>
- Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Computers & Education*, 116, 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.010>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Ott, M., & Tavella, M. (2009). A contribution to the understanding of what makes young students genuinely engaged in computer-based learning tasks. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 184–188. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.034>
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2020). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 112(6), 1139–1152. <https://doi.org/10.1037/edu0000422>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Sattar, M., Palaniappan, S., Lokman, A., Shah, N., Khalid, U., & Hasan, R. (2020, January 29). Motivating medical students using virtual reality based education. *Learning & Technology Library* (LearnTechLib). <https://www.learntechlib.org/p/217172/>
- Wu, B., Yu, X., & Gu, X. (2020). The effectiveness of virtual reality-based instruction in science education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(6), 3167–3190. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09827-9>

Saajhayrao A/L Kumara Rao (A200536)

Dr. Lam Meng Chun

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat

Universiti Kebangsaan Malaysia