

# APLIKASI AUGMENTASI REALITI UNTUK EKSPERIMEN KIMIA

WONG YEW KEONG  
DR. LAM MENG CHUN

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia

## ABSTRAK

Augmentasi Realiti (AR) adalah menindih maklumat maya pada dunia yang sebenar melalui unsur-unsur yang diperantarakan oleh maklumat deria janaan komputer termasuk suara, video, grafik atau haptik. Augmentasi realiti telah menjadi tren yang ketara bagi bidang teknologi pendidikan ini. Dalam pembelajaran kimia, eksperimen dijalankan untuk mengetahui ciri-ciri asas bahan kimia dan tindak balas bahan kimia atau gabungannya. Pada masa kini, pelajar berminat menggunakan peranti teknologi mereka. Di samping itu, eksperimen kimia sebenar di makmal melibatkan bahaya dan risiko yang boleh menjejaskan keselamatan pelajar jika berlaku kesalahan dalam eksperimen tersebut. Terdapat juga masalah kekurangan capaian kepada makmal kimia untuk menjalankan eksperimen semasa pandemik. Oleh itu, projek ini bertujuan untuk membangunkan aplikasi mudah alih berasaskan augmentasi realiti interaktif untuk pelajar prasiswazah UKM bagi mempelajari dan menjalankan eksperimen kimia di persekitaran AR dengan paparan model 3D dan aplikasi juga menyediakan maklumat eksperimen yang diperolehi daripada pensyarah dari Fakulti Sains dan Teknologi (FST), UKM. Metodologi yang digunakan dalam pembangunan ialah kitar hayat pembangunan sistem. Lima fasa telah dijalankan melalui metodologi ini iaitu perancangan, analisis, reka bentuk, pembangunan dan pengujian. Aplikasi mudah alih ini diuji menggunakan ujian kotak hitam dan ujian kebolegunaan. Seramai 30 orang responden telah menyertai ujian kebolegunaan aplikasi yang melibatkan penilaian dua teknologi berbeza yang digunakan untuk menjalankan eksperimen kimia iaitu makmal simulasi 3D dan juga teknologi AR. Hasil kajian menunjukkan kebolegunaan aplikasi adalah baik untuk kedua-dua kaedah dan kebanyakan responden berpendapat aplikasi ini mempunyai reka bentuk yang baik. Selain itu, keputusan menunjukkan bahawa menggunakan teknologi AR untuk menjalankan eksperimen kimia dalam aplikasi adalah lebih baik berbanding penggunaan makmal simulasi 3D. Kesimpulannya, sebuah aplikasi mudah alih *Android* yang berasaskan AR tanpa penanda yang bernama *ChemistAR* telah dibangunkan dalam projek ini yang membolehkan pengguna menjalankan eksperimen dalam makmal simulasi AR dan 3D, merujuk maklumat eksperimen, menjawab kuiz dan menambah laporan makmal.

## 1 PENGENALAN

Kaedah pendidikan tradisional semakin berubah. Pada dunia globalisasi ini, teknologi semakin canggih dan inovasi teknologi juga mendorong kepada transformasi kaedah pendidikan ke arah digital. Industri teknologi pendidikan dijangka mencapai 680.1 bilion US Dollar pada tahun 2027, tumbuh dengan kadar tahunan 17.9%. Augmentasi Realiti (AR) telah menjadi tren yang ketara bagi bidang teknologi pendidikan. Nilai AR di teknologi pendidikan diramalkan akan

melempi 5.3 bilion US Dollar pada tahun 2023 (Alexey Chalimov 2020). Ia telah membuka peluang yang besar kepada institusi pendidikan dan perniagaan pada masa hadapan.

AR merupakan pengalaman interaktif dari persekitaran dunia nyata di mana objek yang berada di dunia nyata ditingkatkan dengan maklumat persepsi yang dihasilkan oleh komputer, kadang-kadang melintasi pelbagai modaliti deria, termasuk visual, pendengaran, haptik, somatosensori dan bau (Schueffel 2017). Penggunaan AR dalam pembelajaran kimia semakin meningkat pada masa kini. AR juga telah diterapkan dalam kursus kimia sarjana muda di mana pelajar menggunakannya untuk meningkatkan proses pembelajaran (Mariela Damaris Urzúa Reyes 2021). Dalam pembelajaran kimia, eksperimen dijalankan untuk mengetahui ciri-ciri asas bahan kimia dan cara tindak balas atau gabungannya. Eksperimen kimia berasaskan AR dapat meningkatkan penilaian pelajar dengan ketara dan meningkatkan motivasi mereka untuk menggunakannya untuk memahami konsep abstrak dengan visualisasi model 3D. Ia juga dapat menghapuskan kerisauan tentang bahaya bahan kimia dan menjamin persekitaran yang selamat bagi para pelajar berbanding melakukan eksperimen kimia di makmal sebenar. Jadi, penggunaan teknologi AR amat bermanfaat bagi pembelajaran eksperimen kimia secara interaktif.

## **2 PENYATAAN MASALAH**

Pelajar lebih berminat menggunakan peranti teknologi berbanding penyampaian lisan dalam kelas. Masalah ini menjadi lebih jelas apabila kelas yang dijalankan itu hanya menerangkan konsep tanpa menggalakkan interaksi dengan pelajar. Pelajar juga tidak mendapat motivasi atau minat untuk belajar. Selain itu, subjek kimia tidak begitu popular kerana kerumitan konsep asas untuk memahami subjek. Oleh itu, pelajar memerlukan motivasi untuk mempelajari eksperimen subjek ini dengan teknologi baharu seperti AR.

Di samping itu, eksperimen kimia sebenar di makmal berbahaya dan berisiko menjejaskan keselamatan pelajar. Hal ini kerana pelbagai bahan kimia yang boleh mengancam kesihatan menyebabkan simptom seperti masalah sistem penafasan, gangguan sistem pencernaan, kerosakan organ paru-paru dan gatal atau ruam. Pada 1 November 2016, tujuh guru dan dua pelajar Sekolah Menengah Kebangsaan (SMK) Sultan Ismail, Tumpat, Kelantan terpaksa dikejarkan ke hospital selepas terdedah kepada tumpahan merkuri (Nadia Hamid 2016). Kes ini menunjukkan bahaya bahan kimia yang tidak dikendali dengan betul. Oleh itu,

pelajar harus mematuhi peraturan umum keselamatan makmal semasa menjalani eksperimen kimia. Tambahan pula, situasi pandemik yang serius mengalakkan pengamalan jarak sosial dan juga kekurangan capaian kepada makmal untuk menjalankan eksperimen kimia. Hal ini menyebabkan kebanyakan pelajar hanya belajar konsep yang abstrak dalam buku teks dan kuliah dari pensyarah.

### **3 OBJEKTIF KAJIAN**

Projek ini bertujuan untuk membangunkan aplikasi yang dapat membantu pengguna dalam pembelajaran eksperimen kimia. Objektif projek adalah:

- i. Mengenalpasti keperluan pengguna bagi aplikasi pembelajaran eksperimen kimia berasaskan AR.
- ii. Membangunkan aplikasi ChemistAR yang mempunyai fungsi menjalankan eksperimen berasaskan AR secara interaktif, menjalankan simulasi makmal 3D, merujuk maklumat eksperimen, menjawab kuiz, menambah laporan eksperimen dan melihat kemajuan pembelajaran.
- iii. Menilai dan menguji kebolegunaan aplikasi ChemistAR dalam kalangan pelajar prasiswazah UKM dalam menjalani eksperimen kimia.

### **4 METOD KAJIAN**

Pembangunan yang digunakan dalam projek ini ialah berdasarkan kitar hayat pembangunan sistem kerana ia mudah difahami dan digunakan. Ia merupakan proses sistematik untuk membina perisian yang memastikan kualiti dan ketepatan perisian yang dibina. Ini membantu mengurangkan pembaziran dan meningkatkan kecekapan proses pembangunan. Model ini juga memastikan dokumentasi terperinci dilakukan pada setiap fasa kitaran pembangunan perisian. Kitar hayat pembangunan sistem mengandungi enam fasa iaitu fasa perancangan, fasa analisis, fasa reka bentuk, fasa implementasi, fasa pengujian dan fasa penyenggaraan seperti ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1 Kitar Hayat Pembangunan Sistem

Sumber: (Hasiady 2022)

#### 4.1 Fasa Perancangan

Fasa perancangan merupakan fasa terpenting dalam pembangunan aplikasi ini di mana perancangan yang dihasilkan adalah jelas dengan merangkumi beberapa tugas iaitu kajian awal berkaitan topik projek, mengenalpastikan masalah yang terlibat dengan projek, memberi cadangan penyelesaian dan objektif kajian serta menentukan skop projek dan penjadualan masa. Fasa ini memberi idea bagi keseluruhan pembangunan aplikasi dan cara-cara membangunkan aplikasi. Dalam fasa ini, perbincangan dilakukan dengan pensyarah FST dan penyelia untuk mendapat maklumat tentang eksperimen dan juga dokumen yang perlu untuk menjadikan rujukan dalam projek ini.

#### 4.2 Fasa Analisis

Dalam fasa analisis ini, analisis dilakukan terhadap sistem atau aplikasi yang sedia ada untuk mengetahui kelemahan mahupun kebaikan yang ada dalam aplikasi tersebut. Maklumat dikumpul untuk dianalisis dengan mencari aplikasi sedia ada dan jurnal penyelidikan yang telah dikaji sebagai rujukan. Temu bual dengan pihak berkepentingan iaitu pelajar FST dijalankan supaya memahami keperluan pengguna sebenar untuk aplikasi ini. Analisis terhadap dokumen yang dikumpul dari FST dilakukan untuk memilih eksperimen yang sesuai dibangunkan dalam aplikasi. Fasa ini dapat membantu mengetahui keperluan dan kehendak pengguna terhadap aplikasi untuk membangunkan aplikasi yang memenuhi keperluan tersebut.

### 4.3 Fasa Reka Bentuk

Reka bentuk antara muka pengguna dicipta dengan perisian reka bentuk antara muka seperti *Figma*. Reka bentuk antara muka aplikasi ini berdasarkan fungsi yang diperlukan untuk memenuhi kehendak pengguna dan kreativiti sendiri. Reka bentuk antara muka yang kemas dan menarik amat meningkatkan tumpuan pengguna terhadap aplikasi manakala reka bentuk pengalaman pengguna juga difokus untuk fasa ini. Infrastruktur rangkaian dan pangkalan data juga dikenalpastikan dalam fasa ini.

### 4.4 Fasa Pembangunan

Fasa pembangunan bertujuan membangunkan aplikasi yang berfungsi mengikut reka bentuk antara muka aplikasi dan juga kes penggunaan. Perisian pembangun yang digunakan ialah *Unity* yang menggunakan bahasa pengaturcaraan *C#*. *Vuforia SDK* digunakan untuk membangunkan aplikasi yang berasaskan AR tanpa penanda. Bagi pemodelan 3D pula menggunakan perisian sumber terbuka *Blender*. Pangkalan data berasaskan awam yang digunakan ialah *Firebase Cloud Firestore* untuk menyimpan dan mendapat data untuk aplikasi. Sebuah aplikasi *Android* yang berasaskan AR tanpa penanda bernama *ChemistAR* dibangunkan dalam fasa ini.

### 4.5 Fasa Pengujian

Fasa pengujian juga begitu penting dalam pelaksanaan projek ini. Hal ini kerana pengujian dijalankan untuk mengenalpasti pepijat dan masalah dalam aplikasi yang dibangun. Ia juga untuk memenuhi keperluan dan objektif yang ditentukan oleh pengguna. Fasa ini memastikan aplikasi yang dibangun berfungsi sempurna untuk penggunaan. Dalam fasa ini, dua kaedah digunakan untuk pengujian iaitu ujian kotak hitam dan ujian kebolegunaan. Ujian kotak hitam menguji fungsi dalam aplikasi supaya tiada ralat dan ujian kebolegunaan mengutamakan pengguna dengan menggunakan aplikasi dan memberi maklum balas tentang aplikasi. Perbandingan antara eksperimen AR dan simulasi makmal 3D dijalankan dalam fasa ini.

## 5 HASIL KAJIAN

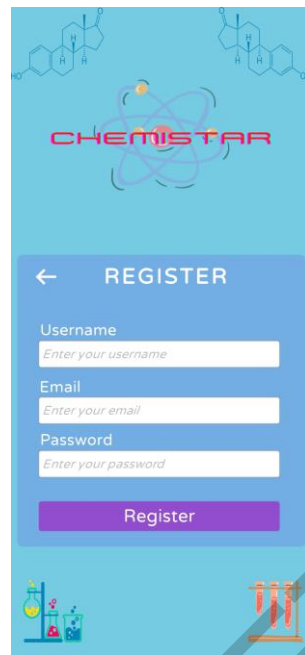
Bahagian ini membincangkan hasil kajian pembangunan aplikasi *ChemistAR*. Aplikasi AR untuk eksperimen kimia dibangunkan dengan perisian pembangunan iaitu *Unity* versi 2021.1.21f1 dan *Visual Studio Code* sebagai penyunting kod bagi menulis kod dan skrip dalam bahasa pengaturcaraan C#. Selain itu, *Vuforia Engine SDK* telah digunakan untuk mencapai teknologi augmentasi realiti tanpa penanda dalam pembangunan eksperimen AR yang bertajuk “*Preparation of Manganese(II) Chloride*” dalam aplikasi ini. Eksperimen 3D yang dibangunkan bertajuk “*Synthesis of Methyl m-Nitrobenzoate*”. Animasi dan kesan visual untuk visualisasi tindak balas kimia eksperimen dicapai menggunakan komponen *animator* dan *particle system* dalam perisian *Unity*.

Aplikasi ini juga memerlukan banyak model 3D untuk alat radas eksperimen yang perlu dicipta melalui perisian *Blender*. *Firebase Cloud Firestore* merupakan pangkalan data berasaskan awam yang menjadi pilihan sebagai pangkalan data untuk pembangunan aplikasi ini. Di samping itu, antara muka pengguna untuk aplikasi direka bentuk dalam perisian *Unity*.

### 5.1 Modul Pengesahan Akaun

Pengguna yang tiada akaun perlu input nama pengguna, alamat emel dan kata laluan untuk mendaftar pengguna melalui *Firebase Authentication*. Jika sesuatu input adalah kosong, aplikasi akan menunjukkan mesej ralat “*Please Enter All The Field Above*” dan mesej ralat “*Registration failed*” sekiranya akaun telah wujud dalam pangkalan data. Apabila pengguna berjaya mendaftar akaun, pengguna terus log masuk dalam aplikasi serta data pengguna seperti nama pengguna, emel dan kemajuan pembelajaran akan ditambah dalam pangkalan data *Cloud Firestore* dengan id pengguna. Rajah 2 menunjukkan antara muka pendaftaran pengguna.

Selain itu, pengguna perlu input alamat emel dan kata laluan pengguna untuk log masuk dalam aplikasi dengan semakan rekod dalam *Firebase Authentication*. Jika sesuatu input adalah kosong, aplikasi akan menunjukkan mesej ralat “*Please Enter All Email or Password*” dan mesej ralat “*Login Failed*” sekiranya akaun tidak wujud dalam pangkalan data. Pengguna akan log masuk ke antara muka menu utama dengan maklumat yang betul. Sesi pengguna akan disimpan selepas log masuk supaya tidak perlu log masuk setiap kali menggunakan aplikasi. Rajah 3 menunjukkan antara muka log masuk pengguna dan menu utama.



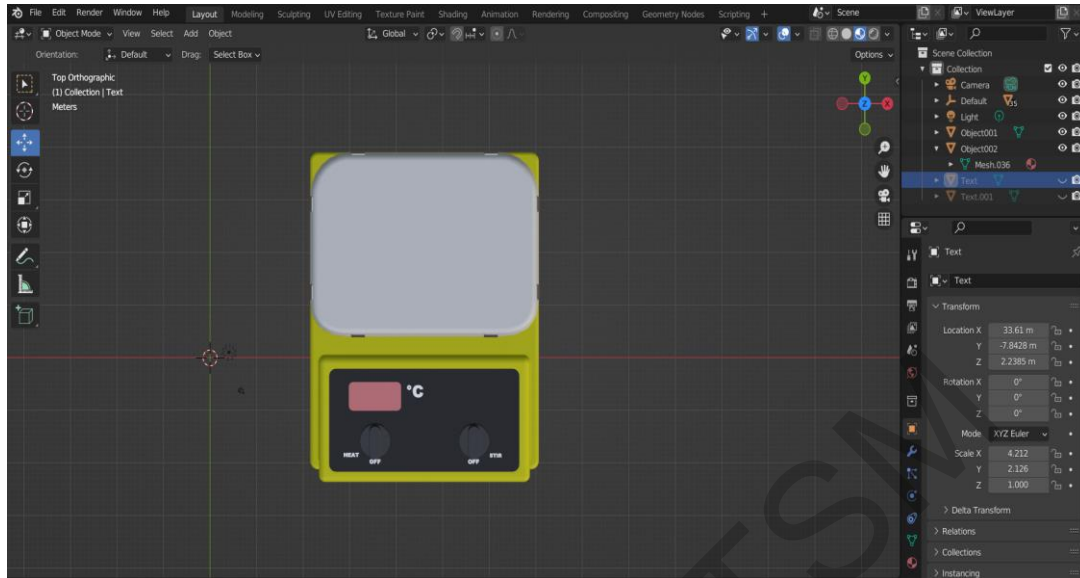
Rajah 2 Antara muka pendaftaran akaun pengguna



Rajah 3 Antara muka log masuk dan menu utama aplikasi

## 5.2 Modul Menjalankan Eksperimen

Pemodelan 3D merupakan proses yang penting kerana eksperimen yang berbeza memerlukan alat radas atau objek 3D yang berbeza. Dalam proses pemodelan, perisian sumber terbuka iaitu *Blender* digunakan untuk mereka bentuk setiap model 3D yang diperlukan dalam eksperimen untuk aplikasi ini. Rajah 4 menunjukkan hasil model 3D yang dicipta bagi kegunaan dalam fungsi menjalankan eksperimen aplikasi ini.



Rajah 4 Pemodelan 3D dalam perisian *Blender*

Aplikasi ini mempunyai enam belas eksperimen berasaskan program sarjana muda dengan dua daripada eksperimen tersebut direalisasikan dengan simulasi makmal 3D dan eksperimen AR. Rajah 5 menunjukkan antara muka memilih eksperimen.

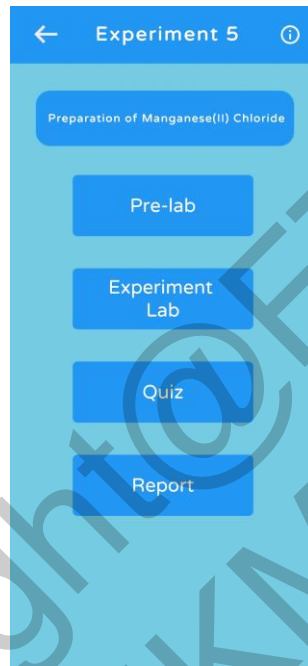


Rajah 5 Antara muka memilih eksperimen

Selepas memilih eksperimen, pengguna mempunyai empat pilihan untuk eksperimen iaitu pra-makmal, makmal eksperimen, kuiz dan laporan seperti ditunjukkan dalam Rajah 6.



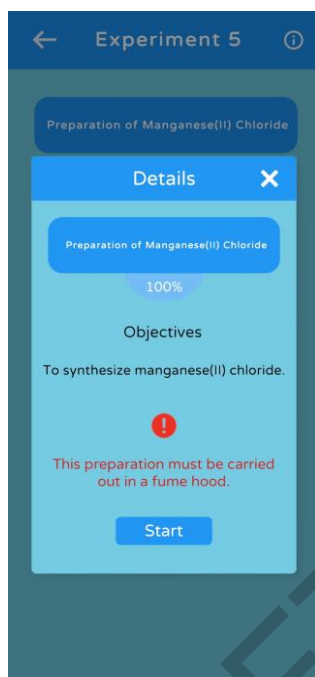
Sebelum menjalankan eksperimen, pengguna digalakkan untuk menjalankan tugas pra-makmal dengan menggunakan pautan yang disediakan dan menonton video eksperimen sebenar seperti ditunjukkan dalam Rajah 7. Selepas tugas pra-makmal, pengguna akan menekan butang “*Experiment Lab*” untuk menjalankan eksperimen dengan membaca maklumat eksperimen dan kenyataan eksperimen seperti ditunjukkan dalam Rajah 8. Pengguna menekan butang “*Start*” untuk masuk ke antara muka eksperimen.



Rajah 6 Antara muka selepas memilih eksperimen

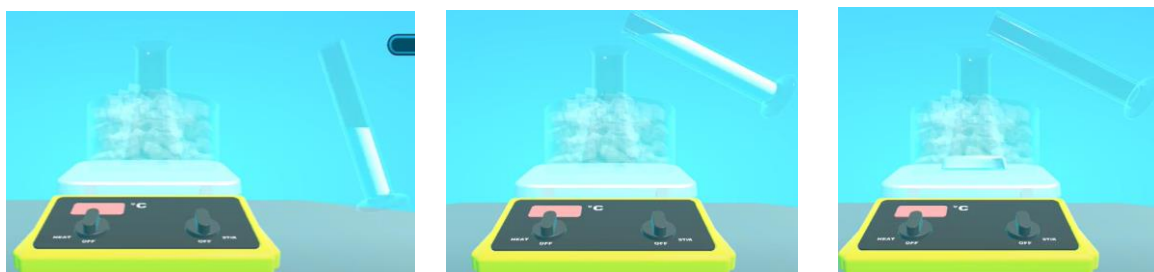


Rajah 7 Antara muka tugas pra-makmal

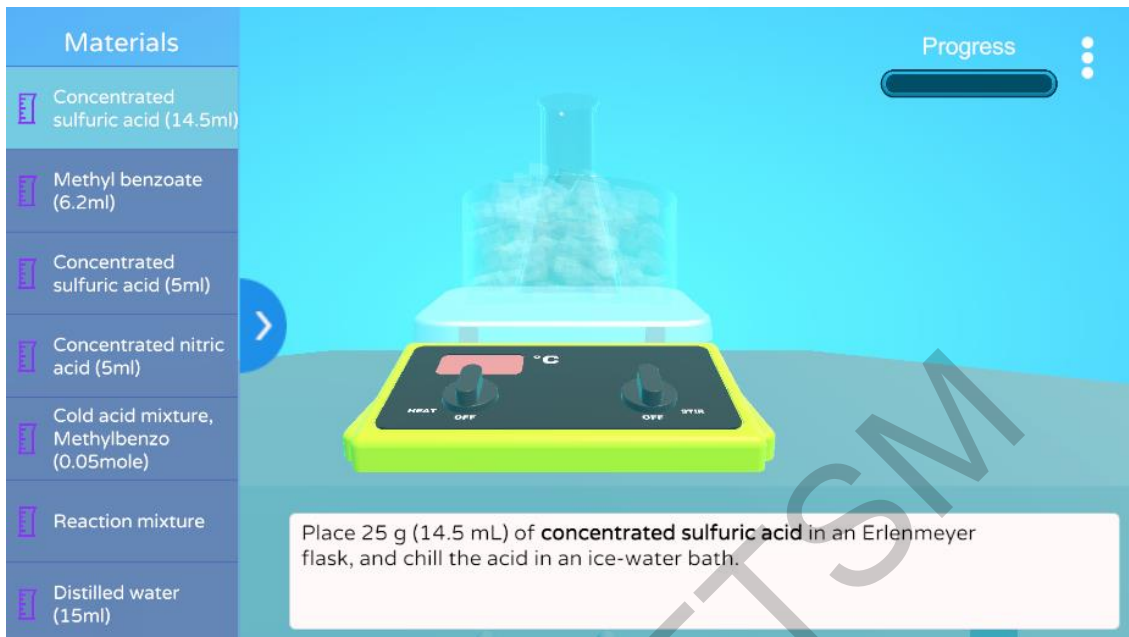


Rajah 8 Antara muka maklumat dan kenyataan keselamatan eksperimen

Eksperimen 3D yang bertajuk “*Synthesis of Methyl m-Nitrobenzoate*” telah dibangunkan dalam aplikasi ini. Bahan kimia dalam eksperimen dicapai dengan menggunakan *Shader Graph* sebagai alat untuk merealisasikan cecair sebenar. Selain itu, animasi seperti tindak balas kimia, pertukaran warna dan pengisian bahan kimia menggunakan komponen *animator* dan *animation* dalam *Unity*. Dalam eksperimen ini, pengguna akan memilih dan menekan butang bahan kimia dengan mengikuti prosedur yang dipaparkan dalam aplikasi. Aplikasi akan mensimulasikan pengisian bahan kimia dalam alat radas dan animasi tindak balas. Rajah 9 menunjukkan contoh animasi dalam eksperimen 3D selepas pengguna menekan butang tertentu. Rajah 10 menunjukkan antara muka menjalankan eksperimen 3D dalam aplikasi ini.



Rajah 9 Contoh animasi dalam eksperimen 3D

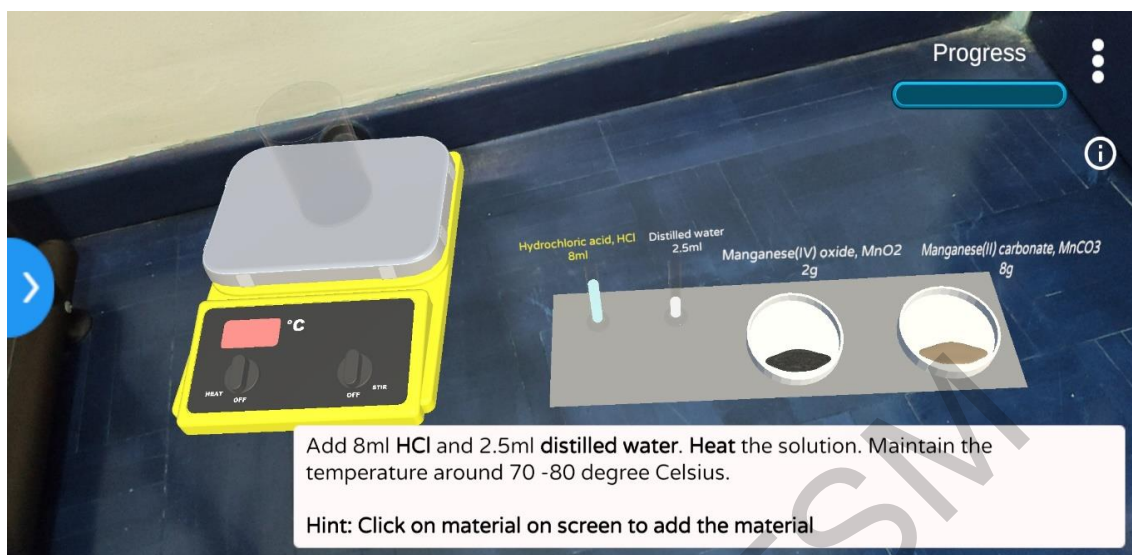


Rajah 10 Antara muka menjalankan eksperimen 3D

Eksperimen AR yang bertajuk “*Preparation of Manganese(II) Chloride*” telah dibangunkan dalam aplikasi ini. Teknologi AR yang digunakan dalam eksperimen adalah tanpa penanda melalui *Vuforia Ground Plane* dengan *Vuforia SDK*. Di samping itu, aplikasi juga menggunakan *animation Unity* untuk menghasilkan animasi dalam eksperimen untuk tindak balas kimia yang interaktif. Pengguna perlu mengimbas dan mencari peskitaran yang mempunyai permukaan melintang seperti meja atau lantai sebagai langkah pertama. Selepas pengguna melihat penunjuk yang wujud, pengguna perlu menekan skrin untuk meletak alat radas. Dalam eksperimen ini, pengguna akan menekan objek pada skrin untuk memilih bahan kimia dengan mengikuti prosedur yang dipaparkan dalam aplikasi. Rajah 11 menunjukkan contoh animasi dalam eksperimen AR selepas pengguna menekan butang atau objek tertentu. Rajah 12 menunjukkan antara muka menjalankan eksperimen AR.



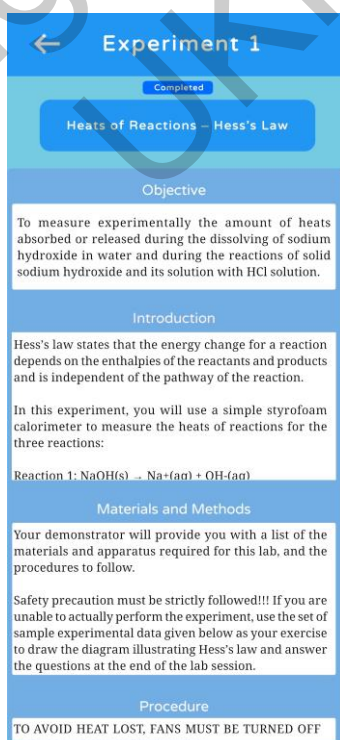
Rajah 11 Contoh animasi dalam eksperimen AR



Rajah 12 Antara muka menjalankan eksperimen AR

### 5.3 Modul Merujuk Maklumat Eksperimen

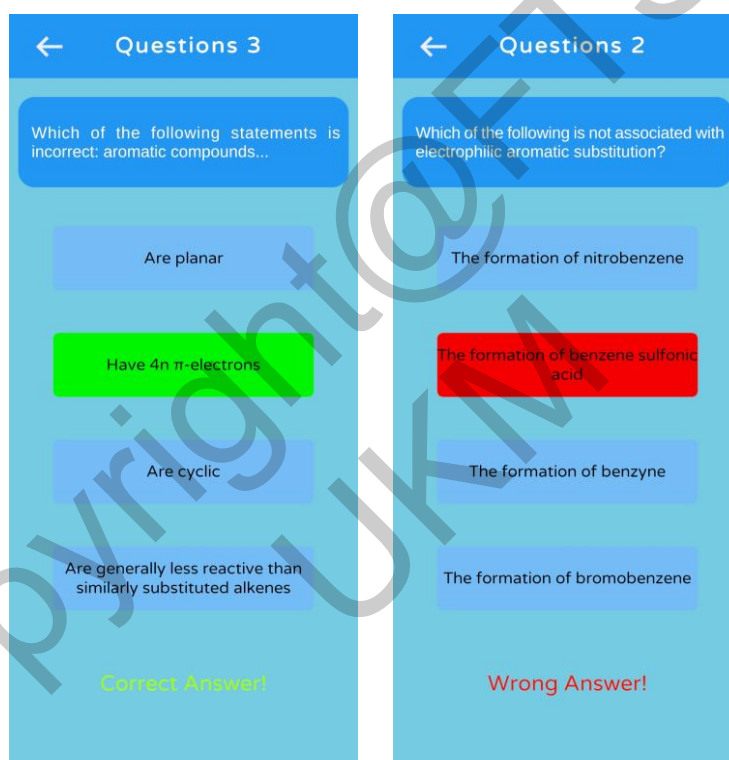
Pengguna dapat melihat maklumat eksperimen tertentu termasuk objektif, pengenalan, bahan kimia diperlukan dan prosedur untuk eksperimen yang tiada simulasi makmal. Semua maklumat ini berdasarkan program sarjana muda UKM. Rajah 13 menunjukkan antara muka eksperimen tanpa simulasi makmal.



Rajah 13 Antara muka eksperimen tanpa simulasi makmal

## 5.4 Modul Menjawab Kuiz

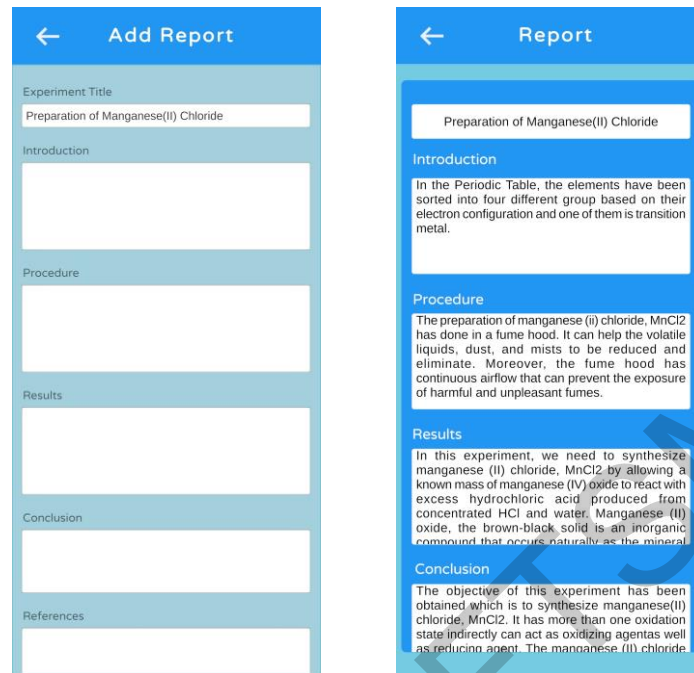
Pengguna menjawab kuiz yang berbentuk soalan objektif yang disediakan bagi eksperimen untuk menguji kefahaman dan juga mengukuhkan ilmu pengetahuan yang dapat. Soalan berasaskan objektif akan dipaparkan kepada pengguna secara urutan rawak. Terdapat empat pilihan jawapan bagi setiap soalan. Sekiranya pengguna memilih jawapan yang betul, butang dipilih akan bertukar kepada warna hijau dan keluar maklum balas “*Correct Answer*” manakala warna merah dan keluar maklum balas “*Wrong Answer*” sekiranya jawapan adalah salah. Selepas semua soalan dijawab, aplikasi memaparkan skor kuiz dengan jumlah soalan dalam kuiz tersebut. Rajah 14 menunjukkan antara muka modul menjawab kuiz.



Rajah 14 Antara muka modul menjawab kuiz

## 5.5 Modul Menambah Laporan Eksperimen

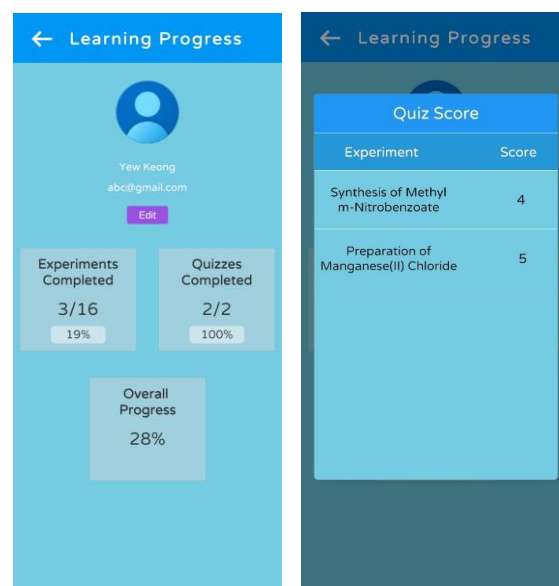
Pengguna merekodkan laporan eksperimen sebagai rujukan untuk ulang kaji. Setiap laporan ada nama eksperimen, pengenalan, prosedur, hasil, kesimpulan dan rujukan. Pengguna mengisi medan input tersebut dan menekan butang “*Save*” untuk menambah laporan dalam aplikasi. Aplikasi memaparkan laporan ditambah oleh pengguna selepas berjaya menambah laporan. Rajah 15 menunjukkan antara muka modul menambah laporan eksperimen.



Rajah 15 Antara muka modul menambah laporan eksperimen

## 5.6 Modul Melihat Kemajuan Pembelajaran

Kemajuan pembelajaran merangkumi eksperimen yang selesai, kuiz yang selesai dan kemajuan keseluruhan. Apabila pengguna selesai sesuatu eksperimen atau kuiz, aplikasi akan menambah bilangan eksperimen dan kuiz selesai serta kemas kini dalam pangkalan data. Kemajuan keseluruhan akan dikira dan dipaparkan dalam aplikasi secara serentak. Pengguna juga dapat melihat rekod skor kuiz apabila menekan kuiz selesai pada antara muka kemajuan pembelajaran. Rajah 16 menunjukkan antara muka modul kemajuan pembelajaran.



Rajah 16 Antara muka modul melihat kemajuan pembelajaran

## 5.7 Hasil Pengujian

Dua kaedah pengujian telah dijalankan iaitu ujian kotak hitam dan ujian kebolegunaan. Ujian kotak hitam mengkaji kefungsi aplikasi tanpa melibatkan struktur atau pengekodan dalamannya manakala ujian kebolegunaan dilakukan dari sudut pandangan pengguna untuk mengesahkan sama ada aplikasi berfungsi dengan cekap atau tidak. Ujian kotak hitam telah menunjukkan fungsi dalam aplikasi ini berfungsi dengan sempurna tanpa ralat.

Dalam ujian kebolegunaan, makmal kimia dalam bentuk AR dan simulasi 3D telah dirasai oleh peserta supaya perbandingan dapat dilakukan. Pengujian kebolegunaan ini telah mendapat 30 orang responden dari UKM untuk menguji kebolegunaan aplikasi *ChemistAR*. Semua responden telah menjalankan penilaian terhadap kedua-dua eksperimen iaitu eksperimen dalam AR dan simulasi makmal 3D. Lima faktor yang melibatkan dalam menguji kebolegunaan adalah kebolegunaan, mudah digunakan, mudah dipelajari, kepuasan dan estetik yang menggunakan skala Likert dengan 7 mata.

Dengan perbandingan hasil yang didapati untuk kedua-dua teknologi, responden lebih setuju dari segi faktor mudah digunakan dan mudah dipelajari untuk aplikasi teknologi AR untuk menjalankan eksperimen. Namun, responden lebih setuju faktor kebolegunaan, kepuasan dan estetik untuk aplikasi simulasi makmal 3D untuk menjalankan eksperimen. Faktor estetik mempunyai nilai min yang tertinggi iaitu 6.05 dan 6.16 bagi kedua-dua hasil menunjukkan responden berpuas hati dengan reka bentuk antara muka dalam aplikasi. Responden juga bersetuju untuk semua faktor bagi aplikasi AR dan simulasi makmal 3D untuk menjalankan eksperimen kimia dengan nilai purata min yang melebihi 5 bagi setiap faktor.

Selain itu, responden telah memberi pandangan bahawa kaedah menjalankan eksperimen menggunakan teknologi AR adalah lebih baik berbanding dengan eksperimen simulasi makmal 3D dalam aplikasi dengan 25 orang memilih eksperimen AR manakala hanya 5 orang memilih eksperimen simulasi makmal 3D.

Secara umumnya, hasil kebolegunaan aplikasi AR dan simulasi makmal 3D untuk eksperimen kimia menunjukkan persetujuan yang tinggi daripada responden bahawa aplikasi ini membantu pembelajaran mereka dalam eksperimen kimia. Hal ini kerana aplikasi ini adalah mudah digunakan dan animasi yang menunjukkan tindak balas kimia adalah menarik. Oleh itu,

ia dapat meningkatkan minat responden untuk menggunakan aplikasi untuk pembelajaran dan menjalankan eksperimen kimia.

## 6 KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, projek ini telah membangunkan sebuah aplikasi mudah alih berasaskan sistem operasi *Android* yang bernama *ChemistAR* untuk membantu pelajar prasiswazah UKM dalam pembelajaran eksperimen kimia dengan menjalankan eksperimen di luar makmal menggunakan AR tanpa pendedahan kepada bahaya. Dengan menggunakan aplikasi ini, pengguna dapat memahami eksperimen dengan interaktif dan membantu mereka dalam pembelajaran eksperimen kimia berbanding membaca konsep abstrak dalam buku. Kebolegunaan aplikasi juga diuji dalam fasa pengujian dan menunjukkan kebolegunaan yang tinggi aplikasi ini untuk memenuhi keperluan pengguna. Aplikasi ini juga akan ditambah baik dengan fungsi yang dicadangkan untuk mengembangkan pengguna kepada universiti lain.

## 7 RUJUKAN

- Alexey Chalimov. 2020. Augmented Reality In Education: The Hottest Edtech Trend And How To Apply It To Your Business. <https://easternpeak.com/blog/augmented-reality-in-education-the-hottest-edtech-trend-and-how-to-apply-it-to-your-business/>
- Hasiady, M. 2022. Pengenalan Kepada Kitar Hayat Kejuruteraan Pembangunan Sistem Aplikasi. <https://sqa.mampu.gov.my/index.php/ms/pengenalan-kepada-metodologi-kejuruteraan-sistem-aplikasi>
- Mariela Damaris Urzúa Reyes. 2021. Augmented Reality for Learning Chemistry. . <https://observatory.tec.mx/edu-bits-2/augmented-reality-for-learning-chemistry>
- Nadia Hamid. 2016. Bahaya Raksa @ Merkuri. *BH Online*. Retrieved from <https://www.bharian.com.my/bhplus-old/2016/11/208152/bahaya-raksa-merkuri>
- Schueffel, P. 2017. *The Concise FINTECH COMPENDIUM*.