

Tahap Penerimaan Pelajar Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik terhadap Penggunaan *Augmented Reality* (AR) E-Modul Subjek Asas Mikropemproses

Acceptance Level of Electrical and Electronic Engineering Students Towards the Use of Augmented Reality (AR) e-Modules for Basic Microprocessor Subject

Nurul Adibah Sabira Muhammad Bakaruddin¹, Nurhanim Saadah Abdullah^{1*},

¹ Faculty of Technical & Vocational Education
Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 86400 Parit Raja, Johor

*Pengarang Utama: nurhanim@uthm.edu.my

DOI: <https://doi.org/10.30880/ritvet.2025.05.01.016>

Maklumat Artikel

Diserah: 11 Februari 2025

Diterima: 21 Jun 2025

Diterbitkan: 30 Jun 2025

Kata Kunci

e-Modul Asas Mikropemproses,
Augmented Reality, model ADDIE,
teori kognitif, teori konstruktivisme,
penerimaan pelajar

Abstrak

Subjek Asas Mikropemproses merupakan subjek teras bagi pelajar Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM). Namun begitu, terdapat isu berkaitan kekurangan penggunaan teknologi Augmented Reality (AR) dalam subjek ini, kesediaan institusi dalam menyediakan infrastruktur teknologi, serta pendekatan pengajaran konvensional yang kurang interaktif. Teknologi AR kini memiliki potensi besar untuk merevolusikan pendidikan dengan menyediakan pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan menarik bagi pelajar. Oleh itu, kajian ini bertujuan untuk membangunkan e-Modul Asas Mikropemproses berbantuan AR, menilai kebolehfungsi e-Modul tersebut, dan mengenal pasti tahap penerimaan pelajar terhadapnya dari aspek reka bentuk, kandungan, dan kebolehgunaan. e-Modul ini dibangunkan menggunakan model ADDIE dan berpandukan teori konstruktivisme dan kognitif. Modul ini direka melalui platform Heyzine dengan integrasi AR menggunakan aplikasi Makar. Kandungannya merangkumi nota, video dan kuiz untuk menilai kefahaman pelajar. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam kajian ini dengan melibatkan seramai 25 orang pelajar Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik sebagai responden. Seterusnya, penilaian kebolehfungsi e-Modul dilakukan oleh tiga orang pakar. Penilaian pakar menunjukkan bahawa modul ini mencapai tahap kebolehfungsi yang tinggi, dengan maklum balas positif terhadap reka bentuk, kandungan, dan kebolehgunaan. Namun, beberapa cadangan telah diberikan untuk meningkatkan kualiti modul, seperti menambah pengenalan pada video dan memperbaiki elemen navigasi. Soal selidik juga digunakan untuk menilai tahap penerimaan pelajar terhadap e-Modul ini selepas penggunaannya secara sendiri.

Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahawa tahap penerimaan pelajar terhadap aspek reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan berada pada tahap yang tinggi. Pelajar memberikan maklum balas positif terhadap elemen interaktif, fleksibiliti modul, serta kemampuannya untuk menyokong pembelajaran sendiri dengan lebih baik. Secara keseluruhannya, kajian ini berjaya membangunkan e-Modul Asas Mikropemproses berbantuan AR yang memenuhi objektif kajian. Hasil kajian ini diharapkan dapat menjadi panduan kepada pendidik dan institusi dalam mengintegrasikan teknologi AR sebagai alat bantu pengajaran yang inovatif dan efektif.

Keywords

Basic of Microprocessor, Augmented Reality, ADDIE model, cognitive theory, constructivist theory, student acceptance

Abstract

The subject Fundamentals of Microprocessor is a core course for Bachelor of Electrical and Electronic Engineering students at Universiti Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM). However, there are issues related to the lack of Augmented Reality (AR) technology usage in this subject, the institution's readiness in providing technological infrastructure, as well as the use of conventional teaching approaches that are less interactive. AR technology now holds great potential to revolutionize education by providing a more interactive and engaging learning experience for students. Therefore, this study aims to develop an AR-assisted Fundamentals of Microprocessor e-Module, evaluate its functionality, and identify students' acceptance levels in terms of design, content, and usability. The e-Module was developed using the ADDIE model and is based on constructivist and cognitive learning theories. It was designed using the Heyzine platform with AR integration through the Makar application. The content includes notes, videos, and quizzes to assess students' understanding. A quantitative approach was used in this study involving 25 Electrical and Electronic Engineering students as respondents. Additionally, the functionality of the e-Module was evaluated by two experts. The expert evaluation indicated a high level of functionality, with positive feedback regarding its design, content, and usability. However, several suggestions were provided to improve the module's quality, such as adding introductions to videos and enhancing navigation elements. A questionnaire was also used to assess students' acceptance of the e-Module after using it independently. Descriptive analysis results showed that students' acceptance levels in terms of design, content, and usability were high. Students gave positive feedback on the interactive elements, flexibility of the module, and its ability to support better self-directed learning. Overall, this study successfully developed an AR-assisted Fundamentals of Microprocessor e-Module that meets the research objectives. The findings of this study are expected to serve as a guide for educators and institutions in integrating AR technology as an innovative and effective teaching aid.

1. Pendahuluan

Teknologi Augmented Reality (AR) mempunyai potensi besar dalam pelbagai bidang seperti pendidikan, latihan profesional, dan keselamatan, termasuk membantu dalam situasi berbahaya seperti memadam kebakaran atau menerbangkan pesawat (Turhan, 2022). Dalam pendidikan, AR menjadikan pembelajaran lebih interaktif, menyeronokkan, dan membantu pelajar memahami konsep yang sukar melalui visual, simulasi, serta interaksi langsung (Zhao, 2023). AR juga membolehkan pelajar melihat dan berinteraksi dengan objek maya dalam dunia sebenar, meningkatkan motivasi serta daya ingatan mereka (Ren, 2023). Walaupun teknologi ini telah diterapkan dalam sekolah dan institusi pengajian tinggi, penggunaannya dalam Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (PLTV) masih terhad. AR dianggap sebagai lanjutan realiti maya kerana ia menggabungkan objek maya dengan persekitaran sebenar, membolehkan interaksi manusia-komputer yang lebih semula jadi (Cai, Wang, & Chiang, 2014). Pengalaman pembelajaran sebenar sentiasa diperlukan dan pembelajaran yang melibatkan lebih banyak deria adalah berkuasa. Dalam konteks ini, AR muncul di hadapan kita sebagai teknologi baharu yang sedang berkembang untuk proses pembelajaran.

2. Metodologi

Kajian ini melibatkan 25 pelajar tahun tiga Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia yang mengikuti subjek Asas Mikropemproses bagi semester pertama 2024/2025. Pembangunan e-Modul ini menggunakan model ADDIE yang merangkumi lima fasa utama: analisis, reka bentuk, pembangunan, pelaksanaan, dan penilaian. Modul ini dibangunkan melalui platform Heyzine dengan integrasi elemen Augmented Reality menggunakan aplikasi Makar. Kandungannya terdiri daripada nota interaktif, video, model 3D, dan kuiz yang direka khas untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik dan bermakna kepada pelajar.

Setelah proses pembangunan e-Modul selesai, penilaian pakar dilaksanakan untuk menilai aspek reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan modul. Penilaian ini dilakukan dengan menggunakan borang senarai semak yang diedarkan kepada tiga orang pakar dari Fakulti Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik di UTHM. Maklum balas yang diterima daripada pakar digunakan untuk mengenal pasti kelemahan dan mencadangkan penambahbaikan bagi modul tersebut. Di samping itu, kajian rintis juga dijalankan melibatkan 30 orang pelajar Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik untuk memastikan kesahan dan kebolehpercayaan instrumen soal selidik serta mengenal pasti sebarang kekurangan dalam e-Modul.

Data yang diperoleh daripada soal selidik dianalisis menggunakan perisian Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi 29. Statistik deskriptif seperti skor min, peratusan, dan kekerapan digunakan untuk menilai tahap penerimaan pelajar terhadap modul ini. Penilaian pakar melalui borang senarai semak juga dianalisis untuk menilai kebolehfungsian modul sebagai alat bantu pengajaran. Dengan pendekatan sistematik yang diterapkan melalui model ADDIE dan pengintegrasian teknologi Augmented Reality, e-Modul Asas Mikropemproses ini dirancang untuk memenuhi keperluan pembelajaran pelajar dengan memberikan pengalaman pembelajaran yang menarik, fleksibel, dan efektif.

2.1 Fasa 1: Analisis

Fasa analisis dalam kajian ini merupakan langkah awal yang penting dalam pembangunan e-Modul Asas Mikropemproses berbantuan Augmented Reality (AR). Pada peringkat ini, keperluan pengguna dianalisis untuk memahami cabaran dan keperluan yang dihadapi oleh pelajar serta pensyarah dalam pembelajaran subjek Asas Mikropemproses. Untuk mengenal pasti masalah yang wujud, dua kaedah telah digunakan, iaitu borang analisis keperluan dan kajian literatur daripada penyelidikan-penyelidikan lepas. Hasil analisis menunjukkan bahawa pensyarah menghadapi beberapa cabaran, termasuk pelajar yang kurang memberi tumpuan dan minat terhadap subjek ini. Pelajar perlu berimajinasi tentang binaan dalam mikropemproses iaitu berkaitan dengan pengaturcaraan. Terdapat juga kesukaran untuk menerangkan dan mewakili struktur keboleh aturcara kepada pelajar. Analisis ini memberikan panduan yang penting untuk memastikan e-Modul yang dibangunkan bukan sahaja memenuhi keperluan pengguna, tetapi juga mampu memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif. Dengan memahami masalah yang telah dikenalpasti, modul ini diharapkan dapat menyelesaikan cabaran yang dihadapi oleh pelajar dan pensyarah, seterusnya meningkatkan keberkesanan proses pembelajaran dalam subjek Asas Mikropemproses.

2.2 Fasa 2: Reka Bentuk

Fasa reka bentuk dalam kajian ini memberi tumpuan kepada perancangan struktur dan elemen interaktif bagi e-Modul Asas Mikropemproses yang dibantu oleh Augmented Reality (AR). Pada peringkat ini, papan cerita modul dibangunkan untuk menentukan susun atur kandungan, elemen multimedia, dan navigasi yang akan digunakan. Reka bentuk e-Modul ini menekankan susunan kandungan yang logik dan teratur, bertujuan untuk memastikan pengalaman pembelajaran yang lancar dan berkesan. Elemen visual seperti grafik, video, dan model 3D dipilih dengan teliti untuk memastikan daya tarikan modul dan meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep yang diajar. Selain itu, navigasi modul dirancang dengan butang interaktif yang memudahkan pelajar mengakses kandungan secara intuitif, menjadikan proses pembelajaran lebih mudah dan menyenangkan. Kesemua elemen ini direka berdasarkan teori konstruktivisme dan kognitif, yang menekankan pentingnya pembelajaran aktif.

2.3 Fasa 3: Pembangunan

Dalam fasa ini, e-Modul dibangunkan menggunakan platform Heyzine, dengan integrasi elemen AR melalui aplikasi Makar. Kandungan modul, termasuk nota interaktif, video, model 3D, dan kuiz, disusun berdasarkan papan cerita yang telah dibangunkan untuk memastikan aliran pembelajaran yang sistematik dan menarik. Elemen multimedia dihasilkan dengan tujuan untuk meningkatkan pemahaman pelajar terhadap topik Asas Mikropemproses. Selain itu, elemen interaktif seperti kuiz dan komponen AR dirancang untuk membantu pelajar mengaplikasikan konsep yang telah dipelajari dengan lebih berkesan. Sebelum modul ini digunakan oleh pelajar, proses kesahan pakar dilaksanakan dengan mendapatkan maklum balas daripada tiga orang pakar dalam bidang yang berkaitan. Maklum balas ini digunakan untuk menilai reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan modul.

2.4 Fasa : Pelaksanaan

Fasa pelaksanaan dalam kajian ini melibatkan pengedaran e-Modul Asas Mikropemproses yang dibantu oleh Augmented Reality (AR) kepada pelajar Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Sebelum modul dilaksanakan kepada kumpulan sebenar, soal selidik yang dibangunkan untuk menilai tahap penerimaan modul telah menjalani proses kesahan pakar dan kajian rintis. Ini bertujuan untuk memastikan kebolehpercayaan dan kesesuaian instrumen yang digunakan. Setelah modul dan soal selidik dimuktamadkan, e-Modul tersebut diberikan kepada 25 pelajar yang terlibat untuk digunakan secara sendiri. Pelajar diberi masa tertentu untuk meneroka e-Modul, yang merangkumi elemen AR, nota interaktif, video, dan kuiz. Selepas tempoh penggunaan, soal selidik diedarkan kepada pelajar untuk menilai tahap penerimaan mereka terhadap e-Modul dari aspek reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan. Data yang dikumpulkan daripada soal selidik ini kemudian dianalisis untuk menilai keberkesanan modul dalam menyokong pembelajaran pelajar. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh maklumat yang berguna mengenai bagaimana e-Modul ini dapat meningkatkan pengalaman pembelajaran dan membantu pelajar memahami konsep Asas Mikropemproses dengan lebih baik.

2.5 Fasa 5: Penilaian

Fasa penilaian dalam kajian ini bertujuan untuk menilai tahap penerimaan pelajar terhadap e-Modul Asas Mikropemproses yang dibantu oleh Augmented Reality (AR) dari segi reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan. Penilaian ini dilakukan berdasarkan data yang dikumpulkan melalui soal selidik. Soal selidik tersebut diedarkan kepada pelajar setelah mereka menggunakan e-Modul, dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan statistik deskriptif seperti skor min, peratusan, dan kekerapan. Hasil daripada penilaian ini memberikan gambaran menyeluruh tentang keberkesanan dan kekuatan modul, serta membantu mengenal pasti aspek-aspek yang memerlukan penambahbaikan. Fasa ini adalah penting untuk memastikan bahawa e-Modul yang dibangunkan memenuhi keperluan pembelajaran pelajar dan memberikan pengalaman pembelajaran yang interaktif dan efektif.

3. Dapatan Kajian

Kajian ini menilai tiga aspek utama e-Modul Asas Mikropemproses yang dibantu oleh Augmented Reality (AR), iaitu reka bentuk, kandungan, dan kebolegunaan, berdasarkan soal selidik yang diedarkan kepada 25 pelajar Sarjana Muda Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik di Universiti Tun Hussein Onn Malaysia. Analisis data dijalankan menggunakan perisian *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versi 29 dengan statistik deskriptif seperti skor min, peratusan, dan kekerapan. Hasil kajian ini akan dibincangkan dengan lebih terperinci dalam bahagian seterusnya bagi memberikan gambaran yang jelas mengenai keberkesanan e-Modul yang telah dibangunkan.

3.1 Analisis Reka Bentuk

Analisis skor min dilakukan untuk menilai sejauh mana e-Modul memenuhi aspek reka bentuk berdasarkan 13 item yang dinilai. Jadual 3.1 menunjukkan skor min bagi setiap item, membantu menilai kesesuaian elemen reka bentuk dengan keperluan dan harapan pelajar.

Jadual 3.1 Analisis Item Bagi Aspek

Bil	Item	Skor Min	Sisihan Piawai	Interpretasi
-----	------	----------	----------------	--------------

1	Susun atur modul ini memudahkan saya mencari maklumat.	3.56	0.51	Tinggi
2	Warna dan grafik yang digunakan menarik dan sesuai.	3.76	0.44	Tinggi
3	Reka bentuk modul ini membantu saya memahami kandungan dengan lebih baik.	3.60	0.50	Tinggi
4	Reka bentuk visual modul ini menarik perhatian saya.	3.72	0.46	Tinggi
5	Teks dalam modul ini mudah dibaca dan difahami.	3.60	0.58	Tinggi
6	Elemen multimedia dalam modul ini meningkatkan pengalaman pembelajaran saya.	3.56	0.51	Tinggi
7	Reka bentuk modul ini konsisten di seluruh bahagian.	3.60	0.50	Tinggi
8	Penggunaan ruang dalam modul ini adalah optimum.	3.64	0.49	Tinggi
9	Reka bentuk modul ini mesra pengguna.	3.76	0.44	Tinggi
10	Elemen interaktif dalam modul ini membantu saya belajar dengan lebih efektif.	3.64	0.49	Tinggi
11	Reka bentuk modul ini sesuai untuk semua peranti.	3.52	0.51	Tinggi
12	Modul ini mempunyai reka bentuk yang moden dan menarik.	3.56	0.51	Tinggi
13	Reka bentuk modul ini memotivasi saya untuk belajar.	3.64	0.49	Tinggi
Keseluruhan		3.63	2.67	Tinggi

Berdasarkan Jadual 3.1, item 2 ($M=3.76$, $SP=0.44$) memperoleh nilai min yang paling tinggi iaitu ($M=3.76$, $SP=0.44$) diikuti oleh item 9 yang memperoleh nilai min ke dua tertinggi iaitu ($M=3.76$, $SP=0.44$). Seterusnya, item yang memperoleh nilai min ke tiga tertinggi adalah item 8 iaitu nilai min adalah ($M=3.64$, $SP=0.49$). Di samping itu, item 13. mempunyai nilai min ke empat tertinggi iaitu ($M=3.64$, $SP=0.49$). Di samping itu, item 11 ($M=3.52$, $SP=0.51$) mempunyai nilai min kedua terendah. Secara keseluruhannya, item reka bentuk adalah ditahap tinggi dengan nilai min ialah 3.63 ($SP=2.67$). Keputusan ini menunjukkan bahawa reka bentuk e-Modul Asas Mikropemproses berasaskan AR yang dibangunkan memenuhi keperluan pembelajaran pelajar dan membantu mereka memahami konsep dengan lebih baik. Nilai ini juga mencerminkan tahap persetujuan responden terhadap aspek kandungan e-Modul adalah tinggi.

3.2 Analisis Kandungan

Analisis skor min bahagian ini menilai sama ada e-Modul memenuhi aspek kandungan berdasarkan 14 item yang dinilai. Jadual 3.2 menunjukkan skor min setiap item, membantu menilai kualiti, relevansi, serta sejauh mana kandungan e-Modul memenuhi keperluan pelajar. Dapatan ini turut mengenal pasti kekuatan, kelemahan, dan memberi panduan untuk penambahbaikan di masa hadapan.

Jadual 3.2 Analisis Item Bagi Aspek Kandungan

Bil	Item	Skor Min	Sisihan Piawai	Interpretasi
1	Kandungan modul ini relevan dengan topik yang berkaitan.	3.72	0.46	Tinggi
2	Kandungan modul ini disampaikan dengan jelas dan teratur	3.48	0.51	Tinggi
3	Kandungan modul ini membantu saya memahami konsep asas mikroprosesor.	3.64	0.49	Tinggi

4	Contoh-contoh dalam modul ini berguna dan mudah difahami.	3.64	0.49	Tinggi
5	Kandungan modul ini adalah terkini dan tepat.	3.64	0.49	Tinggi
6	Kandungan modul ini mencabar dan merangsang pemikiran saya.	3.68	0.48	Tinggi
7	Modul ini menyediakan sokongan teknikal yang mencukupi.	3.48	0.51	Tinggi
8	Modul ini mudah untuk diakses oleh pengguna dengan keperluan khas.	3.52	0.51	Tinggi
9	Kandungan modul ini membantu saya mengaplikasikan teori dalam amalan.	3.56	0.51	Tinggi
10	Kandungan modul ini menyediakan maklumat yang mencukupi.	3.64	0.49	Tinggi
11	Kandungan modul ini mudah difahami walaupun tanpa latar belakang teknikal.	3.60	0.50	Tinggi
12	Kandungan modul ini menggalakkan saya untuk belajar lebih lanjut.	3.64	0.49	Tinggi
13	Kandungan modul ini disokong dengan sumber rujukan yang baik.	3.72	0.46	Tinggi
14	Kandungan modul ini membantu saya mencapai objektif pembelajaran saya.	3.64	0.49	Tinggi
Keseluruhan		3.61	2.94	Tinggi

Berdasarkan analisis data daripada jadual 3.2 menunjukkan, item 1 memperoleh nilai min yang paling tinggi ($M=3.72$, $SP=0.46$) diikuti oleh item 6. ($M=3.68$, $SP=0.48$) yang memperoleh nilai min ke dua tertinggi. Seterusnya, item yang memperoleh nilai min ke tiga tertinggi adalah 3 ($M=3.64$, $SP=0.49$). Di samping itu, item 4 ($M=3.64$, $SP=0.49$) mempunyai nilai min ke empat tertinggi. Di samping itu, item 9 ($M=3.56$, $SP=0.51$) mempunyai nilai min ke dua terendah dan 2 yang mempunyai nilai min paling rendah adalah item ($M=3.48$, $SP=0.51$). Secara keseluruhannya, item kandungan bagi E - Modul Asas Mikropemproses berada di tahap tinggi dengan nilai min ialah 3.61 ($SP=2.94$). Keputusan ini membuktikan bahawa kandungan e-Modul Asas Mikropemproses berasaskan AR memenuhi keperluan pembelajaran pelajar dan membantu mereka memahami konsep dengan lebih baik.

3.3 Analisis Kebolegunaan

Analisis skor min bahagian ini menilai sama ada e-Modul memenuhi aspek kandungan berdasarkan 10 item yang dinilai. Jadual 3.3 menunjukkan skor min setiap item, membantu menilai kualiti, relevansi, serta sejauh mana kandungan e-Modul memenuhi keperluan pelajar. Dapatan ini turut mengenal pasti kekuatan, kelemahan, dan memberi panduan untuk penambahbaikan di masa hadapan.

Jadual 3.3 Analisis Item Bagi Aspek Kandungan

Bil	Item	Skor Min	Sisihan Piawai	Interpretasi
1	Modul ini mesra pengguna.	3.76	0.44	Tinggi
2	Navigasi dalam modul ini adalah intuitif.	3.64	0.49	Tinggi
3	Arahan dalam modul ini jelas dan mudah diikuti.	4.0	0.51	Tinggi
4	Modul ini responsif dan berfungsi dengan baik pada semua peranti.	3.72	0.46	Tinggi
5	Masa untuk muat naik modul ini adalah pantas.	3.64	0.49	Tinggi
6	Modul ini mudah diakses menggunakan rangkaian internet.	3.68	0.48	Tinggi
7	Modul ini menyediakan sokongan teknikal yang mencukupi.	3.52	0.50	Tinggi
8	Semua butang dan pautan dalam modul berfungsi dengan baik	3.60	0.50	Tinggi

9	Modul ini mempunyai fungsi carian yang berkesan.	3.76	0.44	Tinggi
10	Modul ini mudah untuk disesuaikan mengikut keperluan saya.	3.76	0.44	Tinggi
Keseluruhan		3.75	2.76	Tinggi

Berdasarkan analisis data yang diperoleh daripada jadual 3.3 menunjukkan, item 3 ($M=4.44$, $SP=0.51$) memperoleh nilai min yang paling tinggi diikuti oleh item 1 ($M=3.76$, $SP=0.44$) yang memperoleh nilai min ke dua tertinggi. Seterusnya, item yang memperoleh nilai min ke tiga tertinggi adalah item 9. ($M=3.76$, $SP=0.44$). Di samping itu, item 10. ($M=3.76$, $SP=0.44$) mempunyai nilai min ke empat tertinggi. Di samping itu, item 8 ($M=3.60$, $SP=0.50$) mempunyai nilai min ke dua terendah dan item 7 yang mempunyai nilai min paling rendah adalah item ($M=3.52$, $SP=0.50$). Secara keseluruhannya, item kebolegunaan adalah ditahap tinggi dengan nilai min ialah 3.75. Keputusan keseluruhan menunjukkan bahawa e-Modul direka dengan baik dari segi kebolegunaan, membolehkan responden mengakses kandungan dengan mudah, memahami arahan dengan jelas, serta menggunakannya secara efektif dalam proses pembelajaran.

4. Perbincangan

Berdasarkan penilaian tiga pakar terhadap kebolehgunaan e-Modul AR bagi Subjek Asas Mikropemproses, beberapa penambahbaikan telah dikenalpasti. Dari aspek reka bentuk, pakar mencadangkan penambahan teks pada bahagian yang kurang jelas, pembesaran saiz tajuk gambar, serta penggunaan kontras warna yang lebih baik untuk memastikan visual lebih jelas dan menarik. Dari aspek kandungan, dicadangkan agar modul ditambah dengan topik load-store architecture dan programmer model bagi meningkatkan kelengkapan dan kefahaman pelajar terhadap konsep yang lebih kompleks.

Dalam kajian ini, penyelidik mencadangkan penggunaan kaedah kualitatif melalui temubual sebagai lanjutan kepada pendekatan kuantitatif yang telah dijalankan. Kaedah ini bertujuan untuk mendapatkan maklumat yang lebih mendalam, kontekstual dan bersifat subjektif mengenai pengalaman pelajar menggunakan e-Modul berasaskan Augmented Reality (AR). Berbanding dengan kajian lepas, yang kebanyakannya menggunakan kaedah kuantitatif seperti soal selidik, pendekatan ini sering memberikan data berbentuk statistik yang luas tetapi terhad dari segi penjelasan konteks dan sebab di sebalik sesuatu pandangan. Kajian kuantitatif mungkin tidak dapat menjelaskan secara terperinci kenapa pelajar suka atau tidak suka elemen tertentu dalam modul, atau bagaimana teknologi AR benar-benar membantu dalam kefahaman mereka.

Dalam kajian ini, penyelidik mencadangkan agar skop responden diperluaskan kepada pelajar dari pelbagai institusi, tidak hanya tertumpu kepada satu institusi sahaja. Tujuan cadangan ini adalah untuk mendapatkan dapatan yang lebih komprehensif, pelbagai, dan representatif berkenaan keberkesanan penggunaan teknologi Augmented Reality (AR) dalam pendidikan. Berbeza dengan kajian lepas yang kebanyakannya hanya melibatkan sampel kecil dari satu institusi, pendekatan tersebut menghadkan kebolehan untuk membuat generalisasi hasil kajian. Ini kerana latar belakang pelajar, struktur kurikulum, dan kemudahan teknologi berbeza antara institusi, sekali gus mempengaruhi penerimaan serta keberkesanan penggunaan AR. Cadangan kajian ini memberi penekanan kepada kepelbagaian data bagi memahami pengalaman pelajar dari pelbagai konteks. Ini membolehkan penyelidik mengenal pasti corak umum dan membuat penyesuaian modul dengan lebih efektif untuk pelaksanaan dalam pelbagai institusi pendidikan.

5. Kesimpulan dan Cadangan

Kesimpulannya, kajian ini berjaya membangunkan e-Modul Asas Mikropemproses berasaskan *Augmented Reality* menggunakan model pembangunan ADDIE, teori multimedia, teori kognitif dan teori konstruktivisme. Penilaian pakar mendapati bahawa e-Modul ini memiliki reka bentuk yang menarik, kandungan yang relevan, dan kebolegunaan yang memuaskan. Namun, beberapa elemen seperti pengenalan video dan kawalan audio memerlukan penambahbaikan untuk meningkatkan pengalaman pengguna. Soal selidik yang diedarkan kepada pelajar menunjukkan penerimaan yang tinggi terhadap e-Modul ini, membuktikan keberkesanannya sebagai alat pembelajaran interaktif yang menyokong proses pembelajaran dengan lebih berkesan. Maklum balas positif daripada pelajar menunjukkan penghargaan terhadap pendekatan inovatif yang digunakan dalam modul ini. Sebagai cadangan, kajian masa depan boleh melibatkan lebih banyak institusi pendidikan untuk memperluaskan dapatan dan menjalankan kuasi eksperimen bagi menilai keberkesanan e-Modul tersebut.

Penghargaan

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pendidikan Teknikal dan Vokasional, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia atas sokongan.

Konflik Kepentingan

Penulis mengumumkan bahawa tidak ada konflik kepentingan yang berkaitan dengan penerbitan makalah ini.

Sumbangan Penulis

Penulis bertanggungjawab sepenuhnya terhadap keseluruhan proses kajian ini, termasuk perancangan dan reka bentuk, pengumpulan data, analisis serta interpretasi hasil, dan penyediaan manuskrip.

Rujukan

- Allo, A. Y. T., & Suhendra, C. D. (2022). Development of E-Modules Using Augmented Reality in Physics Teaching at High School of Manokwari Regency. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 20219. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.20219>
- Ezgi Pelin Yildiz. (2022). Augmented Reality Applications in Education: Arloopa Application Example 12(2), <https://doi.org/10.5539/hes.v12n2p47>
- Ezberci Cevik, E., Akçayır, M., & Akçayır, G. (2022). Enhancing learning through augmented reality: A review of the literature. *Educational Technology & Society*, 25(4), 30-42.
- Khasanah, S. U., & Untari, R. S. (2022). Development of E-modules as Learning Modules in Vocational High Schools *Academia Open*, 7, 10.21070/acopen.7.2022.4168. <https://doi.org/10.21070/acopen.7.2022.4168>
- Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., Evangelidis, G. Integrating Augmented Reality, Gamification, and Serious Games in Computer Science Education. *Educ. Sci.* 2023, 13, 618. <https://doi.org/10.3390/educsci13060618>.
- Mohamad, S., & Husnin, H. (2023). Teachers' Perception of the Use of Augmented Reality (AR) Modules in Teaching and Learning. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 13(9). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v13-i9/18319>
- Metim, M., Yıldız, A., & Şahin, E. (2022). Accessibility of digital learning materials in higher education. *International Journal of Educational Research*, 20(1), 12- 25
- Sulisetijono, S., Sunarmi, S., & Rochmah, A. N. (2023). The effectiveness of AR e-module of flower structure material on biology students' science literacy. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 9(2), 217–224. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i2.25747>
- Zhao, X., Ren, Y., & Cheah, K. S. L. (2023). Leading Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in Education Bibliometric and Content Analysis From the Web of Science (2018–2022). *SAGE Open*, 13(3). <https://doi.org/10.1177/21582440231190821>
- Zambri, A. A., Khalid, F., & Kamaruzaman, M. F. (2022). Integration of Augmented Reality (AR) Technology in Education: Perceptions and advantages. *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 7(S17), 375–380. <https://doi.org/10.21834/ebpj.v7isi7>.
- Zhao, Y., Liu, X., & Wang, J. (2023). Augmented reality in education: Opportunities and challenges. *Computers & Education*, 180, 104-120