

ADVANCED INTERNATIONAL JOURNAL OF
BUSINESS, ENTREPRENEURSHIP AND SME'S
(AIJBES)www.aijbbs.comREKA BENTUK DAN PEMBANGUNAN MODUL REALITI
MAYA BUKAN IMERSIF UNTUK PENDIDIKAN TENAGA
BOLEH BAHARU: APLIKASI KAEDAH FUZZY DELPHI*DESIGN AND DEVELOPMENT OF A NON-IMMERSIVE VIRTUAL REALITY
MODULE FOR RENEWABLE ENERGY EDUCATION: APPLICATION OF THE
FUZZY DELPHI METHOD*Syahir Bahiran Hilmi¹, Anuar Mohd Yusof^{2*}¹ Fakulti Teknologi Kreatif Dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia
Email: c22e005p@siswa.umk.edu.my, matsyahir@yahoo.com² Fakulti Teknologi Kreatif Dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia
Email: anuarmy@umk.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:**Article history:**

Received date: 20.10.2025

Revised date: 03.11.2025

Accepted date: 01.12.2025

Published date: 08.12.2025

To cite this document:

Hilmi, S. B., & Mohd Yusof, A. (2025). Reka Bentuk Dan Pembangunan Modul Realiti Maya Bukan Imersif Untuk Pendidikan Tenaga Boleh Baharu: Aplikasi Kaedah Fuzzy Delphi. *International Journal of Business Entrepreneurship and SMEs*, 7 (26), 180-202.

DOI: 10.35631/AIJBS.726014

This work is licensed under [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)**Abstrak:**

Kajian ini bertujuan mereka bentuk dan membangunkan modul Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) bagi topik Pendidikan Tenaga Boleh Baharu (PTBB) dengan menggunakan Kaedah *Fuzzy Delphi* (KFD) bagi mendapatkan kesepakatan pakar terhadap elemen-elemen penting dalam reka bentuk modul. Kajian ini menggunakan pendekatan Penyelidikan Reka Bentuk dan Pembangunan (PRP) yang menumpukan kepada fasa reka bentuk dan pembangunan. Seramai 15 orang pakar yang terdiri daripada pensyarah universiti, pakar pendidikan sains, serta pakar teknologi pendidikan terlibat sebagai responden dalam proses penilaian. Instrumen kajian merangkumi enam konstruk utama iaitu objektif modul, topik pembelajaran, kandungan pembelajaran, jenis multimedia, elemen dan reka bentuk permainan, dan komponen tambahan. Analisis data dijalankan menggunakan nombor fuzzy segi tiga bagi menentukan nilai ambang (*threshold value*) dan tahap konsensus pakar. Dapatan kajian menunjukkan bahawa item yang mencapai nilai *threshold* ($d \leq 0.2$) dengan tahap persetujuan melebihi 75%, menandakan konsensus yang tinggi dalam kalangan pakar. Hasil konsensus ini digunakan sebagai asas dalam pembangunan modul RenewEd3D, iaitu sebuah modul RMBI interaktif berasaskan 3D yang menggabungkan elemen visualisasi maya, narasi dwibahasa, dan aktiviti pembelajaran gamifikasi. Kajian ini membuktikan bahawa kaedah KFD mampu berfungsi sebagai alat penilaian yang sistematik dan efektif dalam penentuan kesesuaian elemen reka bentuk

modul pendidikan digital. Secara keseluruhannya, pembangunan modul RMBI ini berpotensi meningkatkan kefahaman dan kesedaran pelajar terhadap konsep tenaga lestari serta menyokong pelaksanaan pembelajaran sains berasaskan teknologi ke arah pendidikan yang mampan.

Kata Kunci:

Realiti Maya Bukan Imersif, Pendidikan Tenaga Boleh Baharu, Kaedah *Fuzzy Delphi*, Reka Bentuk dan Pembangunan, Pembelajaran Digital

Abstract:

This study aims to design and develop a Non-Immersive Virtual Reality (NIVR) module for Renewable Energy Education (REE) using the Fuzzy Delphi Method (FDM) to achieve expert consensus on the essential elements of the module design. The study employed the Design and Development Research (DDR) approach, focusing on the design and development phase. A total of 15 experts, consisting of university lecturers, science education specialists, and educational technology officers, participated as respondents in the expert evaluation process. The research instrument covered six main constructs: module objectives, learning topics, learning content, multimedia type, game elements and designs, and additional components. Data were analyzed using triangular fuzzy numbers to determine the threshold value and level of expert consensus. Findings revealed that all items achieved a threshold value ($d \leq 0.2$) with an agreement level exceeding 75%, indicating strong expert consensus. The results served as the foundation for the development of RenewEd3D, an interactive 3D NIVR module that integrates virtual visualization, bilingual narration, and gamified learning activities. The study demonstrates that the FDM is a systematic and effective tool for validating and prioritizing module design elements in digital educational product development. Overall, the NIVR module developed through this study has strong potential to enhance students' understanding and awareness of sustainable energy concepts while supporting technology-based science learning towards sustainable education.

Keywords:

Non-Immersive Virtual Reality, Renewable Energy Education, Fuzzy Delphi Method, Design and Development Research, Digital Learning

Pendahuluan

Pendidikan tenaga boleh baharu semakin diberi perhatian oleh penyelidik di seluruh dunia termasuk kepada pelajar di sekolah menengah. Isu global seperti isu perubahan iklim, pelepasan gas rumah hijau dan isu kehabisan sumber (Bahrami & Mohammadi, 2021) yang menyebabkan kesan buruk terhadap alam sekitar (Drosos et al., 2021) menjadikan usaha ke arah mewujudkan kesedaran pelajar menjadi satu keutamaan dalam pendidikan. Pendidikan mengenai tenaga alternatif adalah sejajar dengan matlamat pembangunan mampan atau SDG 7 (Tenaga Mampu Milik dan Bersih) dan SDG 13 (Tindakan Iklim). Pendidikan tentang tenaga yang bertujuan memupuk kesedaran tenaga dalam kalangan masyarakat perlu diperkenalkan seawal bangku persekolahan (Basri et al., 2021). Banyak kajian mendedahkan kekurangan tahap pengetahuan pelajar terhadap sumber tenaga boleh baharu yang memerlukan intervensi

husus terutama dalam pendidikan dan latihan (Szakály et al., 2021). Pelbagai pendekatan telah dijalankan oleh penyelidik seluruh dunia bagi meningkatkan minat, penglibatan serta tahap pengetahuan pelajar, namun kajian mendapati pendekatan teknologi digital masih kurang (Syahir Bahiran Hilmi & Anuar Mohd Yusof, 2024). Ini menjadikan usaha ke arah penghasilan bahan bantu mengajar menggunakan teknologi digital amatlah digalakkan bagi memberi pilihan alternatif kepada pelajar dalam mempelajari topik tenaga boleh baharu. Penggunaan teknologi Realiti Maya Bukan Imersif (*non-immersive virtual reality*) dicadangkan sebagai satu teknologi yang dapat menyediakan pengalaman pembelajaran secara interaktif dalam meningkatkan kefahaman pelajar terhadap tajuk tenaga boleh baharu. Teknologi Realiti Maya Bukan Imersif adalah satu teknologi yang membolehkan pengguna mendapatkan maklumat secara maya tanpa menggunakan set VR (*virtual reality*) sepenuhnya (Samah et al., 2021). Teknologi VR merupakan satu teknologi yang popular terutama dalam bidang hiburan, pendidikan sains dan penyelidikan serta industri 4.0 (Paszkiewicz et al., 2021). Justeru kajian ini bertujuan membangunkan satu modul interaktif menggunakan teknologi Realiti Maya Bukan Imersif bagi menyokong pembelajaran pelajar terhadap konsep pendidikan tenaga boleh baharu dengan reka bentuk berpandukan pandangan pakar menggunakan Kaedah *Fuzzi Delphi* (KFD).

Tinjauan Literatur

Pendidikan Tenaga Boleh Baharu

Pendidikan Tenaga Boleh Baharu (PTBB) adalah topik pembelajaran berkaitan dengan sumber tenaga boleh baharu (TBB) sebagai sumber alternatif kepada bahan api fosil. Pendidikan Tenaga Boleh Baharu (PTBB) memainkan peranan penting dalam mempertingkatkan pengetahuan dan kesedaran pelajar, yang memerlukan penekanan melalui sistem pendidikan yang holistik bagi memenuhi keperluan dan permintaan tenaga pada masa hadapan (Muslim et al., 2021). Kesedaran pelajar terhadap kepentingan penjagaan alam sekitar dapat ditingkatkan dengan cara memperkenalkan sukatan kurikulum baharu yang memberi tumpuan kepada pendidikan tenaga alternatif (Basri et al., 2021). Topik tenaga boleh baharu harus menjadi keutamaan di sekolah dalam menyelesaikan isu pemanasan global yang merupakan satu isu penting global (Hahn et al., 2021). Penekanan kepada pendidikan tenaga boleh baharu perlu ditingkatkan bagi memberi kesedaran kepada pelajar bagi melahirkan masyarakat yang celik tenaga dan mampu menyumbang kepada pembangunan mampan. Pendidikan Tenaga Boleh Baharu (PTBB) bukan sekadar memperkukuh pengetahuan pelajar tentang sumber tenaga lestari, tetapi juga berperanan sebagai landasan utama dalam membentuk generasi yang lebih bertanggungjawab terhadap alam sekitar.

Realiti Maya Bukan Imersif

Realiti maya dapat dikelaskan kepada Realiti Maya Imersif, Realiti Maya Separa Imersif dan Reality Maya Bukan Imersif yang sering digunakan dalam kajian pendidikan (Jamilah Hamid et al., 2014). Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) merupakan teknologi menggunakan kaedah masukan seperti tetikus dan papan kekunci yang memaparkan bahan maya pada skrin komputer (Pleyers & Poncin, 2020). Platform 3D digunakan dalam pembangunan reka bentuk Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI), yang menggabungkan pelbagai elemen multimedia seperti grafik, animasi, audio dan teks (Samah et al., 2021). Bassano et al. (2022) menyatakan, walaupun peralatan Realiti Maya Imersif (RMI) menawarkan pelbagai kelebihan dari aspek rangsangan multisensori, pengesanan pergerakan kepala dan badan serta tahap deria kehadiran yang lebih tinggi, Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) masih kekal sebagai pilihan utama

dalam visualisasi teknologi. Hal ini demikian kerana RMBI lebih mudah dicapai, bersifat mudah alih dan mempunyai kos yang lebih berpatutan berbanding RMI (Bassano et al., 2022). RMBI berpotensi besar untuk dimanfaatkan secara meluas sebagai medium inovatif dalam mempertingkatkan keberkesanan pengajaran dan pembelajaran abad ke-21.

Penyelidikan Reka Bentuk Dan Pembangunan

Kajian menggunakan pendekatan Penyelidikan Reka Bentuk Dan Pembangunan (PRP) atau *Design and Development Research* (DDR) yang diperkenalkan oleh Richey dan Klien (2007). Bagaimanapun, kajian ini menggunakan pendekatan PRP yang diadaptasi dari Saedah Siraj et al. (2023) dengan penggunaan PRP tiga fasa iaitu fasa analisis keperluan, fasa reka bentuk dan pembangunan, serta fasa penilaian. Kajian PRP memberi tumpuan kepada penyelidikan yang melibatkan reka bentuk, pembangunan dan penilaian secara empirikal dalam penghasilan produk instruksional, model, alatan, atau pengubahsuaian terhadap produk sedia ada (Muhammad Nidzam, 2017). Penyelidikan reka bentuk dan pembangunan (PRP) terbahagi kepada dua kategori iaitu Jenis 1 Produk dan Alat Penyelidikan, dan Jenis 2 Penyelidikan Model (Richey & Klein, 2007). Pendekatan ini bukan sahaja menekankan aspek teori dan reka bentuk, tetapi juga melibatkan proses penilaian secara sistematik bagi memastikan produk yang dibangunkan sah, praktikal dan berkesan.

Kaedah Fuzzy Delphi

Kaedah *Fuzzy Delphi* (KFD) atau *Fuzzy Delphi Method* (FDM) diubahsuai dari Kaedah Delphi dan diperkenalkan oleh Murray, Pipino dan Gigch serta dikembangkan oleh Kaufman dan Gupta (Muhammad Nidzam, 2017). Kaedah Fuzzy Delphi melibatkan penyertaan sekumpulan pakar bagi menilai, menentu serta mengesahkan komponen dan elemen yang dipilih dalam proses pembangunan modul (Padzil et al., 2021). Dalam Kaedah *Fuzzy Delphi*, pemilihan pakar memainkan peranan yang amat penting bagi memastikan proses penilaian, pengesahan, penambahan atau penolakan terhadap setiap komponen dan elemen dalam model yang dibangunkan dilakukan secara tepat serta selaras dengan konteks kajian (Mariappan et al., 2022). Aris et al. (2025) menyatakan Kaedah *Fuzzy Delphi* berpotensi menjadi satu alat penilaian yang lebih efektif dalam menentukan tahap kekuatan dan keutamaan pemilihan elemen modul, berasaskan tahap konsensus yang dicapai oleh pakar. Melalui pendekatan Kaedah *Fuzzy Delphi*, pandangan pakar dianalisis secara sistematik untuk menentukan tahap kesesuaian dan kepentingan setiap elemen, seterusnya memastikan modul yang dibangunkan menepati keperluan sebenar dan mencapai kesepakatan berasaskan pengetahuan serta pengalaman pakar.

Metodologi

Reka Bentuk Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan Penyelidikan Reka Bentuk Dan Pembangunan (PRP) atau *Design and Development Research* (DDR) yang melibatkan tiga fasa utama iaitu Fasa Analisis Keperluan, Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan, dan Fasa Penilaian. Artikel ini memberi fokus kepada Fasa 2 (Reka Bentuk dan Pembangunan) menggunakan Kaedah *Fuzzy Delphi* (KFD).

Sampel dan Responden

Seramai 15 orang pakar terlibat yang terdiri daripada pensyarah institusi pengajian tinggi awam dan swasta dalam bidang pendidikan STEM, teknologi pendidikan, teknologi maklumat dan pedagogi. Pemilihan responden pakar adalah berdasarkan kepakaran dalam bidang berkaitan dengan tenaga boleh baharu dan teknologi pendidikan

Instrumen Kajian

Soal selidik pakar dibina berdasarkan enam konstruk utama iaitu, Objektif Modul, Topik Pembelajaran, Kandungan Pembelajaran, Jenis Multimedia, Elemen dan Reka Bentuk Permainan serta Komponen Tambahan. Setiap konstruk mengandungi item-item yang akan menjalani pemilihan pakar menggunakan Kaedah *Fuzzy Delphi*. Konstruk Utama ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1: Konstruk Utama bagi Fasa Reka Bentuk dan Pembangunan Fasa 2

Konstruk	Konstruk Utama
1	Objektif Modul
2	Topik Pembelajaran
3	Kandungan Pembelajaran
4	Bentuk Multimedia
5	Elemen Permainan dan Reka bentuk Permainan
6	Komponen Tambahan

Analisis Data Fuzzy Delphi

Data dari soal selidik yang diberikan kepada pakar akan dianalisis menggunakan Kaedah *Fuzzy Delphi*. Prosedur ditunjukkan seperti enam langkah berikut:

Langkah 1: Pemilihan Pakar

Pakar dipilih berdasarkan kepakaran masing-masing dalam membantu kajian ini yang dikunjungi secara bersemuka atau secara atas talian dalam proses perbincangan bagi pakar menjawab soal selidik kajian.

Langkah 2: Penentuan skala Linguistik Penomboran Segitiga Fuzzy (*Triangular Fuzzy Number*).

Skala Linguistik mempunyai persamaan dengan Skala Likert dengan penambahan nombor Fuzzy yang terdiri dari tiga nilai Fuzzy iaitu nilai minimum (m1), nilai paling munasabah (m2) dan nilai maksimum (m3). Kajian ini menggunakan skala Likert bagi 7 aras. Soal selidik menggunakan kaedah ini dipilih kerana keupayaannya untuk mengurangkan kekaburan dan menggalakkan persetujuan pakar yang lebih tinggi (Norliyana Md Aris et al., 2025). Jadual 2 menunjukkan skala Fuzzy bagi 7 aras dalam Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 2: Skala Fuzzy bagi 7 aras Kaedah Fuzzy Delphi.

Skala Linguistik 7 Aras	Skala Fuzzy		
Sangat-sangat setuju	0.90	1.00	1.00
Sangat Setuju	0.70	0.90	1.00
Setuju	0.50	0.70	0.90
Tidak Pasti	0.30	0.50	0.70
Tidak setuju	0.10	0.30	0.50

Sangat Tidak Setuju	0.00	0.10	0.30
Sangat-sangat Tidak Setuju	0.00	0.00	0.10

Langkah 3: Penentuan Purata Sepakatan Pakar

Data dari pemilihan pakar *Fuzzy Delphi* dianalisis menggunakan perisian *Microsoft Excell* bagi mendapatkan purata bagi m_1 , m_2 dan m_3 .

Langkah 4: Penentuan jarak Nilai Ambang (*Threshold value*), d

Nilai Ambang atau *Threshold value*, d dikira menggunakan formula :

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]}$$

Persetujuan pakar bagi setiap item diperolehi menerusi nilai ambang d , mesti kurang daripada atau sama dengan 0.2. Peratusan konsensus pakar pula mestilah lebih daripada 75% bagi menunjukkan pakar telah memberi persetujuan bersama (*expert consensus*).

Langkah 5: Pengiraan Penilaian *Fuzzy Agregat*

Penilaian *Fuzzy Agregat* dapat ditentukan dengan menambahkan nombor *Fuzzy* bagi setiap item.

Langkah 6: Proses Nyah *Fuzzy* (*Defuzzification*) dan penentuan Ranking

Langkah terakhir di mana nilai defuzifikasi bagi setiap item soal selidik dikira menggunakan formula :

$$A_{max} = \frac{1}{3} * (m_1 + m_2 + m_3)$$

Dapatan

Dapatan Item bagi Konstruk Objektif Modul

Jadual 3 menunjukkan nilai *threshold* (d) untuk keseluruhan item bagi konstruk Objektif Modul Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 3 : Item bagi Konstruk Objektif Modul Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*

Pakar	Item bagi Konstruk 1 : Objektif Modul								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.229	0.176
2	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
3	0.022	0.038	0.075	0.033	0.082	0.066	0.033	0.064	0.176
4	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
5	0.022	0.038	0.075	0.120	0.156	0.066	0.120	0.064	0.107
6	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
7	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
8	0.022	0.038	0.075	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
9	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.107
10	0.022	0.038	0.147	0.033	0.156	0.154	0.033	0.164	0.221
11	0.131	0.353	0.075	0.120	0.082	0.066	0.120	0.064	0.107

12	0.131	0.116	1.300	0.120	1.291	1.104	0.120	1.095	1.039
13	0.022	0.038	0.075	0.033	0.082	0.066	0.033	0.064	0.458
14	0.022	0.038	0.147	0.033	0.242	0.239	0.033	0.064	0.221
Nilai Threshold, (d)	0.037	0.066	0.204	0.051	0.227	0.203	0.051	0.200	0.265
Peratus Sepakatan Pakar	100	93	93	100	93	93	100	93	86

Jadual 4 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar bagi konstruk Objektif Modul.

Jadual 4: Analisis *Fuzzy Delphi* terhadap Konstruk Objektif Modul

Bil	Konstruk 1 : Objektif Modul	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/ Ditolak
1	Memperkenalkan Konsep Asas Tenaga Boleh Baharu	0.037	100	Terima
2	Meningkatkan Kesedaran tentang Kepentingan Tenaga Boleh Baharu	0.066	93	Terima
3	Menggalakkan Pemikiran Kritis dan Penyelesaian Masalah	0.204	93	Terima
4	Menyediakan Pengalaman Pembelajaran Interaktif dan Menarik	0.051	100	Terima
5	Mengaplikasikan Pengetahuan dalam Situasi Dunia Nyata	0.227	93	Terima
6	Meningkatkan Kemahiran Teknologi dan Literasi Digital	0.203	93	Terima
7	Memupuk Kesedaran tentang Cabaran dan Peluang dalam Tenaga Boleh Baharu	0.051	100	Terima
8	Menyokong Pembelajaran Berpusatkan Pelajar	0.200	93	Terima
9	Mengukur dan Menilai Pemahaman Pelajar secara Berterusan	0.265	86	Terima

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 5 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk objektif modul. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 5: Item bagi Konstruk Objektif Modul Mengikut nilai *Fuzzy Evaluation*.

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i> (m1,m2,m3)	Kedudukan
1	13.333	0.952(0.871,0.986,1.000)	1
2	13.167	0.940(0.857,0.971,0.993)	4
3	12.100	0.864(0.764,0.893,0.936)	5
4	13.233	0.945(0.857,0.979,1.000)	2
5	12.033	0.860(0.764,0.886,0.929)	7

6	12.033	0.860(0.750,0.886,0.943)	6
7	13.233	0.945(0.857,0.979,1.000)	2
8	11.933	0.852(0.736,0.879,0.943)	8
9	11.400	0.814(0.693,0.836,0.914)	9

Dapatan Item bagi Konstruk Topik Pembelajaran

Jadual 6 di bawah menunjukkan item bagi konstruk Topik Pembelajaran Berdasarkan Kaedah Fuzzy Delphi.

Jadual 6 : Item bagi Konstruk Topik Pembelajaran Berdasarkan Kaedah Fuzzy Delphi

Pakar	Item bagi Konstruk 2 : Topik Pembelajaran								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.107	0.022	0.138	0.192	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
2	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
3	0.061	0.022	0.263	0.192	0.011	0.011	0.109	0.011	0.105
4	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
5	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.109	0.011	0.343
6	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
7	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
8	0.107	0.022	1.306	1.234	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
9	0.285	0.131	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
10	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
11	0.061	0.131	0.089	0.116	0.142	0.142	0.109	0.142	0.105
12	0.107	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
13	0.574	0.022	0.138	0.213	0.011	0.011	0.044	0.011	0.049
14	0.061	0.022	0.138	0.466	0.011	0.011	0.109	0.011	0.049
Nilai Threshold, (d)	0.143	0.037	0.227	0.294	0.020	0.020	0.062	0.020	0.078
Peratus Sepakatan Pakar	86%	100%	86%	86%	100%	100%	100%	100%	93%

Jadual 7 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk Topik Pembelajaran.

Jadual 7: Analisis Fuzzy Delphi terhadap Konstruk Topik Pembelajaran

Bil	Konstruk 2: Topik Pembelajaran	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/Ditolak
1	Proses Penjanaan Arus Induksi	0.143	86%	Terima
2	Asas Penjanaan Tenaga Elektrik	0.037	100%	Terima
3	Tenaga Bahan Api Fosil (petroleum, gas asli, arang batu)	0.227	86%	Terima
4	Tenaga Nuklear	0.294	86%	Terima
5	Tenaga Solar	0.020	100%	Terima
6	Tenaga Hidroelektrik	0.020	100%	Terima
7	Tenaga Biojisim	0.062	100%	Terima

8	Tenaga Angin	0.020	100%	Terima
9	Tenaga Ombak	0.078	93%	Terima

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 8 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk Topik Pembelajaran. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 8: Item bagi Konstruk Topik Pembelajaran Mengikut nilai *Fuzzy Evaluation*.

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i>	Kedudukan
1	12.500	0.893(0.786,0.921,0.971)	7
2	13.333	0.952(0.871,0.986,1.000)	4
3	12.233	0.874(0.793,0.900,0.929)	8
4	11.500	0.821(0.721,0.843,0.900)	9
5	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
6	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
7	13.133	0.938(0.843,0.971,1.000)	5
8	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
9	13.067	0.933(0.843,0.964,0.993)	6

Dapatan Item bagi Konstruk Kandungan Pembelajaran

Jadual 9 menunjukkan item bagi konstruk Kandungan Pembelajaran Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 9 : Item bagi Konstruk Kandungan Pembelajaran Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*

Pakar	Item bagi Konstruk 3 : Kandungan Pembelajaran				
	1	2	3	4	5
1	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
2	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
3	0.011	0.084	0.011	0.011	0.086
4	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
5	0.011	0.084	0.011	0.011	0.086
6	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
7	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
8	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
9	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
10	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
11	0.142	0.084	0.142	0.142	0.080
12	0.011	0.129	0.011	0.011	0.086
13	0.011	1.316	0.011	0.011	0.593
14	0.011	0.129	0.011	0.011	0.306
Nilai Threshold, (d)	0.020	0.204	0.020	0.020	0.138
Peratus Sepakatan Pakar	100%	93%	100%	100%	86%

Jadual 10 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk Kandungan Pembelajaran.

Jadual 10: Analisis Fuzzy Delphi terhadap Konstruk Topik Pembelajaran

Bil	Konstruk 3 : Kandungan Pembelajaran	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/Ditolak
1	Definisi sumber-sumber tenaga	0.020	100	Terima
2	Kaedah pemerolehan sumber	0.204	93	Terima
3	Kaedah penjanaan elektrik dari sumber tenaga	0.020	100	Terima
4	Kebaikan dan keburukan penggunaan sumber tenaga	0.020	100	Terima
5	Aplikasi penggunaan sumber tenaga	0.138	86	Terima

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 11 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk Topik Pembelajaran. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 11: Item bagi Konstruk Kandungan Pembelajaran Mengikut nilai *Fuzzy Evaluation*

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i>	Kedudukan
1	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
2	12.300	0.879(0.793,0.907,0.936)	5
3	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
4	13.433	0.960(0.886,0.993,1.000)	1
5	12.700	0.907(0.814,0.936,0.971)	4

Dapatan Item bagi Konstruk Bentuk Multimedia

Jadual 12 menunjukkan item bagi konstruk Kandungan Pembelajaran Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 12: Item bagi Konstruk Bentuk Multimedia Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*

Pakar	Item bagi Konstruk 4 : Bentuk Multimedia				
	1	2	3	4	5
1	0.266	0.067	0.075	0.108	0.098
2	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
3	0.266	0.308	0.311	0.346	0.337
4	0.037	0.086	0.075	0.046	0.056
5	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
6	0.128	0.067	0.311	0.046	0.098
7	0.266	0.067	0.082	0.046	0.056

8	0.037	0.086	0.082	0.046	0.056
9	0.037	0.067	0.082	0.046	0.056
10	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
11	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
12	0.037	0.067	0.082	0.046	0.056
13	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
14	0.037	0.067	0.075	0.108	0.098
15	0.128	0.086	0.082	0.046	0.056
Nilai <i>Threshold</i> , (d)	0.125	0.094	0.111	0.074	0.083
Peratus Sepakatan Pakar	80%	93%	87%	93%	93%

Jadual 13 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk Bentuk Multimedia.

Jadual 13: Analisis *Fuzzy Delphi* terhadap Konstruk Bentuk Multimedia

Bil	Konstruk 4: Bentuk Multimedia	Nilai d (Nilai <i>Threshold</i>)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/Ditolak
1	Teks	0.125	80	Terima
2	Gambar	0.094	93	Terima
3	Audio	0.111	87	Terima
4	Video	0.074	93	Terima
5	Animasi	0.083	93	Terima

Dapatan Item bagi Konstruk Elemen Permainan Dan Reka Bentuk Permainan

Jadual 14 menunjukkan item bagi konstruk Elemen Permainan Dan Permainan Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 14: Item bagi Konstruk Elemen Permainan Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*

Pakar	Item bagi Konstruk 5 : A - Elemen Permainan														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.343	0.120	0.257	0.080	0.049	0.287	0.285	0.071	0.100	0.220	0.052	0.117	0.109	0.051	0.202
2	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.100	0.220	0.117	0.117	0.044	0.162	0.319
3	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.871	0.107	0.071	0.100	0.460	0.565	0.565	0.044	0.162	0.319
4	0.049	0.120	0.049	0.315	0.049	0.107	0.107	0.083	0.061	0.174	0.052	0.052	0.044	0.229	0.104
5	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.100	0.220	0.117	0.117	0.044	0.162	0.319
6	0.105	0.033	0.049	0.077	0.257	0.107	0.061	0.323	0.583	0.460	0.052	0.275	0.109	0.520	0.359
7	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.061	0.220	0.117	0.117	0.044	0.229	0.319
8	0.049	0.033	0.257	0.315	0.257	0.107	0.061	0.083	0.061	0.174	0.275	0.052	0.109	0.229	0.359
9	0.049	0.120	0.049	0.080	0.134	0.107	0.107	0.083	0.061	0.102	0.117	0.052	0.044	0.051	0.104
10	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.100	0.220	0.117	0.117	0.044	0.162	0.319
11	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.100	0.220	0.117	0.117	0.044	0.162	0.319
12	0.105	0.033	0.134	0.077	0.049	0.075	0.061	0.083	0.061	0.102	0.052	0.052	0.109	0.051	0.202
13	0.049	0.033	0.134	0.077	0.134	0.107	0.107	0.071	0.100	0.220	0.117	0.117	0.044	0.162	1.134
14	0.049	0.033	0.547	0.077	0.547	0.107	0.574	0.071	0.100	0.460	0.117	0.117	0.044	0.162	0.359
Nilai Threshold, (d)	0.078	0.051	0.163	0.111	0.163	0.172	0.143	0.092	0.120	0.248	0.142	0.142	0.062	0.178	0.339
Peratus Sepakatan Pakar	93	100	79	86	79	86	86	93	93	29	86	86	100	71	14

Jadual 15 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk Elemen Permainan.

Jadual 15: Analisis *Fuzzy Delphi* terhadap Konstruk Elemen Permainan

Bil	Konstruk 5: A - Elemen Permainan	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/ Ditolak
1	Skor/Mata (<i>Score/Point</i>)	0.078	93	Terima
2	Cabaran (<i>Challenge</i>)	0.051	100	Terima
3	Lencana (<i>Badge</i>)	0.163	79	Terima
4	Papan pendahulu (<i>Leader board</i>)	0.111	86	Terima
5	Persaingan (<i>Competition</i>)	0.163	79	Terima
6	Kuiz (<i>Kuiz</i>)	0.172	86	Terima
7	Anugerah (<i>Reward</i>)	0.143	93	Terima
8	Avatar/Karakter/ <i>Avatar/Character</i>)	0.092	93	Terima
9	Barangan maya (<i>Virtual good</i>)	0.120	93	Terima
10	Tekanan Masa (<i>Time Pressure</i>)	0.248	29	Tolak
11	Game mini (<i>Mini games</i>)	0.142	86	Terima
12	Bar kemajuan (<i>progress bar</i>)	0.142	86	Terima
13	Pusingan bonus (<i>Bonus round</i>)	0.062	100	Terima
14	Mata Wang (<i>Currency</i>)	0.178	71	Tolak
15	Penalty (<i>Penalty</i>)	0.339	14	Tolak

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 16 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk elemen permainan. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 16: Item bagi Konstruk Elemen Permainan Mengikut nilai *Fuzzy Evaluation*.

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i>	Kedudukan
1	13.067	0.933(0.843,0.964,0.993)	3
2	13.233	0.945(0.857,0.979,1.000)	1
3	12.233	0.874(0.757,0.900,0.964)	11
4	12.800	0.914(0.814,0.943,0.986)	5
5	12.233	0.874(0.757,0.900,0.964)	11
6	12.500	0.893(0.800,0.921,0.957)	7
7	12.500	0.893(0.786,0.921,0.971)	7
8	12.867	0.919(0.814,0.950,0.993)	4
9	12.567	0.898(0.786,0.929,0.979)	6
10	11.400	0.814(0.686,0.836,0.921)	14
11	12.400	0.886(0.771,0.914,0.971)	9
12	12.400	0.886(0.771,0.914,0.971)	9
13	13.133	0.938(0.843,0.971,1.000)	2

14	11.967	0.855(0.729,0.879,0.957)	13
15	10.467	0.748(0.621,0.764,0.857)	15

Jadual 17 di bawah menunjukkan item bagi konstruk reka bentuk permainan berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 17 : Item bagi Konstruk Reka Bentuk Permainan Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*

Pakar	Item bagi Konstruk 5 : B - Reka Bentuk Permainan														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.120	0.129	0.097	0.022	0.084	0.084	0.071	0.222	0.058	0.054	0.177	0.131	0.109	0.131	0.202
2	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.319
3	0.033	0.129	1.253	0.022	1.316	1.316	0.089	1.227	0.508	0.544	1.269	0.022	0.044	0.022	0.319
4	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.119	0.058	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.104
5	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.319
6	0.033	0.129	0.097	0.022	0.129	0.129	0.071	0.456	0.217	0.137	0.095	0.022	0.109	0.022	0.359
7	0.033	0.084	0.097	0.131	0.084	0.084	0.071	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.319
8	0.120	0.084	0.097	0.131	0.129	0.129	0.089	0.181	0.058	0.054	0.177	0.022	0.044	0.022	0.359
9	0.033	0.084	0.097	0.022	0.129	0.129	0.089	0.181	0.058	0.054	0.095	0.022	0.109	0.022	0.104
10	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.319
11	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	0.319
12	0.120	0.129	0.196	0.022	0.084	0.084	0.071	0.119	0.058	0.054	0.095	0.131	0.109	0.131	0.202
13	0.033	0.129	0.196	0.022	0.129	0.129	0.089	0.222	0.175	0.137	0.177	0.022	0.044	0.022	1.134
14	0.033	1.316	0.482	0.022	0.129	0.129	0.592	0.222	0.508	0.544	0.501	0.022	0.044	0.022	0.359
Nilai Threshold, (d)	0.051	0.204	0.256	0.037	0.204	0.204	0.120	0.290	0.184	0.171	0.261	0.037	0.062	0.037	0.339
Peratus Sepakatan Pakar	100	93	86	100	93	93	93	86	86	86	86	100	100	100	29

Jadual 18 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk reka bentuk permainan.

Jadual 18: Analisis *Fuzzy Delphi* terhadap Konstruk Reka Bentuk Permainan

Konstruk 5: B - Reka Bentuk Permainan	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/ Ditolak	Ranking
Peraturan (<i>Rules</i>)	0.051	100	Terima	4
Maklum balas (<i>Feedback</i>)	0.204	93	Terima	7
Perancah (<i>Scaffold</i>)	0.256	86	Terima	13
Aras (<i>Level</i>)	0.037	100	Terima	1
Kandungan kursus (<i>Course content</i>)	0.204	93	Terima	7
Berasaskan modul (<i>Module-based</i>)	0.204	93	Terima	7
Persekitaran (<i>Environment</i>)	0.120	93	Terima	6
Pengiraan matematik (<i>Mathematical Calculation</i>)	0.290	86	Terima	14
Bahasa Tindakan (<i>Action language</i>)	0.184	86	Terima	11
Minat situasi (<i>Situational interest</i>)	0.171	86	Terima	10
Interaksi manusia (<i>Human interaction</i>)	0.261	86	Terima	11
Media interaktif (<i>Interactive media</i>)	0.037	100	Terima	1
Cerita (<i>Story</i>)	0.062	100	Terima	5
Matlamat (<i>Goals</i>)	0.037	100	Terima	1
Pengalaman Aliran (<i>Flow Experience</i>)	0.339	29	Tolak	15

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 19 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk reka bentuk. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 19: Item bagi Konstruk Reka Bentuk Permainan Mengikut Nilai *Fuzzy Evaluation*

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i>	Kedudukan
1	13.233	0.945(0.857,0.979,1.000)	4
2	12.300	0.879(0.793,0.907,0.936)	7
3	11.633	0.831(0.721,0.857,0.914)	13
4	13.333	0.952(0.871,0.986,1.000)	1
5	12.300	0.879(0.793,0.907,0.936)	7
6	12.300	0.879(0.793,0.907,0.936)	7
7	12.667	0.905(0.800,0.936,0.979)	6
8	11.400	0.814(0.707,0.836,0.900)	14
9	11.833	0.845(0.714,0.871,0.950)	11
10	12.200	0.871(0.757,0.900,0.957)	10
11	11.833	0.845(0.714,0.871,0.950)	11
12	13.333	0.952(0.871,0.986,1.000)	2
13	13.133	0.938(0.843,0.971,1.000)	5

14	13.333	0.952(0.871,0.986,1.000)	2
15	10.467	0.748(0.621,0.764,0.857)	15

Dapatan Item bagi Konstruk Komponen Tambahan

Jadual 20 di bawah menunjukkan item bagi konstruk Komponen Tambahan Berdasarkan Kaedah *Fuzzy Delphi*.

Jadual 20: Item bagi Konstruk Komponen Tambahan Berdasarkan KFD

Pakar	Item bagi Konstruk 6 : Komponen Tambahan									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.170	0.020	0.337	0.041	1.244	0.031	0.041	0.220	1.205	0.109
2	0.281	0.020	0.098	0.041	0.477	0.031	0.041	0.220	0.164	0.070
3	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.109
4	0.168	0.020	0.056	0.112	0.202	0.031	0.041	0.220	0.435	0.109
5	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.109
6	0.168	0.020	0.056	0.112	0.112	0.122	0.112	0.129	0.435	0.109
7	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.112	0.220	0.244	0.109
8	0.131	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.109
9	0.168	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	1.033	0.244	0.109
10	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.109
11	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.109
12	0.131	0.132	0.098	0.112	0.112	0.122	0.112	0.129	0.139	0.070
13	0.281	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	1.225	0.244	0.109
14	0.696	0.132	0.098	0.112	0.477	0.122	0.112	0.192	0.164	0.570
15	0.397	0.020	0.056	0.041	0.202	0.031	0.041	0.220	0.244	0.570
Nilai Threshold, (d)	0.333	0.035	0.083	0.060	0.296	0.049	0.060	0.327	0.316	0.165
Peratus Sepakatan Pakar	33	100	93	100	13	100	100	13	20	87

Jadual 21 menunjukkan dapatan akhir bagi persetujuan pakar dan kedudukan item bagi konstruk komponen tambahan.

Jadual 21 Analisis *Fuzzy Delphi* terhadap Konstruk Komponen Tambahan

Bil	Konstruk 6: Komponen Tambahan	Nilai d (Nilai Threshold)	Peratus sepakatan pakar	Item Diterima/ Ditolak
1	Panduan Modul dalam bentuk cetakan	0.333	33	Tolak
2	Panduan Modul dalam bentuk perisian (<i>softcopy</i>)	0.035	100	Terima
3	Bantuan Teknikal	0.083	93	Terima
4	Perisian diguna secara <i>Online</i>	0.060	100	Terima
5	Perisian diguna Secara <i>Offline</i>	0.296	13	Tolak
6	Perisian dimuat turun dari atas talian	0.049	100	Terima

7	Platform muat turun yang mudah untuk sebar luas	0.060	100	Terima
8	Perisian diberi secara percuma	0.327	13	Tolak
9	Perisian berbayar /dikomersilkan	0.316	20	Tolak
10	Dwibahasa (Melayu/English)	0.165	87	Terima

Nilai *Fuzzy Evaluation* dan *Average Fuzzy Number* digunakan bagi menentukan kedudukan. Jadual 22 menunjukkan nilai skor *defuzzification* bagi konstruk komponen tambahan. Berdasarkan nilai skor *defuzzification* ini, kedudukan item dipilih berdasarkan keutamaan pakar.

Jadual 22: Item bagi Konstruk Komponen Tambahan Mengikut nilai *Fuzzy Evaluation*.

Item	<i>Fuzzy Evaluation</i>	<i>Average Of Fuzzy</i>	Kedudukan
1	11.600	0.773(0.653,0.793,0.873)	10
2	14.300	0.953(0.873,0.987,1.000)	1
3	13.933	0.929(0.833,0.960,0.993)	5
4	14.100	0.940(0.847,0.973,1.000)	3
5	12.433	0.829(0.733,0.853,0.900)	7
6	14.200	0.947(0.860,0.980,1.000)	2
7	14.100	0.940(0.847,0.973,1.000)	3
8	12.267	0.818(0.727,0.840, 0.887)	8
9	12.000	0.800(0.693,0.820,0.887)	9
10	13.367	0.891(0.793,0.920,0.960)	6

Model Reka Bentuk Bagi Pembangunan Modul

Rajah 1 menunjukkan Model Reka Bentuk dan Pembangunan Modul Pendidikan Tenaga Boleh Baharu yang dibina berasaskan analisis Kaedah *Fuzzy Delphi*. Model ini menjadi panduan kepada penghasilan satu perisian modul pendidikan tenaga boleh Baharu bagi pelajar sekolah menengah. Model ini dibina dengan mengintegrasikan teori-teori pembelajaran, Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI), dalam kerangka TPACK (*Technology, Pedagogy and Content Knowledge*).

Model ini berfungsi sebagai panduan menyeluruh dalam proses reka bentuk, pembangunan dan penilaian modul yang berteraskan pendekatan pedagogi berasaskan teknologi serta pembelajaran aktif. Melalui model ini, proses pembangunan modul dirancang secara sistematik meliputi fasa analisis keperluan, reka bentuk kandungan, pembangunan antara muka, integrasi elemen permainan, serta ujian kebolegunaan modul oleh pakar.

Hasil daripada pelaksanaan model ini, modul perisian **RenewEd3D: Renewable Energy Education in Virtual Reality** telah berjaya dibangunkan sebagai modul pembelajaran interaktif yang berfokus kepada topik Tenaga Boleh Baharu dalam mata pelajaran Sains dan Fizik sekolah menengah.

Bagi menyokong keterbukaan akademik dan rujukan penyelidikan lanjutan, modul RenewEd3D telah diterbitkan di platform STEAM dan boleh diakses secara percuma bagi tujuan penilaian akademik melalui pautan berikut:

<https://store.steampowered.com/app/3343880/RenewEd3D/>

RenewEd3D MODEL REKA BENTUK PEMBANGUNAN MODUL REALITI MAYA BUKAN IMERSIF DALAM PENDIDIKAN TENAGA BOLEH BAHARU SEKOLAH MENENGAH

OBJEKTIF MODUL

1. Memperkenalkan Konsep Asas Tenaga Boleh Baharu
2. Menyediakan Pengalaman Pembelajaran Interaktif dan Menarik
3. Memupuk Kesedaran tentang Cabaran dan Peluang dalam Tenaga Boleh Baharu
4. Meningkatkan Kesedaran tentang Kepentingan Tenaga Boleh Baharu
5. Menggalakkan Pemikiran Kritis dan Penyelesaian Masalah
6. Mengaplikasikan Pengetahuan dalam Situasi Dunia Nyata
7. Meningkatkan Kemahiran Teknologi dan Literasi Digital
8. Menyokong Pembelajaran Berpusatkan Pelajar
9. Mengukur dan Menilai Pemahaman Pelajar secara Berterusan

KANDUNGAN PEMBELAJARAN

1. Definisi sumber-sumber tenaga
2. Kaedah penjanaan elektrik dari sumber tenaga
3. Kebaikan dan keburukan penggunaan sumber tenaga
4. Aplikasi penggunaan sumber tenaga
5. Kaedah pemerolehan sumber

TOPIK PEMBELAJARAN

1. Tenaga Solar
2. Tenaga Hidroelektrik
3. Tenaga Angin
4. Asas Penjanaan Tenaga Elektrik
5. Tenaga Biojisim
6. Tenaga Ombak
7. Proses Penjanaan Arus Induksi
8. Tenaga Bahan Api Fossil (petroleum, gas asli, arang batu)
9. Tenaga Nuklear
10. Tenaga Geoterma
11. Tenaga Pasang Surut

BENTUK MULTIMEDIA

1. Video
2. Animasi
3. Audio
4. Gambar
5. Teks

KOMPONEN TAMBAHAN

1. Panduan Modul dalam bentuk perisian (softcopy)
2. Perisian dimuat turun dari atas talian
3. Perisian diguna secara Online
4. Platform muat turun mudah sebar luas
5. Bantuan Teknikal
6. Dwibahasa (Melayu/English)

ELEMEN PERMAINAN

1. Cabaran
2. Bonus Pusingan
3. Skor/Mata
4. Avatar/Karakter
5. Papan pendahulu
6. Barangan maya
7. Kuiz
8. Anugerah
9. Permainan mini
10. Bar kemajuan
11. Lencana
12. Persaingan

REKA BENTUK PERMAINAN

1. Aras
2. Interaktif
3. Matlamat
4. Peraturan
5. Naratif
6. Persekitaran
7. Maklum balas
8. Berasaskan modul
9. Kandungan kursus
10. Minat situasi
11. Bahasa Tindakan
12. Interaksi manusia
13. Perancah
14. Pengiraan matematik

Rajah 1: Model Reka Bentuk Dan Pembangunan Modul Pendidikan Tenaga Boleh Baharu RenewEd3D Bagi Pelajar Sekolah Menengah

Perbincangan

Konsensus Pakar terhadap Reka Bentuk Modul

Hasil kajian ini menunjukkan bahawa penggunaan Kaedah *Fuzzy Delphi* (KFD) dalam fasa reka bentuk dan pembangunan modul Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) berjaya mendapat konsensus kukuh daripada pakar terhadap elemen-elemen penting yang perlu dimasukkan dalam modul Pendidikan Tenaga Boleh Baharu. Persetujuan pakar terhadap isu yang dikaji bertujuan mendapatkan konsensus bersama oleh pakar dalam mendapatkan keputusan dan penilaian (Norazlin Mohd Rusdin, 2021). Tahap persetujuan tinggi yang ditunjukkan oleh nilai *threshold* ($d \leq 0.2$) dan tahap persetujuan melebihi 75% membuktikan bahawa pendekatan KFD berupaya menstrukturkan pandangan pakar secara sistematik bagi menghasilkan satu model reka bentuk modul yang sah dan boleh dipercayai.

Sokongan Teori dan Kerangka Pembelajaran

Reka bentuk modul ini adalah hasil gabungan prinsip pedagogi dan teknologi dengan mengintegrasikan Teori Konstruktivisme (*Constructivisme Theory*), Teori Kognitif Pembelajaran Multimedia (*Cognitive Theory Of Multimedia Learning*), Pembelajaran Berasaskan Pengalaman (*Experiential Learning*), Pembelajaran Berasaskan Permainan Digital (*Digital Game Based Learning*), Realiti Maya Bukan Imersif (*Non-Immersive Virtual Reality*) berpandukan Model TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*). TPACK penting kepada pendidik sebagai suatu kemahiran digital bagi memupuk kreativiti digital dalam proses pengajaran secara kreatif dengan penggunaan teknologi (DeWitt & Alias, 2023). Melalui pendekatan gabungan ini, pelajar dapat membina pengetahuan secara aktif melalui penerokaan maya, manipulasi objek 3D, dan maklum balas segera daripada aktiviti kuiz, mewujudkan suasana pembelajaran yang selaras dengan persekitaran PdP abad ke-21 yang berteraskan pembelajaran aktif dan kolaboratif.

Implikasi terhadap Pendidikan STEM dan Tenaga Boleh Baharu

Kajian ini memberi sumbangan penting kepada pengukuhan pendidikan sains dan STEM, khususnya dalam topik tenaga boleh baharu melalui penggunaan teknologi RMBI. Modul RenewEd3D membantu pelajar memahami konsep abstrak secara visual dan kontekstual, sekali gus meningkatkan kefahaman mereka. Teknologi RMBI turut menawarkan alternatif yang lebih praktikal dan kos efektif berbanding VR imersif, membolehkan sekolah dengan kekangan sumber tetap menyediakan pengalaman pembelajaran maya yang bermakna dan menyeronokkan. Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) lebih sesuai digunakan dalam bidang pendidikan kerana kos yang lebih murah berbanding Realiti Maya Imersif (RMI) (Che Soh et al., 2015), hal ini disokong oleh pendapat Bassano et al. (2022).

Limitasi Kajian

Kajian ini melibatkan 15 orang pakar yang tidak mewakili keseluruhan populasi pakar dalam bidang berkaitan. Penyelidikan juga hanya menumpukan kepada fasa reka bentuk dan pembangunan tanpa menilai keberkesanan modul dalam situasi bilik darjah sebenar. Selain itu, penggunaan RMBI mungkin dipengaruhi oleh perbezaan kemudahan teknologi di sekolah, yang boleh menjejaskan pengalaman pengguna apabila diuji dalam konteks sebenar.

Cadangan kajian Lanjutan

Kajian lanjutan dicadangkan untuk menilai keberkesanan modul RMBI melalui ujian terhadap pelajar dalam situasi PdP sebenar. Penyelidikan juga boleh membandingkan modul ini dengan

versi Realiti Maya Imersif (RMI) bagi melihat perbezaan impak terhadap pembelajaran. Selain itu, kajian masa hadapan boleh memperluas bilangan pakar, melibatkan pihak industri tenaga, serta menambah penilaian kebolegunaan dan pengalaman pengguna bagi meningkatkan kualiti modul.

Kesimpulan

Kajian ini berjaya merangka dan membangunkan modul Realiti Maya Bukan Imersif (RMBI) bagi Pendidikan Tenaga Boleh Baharu dengan berpandukan Kaedah Fuzzy Delphi untuk mendapatkan kesepakatan pakar. Enam konstruk utama telah dikenal pasti dan disahkan oleh 15 orang pakar, menjadikan proses pembangunan modul lebih sistematik dan berasaskan keperluan pengguna. Modul RenewEd3D yang dihasilkan menggabungkan elemen interaktif, dwibahasa dan gamifikasi, sekali gus meningkatkan potensi pembelajaran yang lebih menarik dan mudah diakses. Secara keseluruhannya, kajian ini menunjukkan bahawa gabungan pendekatan PRP dan Fuzzy Delphi berkesan dalam menghasilkan modul pembelajaran digital yang inovatif serta berupaya menyokong literasi tenaga boleh baharu dan kesedaran kelestarian dalam kalangan pelajar.

Penghargaan

Pengkaji ingin mengucapkan penghargaan kepada Dr. Anuar Mohd Yusof yang membantu dalam penghasilan artikel ini dan semua responden pakar yang terlibat dalam kajian serta penghargaan kepada Global Academic Excellence (M) Sdn Bhd, yang telah memberikan peluang kepada pengkaji untuk penerbitan artikel ini.

Rujukan

- Bahrami, S., & Mohammadi, Y. (2021). Assessing Energy Literacy of Iranian Ninth-Grade Students. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4), 707–731. <https://doi.org/10.36681/tused.2021.99>
- Basri, S., Umaira Zakaria, S., & Kamarudin, S. K. (2021). Review on Alternative Energy Education in Malaysia. *Jurnal Kejuruteraan*, 33(3), 461–472. <https://doi.org/10.17576/jkukm-2021-33>
- Bassano, C., Chessa, M., & Solari, F. (2022). Visualization and Interaction Technologies in Serious and Exergames for Cognitive Assessment and Training: A Survey on Available Solutions and Their Validation. *IEEE Access*, 10(September), 104295–104312. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3210562>
- Che Soh, S., Irfan, N. U., Balakrisnan, M., & Shakinaz, D. (2015). Aplikasi perisian visualisasi tiga dimensi dalam pembelajaran sains biologi: implikasi terhadap pelajar berbeza keupayaan spatial. *Jurnal Pendidikan Sains & Matematik Malaysia*, 5(1), 57–69.
- DeWitt, D., & Alias, N. (2023). Creative Digital Pedagogies for Student Engagement. *Digitalization and Development*, 112–132. <https://doi.org/10.4324/9781003367093-7>
- Drosos, D., Kyriakopoulos, G. L., Ntanos, S., & Parissi, A. (2021). School managers perceptions towards energy efficiency and renewable energy sources. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(3), 573–584. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.36704>
- Hahn, M., Cruz, F., Carvalho, P. S. o., Ferreira, V., Marques, F., & Macieira, C. (2021). Adapting a solar photovoltaic panel experiment for blind students. *Physics Education*, 56(3). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abe9bf>

- Jamilah Hamid, Nor Hasbiah Ubaidullah, & Aslina Saad. (2014). Aplikasi Realiti Maya Desktop Bukan Immersif: Teknologi Terkini dalam Domain Pendidikan. *Journal of ICT in Education*, 1(1), 103–110.
- Mariappan, P., Khairani, M. Z., & Chanthiran, M. (2022). Design and Development Research (DDR) Approaches in the Development of Koin-Art Cooperative Learning Model for Student of Inclusive Education Program. *Kupas Seni*, 10, 66–77.
- Muhammad Nidzam, Y. (2017). Pembangunan Model Kurikulum M-Pembelajaran Teknologi Dalam Pengajaran Dan Pembelajaran Di Institut Pendidikan Guru. In *Doctoral dissertation, Universiti Utara Malaysia*.
- Muslim, R., Saputro, H., & Thamrin, A. G. (2021). Case study: Vocational student's knowledge and awareness level toward renewable energy in Indonesia. *Open Engineering*, 11(1), 690–708. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0067>
- Norazlin Mohd Rusdin. (2021). Teknik Fuzzy Delphi dalam Mereka Bentuk Modul Pedagogi Pembelajaran Aktif berasaskan Kemahiran 4k bagi Nombor Bulat dan Operasi Asas Matematik. *Jurnal Pendidikan Sains Dan Matematik Malaysia*, 11(2), 67–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.37134/jpsmm.vol11.2.6.2021>
- Norliyana Md Aris, Nor Hasniza Ibrahim, & Noor Dayana Abd Halim. (2025). Design and Development Research (DDR) Approach in Designing Design Thinking Chemistry Module to Empower Students' Innovation Competencies. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 44(1), 55–68. <https://doi.org/10.37934/araset.44.1.5568>
- Padzil, M. R., Karim, A. A., & Husnin, H. (2021). Employing DDR to Design and Develop a Flipped Classroom and Project based Learning Module to Applying Design Thinking in Design and Technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(9), 791–798. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120988>
- Paszkievicz, A., Salach, M., Dymora, P., Bolanowski, M., Budzik, G., & Kubiak, P. (2021). Methodology of implementing virtual reality in education for industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 13(9), 1–25. <https://doi.org/10.3390/su13095049>
- Pleyers, G., & Poncin, I. (2020). Non-immersive virtual reality technologies in real estate: How customer experience drives attitudes toward properties and the service provider. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 57, 102175. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102175>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2007). *Design and Development Research: Methods, Strategies, and Issues*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Saedah Siraj, Muhammad Ridhuan, Tony Lim, & Rozaini Muhammad Rozkee. (2023). *Pendekatan Penyelidikan Reka bentuk Dan Pembangunan Aplikasi Kepada Penyelidikan Pendidikan*. Penerbit Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Samah, K. A. F. A., Nasaruddin, N. I. S., Afandi, M. A. R., Rahim, N. Z. A., Rum, S. F. M., & Saman, F. I. (2021). Teknologi realiti digital menghasilkan dunia interaktif yang akan mengajar dan menghiburkan pelanggan. *International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration*, 8(74), 91–101. <https://doi.org/10.19101/IJATEE.2020.S1762118>
- Syahir Bahiran Hilmi, & Anuar Mohd Yusof. (2024). Exploring the Latest Trends: SLR of Renewable Energy Education for Secondary School Students. *Advanced International Journal of Business, Entrepreneurship and SMEs*, 6(20), 299–319. <https://doi.org/10.35631/aijbes.620025>

Szakály, Z., Balogh, P., Kontor, E., Gabnai, Z., & Bai, A. (2021). Attitude toward and awareness of renewable energy sources: Hungarian experience and special features. *Energies*, 14(1), 1–25. <https://doi.org/10.3390/en14010022>