

ANALISIS PERSEPSI PELAJAR UKM TERHADAP PENGUNAAN SIMULASI PHET DALAM MEMAHAMI KONSEP ASAS TEKNOLOGI TENAGA ALTERNATIF DAN BOLEH DIPERBAHARUI

(An Analysis of UKM Students' Perceptions on the Use of PhET Simulation in Understanding the Fundamental Concepts of Renewable and Alternative Energy Technology)

HAFIZ HAMSAN*, NURUL SYAKIRAH NAZRI, ADNAN IBRAHIM, MOHD FAKHRUL
ZAMANI KADIR, MUHAMMAD FADHLULLAH ABD. SHUKUR, LIM KAR KENG,
AFIFFUDDIN HUSAIRI MAT JUSOH@HUSSAIN, NOR FATIN ADLINA MOHD SALLEH,
NOR AZILAWATI MAT ISA, NURUL HANIS AMINUDDIN JAFRY, AZLAN ABDUL
RAHIM

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan menilai persepsi pelajar terhadap penggunaan simulasi PhET *Energy Forms and Changes* dalam pembelajaran kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Tenaga Keterbaharuan dan Alternatif di Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). Reka bentuk kajian berbentuk tinjauan kuantitatif digunakan bagi menilai tahap kegunaan (*Perceived Usefulness(PU)*), kemudahan (*Perceived Ease of Use (PEOU)*) dan keberkesanan pembelajaran (*Learning Effectiveness (LE)*) yang dialami pelajar sepanjang penggunaan simulasi tersebut. Sampel kajian terdiri daripada pelajar tahun satu hingga tahun empat daripada pelbagai bidang pengajian yang telah mengambil kursus ini antara Semester 1 Sesi 2023/2024 hingga Semester 1 Sesi 2025/2026 melalui kaedah pensampelan bertujuan. Instrumen kajian menggunakan soal selidik skala Likert lima mata berasaskan Model Penerimaan Teknologi (*Technology Acceptance Model, TAM*), manakala satu item respons terbuka turut disertakan untuk memperoleh maklum balas kualitatif. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif, manakala data kualitatif dianalisis menggunakan analisis kandungan melalui pembacaan berulang, pengkodan terbuka dan pengelompokan tema. Dapatan menunjukkan persepsi pelajar adalah positif terhadap keupayaan simulasi dalam meningkatkan pemahaman konsep tenaga melalui visual yang interaktif, namun cabaran seperti kesukaran penggunaan pada peringkat awal dan keperluan panduan pengajar turut dikenal pasti. Secara keseluruhannya, simulasi PhET berpotensi menyokong penguasaan konsep abstrak berkaitan tenaga, dengan keberkesanan yang lebih tinggi apabila disertakan sokongan pedagogi yang bersesuaian.

Kata Kunci: [Simulasi PhET; Tenaga boleh Diperbaharui Model Penerimaan Teknologi; Persepsi pelajar; Keberkesanan pembelajaran]

Please cite this article as: Hafiz Hamsan, Nurul Syakirah Nazri, Adnan Ibrahim, Mohd Fakhrul Zamani Kadir, Muhammad Fadhlullah Abd. Shukur, Lim Kar Keng, Afiffuddin Husairi Mat Jusoh @ Hussain, Nor Fatin Adlina Mohd Salleh, Nor Azilawati Mat Isa, Nurul Hanis Aminuddin Jafry, Azlan Abdul Rahim. 2025. Analisis Persepsi Pelajar UKM terhadap Penggunaan Simulasi PhET dalam Memahami Konsep Asas Teknologi Tenaga Alternatif dan Boleh Diperbaharui, *MALIM: Jurnal Pengajian Umum Asia Tenggara* 26(1):145-158

ABSTRACT

This study aims to evaluate students' perceptions of the use of the PhET Energy Forms and Changes simulation in the learning process of the LMRS1512: Introduction to Renewable and Alternative Energy Technologies course at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). A quantitative survey research design was employed to examine students' perceived usefulness (PU), perceived ease of use (PEOU), and learning effectiveness (LE) when utilising the simulation. The sample consisted of first- to fourth-year students from various academic programmes who had enrolled in the course between Semester 1 of the 2023/2024 session and Semester 1 of the 2025/2026 session, selected through purposive sampling. The research instrument consisted of a five-point Likert-scale questionnaire developed based on the Technology Acceptance Model (TAM), supplemented with an open-ended response item to gather qualitative feedback. Quantitative data were analysed using descriptive statistics, while qualitative responses were analysed using content analysis involving repeated reading, open coding, and thematic grouping. The findings indicate that students hold positive perceptions regarding the simulation's ability to enhance conceptual understanding through interactive and clear visual representations. However, challenges such as initial difficulty of use and the need for instructional guidance were also identified. Overall, the PhET simulation demonstrates potential to improve students' comprehension of abstract energy-related concepts, with optimal learning outcomes achievable when accompanied by appropriate pedagogical support.

Keywords: [PhET simulation; Renewable energy; Technology Acceptance Model; Student perception; Learning effectiveness]

PENDAHULUAN

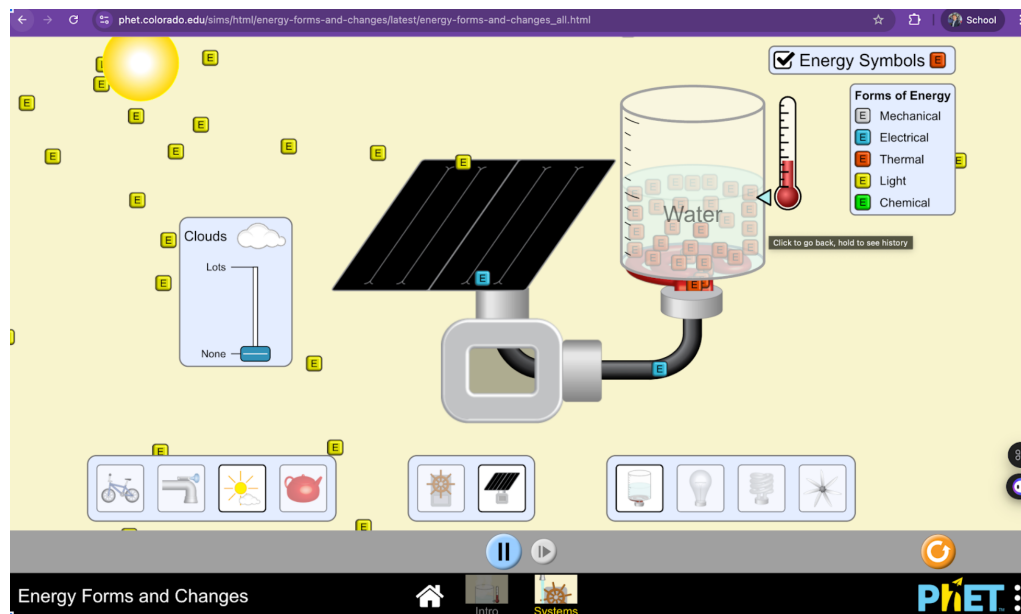
Dalam era Revolusi Industri 4.0, bidang Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) memainkan peranan penting dalam pembangunan ekonomi dan kemajuan negara. Namun begitu, pelbagai laporan kebelakangan ini menunjukkan penurunan minat pelajar terhadap bidang STEM di peringkat sekolah dan universiti (Yusof et al. 2020). Fenomena ini membimbangkan kerana situasi ini boleh memberi kesan terhadap usaha negara untuk melahirkan tenaga kerja berpengetahuan tinggi yang mampu menyumbang kepada inovasi teknologi dan kelestarian tenaga masa hadapan. Antara punca utama penurunan minat tersebut ialah persepsi bahawa bidang STEM bersifat abstrak, sukar difahami, serta kurang menarik dari segi pengalaman pembelajaran (Kiong et al. 2023).

Bagi mengatasi isu ini, penggunaan alat bantu mengajar berasaskan teknologi interaktif semakin diberi perhatian dalam pendidikan tinggi. Kaedah pembelajaran berasaskan simulasi digital didapati mampu menjadikan konsep saintifik lebih mudah difahami dan lebih menyeronokkan untuk diterokai (Elman et al. 2023; Siti Fatimah Osman, 2023). Dalam konteks kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Tenaga Keterbaharuan dan Alternatif di UKM, pendekatan berasaskan

simulasi digunakan untuk membantu pelajar memahami konsep asas tenaga dan perubahan tenaga secara lebih visual dan bermakna. Salah satu platform yang digunakan ialah *PhET Energy Forms and Changes*, dibangunkan oleh *University of Colorado*, yang membolehkan pelajar meneroka interaksi antara pelbagai bentuk tenaga melalui aktiviti maya.

Penggunaan simulasi seperti PhET sejajar dengan pendekatan pembelajaran konstruktivisme, yang menekankan peranan aktif pelajar dalam membina pengetahuan melalui penerokaan dan pengalaman sendiri (Tara et al. 2024). Walaupun pelbagai kajian lepas menunjukkan potensi positif pembelajaran berasaskan simulasi, tahap keberkesanan pendekatan ini banyak bergantung kepada penerimaan dan persepsi pelajar terhadap teknologi tersebut. Menurut Model Penerimaan Teknologi oleh Davis (1989), dua faktor utama yang mempengaruhi penerimaan sesuatu teknologi ialah kegunaan, dan kemudahan penggunaan. Kedua-dua faktor ini secara tidak langsung mempengaruhi keberkesanan pembelajaran pelajar.

Sehubungan itu, kajian ini dijalankan untuk menilai persepsi pelajar UKM terhadap penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* (Rajah 1) dalam memahami konsep asas teknologi tenaga boleh diperbaharui dan alternatif. Kajian ini bertujuan menilai tahap kegunaan, kemudahan dan keberkesanan pembelajaran melalui simulasi PhET dalam konteks kursus LMRS1512, di samping melihat potensinya sebagai pendekatan pengajaran yang dapat meningkatkan minat pelajar terhadap bidang STEM di peringkat universiti.



Rajah 1. Tangkapan skrin antara muka simulasi “*Energy Forms and Changes*”. Imej simulasi oleh *PhET Interactive Simulations*, *University of Colorado Boulder*, dilesenkan di bawah CC-BY 4.0.

METODOLOGI

Reka Bentuk Kajian

Kajian ini menggabungkan kaedah kuantitatif dan kualitatif, di mana data kuantitatif diperoleh melalui soal selidik skala Likert lima mata, manakala data kualitatif diperoleh daripada maklum balas terbuka yang dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan bagi mengenal pasti tema utama persepsi pelajar. Kajian ini menilai persepsi pelajar terhadap penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam proses pembelajaran kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Tenaga Keterbaharuan dan Alternatif di UKM. Pendekatan ini dipilih bagi memperoleh gambaran menyeluruh tentang tahap kegunaan, kemudahan, dan keberkesanan pembelajaran yang dialami pelajar melalui penggunaan simulasi tersebut.

Sampel Kajian

Sampel kajian terdiri daripada pelajar yang mendaftar kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Tenaga Keterbaharuan dan Alternatif di bawah Pusat Pengajian Citra Universiti (CITRA-UKM), UKM. Kursus ini merupakan salah satu kursus Domain C1-C6 CITRA-UKM, iaitu kumpulan kursus pembangunan kemahiran insaniah yang menekankan pelbagai aspek seperti literasi komuniti dan sastera, kemahiran pembentangan, penulisan kreatif, kepimpinan, serta kemahiran profesional seperti persediaan alam pekerjaan dan literasi maklumat.

Responden kajian terdiri daripada pelajar tahun 1 hingga tahun 4 yang datang daripada pelbagai bidang pengajian dan telah mengambil kursus LMRS1512 dalam tempoh Semester 1 Sesi 2023/2024 hingga Semester 1 Sesi 2025/2026. Pemilihan sampel dilakukan menggunakan kaedah pensampelan bertujuan (*purposive sampling*) kerana responden ini merupakan kumpulan sasaran yang telah menggunakan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam aktiviti pembelajaran kursus tersebut. Walaupun saiz sampel adalah terhad, data yang diperoleh dianggap mencukupi untuk memberikan indikasi awal tentang persepsi pelajar terhadap penggunaan simulasi *PhET* dalam konteks pembelajaran sains dan teknologi di UKM.

Instrumen Kajian

Instrumen kajian terdiri daripada borang soal selidik (kuantitatif) yang dibangunkan berdasarkan konstruk dalam Model Penerimaan Teknologi serta elemen keberkesanan pembelajaran. Soal selidik mengandungi tiga bahagian utama:

- Kegunaan: menilai sejauh mana pelajar merasakan penggunaan PhET membantu mereka memahami konsep tenaga boleh diperbaharui.
- Kemudahan: menilai tahap kemudahan penggunaan PhET semasa aktiviti pembelajaran.
- Keberkesanan Pembelajaran: menilai sejauh mana penggunaan simulasi meningkatkan pemahaman dan minat terhadap topik tenaga boleh diperbaharui.

Setiap item dinilai menggunakan skala Likert lima mata daripada 1 (sangat tidak setuju) hingga 5 (sangat setuju).

Respons terbuka (kualitatif) juga dijalankan. Respons terbuka dianalisis menggunakan analisis kandungan. Proses pembacaan berulang dan pengkodan terbuka dilakukan untuk mengenal pasti tema, sebelum dikelompokkan dalam kategori utama.

Prosedur Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan secara talian menggunakan borang *Google Form* dan dianalisis menggunakan perisian *Microsoft Excel*. Analisis statistik deskriptif digunakan bagi mendapatkan min dan sisihan piawai untuk setiap konstruk (kegunaan, kemudahan dan keberkesanan). Nilai min ditafsir berdasarkan tahap persepsi rendah, sederhana dan tinggi. Dapatan ini digunakan untuk mengenal pasti aspek yang paling memberi impak terhadap pengalaman pembelajaran pelajar melalui simulasi PhET. Respons terbuka turut dijalankan sebagai sebahagian daripada instrumen soal selidik untuk mendapatkan maklum balas kualitatif daripada pelajar. Data daripada respons terbuka ini dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan. Proses analisis melibatkan pembacaan berulang terhadap respons pelajar bagi mengenal pasti idea dan maksud utama, diikuti dengan pengkodan terbuka secara induktif. Kod-kod awal yang terbentuk kemudiannya digabungkan dan dikelompokkan dalam kategori serta tema utama yang mewakili pola maklum balas pelajar secara keseluruhan.

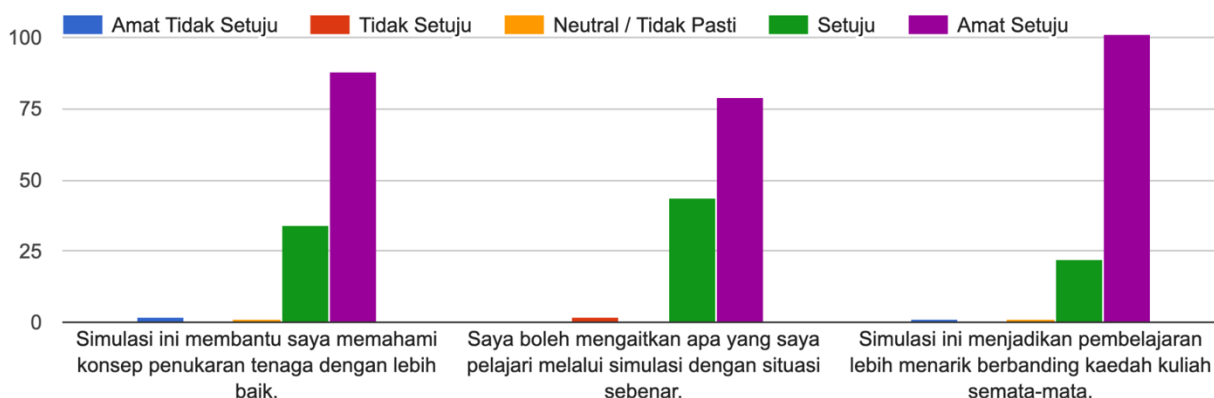
DAPATAN DAN PERBINCANGAN

Pengalaman Menggunakan Simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam Kursus LMRS1512

Rajah 2 menunjukkan taburan persepsi pelajar terhadap konstruk kegunaan bagi penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam pembelajaran topik tenaga boleh diperbaharui. Secara keseluruhan, majoriti pelajar memberikan respons setuju dan amat setuju bagi ketiga-tiga item yang dinilai. Hampir semua responden (lebih 80%) bersetuju bahawa simulasi ini membantu mereka memahami konsep penukaran tenaga dengan lebih baik serta mampu mengaitkan pengetahuan yang diperoleh dengan situasi sebenar. Di samping itu, hampir keseluruhan pelajar turut mengakui bahawa simulasi ini menjadikan proses pembelajaran lebih menarik berbanding

kaedah kuliah semata-mata. Dapatan ini menunjukkan bahawa pelajar menilai simulasi PhET sebagai alat bantu pembelajaran yang amat berguna, interaktif dan berkesan dalam meningkatkan pemahaman konsep asas teknologi tenaga boleh diperbaharui, sejajar dengan nilai min konstruk kegunaan yang berada pada tahap tinggi (min = 4.70, sisih piawai= 0.45).

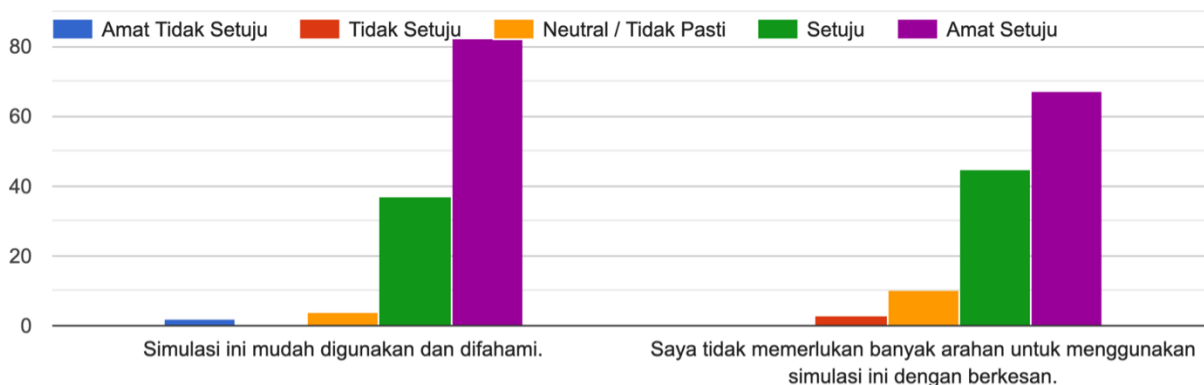
Pelajar merasakan bahawa simulasi PhET memberikan gambaran visual yang membantu menjelaskan proses penukaran tenaga serta interaksi antara komponen sistem tenaga yang sukar difahami secara teori semata-mata. Sebahagian besar responden juga menyatakan bahawa penggunaan simulasi ini menjadikan proses pembelajaran lebih menarik, interaktif, dan menyeronokkan berbanding kaedah pengajaran konvensional. Elemen interaktif dalam PhET dilihat mampu meningkatkan penglibatan aktif pelajar serta merangsang minat untuk meneroka konsep sains dan teknologi secara sendiri. Ini sejajar dengan dapatan kajian lepas yang menunjukkan bahawa penggunaan simulasi dapat meningkatkan kecekapan pelajar dalam memahami fenomena abstrak melalui pembelajaran berasaskan visual dan pengalaman langsung (*hands-on learning*). (Ramadhan et al. 2019; Sari et al. 2024; Larashati dan Supardi, 2025)



Rajah 2. Taburan Persepsi Pelajar terhadap kegunaan Simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam Kursus LMRS1512

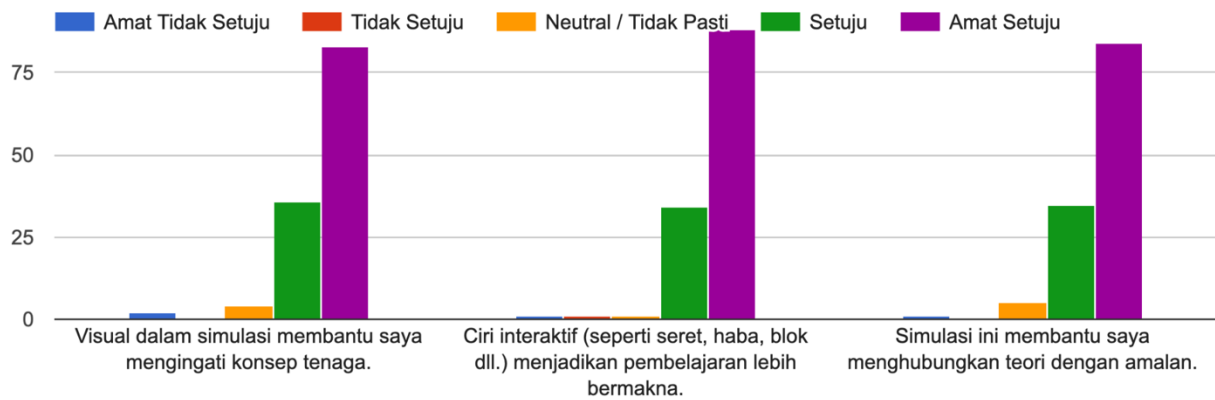
Rajah 3 menunjukkan taburan persepsi pelajar terhadap konstruk kemudahan dalam penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes*. Berdasarkan rajah, majoriti pelajar memberikan respons setuju dan amat setuju bagi kedua-dua item yang dinilai, menandakan bahawa simulasi ini dianggap mudah digunakan serta tidak memerlukan banyak arahan untuk difahami. Bagi item pertama, “Simulasi ini mudah digunakan dan difahami,” hampir 80% pelajar amat setuju manakala sekitar 35% setuju, dengan hanya segelintir kecil pelajar memilih “Tidak Pasti” atau “Tidak Setuju.” Ini menunjukkan tahap kefahaman dan kebolehan pelajar dalam mengendalikan simulasi berada pada tahap yang sangat baik. Sementara itu, bagi item kedua, “Saya tidak memerlukan banyak arahan untuk menggunakan simulasi ini dengan berkesan,” lebih 70% pelajar amat setuju dan 45% setuju, menunjukkan bahawa antara muka simulasi ini mesra pengguna dan mudah dipelajari tanpa bimbingan intensif daripada pensyarah. Secara keseluruhan, dapatan ini

mengesahkan bahawa pelajar menilai simulasi PhET sebagai alat pembelajaran yang mudah diakses, intuitif dan efisien, sejajar dengan nilai min konstruk kemudahan yang berada pada tahap tinggi (min = 4.55, sisih piawai = 0.50).

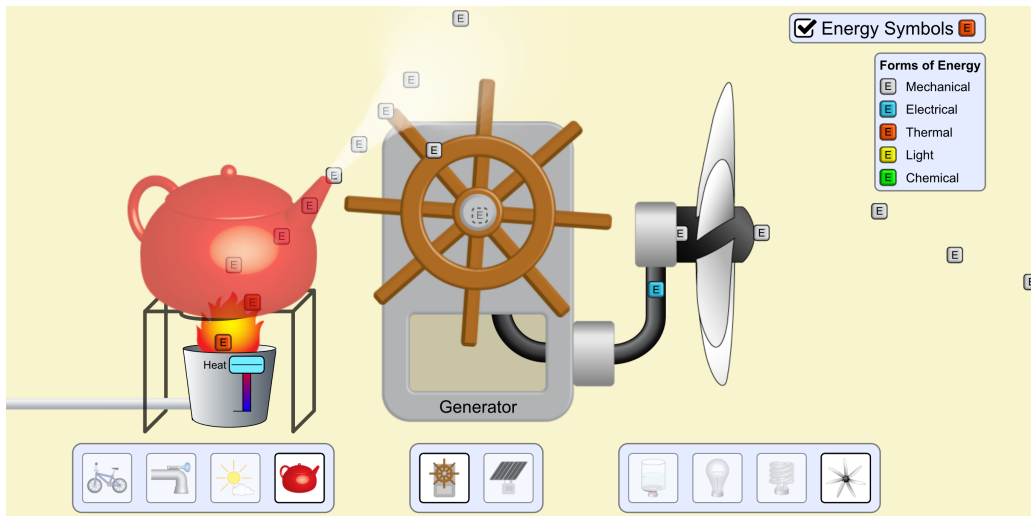


Rajah 3. Taburan Persepsi Pelajar terhadap kemudahan Simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam Kursus LMRS1512

Rajah 4 menunjukkan taburan persepsi pelajar terhadap konstruk keberkesanan pembelajaran bagi penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes*. Dapatan menunjukkan bahawa majoriti pelajar memberikan respons setuju dan amat setuju bagi ketiga-tiga item yang dinilai, menandakan bahawa simulasi ini berupaya meningkatkan kefahaman, daya ingatan, serta keupayaan pelajar menghubungkan teori dengan aplikasi sebenar. Bagi item pertama, “Visual dalam simulasi membantu saya mengingat konsep tenaga,” lebih 80% pelajar amat setuju, diikuti 35% Setuju, menunjukkan keberkesanan elemen visual dalam memperkukuh ingatan terhadap konsep tenaga. Item kedua, “ciri interaktif (seperti seret, haba, blok dll) menjadikan pembelajaran lebih bermakna,” turut menerima respons yang sangat positif dengan hampir semua pelajar memilih “setuju” atau “amat setuju.” Rajah 5 menunjukkan contoh visual simulasi. Ini menggambarkan bahawa unsur interaktiviti dalam simulasi memainkan peranan penting dalam menjadikan pembelajaran lebih aktif dan bermakna. Bagi item ketiga, “Simulasi ini membantu saya menghubungkan teori dengan amalan,” dapatan menunjukkan corak yang sama, dengan majoriti pelajar (lebih 80%) memilih “amat setuju,” menandakan simulasi ini mampu mengurangkan jurang antara teori konseptual dan aplikasi praktikal. Secara keseluruhannya, dapatan ini menunjukkan bahawa pelajar menilai simulasi PhET sebagai alat pembelajaran yang berkesan dan bermakna, yang bukan sahaja meningkatkan pemahaman terhadap konsep tenaga boleh diperbaharui tetapi juga memperkukuh pembelajaran berasaskan pengalaman. Ini disokong oleh nilai min konstruk keberkesanan pembelajaran yang berada pada tahap tinggi (min = 4.68, sisih piawai = 0.42).



Rajah 4. Taburan Persepsi Pelajar terhadap Keberkesanan Pembelajaran (*Learning Effectiveness*) Simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam Kursus LMRS1512



Rajah 5. Tangkapan skrin antara muka simulasi “*Energy Forms and Changes*”. Imej simulasi oleh *PhET Interactive Simulations*, University of Colorado Boulder, dilesenkan di bawah CC-BY 4.0.

Analisis Respons Terbuka Pelajar

Bahagian respons terbuka telah dianalisis menggunakan kaedah analisis kandungan (*content analysis*) (Kihob et al. 2021). Analisis ini bertujuan untuk mengenal pasti tema utama yang berkaitan dengan persepsi pelajar terhadap penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam pembelajaran. Analisis dijalankan secara kualitatif dengan proses pembacaan berulang, pengkodan

(coding), pengelompokan tema serta penjanaan kategori berdasarkan pola respons. Secara keseluruhan, majoriti pelajar melaporkan pengalaman positif terhadap penggunaan simulasi ini. Antara elemen yang paling dihargai ialah ciri interaktiviti dan visualisasi yang jelas, yang membantu pelajar memahami aliran serta transformasi tenaga dengan lebih berkesan. Hal ini menunjukkan potensi penggunaan simulasi sebagai alat sokongan untuk menjelaskan konsep abstrak dalam topik tenaga.

Selain itu, terdapat beberapa cabaran yang dikenal pasti, terutamanya pada peringkat awal penggunaan. Sebahagian pelajar melaporkan kekeliruan dalam memahami fungsi butang instrumen simulasi serta menyatakan keperluan kepada bimbingan asas daripada pengajar. Dapatan ini menunjukkan kepentingan fasa orientasi ringkas sebelum aktiviti simulasi dilaksanakan di dalam kelas. Dari segi keperluan pedagogi, hampir semua respons pelajar bersetuju bahawa simulasi seperti ini wajar diterapkan dalam sesi pengajaran kerana kos pelaksanaannya rendah, mesra pengguna dan dapat meningkatkan fokus pelajar. Jadual 1 memperincikan tema dan frekuensi kod yang diperoleh daripada analisis respons terbuka, yang memberikan gambaran tentang pola persepsi dan pengalaman pelajar terhadap penggunaan simulasi dalam pembelajaran.

Jadual 1. Tema utama dan penerangan ringkas pelajar LMRS1512

Tema Utama	Penerangan Ringkas	Kekerapan (n)
Visual jelas & memudahkan pemahaman	Membantu memahami aliran/transformasi tenaga	11
Interaktif & menarik	Meningkatkan perhatian dan motivasi	9
Mudah digunakan	Antara muka ringkas dan cepat dikuasai	7
Kekeliruan awal penggunaan	Memerlukan masa untuk menyesuaikan diri	5
Keperluan bimbingan guru	Kurang jelas tanpa arahan awal	4

Beberapa petikan asli daripada maklum balas pelajar dipilih bagi menyokong tema yang dikenal pasti:

- “Interaktif dan menarik.”
- “Simulasi ini menunjukkan aliran tenaga dengan lebih jelas.”
- “*Clueless* pada permulaan kerana tidak tahu cara menggunakannya.”
- “Sekiranya pengajar tidak melengkapkan dengan langkah-langkah penggunaan, ia sukar difahami.”
- “Visual membantu konsep abstrak menjadi lebih realistik.”

Petikan ini menegaskan nilai pedagogi simulasi dalam meningkatkan kefahaman konsep, di samping menyerlahkan cabaran awal khususnya dari segi panduan penggunaan.

Dapatan ini selari dengan literatur yang menyatakan bahawa simulasi digital berperanan membantu pelajar memahami konsep abstrak melalui visualisasi dinamik (Ranee Sekin, 2024). Respons pelajar menunjukkan bahawa interaktiviti mampu meningkatkan keterlibatan (*engagement*), seterusnya menyokong teori pembelajaran konstruktivis yang menekankan pembinaan pengetahuan melalui interaksi. Walau bagaimanapun, cabaran berhubung kekeliruan awal penggunaan menunjukkan pentingnya sokongan pedagogi berbentuk orientasi, demonstrasi ringkas, atau lembaran panduan. Hal ini konsisten dengan dapatan penyelidikan terdahulu bahawa penggunaan simulasi memerlukan “*scaffolding*” pada peringkat awal untuk memaksimumkan keberkesanan pembelajaran (Thomann, 2025).

Oleh itu, cadangan penambahbaikan termasuk:

- Penyediaan tutorial ringkas sebelum aktiviti,
- Lembaran panduan langkah demi langkah,
- Sokongan pengajar secara langsung.

Secara keseluruhan, maklum balas pelajar terhadap penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* adalah sangat positif, terutamanya dari aspek visualisasi, interaktiviti dan keberkesanan dalam menjelaskan konsep tenaga. Cabaran kecil yang dilaporkan dapat diatasi melalui sokongan minimum pedagogi menjadikan simulasi ini sesuai diterapkan dalam pengajaran kursus tenaga boleh diperbaharui pada peringkat universiti.

KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, kajian ini menunjukkan bahawa penggunaan simulasi *PhET Energy Forms and Changes* dalam kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Tenaga Keterbaharuan dan Alternatif telah memberikan kesan positif terhadap pengalaman pembelajaran pelajar di UKM. Dapatan menunjukkan bahawa pelajar mempunyai persepsi yang sangat positif terhadap aspek kegunaan, kemudahan penggunaan dan keberkesanan pembelajaran. Simulasi ini berjaya meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep abstrak tenaga, di samping menjadikan proses

pembelajaran lebih menarik, interaktif dan bermakna. Walaupun terdapat cabaran kecil seperti kekeliruan pada peringkat awal penggunaan dan keperluan bimbingan asas daripada pensyarah, isu tersebut boleh diatasi melalui penyediaan tutorial ringkas, lembaran panduan langkah demi langkah, serta sokongan pengajar secara langsung. Kesimpulannya, simulasi PhET berpotensi besar sebagai alat bantu pengajaran berasaskan teknologi yang efektif dan mesra pengguna, terutamanya dalam memperkukuh pembelajaran konsep sains dan tenaga boleh diperbaharui di peringkat universiti. Dengan sokongan pedagogi yang sesuai, pendekatan berasaskan simulasi ini dapat menyumbang kepada peningkatan minat pelajar terhadap bidang STEM serta menyokong matlamat pendidikan abad ke-21 yang menekankan pembelajaran aktif dan berpusatkan pelajar. Gabungan kaedah kuantitatif dan kualitatif dalam kajian ini telah memberikan gambaran yang lebih menyeluruh tentang persepsi pelajar, di mana analisis statistik menyokong pola dapatan yang sama seperti tema kualitatif, menunjukkan bahawa penggunaan simulasi PhET bukan sahaja berkesan dari segi angka tetapi turut dihayati secara positif oleh pelajar melalui pengalaman pembelajaran mereka.

PENGHARGAAN

Para penyelidik merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) atas sokongan dan kemudahan yang disediakan sepanjang pelaksanaan kajian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada pelajar kursus LMRS1512: Pengenalan kepada Teknologi Tenaga Alternatif dan Boleh Diperbaharui yang telah memberikan kerjasama dan maklum balas bermakna melalui soal selidik. Penghargaan turut diberikan kepada rakan penyelidik dan pengajar di Pusat Pengajian Citra Universiti (CITRA-UKM) atas sumbangan idea serta bantuan dalam pelaksanaan aktiviti simulasi PhET.

RUJUKAN

- Anne Jeffrey Kihob, dan Saidatul Nornis Bt Hj Mahal. 2021. Penguasaan Murid Tentang Penggunaan Imbuhan MeN-, di- DAN BeR- Dalam Penulisan Karangan Respons Terbuka. *MANU Bil* 32(2): 89-110.
- Fred D. Davis. 1989. Perceived Use-fulness, Perceived Ease of Use, And User Acceptance. *MIS Quarterly* 13(3):319-340.
- Julianah Elman, Abdullah Yusof, Anida Sarudin, dan Mohd Sufian Ismail. 2023. Penggunaan Bahan Bantu Mengajar Digital dalam Pembelajaran Secara Maya Semasa Pandemik. *Isu dalam Pendidikan* 46: 12-24.

Larashati dan Supardi. 2025. Peningkatan Keaktifan Belajar Menggunakan Media Virtual Labotatorium Phet Simulation Dalam Pembelajaran Fisika Materi Rangkaian Arus Searah Pada Peserta Didik Kelas XI. : *Jurnal Inovasi Tenaga Pendidik dan Kependidikan* 5(2): 56-63.

Ramadhan, A., Hasyim, F., dan Wibowo, H. A. C. 2019. Efektifitas Pembelajaran Fisika Bab Gaya Menggunakan Media Simulasi PhET Dan Alat Peraga Sederhana Pada Siswa SMP Kelas 8 Untuk Meningkatkan Penguasaan Materi. *FKIP e-PROCEEDING* 4(1): 125-128.

Ranee Sekin. 2024. Kesedaran Inovasi Visualisasi dalam Pendidikan Asas Sains Komputer. *Kupas Seni* 12(1): 8-17.

Sari, N. L., Utami, D. A., dan Prasetyo, H. 2024. Efektivitas Media Simulasi Phet Dalam Meningkatkan Hasil Belajar Listrik Dinamis di SMA. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran* 14(1): 25-33.

Siti Fatimah Osman. 2023. Faktor Bahan Bantu Mengajar yang Menyokong Pengamalan Pemikiran Kritis Guru Pendidikan Islam dalam Meningkatkan Kemahiran Pembelajaran Abad Ke-21. *Sains Insani* 8(1): 51-57.

Tara Chairunisa. 2024. Efektivitas Penggunaan Media Pembelajaran PhET dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa* 2: 115-127.

Tee Tze Kiong, Chia Swee Yee, Rizky Ema Wulansari, Charanjit Kaur Swaran Singh, Nurulwahida Azid, dan Zaliza Hanapi. 2023. Cabaran dan Keperluan Pengajaran Guru dalam Mata Pelajaran Grafik Komunikasi Teknikal di Sekolah Menengah Kebangsaan. *Online Journal for TVET Practitioners* 2: 44-59.

Herbert Thomann, and Viola Deutscher. 2025. Scaffolding Through Prompts In Digital Learning: A Systematic Review And Meta-Analysis Of Effectiveness On Learning Achievement. *Educational Research Review* 47: 100686.

Yusriza Mohamd Yusof, Afida Ayob, dan Mohamad Hanif Md Saad. 2020. Penggunaan Teknologi Kejuruteraan dalam Pendidikan STEM Bersepadu. *Jurnal Kejuruteraan* 33(1): 1-11

HAFIZ HAMSAN*

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
hafizhamsan93@ukm.edu.my

NURUL SYAKIRAH NAZRI

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
nurulsyakirah@ukm.edu.my

ADNAN IBRAHIM

Solar Energy Research Institute (SERI), Universiti
Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi,
Selangor, Malaysia
iadnan@ukm.edu.my

MOHD FAKHRUL ZAMANI KADIR

Jabatan Fizik, Fakulti Sains, Universiti Malaya,
50603 Kuala Lumpur, Malaysia
mfzkadir@um.edu.my

MUHAMMAD FADHLULLAH ABD. SHUKUR

Fundamental and Applied Sciences Department,
Universiti Teknologi PETRONAS, 32610 Seri
Iskandar, Perak, Malaysia
mfadhlullah.ashukur@utp.edu.my

LIM KAR KENG

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
kk@ukm.edu.my

AFIFFUDDIN HUSAIRI MAT
JUSOH@HUSSAIN

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
afifuddin@ukm.edu.my

NOR FATIN ADLINA MOHD SALLEH

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
fatinadlina@ukm.edu.my

NOR AZILAWATI MAT ISA

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
aziela@ukm.edu.my

NURUL HANIS AMINUDDIN JAFRY

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
hanisaj@ukm.edu.my

AZLAN ABDUL RAHIM

Pusat Pengajian Citra Universiti, Jalan Temuan,
43600 Bangi, Universiti Kebangsaan Malaysia,
Selangor, Malaysia
azrahim@ukm.edu.my

* Pengarang koresponden: hafizhamsan93@ukm.edu.my

Received: 19 November 2025 / Accepted: 3 December 2025 / Published: 5 December 2025