

**ADVANCED INTERNATIONAL JOURNAL OF
BUSINESS, ENTREPRENEURSHIP AND SME'S
(AIJBES)**www.aijbbs.com**MENEROKA TREND TERKINI: SLR PENDIDIKAN TENAGA
BOLEH BAHARU PELAJAR SEKOLAH MENENGAH***EXPLORING THE LATEST TRENDS: SLR OF RENEWABLE ENERGY
EDUCATION FOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS*Syahir Bahiran Hilmi^{1*}, Anuar Mohd Yusof²¹ Fakulti Teknologi Kreatif Dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia
Email: c22e005p@siswa.umk.edu.my² Fakulti Teknologi Kreatif Dan Warisan, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia
Email: anuarmy@umk.edu.my

* Corresponding Author

Article Info:**Article history:**

Received date: 30.04.2024

Revised date: 13.05.2024

Accepted date: 15.06.2024

Published date: 30.06.2024

To cite this document:

Hilmi, S. B., & Mohd Yusof, A. (2024). Meneroka Trend Terkini: SLR Pendidikan Tenaga Boleh Baharu Pelajar Sekolah Menengah. *International Journal of Business Entrepreneurship and SMEs*, 6 (20), 299-318.

DOI: 10.35631/AIJBS.620025

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

Isu perubahan iklim semakin menonjol dalam agenda global, menjadikan banyak negara mengambil langkah proaktif dalam menanganinya dalam pelbagai aspek, termasuk pendidikan. Satu pendekatan untuk mengurangkan perubahan iklim melibatkan peningkatan usaha ke arah menghasilkan tenaga alternatif daripada sumber tenaga yang boleh baharu. Di peringkat sekolah menengah, pelbagai strategi digunakan untuk meningkatkan pemahaman dan kesedaran pelajar terhadap pendidikan tenaga boleh baharu, menggunakan kedua-dua kaedah konvensional dan inovasi teknologi. Kemajuan pesat teknologi telah memudahkan peningkatan pendidikan tenaga boleh baharu, menawarkan pelajar akses kepada sumber teknologi terkini. Kajian ini menjalankan Kajian Literatur Sistematis (SLR) untuk memahami trend semasa dan potensi penggunaan teknologi dalam meningkatkan pemahaman dan kesedaran pelajar terhadap pendidikan tenaga boleh baharu. Matlamat utama SLR adalah untuk mengenal pasti atribut yang dikaji pengkaji lepas, kaedah kajian, dan mod pendidikan dalam kaedah pengajaran dan pendekatan untuk belajar tentang pendidikan tenaga boleh baharu dalam kalangan pelajar sekolah menengah. Menggunakan pangkalan data Scopus, artikel yang berkaitan telah dipilih untuk dianalisis. Daripada 54 artikel yang dikenal pasti semasa saringan awal, 41 memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, dan daripada jumlah ini, 31 telah menjalani analisis yang lebih terperinci. Hasil SLR ini mendedahkan pelbagai atribut yang pernah dikaji oleh penyelidik, termasuk pengetahuan, kesedaran, motivasi, minat, sikap, tingkah laku, dan persepsi, sama ada melalui tinjauan atau penilaian atribut pelajar. Dapatan ini juga menunjukkan kebergantungan utama pendidikan kepada kaedah pengajaran konvensional berbanding integrasi teknologi. Kesimpulannya, kajian ini menyoroti trend semasa dalam atribut dan kaedah penyelidikan serta mod pendidikan yang

bermanfaat untuk kajian lanjutan. Ia juga menunjukkan terdapat potensi dan peluang yang ketara bagi mengaplikasi teknologi dalam meningkatkan pendidikan tenaga boleh baharu dalam kalangan pelajar sekolah menengah.

Kata Kunci:

Pendidikan Tenaga Boleh Baharu, Penggunaan Teknologi Dalam Pembelajaran, Pembelajaran Sekolah Menengah.

Abstract:

The issue of climate change is increasingly prominent on the global agenda, prompting many countries to take proactive steps in addressing it across various domains, including education. One approach to mitigating climate change involves enhancing efforts towards producing alternative energy from renewable sources. At the secondary school level, a range of strategies are employed to improve students' understanding and awareness of Renewable Energy Education, utilizing both conventional methods and technological innovations. The rapid advancement of technology has simplified the enhancement of Renewable Energy Education, offering students access to the latest technological resources. This study conducted a Systematic Literature Review (SLR) to uncover current trends and the potential of various technologies in augmenting students' understanding and awareness of Renewable Energy Education. The primary goal of the SLR was to identify recent attributes, study methods, and approaches to learning about Renewable Energy Education among secondary school students. Utilizing the Scopus database, relevant articles were selected for review. Out of 54 articles identified during the initial screening, 41 met the predefined criteria, and of these, 31 were deemed suitable for a more detailed analysis. The results of this SLR revealed a variety of attributes previously studied by researchers, including knowledge, awareness, motivation, interest, attitudes, behaviours, and perceptions, primarily through surveys or assessments of student attributes. The findings also indicated a predominant reliance on conventional teaching methods over technological interventions. In conclusion, this study highlights the current trends in attributes and research methods that could guide further investigations. It also underscores the notable gap in technology application, a crucial element in enhancing Renewable Energy Education among secondary school students.

Keywords:

Renewable Energy Education, Use of Technology in Learning, High School Learning.

Pendahuluan

Isu perubahan iklim merupakan suatu isu yang semakin mendapat perhatian di seluruh dunia. Masyarakat dunia semakin sedar mengenai kepentingan menangani isu perubahan iklim bagi mengelakkan kesan buruk berlaku terhadap bumi yang memberi impak kepada kehidupan manusia dan alam sekitar. Perubahan iklim membawa kepada isu bencana iklim iaitu perubahan cuaca dan iklim yang ekstrem disebabkan oleh peningkatan gas rumah hijau yang berpunca dari pelbagai aktiviti manusia. Dalam usaha menangani kemudaratan yang berlaku terhadap alam sekitar yang disebabkan oleh perubahan iklim, pelbagai kaedah telah diambil termasuk penggunaan kaedah alternatif dan kaedah pengeluaran seperti sisa sifar, pengeluaran bersih, sumber tenaga boleh baharu, dan pengurusan sampingan permintaan (Fekih Zguir et al., 2022).

Tenaga boleh baharu (TBB) menjadi suatu pilihan bagi penjimatan tenaga tanpa kehilangan sumber alam sekitar (Muslim et al., 2021). Pendapat ini disokong oleh Derasid (2021) yang berpendapat, sumber tenaga boleh baharu boleh menjadi alternatif kerajaan dalam membangunkan ekonomi dan pertumbuhan sosial negara. Mengikut ramalan Agensi Tenaga Antarabangsa (ATA), pertumbuhan kapasiti terbesar dalam tahun-tahun akan datang adalah dalam bidang tenaga suria, tenaga angin, kuasa hidro dan biotenaga, di negara Arab dan Rusia, pelaburan dalam sektor tenaga boleh baharu (TBB) juga telah meningkat (Szakály et al., 2021). Menjelang tahun 2050, pengetahuan dan kesedaran generasi muda penting dalam mengurangkan pelepasan gas rumah hijau (Kaczmarczyk & Urych, 2022). Pendidikan tentang tenaga di peringkat sekolah perlu dilaksanakan bagi memupuk kesedaran tenaga dalam kalangan masyarakat khususnya pelajar, yang akan memberikan mereka pengalaman dan pemahaman asas tentang penggunaannya melalui kaedah dan usaha yang tersusun (Basri et al., 2021).

Renewable energy education (REE) atau pendidikan tenaga boleh baharu (PTBB) adalah proses pengajaran dan pembelajaran berkenaan dengan sumber tenaga boleh baharu (TBB). Muslim (2021) menyatakan, pendidikan tenaga boleh baharu (PTBB) penting dalam meningkatkan pengetahuan dan kesedaran pelajar yang perlu kepada penekanan melalui pendidikan yang sempurna bagi memenuhi keperluan permintaan tenaga di masa hadapan. Tidak dapat dinafikan, pendidikan menjadi agen penting dalam melakukan perubahan sosial dan mengubah persepsi, ia adalah suatu alat yang dapat memberi kesedaran mengenai isu dan menyediakan ruang latihan kepada profesional (Friman et al., 2022).

Pemahaman pelajar mengenai aspek etika, teknologi dan ekonomi tenaga bersih amat penting kerana, tanpa pengetahuan dan kesedaran yang betul, pelajar mungkin tidak dapat mencari penyelesaian kepada cabaran bagi memenuhi keperluan tenaga (Ewim et al., 2023). Mendepani masyarakat yang peka terhadap isu kemampanan membolehkan guru merangka kaedah pengajaran yang lebih inovatif kepada pelajar dengan meningkatkan kecekapan pelajar ke arah dasar kemampanan berskala besar yang lebih efektif (Liarakou et al., 2021). Pelbagai inovasi bahan pengajaran dan pembelajaran boleh dihasilkan bagi menggalakkan pelajar ke arah kefahaman mengenai sumber penggunaan tenaga boleh baharu (TBB). Pendidik perlu mengambil tindakan sewajarnya bagi menghasilkan inovasi pendidikan seperti rangka kerja atau modul pengajaran dan pembelajaran sebagai latihan kepada guru dan bahan bantu mengajar kepada pelajar (Nawawi & Yasin, 2022).

Tujuan Kajian SLR

Artikel ini bertujuan menjalankan SLR menggunakan kaedah *preferred reporting items for systematic review and meta-analyses* (PRISMA) bagi mengenalpasti kajian yang relevan dan trend semasa mengenai pendidikan tenaga boleh baharu yang dilaksanakan di peringkat sekolah menengah. Pengumpulan dan penganalisan data dari kajian-kajian terdahulu digunakan untuk memahami dimensi-dimensi kajian dan kaedah pengajaran yang digunakan di dalam bilik darjah. Berpandukan kepada dapatan kajian ini, seterusnya kami dapat mengemukakan cadangan yang strategik dan praktikal dalam mempertingkatkan pengetahuan serta pengalaman pelajar dalam bidang ini melalui penggunaan teknologi terkini, sejajar dengan keperluan pendidikan masa kini dan akan datang. Hasil dari kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai amalan terbaik dalam pengajaran tenaga boleh baharu di peringkat sekolah menengah melalui penggunaan teknologi yang dapat disesuaikan dalam penggunaannya di bilik darjah. Kajian ini juga diharapkan dapat menyumbang kepada pembangunan kurikulum yang lebih dinamik dan responsif terhadap keperluan pendidikan,

serta membekalkan pendidik dengan sumber dan teknologi yang diperlukan untuk mengintegrasikan konsep-konsep tenaga boleh baharu secara efektif di dalam pengajaran.

Metodologi

Penyelidik telah menjalankan Tinjauan Literatur Sistemik (SLR) dengan merujuk kepada sorotan literatur daripada kajian-kajian lepas yang diperoleh daripada laman web Scopus. Untuk mencapai objektif penyelidikan ini, kajian literatur yang sistematik telah dijalankan mengikut protokol PRISMA. Kaedah ini menyediakan proses yang menyeluruh untuk memilih artikel yang berkaitan dan berkualiti, memudahkan pemeriksaan terperinci terhadap pelbagai pandangan penyelidik dan pengarang serta dapat menangani persoalan khusus dan membuka ruang bagi mencari jurang penyelidikan (Hoque et al., 2022). PRISMA terdiri daripada tiga peringkat untuk mencari dan memilih artikel untuk analisis iaitu Fasa Identifikasi, Fasa Penyaringan dan Fasa Kelayakan.

Fasa Identifikasi (Identification Phase)

Mengikut garis panduan PRISMA, langkah pertama protokol ini ialah Fasa Identifikasi. Scopus digunakan sebagai pangkalan data bagi membuat pencarian berdasarkan kata kunci yang dipilih. Kata kunci yang berkaitan adalah mengenai pelajar sekolah menengah dan tenaga boleh baharu (TBB) serta perkataan yang sinonim dengannya. Kata kunci ini telah digunakan bersama carian Boolean dalam melakukan pencarian di laman Scopus dan ditunjukkan dalam Jadual 1. Dari fasa ini, pengkaji telah mendapat 54 artikel berkaitan dengan skop kajian.

Jadual 1: Pencarian

Pangkalan data	Kata kunci
Scopus	TITLE-ABS-KEY (Student AND (“Secondary Education” OR “Secondary School” OR School) AND (“Renewable Energy” OR “Clean Energy” OR “Alternate Energy” OR “Energy Education” OR “Energy Literacy”))

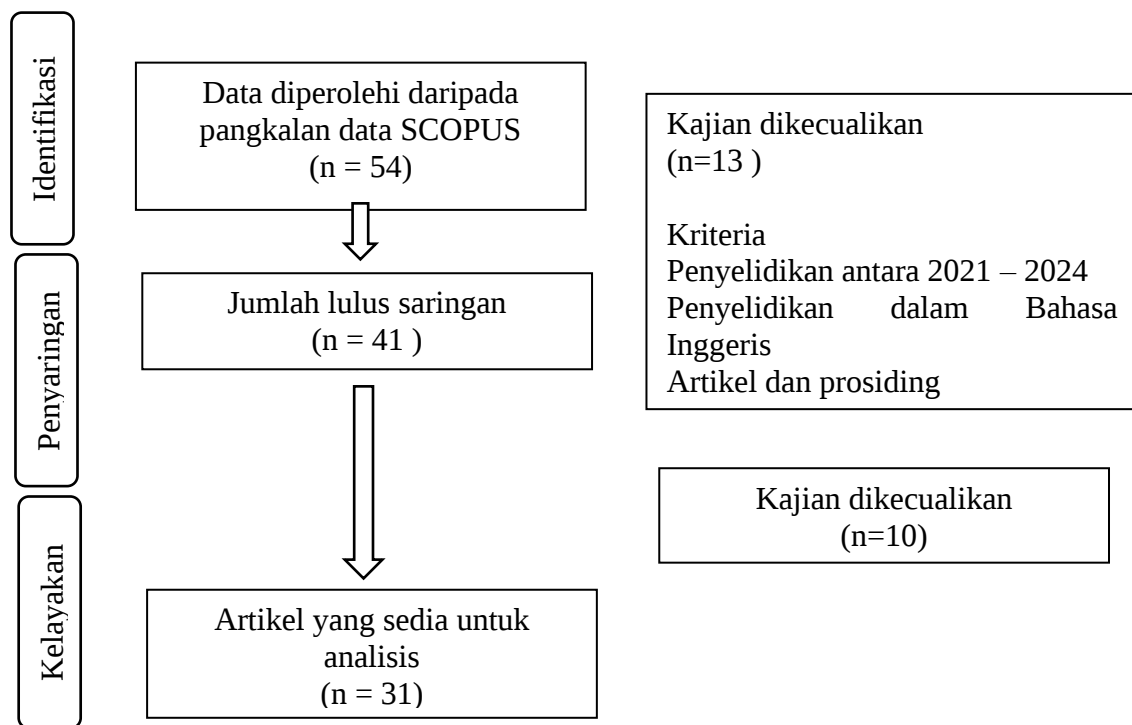
Fasa Penyaringan (Screening Phase)

Dalam fasa ini, artikel disaring berdasarkan tajuk dan abstrak. Artikel yang tidak menepati kriteria yang dikehendaki dikeluarkan. Pada fasa ini, 41 artikel telah dipilih bagi melalui fasa seterusnya. Kriteria yang ditetapkan adalah seperti Jadual 2.

Jadual 2: Kriteria Pemilihan

Kriteria kemasukan	Kriteria pengecualian
Kajian ini dijalankan antara 2021 - 2024	Penyelidikan sebelum 2021
Artikel penyelidikan dari jurnal dan prosiding	Selain daripada artikel penyelidikan dari jurnal dan prosiding
Pelajar sekolah menengah, Pendidikan Tenaga Boleh Baharu, Tenaga Boleh Baharu, Tenaga Alternatif, Tenaga Bersih, Literasi Tenaga	Selain pelajar sekolah menengah, Pendidikan Tenaga Boleh Baharu, Tenaga Boleh Baharu, Tenaga Alternatif, Tenaga Bersih, Literasi Tenaga

Selepas proses penyaringan berdasarkan kriteria ini, sebanyak 31 artikel telah dipilih manakala 10 lagi telah dikeluarkan kerana tidak relevan dengan skop kajian. Proses penyaringan dan pemilihan artikel diterangkan melalui Rajah 1.



Rajah 1: Proses Penapisan Artikel

Fasa Kelayakan (Eligibility Phase)

31 artikel yang dipilih melalui proses analisa secara lebih mendalam bagi memahami kandungan dan tema-tema penyelidikan yang telah dijalankan menerusi kaedah kualitatif serta untuk mendapatkan maklumat mengenai skop kajian serta jurang yang boleh didapati. Penyelidik kemudiannya menyusun dan menganalisis maklumat yang diperolehi daripada kajian literatur untuk menghasilkan satu jadual ringkasan artikel mengenai kajian tenaga boleh baharu (TBB) bagi pelajar sekolah menengah berdasarkan nama penulis, tajuk artikel, tujuan kajian, metodologi, persampelan, pendekatan dan dapatan kajian. Setiap maklumat yang dimasukkan telah diperiksa dengan teliti untuk memastikan ketepatan dan boleh digunakan untuk proses analisa selanjutnya.

Jadual 3 : Ringkasan Artikel Yang Dipilih Untuk Analisis

Pengarang	Tajuk	Kaedah Kajian	Mencari
Lizana et al. (2021)	A methodology to empower citizens towards a low-carbon economy. The potential of schools and sustainability indicators.	ClimACT bertujuan untuk mengukur bagaimana sekolah mesra alam menggunakan sistem penarafan khas yang meliputi kawasan seperti tenaga, air, dan sisa, dan membantu pelajar, guru, dan keluarga mengamalkan amalan yang menjimatkan tenaga dan	Sekolah yang menggunakan kaedah baru menyaksikan peningkatan kesan terhadap alam sekitar dan prestasi 10% lebih baik dalam setahun.

			mengurangkan pelepasan karbon.	
C. S. Chen & Lin (2021)	An action research on the long-term implementation of an engineering-centered PJBL of sustainable energy in a rural middle school	Pelajar meningkatkan kemahiran kejuruteraan dengan membina pelbagai jenis peranti kuasa mesra alam, seperti penjana kuasa angin dan air, termasuk beberapa yang dibuat dengan percetakan 3D.	Persekitaran yang menyokong dan kreatif membantu meningkatkan amalan perlindungan alam sekitar dan sikap pembelajaran pelajar dalam tempoh pelaksanaan.	
Bahrami & Mohammadi (2021)	Assessing Energy Literacy of Iranian Ninth-Grade Students	Menggunakan 'Soal Selidik Literasi Tenaga' (ELQ) Ujian Mann-Whitney U, korelasi momen produk Spearman, dan ujian Z digunakan untuk menganalisis data	Pelajar mempunyai pengetahuan yang terhad, menyedari keperluan tenaga dan mempunyai sikap positif terhadap isu-isu yang berkaitan dengan tenaga. Kajian ini juga memberi tumpuan kepada kemahiran kognitif seperti pemikiran kritis dan analisis.	
Zulkarnaen et al.(2023)	Behavior toward energy: An exploration of high school students' perspective in Indonesia	Soal selidik menggunakan 39 item yang meneroka perspektif pelajar mengenai tingkah laku mereka terhadap tenaga	Pelajar mempunyai tahap tingkah laku yang sederhana, tanpa perbezaan yang signifikan antara jantina. Pelajar dalam pendidikan tenaga tidak formal menunjukkan tahap tingkah laku tenaga yang lebih tinggi.	
Nazarudin et al.(2021)	Bioenergy knowledge, perception and attitude among students at Jambi state senior high school	Instrumen tinjauan yang digunakan dalam kajian ini diadaptasi daripada kajian P. Halder.	Pemahaman pelajar tentang biotenaga, yang dipengaruhi oleh sekolah, rumah, dan media sosial, mempunyai kesan yang signifikan terhadap pengetahuan, pandangan, dan sikap mereka tentang biotenaga.	
Keller et al.(2022)	Can Education Save Money, Energy, and the	Instrumen tinjauan	ETSIT berkesan meningkatkan literasi tenaga pelajar	

	Climate?— Assessing the Potential Impacts of Climate Change Education on Energy Literacy and Energy Consumption in the Light of the EU Energy Efficiency Directive and the Austrian Energy Efficiency Act		merentasi aspek kognitif, emosi dan tingkah laku. Tiga perempat daripada peserta menyatakan keinginan untuk mengubah tingkah laku penggunaan tenaga masa depan mereka secara positif kerana penglibatan mereka dalam bengkel.
Muslim et al. (2021)	Case study: Vocational student's knowledge and awareness level toward renewable energy in Indonesia.	Soal selidik melalui tinjauan web. Instrumen pengetahuan menggunakan soalan yang benar dan palsu dan instrumen kesedaran menggunakan skala 5 Likert.	Pelajar sekolah vokasional mempunyai tahap pengetahuan yang baik mengenai tenaga boleh baharu dan tahap kesedaran sederhana.
C. Zhang et al. (2022)	Construction and Application of VR- AR Teaching System in Coal- Based Energy Education	Aktiviti pengajaran sains berasaskan sistem VR- AR dijalankan semasa aktiviti "Hari Terbuka" dan "Masuk Kampus".	Menggunakan VR-AR membantu industri perlombongan arang batu, dengan memperkenalkan perlombongan arang batu di China.
Oziah Othman et al. (2022)	Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception	Modul CT-STEM merangkumi aktiviti STEM luar dunia nyata yang berbeza yang memberi tumpuan kepada celik tenaga. Penyelidikan menggunakan lembaran kerja, borang penilaian bilik darjah, dan soal selidik terbuka.	Modul dapat meningkatkan kreativiti pelajar dan menjadikan pembelajaran menyeronokkan.
Khoirunnisa et al. (2022)	Design a virtual laboratory based on the characteristics of vocational students	Pembangunan makmal gasifikasi maya merupakan media e- pembelajaran yang berkaitan dengan biojisim sebagai tenaga boleh diperbaharui.	Kemudahan dan infrastruktur sokongan diperlukan dalam pendidikan tenaga boleh diperbaharui.
Ali et al. (2021)	Design and Implementation of Trainer Kit for	Pembangunan reka bentuk dan pelaksanaan Kit Latihan untuk Sistem	. Pakar media dan jurutera elektrik menilai TK-HOGS

	Hybrid On-Grid Solar Power Generation System	Penjanaan Tenaga Suria Hibrid Pada Grid (TK-HOGS).	sebagai "Sangat Baik" dapat membantu pensyarah dan pelajar dalam kursus penjanaan kuasa praktikal.
Susila et al. (2021)	Development of enrichment book of physics concept on solar power plant for high school students	Buku pengayaan dilengkapi dengan bahan, persembahan, bahasa, dan paparan untuk membantu pelajar memahami konsep fizik tenaga boleh baharu	Ujian guru, pra-ujian, pasca ujian, dan skor pemerolehan adalah 88.6%, 59.1%, 75.7%, dan 3.7 menunjukkan bahawa terdapat peningkatan sederhana dalam pengetahuan pelajar.
Ashnam et al. (2022)	Development of Problem-Based Learning E-Modules on Renewable Energy Subjects for Distance Learning	Pembangunan E-Modul pembelajaran media berasaskan Problem Based Learning	Keputusan kajian menunjukkan e-modul boleh digunakan sebagai medium pembelajaran fizik di sekolah.
Rohmatulloh et al. (2021)	Energy Literacy and Education: The Viewpoint of Stakeholders to Promote Energy Literacy in Education	Kaedah kajian kes penerokaan menggunakan semakan dokumen, pemerhatian, dan wawancara separa berstruktur	Literasi tenaga adalah sebahagian daripada pendidikan alam sekitar yang menekankan pemahaman, sikap, dan perubahan tingkah laku dalam subjek sains dan agama.
Szeberényi et al. (2022)	Examining the Relationship between Renewable Energy and Environmental Awareness	Soal selidik	Secara keseluruhan, tidak ada perbezaan yang signifikan dalam kesedaran dan sikap alam sekitar di kalangan pelajar tahap pendidikan yang berbeza (sekolah rendah, menengah, dan pendidikan tinggi)
El Azzouzi et al. (2023)	Exploring the evolution of student interest: Investigation of the scientific aspects of learning physics towards renewable energy	Kajian ini menggunakan soal selidik yang terdiri daripada 6 item yang menggunakan <i>Google Form</i> .	Penggunaan matematik dalam fizik dapat meningkatkan minat pelajar. Pengintegrasian fizik dengan pendidikan alam sekitar memberi kesan positif kepada

			pemahaman mereka dan mendorong mereka untuk meneruskan kerjaya saintifik.
Kellberg et al. (2023)	Fostering students' willingness to act pro-environmentally through an identity-oriented socio-scientific exhibition on the energy transition	Aktiviti lawatan pameran muzium sosio-saintifik moden	Kesediaan keseluruhan pelajar untuk bertindak berubah dengan ketara dari sebelumnya hingga selepas lawatan pameran mereka, dan mendapati bahawa pengetahuan tenaga sedia ada pelajar tetapi bukan minat mereka mempengaruhi kesediaan mereka untuk bertindak selepas lawatan pameran.
Restrepo et al. (2022)	Hand made solar cells from chlorophyll for teaching in high school energy education	Amalan makmal baru untuk menjelaskan penjanaan tenaga bersih	Pelajar sekolah menengah lebih bermotivasi untuk mempelajari konsep baru dari aktiviti yang serupa dengan kehidupan sebenar. 90% pelajar mempelajari teknik asas dan aplikasi cahaya yang kelihatan untuk pencirian, dan 85% memahami potensi elektrik dalam sel elektrokimia.
Abdurrahman et al. (2023)	Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills	Proses Reka Bentuk Kejuruteraan STEM-PBL Bersepadu (EDP) dalam pembelajaran tenaga boleh baharu	Pelajar belajar dengan kaedah Proses Reka Bentuk STEM-Kejuruteraan melakukan lebih baik daripada mereka yang mempunyai kaedah STEM standard. Pendekatan ini juga menjadikan pelajar lebih terlibat dan meningkatkan prestasi mereka dalam kedua-dua teori dan amalan,

			meningkatkan kemahiran berfikir mereka.
Colmenares-Quintero et al. (2022)	Learning and Teaching Styles in a Public School with a Focus on Renewable Energies	Reka bentuk penyelidikan bukan eksperimen, jenis transversal.	Pelajar dan guru lebih suka gaya pengajaran dan pembelajaran reflektif. Pelajar menikmati pembelajaran aktif, manakala guru sering menggunakan kaedah individu dan berasaskan pertanyaan.
J. C. Wang & Wang (2023)	Learning effectiveness of energy education in junior high schools: Implementation of action research and the predict–observe–explain model to STEM course	Model predict-observe-explain (POE)	Model pertanyaan POE memberi kuasa kepada pelajar untuk berfikir secara bebas dan komprehensif, menjadikan pembelajaran tenaga menarik dan meningkatkan keyakinan mereka
Wagner et al. (Wagner et al., 2021)	Making School-Based GHG-Emissions Tangible by Student-Led Carbon Footprint Assessment Program.	Alat Excel telah dibangunkan dalam projek Schools4Future.	Penggunaan alat yang membolehkan pelajar dan guru meningkatkan efikasi diri dan menggalakkan mereka untuk melaksanakan langkah-langkah perlindungan iklim.
Kersánszki et al. (2023)	Minecraft Game as a New Opportunity for Teaching Renewable Energy Topics	Platform permainan menggunakan Minecraft, yang merupakan permainan video pelbagai platform yang digunakan sebagai permainan pendidikan.	Penggunaan Minecraft dapat meningkatkan minat dan motivasi pelajar, serta membantu pelajar menguasai bahan pengetahuan, menyelesaikan tugas yang berkesan dan memupuk semangat kerjasama.
Khoirunnisa et al. (2023)	Optimization of Gasification Learning in Vocational High Schools using	Perisian yang dibangunkan adalah dalam bentuk Gasification Virtual Laboratory (GVL).	Hasil kajian menunjukkan bahawa GVL boleh dilaksanakan dan berkesan dalam membantu proses

Virtual Laboratories		pembelajaran tenaga boleh baharu di sekolah menengah vokasional.	
Kaczmarczyk & Urych (Kaczmarczyk & Urych, 2022)	Perception of the Transition to a Zero-Emission Economy in the Opinion of Polish Students	Kaji selidik. Tinjauan ini terdiri daripada sembilan soalan terbuka.	Penemuan juga menunjukkan bahawa kesedaran di kalangan orang Poland muda tentang kepentingan masyarakat rendah karbon adalah tidak memuaskan.
Ilmi et al. (2021)	Project based learning: Model electric power plants MaS WaWi (biomass, sun, water, and wind) to improve student energy literacy	Pembangunan model dengan menerapkan pembelajaran projek melalui pendekatan STEM dalam topik pembelajaran Fizik sumber tenaga.	Model biojisim loji kuasa, matahari, air, dan angin (MaS WaWi) boleh meningkatkan literasi tenaga dari segi pengetahuan dengan nilai N-gain 0.40 (Kategori: Sederhana).
Jordan et al. (2021)	Real work with real consequences: Enlisting community energy engineering as an approach to envisioning engineering in context	Menggunakan data kajian kes. Kejuruteraan Tenaga Komuniti (CEE) digambarkan sebagai sumber yang boleh digunakan oleh pelajar untuk memahami dan memeriksa sistem sosio-tenaga tempatan mereka, dan pada masa yang sama mengambil bahagian dalam proses transformasi.	Pengaturcaraan CEE menekankan kepentingan pengetahuan masyarakat, dedikasi kepada peningkatan komuniti, dan kejuruteraan tenaga yang bertujuan untuk kelestarian sebagai sumber berharga untuk terlibat dalam disiplin.
Chien et al. (2021)	Research insights and challenges of secondary school energy education: A dye-sensitized solar cells case study	Soal selidik pilihan maklumat terbuka. Skala Likert lima mata digunakan untuk mengumpul maklum balas pelajar.	Pelbagai kursus diperlukan untuk memupuk minat pelajar dalam mengejar bidang teknologi tenaga di peringkat universiti atau sekolah siswazah.
Kurniawati & Triyanta (2021)	The development of a simple solar energy heater as a stem based instructional material for high school students	Pembangunan pemanas solar mudah sebagai bahan pengajaran berasaskan STEM.	Pelan pengajaran projek STEM Tenaga Suria Mudah yang komprehensif telah berjaya dibangunkan.

Neenan et al. (2021)	Time to Listen: Children's Voice in Geoscience Education Research	Pelajar-pelajar menggunakan suara mereka didengari melalui protes, aktivisme media sosial, dan mogok sekolah.	Perspektif kanak-kanak dan orang muda meneroka aspek sosial, politik dan pendidikan subjek geosains, seperti perubahan iklim dan bidang yang berkaitan.
García-Ferrero et al. (2021)	Towards a sustainable future through renewable energies at secondary school: An educational proposal	Ini adalah koleksi aktiviti pendidikan kreatif yang bertujuan untuk mengajar konsep yang berkaitan dengan pengeluaran elektrik yang direka untuk menggalakkan pembelajaran melalui penemuan, kerjasama dan eksperimen sebenar.	Pelajar memperoleh pemahaman yang mendalam tentang konsep penting yang berkaitan dengan elektrik dan meningkatkan minat pelajar dalam mata pelajaran saintifik serta memupuk kesedaran.

Setiap artikel diringkaskan dalam bentuk jadual untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai atribut pelajar, kaedah kajian yang digunakan (sama ada dalam bentuk tinjauan atau penilaian), dan mod pendidikan yang digunakan dalam kajian. Ringkasan dapatan daripada analisis SLR dibentangkan dalam Jadual 4.

Jadual 4: Atribut Pelajar, Kaedah Pengajian, dan Mod Pendidikan di Sekolah Menengah Pendidikan Tenaga Boleh Baharu

Artikel	Atribut Pelajar								Kaedah Kajian		Mod Pendidikan	
	Pengetahuan	Kesedaran	Motivasi	Minat	Sikap	Kelakuan	Persepsi	Lain	Kaji selidik	Penilaian	Konvensional	Teknologi
Lizana et al. (2021)		√								√	√	
C. S. Chen & Lin (2021)					√					√	√	
Bahrami & Mohammadi (2021)	√	√			√			√	√			
Zulkarnaen et al.(2023)						√			√			
Nazarudin et al.(2021)	√	√			√		√	√	√			
Keller et al.(2022)				√		√		√	√		√	
Muslim et al.(2021)	√	√							√			
C. Zhang et al. (2022)										√		√
Oziah Othman et al. (2022)				√			√			√	√	
Khoirunnisa et al. (2022)												√
Ali et al. (2021)										√	√	
Susila et al. (2021)	√									√	√	
Ashnam et al.(2022)	√									√		√

Rohmatulloh et al. (2021)					√	√			√			
Szeberényi et al. (2022)		√			√				√			
El Azzouzi et al. (2023)			√	√					√			
Kellberg et al. (2023)	√			√				√		√	√	
Restrepo et al. (2022)										√	√	
Abdurrahman et al. (2023)								√		√	√	
Colmenares-Quintero et al. (2022)								√	√			
J. C. Wang & Wang (2023)	√			√						√	√	
Wagner et al. (2021)								√		√	√	
Kersánszki et al. (2023)	√		√	√						√		√
Khoirunnisa et al. (2023)	√					√						√
Kaczmarczyk & Urych (2022)							√		√			
Ilmi et al. (2021)	√									√	√	
Jordan et al. (2021)				√				√	√			
Chien et al. (2021)	√		√		√			√	√		√	
Kurniawati & Triyanta (2021)											√	
Neenan et al. (2021)						√					√	
García-Ferrero et al. (2021)											√	

Atribut Pelajar

Atribut pelajar adalah merupakan pemboleh ubah pelajar yang dikaji oleh penyelidikan terdahulu yang menjalankan kajian terhadap topik tenaga boleh baharu di sekolah menengah. Kajian menilai pelajar mengenai pelbagai atribut, termasuk pengetahuan, kesedaran, motivasi, minat, sikap, tingkah laku, persepsi, dan lain-lain. Berdasarkan kajian yang dianalisis berdasarkan atribut pelajar, 11 kajian yang telah dikenalpasti adalah mengenai Pengetahuan (Ashnam et al., 2022; Bahrami & Mohammadi, 2021; Chien et al., 2021; Ilmi et al., 2021; Kellberg et al., 2023; Kersánszki et al., 2023; Khoirunnisa et al., 2023; Mao et al., 2023; Muslim et al., 2021; Nazarudin et al., 2021; Susila et al., 2021). Diikuti oleh 6 kajian mengenai minat (El Azzouzi et al., 2023; Jordan et al., 2021; Kellberg et al., 2023; Kersánszki et al., 2023; Oziah Othman et al., 2022; Wang & Wang, 2023) dan 7 lagi kajian mengenai sikap (Bahrami & Mohammadi, 2021; Chen & Lin, 2021; Chien et al., 2021; Nazarudin et al., 2021; Oziah Othman et al., 2022; Rohmatulloh et al., 2021; Szeberényi et al., 2022).

Terdapat 5 kajian yang memberi tumpuan kepada kesedaran (Bahrami & Mohammadi, 2021; Lizana et al., 2021; Muslim et al., 2021; Nazarudin et al., 2021; Szeberényi et al., 2022) dan 5 kajian mengenai tingkah laku (Keller et al., 2022; Khoirunnisa et al., 2023; Neenan et al., 2021; Rohmatulloh et al., 2021; Zulkarnaen et al., 2023). Tiga kajian meneroka persepsi (Kaczmarczyk & Urych, 2022; Nazarudin et al., 2021; Oziah Othman et al., 2022) manakala tiga lagi kajian mengkaji motivasi (Chien et al., 2021; El Azzouzi et al., 2023; Kersánszki et al., 2023). Atribut tambahan yang dikenalpasti ialah nilai (Bahrami & Mohammadi, 2021) aspek kognitif dan afektif (Kellberg et al., 2023; Nazarudin et al., 2021), berfikir (Abdurrahman et al., 2023) (Colmenares-Quintero et al., 2022), aset (Jordan et al., 2021) dan kemahiran eksperimen (Chien et al., 2021; Colmenares-Quintero et al., 2022; Jordan et al., 2021). Setiap atribut yang dianalisis memainkan peranan penting dalam proses pengajaran dan pembelajaran ke arah mencapai objektif dan matlamat pendidikan. Penemuan kajian ini menawarkan pandangan berharga untuk menilai keberkesanan program Pendidikan Tenaga boleh baharu yang dilaksanakan terhadap pelbagai atribut atau pemboleh ubah.

Kaedah Kajian

Dari analisis SLR, didapati bahawa banyak kajian lepas menggunakan kaedah tinjauan dan penilaian. Suatu tinjauan dirancang secara sistematik untuk mengumpul data daripada sekumpulan responden. Dalam konteks pendidikan tenaga boleh baharu (PTBB), tinjauan boleh disesuaikan untuk menilai atribut pelajar, seperti pengetahuan asas mereka tentang tenaga boleh baharu, perubahan dalam kesedaran dan sikap mereka terhadap kemampanan, dan minat dan motivasi mereka dalam mempelajari topik tenaga boleh baharu. Kaedah penilaian dalam penyelidikan pendidikan juga melibatkan penilaian keberkesanan intervensi pengajaran, reka bentuk kurikulum, dan teknologi pendidikan. Dalam kajian PTBB, penilaian mungkin memberi tumpuan kepada kesan modul atau kaedah pengajaran tertentu, seperti simulasi interaktif, pembelajaran berasaskan projek, atau penggunaan kit tenaga boleh baharu, mengenai pembelajaran dan penglibatan pelajar.

Kaedah yang digunakan dalam kajian ini termasuk borang tinjauan menggunakan soal selidik (Bahrami & Mohammadi, 2021; Colmenares-Quintero et al., 2022; El Azzouzi et al., 2023; Kaczmarczyk & Urych, 2022; Szeberényi et al., 2022; Zulkarnaen et al., 2023) tinjauan dalam talian (Keller et al., 2022; Muslim et al., 2021; Nazarudin et al., 2021) kaedah kajian kes (Jordan et al., 2021; Rohmatulloh et al., 2021) dan undian pelajar (Neenan et al., 2021). Sementara itu, kaedah penilaian telah digunakan oleh ramai penyelidik (Abdurrahman et al., 2023; Ali et al., 2021; Ashnam et al., 2022; Chen & Lin, 2021; Ilmi et al., 2021; Kellberg et al., 2023; Kersánszki et al., 2023; Lizana et al., 2021; Oziah Othman et al., 2022; Restrepo et al., 2022; Susila et al., 2021; Wagner et al., 2021; Wang & Wang, 2023; Zhang et al., 2022). Kedua-dua kaedah tinjauan dan penilaian menyumbang kepada pemahaman yang mendalam tentang dinamik PTBB untuk pelajar di sekolah menengah.

Mod Pendidikan

Pelbagai pendekatan atau mod pendidikan telah dilaksanakan di sekolah menengah bagi meningkatkan penglibatan pelajar dengan tenaga boleh baharu (TBB). Daripada 21 kajian yang dianalisis, mod pendidikan adalah dalam bentuk pembangunan modul atau teknik pengajaran dan pembelajaran sebagai intervensi kepada pelajar. Dalam analisis SLR kajian ini, mod pendidikan dikategorikan kepada dua kumpulan: mod konvensional dan teknologi. Mod konvensional merujuk kepada kaedah pengajaran tradisional, bukan teknologi, manakala mod teknologi melibatkan penggunaan teknologi digital dalam pengajaran. Bagi kaedah pengajaran yang menggunakan mod pendidikan konvensional, banyak kajian telah menunjukkan bahawa pendekatan ini biasanya diamalkan di sekolah untuk pendidikan tenaga boleh baharu.

Teknik-teknik ini termasuk penggunaan instrumen penilaian (Lizana et al., 2021; Wagner et al., 2021), Pembelajaran Berasaskan Projek (Chen & Lin, 2021), bengkel (Chen & Lin, 2021), kursus pendidikan tenaga antara disiplin (Keller et al., 2022), pembangunan sistem VR-AR (realiti tambahan realiti maya) (Zhang et al., 2022), modul pengajaran kreatif (Oziah Othman et al., 2022), makmal maya (Khoirunnisa et al., 2022, 2023), kit latihan tenaga solar (Ali et al., 2021), buku pengayaan Fizik mengenai tenaga suria (Susila et al., 2021), media pembelajaran e-modul (Ashnam et al., 2022), lawatan ke pameran (Kellberg et al., 2023), proses reka bentuk kejuruteraan bersepadu STEM-PBM (Abdurrahman et al., 2023), Permainan Minecraft (Kersánszki et al., 2023), model (Ilmi et al., 2021), dan eksperimen (Chien et al., 2021; García-Ferrero et al., 2021; Kurniawati & Triyanta, 2021; Restrepo et al., 2022). Banyak kajian yang memberi tumpuan kepada pelajar sekolah menengah menyerlahkan kepentingan keperluan mengintegrasikan Pendidikan tenaga boleh baharu ke dalam kurikulum sekolah. Namun,

kajian-kajian ini juga mendedahkan kekurangan ketara dalam penggabungan kaedah teknologi dalam mengajar tenaga boleh baharu terhadap pelajar sekolah menengah.

Perbincangan

Atribut Pelajar

Dengan mengukur atribut pelajar, kajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kesan Pendidikan Tenaga boleh baharu (PTBB), yang merangkumi kognitif (pengetahuan), afektif (sikap, minat, motivasi), dan perubahan tingkah laku (amalan, persepsi) dalam kalangan pelajar. Pendekatan holistik ini membolehkan pendidik dan penggubal dasar menilai kekuatan dan kelemahan inisiatif PTBB semasa, membuka jalan bagi strategi yang lebih bersasar dan berkesan yang boleh memberi inspirasi dan memperkasakan pelajar untuk menyumbang kepada masa depan yang lebih mampan. Pendidikan dalam tenaga boleh baharu adalah penting untuk meningkatkan pengetahuan dan kesedaran pelajar (Muslim et al., 2021). Walau bagaimanapun, terdapat penyelidikan terhad yang memberi tumpuan kepada perspektif masyarakat, seperti pemahaman awam dan kesedaran biotenaga (Nazarudin et al., 2021).

Kaedah Kajian

Kaedah tinjauan dan penilaian digunakan secara meluas dalam penyelidikan pendidikan untuk menilai pelbagai aspek metodologi pengajaran, keberkesanan kurikulum, dan hasil pelajar, termasuk dalam PTBB. Kaedah ini boleh menghasilkan data kuantitatif dan kualitatif, menawarkan pandangan mengenai pengetahuan, sikap, tingkah laku, dan persepsi pelajar, serta keberkesanan strategi pedagogi dan teknik pengajaran dan pembelajaran yang berbeza. Kaedah tinjauan yang digunakan mempunyai kaedah yang tersendiri. Pelajar yang mengambil bahagian dalam kursus amali ditinjau dengan skala Likert 5 mata, mulai dari "sangat bersetuju" (5) hingga "sangat tidak setuju" (1), diikuti dengan penambahan dua soalan terbuka kepada soal selidik (Chien et al., 2021). Bilangan responden juga berbeza-beza, dari kumpulan kecil hingga besar. Satu tinjauan telah dijalankan untuk mengukur persepsi industri perlombongan arang batu di kalangan lebih 1000 pelajar sekolah rendah dan menengah, serta 1000 pelajar kolej dari jurusan yang tidak berkaitan dengan tenaga (Zhang et al., 2022). Instrumen tinjauan boleh dibuat oleh penyelidik atau disesuaikan dari penyelidikan lain.

Proses penilaian adalah penting untuk mengukur keberkesanan pendekatan pembelajaran. Penilaian murid dijalankan menggunakan kaedah inovatif, seperti rubrik, aplikasi Socratic, dan satu siri helaian berkaitan eksperimen (García-Ferrero et al., 2021). Penilaian ini bertujuan untuk menganalisis kelebihan strategi alam sekitar yang inovatif, menggunakan petunjuk kemampanan, untuk memudahkan peralihan rakyat ke arah ekonomi rendah karbon (LCE) (Lizana et al., 2021). Menggunakan pendekatan ini membolehkan penyelidik menangkap perspektif yang pelbagai mengenai arahan dan penerimaan topik tenaga boleh baharu di peringkat sekolah menengah, mengenal pasti amalan teladan, dan menyerlahkan peluang untuk penambahbaikan.

Mod Pendidikan

Dapatan bahawa hanya 5 daripada 31 artikel yang dikaji dalam Kajian Literatur Sistematis (SLR) yang memberi tumpuan kepada penggunaan teknologi dalam Pendidikan Tenaga boleh baharu (PTBB) di sekolah menengah, berbanding majoriti yang membincangkan kaedah konvensional, memberikan beberapa pandangan dan implikasi penting dalam bidang penyelidikan dan amalan pendidikan dalam tenaga boleh baharu. Perbezaan ini menunjukkan

bahawa pada masa ini terdapat integrasi teknologi yang terhad dalam PTBB di peringkat sekolah menengah. Walaupun kemajuan pesat dan peningkatan aksesibiliti teknologi pendidikan, kaedah pengajaran konvensional tetap dominan. Ini mungkin disebabkan oleh pelbagai faktor, seperti sumber yang terhad, kekurangan latihan guru dalam teknologi baru, atau kekangan kurikulum yang tidak dapat menampung atau menggalakkan penggunaan alat teknologi inovatif. Kemajuan teknologi maklumat dan komunikasi memudahkan pengenalan metodologi pengajaran baru (Khoirunnisa et al., 2023).

Sebilangan kecil kajian yang memberi tumpuan kepada penggunaan teknologi dalam PTBB mungkin menunjukkan potensi yang belum diterokai untuk meningkatkan penglibatan pelajar dan hasil pembelajaran. Teknologi pendidikan, seperti simulasi interaktif, realiti maya, dan projek kolaborasi dalam talian, boleh menawarkan pengalaman pembelajaran yang mendalam dan menarik yang kaedah konvensional mungkin tidak tawarkan. Teknologi ini menjadikan konsep tenaga boleh baharu yang kompleks lebih mudah diakses dan menarik kepada pelajar, yang berpotensi membawa kepada pemahaman dan ingatan yang lebih mendalam. Pelajar dan guru tidak perlu menyediakan teknologi yang sangat maju, kerana reka bentuk pembelajaran ini mengintegrasikan peralatan yang berpatutan, mudah, dan mudah didapati untuk mencipta pengalaman pembelajaran yang lebih berkesan (Abdurrahman et al., 2023).

Ketiadaan sistem teknologi moden menjadikannya satu tugas yang mencabar bagi pelajar sekolah rendah dan menengah untuk mengalami keadaan sebenar perlombongan pintar (Zhang et al., 2022). Penggunaan teknologi dalam PTBB mencerminkan keperluan yang lebih luas untuk sokongan dan latihan untuk pendidik. Peluang pembangunan profesional yang memberi tumpuan kepada mengintegrasikan teknologi ke dalam bilik darjah, khusus untuk mengajar mata pelajaran kompleks seperti tenaga boleh baharu, boleh memberi kuasa kepada guru untuk mengamalkan amalan pengajaran yang lebih inovatif. Pusat latihan kementerian menyediakan bengkel dan sesi pembangunan profesional yang menumpukan perhatian kepada pembezaan pembelajaran, teknik pengajaran, dan penerapan teknologi untuk menarik dan memberi inspirasi kepada pelajar (Fekih Zguir et al., 2022).

Walaupun kebanyakan artikel yang dikaji dalam SLR bergantung kepada kaedah pengajaran konvensional, penggunaan teknologi yang terhad dalam pendidikan tenaga boleh baharu mewakili kedua-dua cabaran dan peluang. Menangani jurang ini memerlukan usaha bersepadu daripada pendidik, penyelidik, dan pembuat dasar untuk meneroka dan melaksanakan strategi pengajaran yang disokong oleh teknologi yang dapat memperkayakan pendidikan tenaga boleh baharu dan mempersiapkan pelajar dengan ilmu pengetahuan dan persediaan yang lebih baik di masa depan, di mana tenaga boleh baharu memainkan suatu peranan penting dalam segenap bidang.

Kesimpulan

Atribut pelajar, seperti kesedaran, tingkah laku, persepsi, motivasi, dan lain-lain seperti nilai, aspek kognitif dan afektif, kemahuan, dan pemikiran, adalah penting dalam membentuk pengalaman dan hasil pembelajaran mereka dalam pendidikan tenaga boleh baharu. Ciri-ciri ini mempengaruhi kesediaan pelajar untuk menerima konsep dan amalan tenaga boleh baharu, menekankan keperluan untuk penerapan pendidikan yang sesuai untuk menangani dan memupuk pelbagai aspek penglibatan pelajar.

Metodologi yang digunakan dalam kajian yang dikaji menerusi kaedah tinjauan dan penilaian, memberikan pandangan berharga mengenai landskap semasa pendidikan tenaga boleh baharu.

Tinjauan melalui soal selidik secara umum dan platform dalam talian, telah memainkan peranan penting dalam mengumpulkan data mengenai pengetahuan, sikap, persepsi pelajar serta atribut lain terhadap tenaga boleh baharu. Penilaian, sebaliknya, menilai kesan intervensi pendidikan tertentu, membolehkan pemahaman tentang keberkesanannya dalam meningkatkan penglibatan pelajar dan hasil pembelajaran.

Pendekatan pendidikan dalam pendidikan tenaga boleh baharu menyerlahkan suatu jurang antara mod pengajaran konvensional dan teknologi. Walaupun kaedah konvensional, seperti pembelajaran berasaskan projek, kursus antara disiplin, dan aktiviti pengalaman seperti pameran dan kit latihan tenaga solar, tetap digunakan oleh warga pendidik, terdapat minat yang semakin meningkat dalam mengintegrasikan alat pembelajaran melalui penggunaan teknologi. Sistem realiti maya, e-modul, dan permainan digital seperti Minecraft menawarkan jalan yang lebih inovatif untuk melibatkan pelajar. Walau bagaimanapun, penemuan menunjukkan perbezaan yang ketara dalam penggunaan pendekatan teknologi sedemikian, mencadangkan peluang yang luas untuk pembangunan dan penerokaan teknologi Pendidikan yang dapat digunakan dalam pendidikan tenaga boleh baharu.

Kesimpulannya, kepelbagaian atribut pelajar, pendekatan metodologi, dan strategi pendidikan dalam kajian ini menyediakan pelbagai pandangan terhadap pendidikan tenaga boleh baharu di sekolah menengah. Penemuan ini menekankan kepentingan pendekatan holistik yang bukan sahaja menangani dimensi kognitif dan afektif pembelajaran tetapi juga merangkumi teknik pedagogi inovatif untuk menyediakan pelajar demi masa depan mereka. Cabaran merapatkan jurang antara kaedah pengajaran konvensional dan potensi pendekatan yang didorong oleh teknologi dapat meningkatkan keberkesanan dan daya tarikan pendidikan tenaga boleh baharu, memupuk generasi individu yang bermaklumat, bermotivasi, dan mahir serta bersedia menyumbang kepada masa depan yang mampan.

Penghargaan

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

References

- Abdurrahman, A., Maulina, H., Nurulsari, N., Sukamto, I., Umam, A. N., & Mulyana, K. M. (2023). Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, 9(4), e15100. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15100>
- Ali, M., Wardhana, A. S. J., Damarwan, E. S., Muhfizaturrahmah, Yuniarti, & Bagas, W. S. (2021). Design and Implementation of Trainer Kit for Hybrid On-Grid Solar Power Generation System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1737(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1737/1/012002>
- Ashnam, M., Sunaryo, S., & Delina, M. (2022). Development of Problem-Based Learning E-Modules on Renewable Energy Subjects for Distance Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012081>
- 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>
- Chen, C. S., & Lin, J. W. (2021). An action research on the long-term implementation of an engineering-centered pjl of sustainable energy in a rural middle school. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910626>
- Chien, S. I., Su, C., Chou, C. C., & Wang, H. H. (2021). Research insights and challenges of secondary school energy education: A dye-sensitized solar cells case study. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131910581>
- Colmenares-Quintero, R. F., Barbosa-Granados, S., Rojas, N., Stansfield, K. E., Colmenares-Quintero, J. C., Ruiz-Candamil, M., & Cano-Perdomo, P. (2022). Learning and Teaching Styles in a Public School with a Focus on Renewable Energies. *Sustainability (Switzerland)*, 14(23). <https://doi.org/10.3390/su142315545>
- Derasid, N. A. C., Tahir, L. M., Musta'amal, A. H., Abu Bakar, Z., Mohtaram, N., Rosmin, N., & Ali, M. F. (2021). Knowledge, awareness and understanding of the practice and support policies on renewable energy: Exploring the perspectives of in-service teachers and polytechnics lecturers. *Energy Reports*, 7, 3410–3427. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.031>
- El Azzouzi, A., Elachqar, A., & Kaddari, F. (2023). Exploring the evolution of student interest: Investigation of the scientific aspects of learning physics towards renewable energy. *E3S Web of Conferences*, 412. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341201001>
- Ewim, D. R. E., Abolarin, S. M., Scott, T. O., & Anyanwu, C. S. (2023). A Survey on the Understanding and Viewpoints of Renewable Energy among South African School Students. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 9(2), 15375-01e. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss2pp15375-01e>
- Fekih Zguir, M., Dubis, S., & Koç, M. (2022). Integrating sustainability into curricula: Teachers' perceptions, preparation and practice in Qatar. *Journal of Cleaner Production*, 371(August), 133167. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133167>
- Friman, H., Banner, I., Sitbon, Y., Einav, Y., & Shaked, N. (2022). Preparing the Public Opinion in the Community to Accept Distributed Energy Systems and Renewable Energy. *Energies*, 15(12). <https://doi.org/10.3390/en15124226>
- García-Ferrero, J., Merchán, R. P., Mateos Roco, J. M., Medina, A., & Santos, M. J. (2021). Towards a sustainable future through renewable energies at secondary school: An educational proposal. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212904>
- Hoque, F., Yasin, R. M., & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. *Sustainability (Switzerland)*, 14(14), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su14148296>
- Ilmi, N., Sanjaya, L. A., Budi, A. S., Astra, I. M., Puspa, R. W., Dinata, F. A., Putri, R. A., Winarko, H. B., Pertiwi, W. A., & Rasmi, D. P. (2021). Project based learning: Model electric power plants MaS WaWi (Biomass, Sun, Water, and Wind) to Improve Student Energy Literacy. *AIP Conference Proceedings*, 2320(March). <https://doi.org/10.1063/5.0037528>
- Jordan, M. E., Zuiker, S., Wakefield, W., & Delarosa, M. (2021). Real work with real consequences: Enlisting community energy engineering as an approach to envisioning engineering in context. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 11(2), 231–255. <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1294>

- Kaczmarczyk, B., & Urych, I. (2022). Perception of the Transition to a Zero-Emission Economy in the Opinion of Polish Students. *Energies*, 15(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/en15031102>
- Kellberg, S., Nordine, J., Keller, M., & Lewalter, D. (2023). Fostering students' willingness to act pro-environmentally through an identity-oriented socio-scientific exhibition on the energy transition. *Frontiers in Education*, 8(March), 1–12. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1081633>
- Keller, L., Riede, M., Link, S., Hüfner, K., & Stötter, J. (2022). Can Education Save Money, Energy, and the Climate?— Assessing the Potential Impacts of Climate Change Education on Energy Literacy and Energy Consumption in the Light of the EU Energy Efficiency Directive and the Austrian Energy Efficiency Act. *Energies*, 15(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/en15031118>
- Kersánszki, T., Holik, I., & Márton, Z. (2023). Minecraft Game as a New Opportunity for Teaching Renewable Energy Topics. *Engineering Pedagogy*, 13(5), 16–29. <https://doi.org/10.1007/978-981-19-8016-9>
- Khoirunnisa, G., Saputro, H., & Tamrin, A. G. (2023). Optimization of Gasification Learning in Vocational High Schools using Virtual Laboratories. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(3), 456–467. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.3.1826>
- Khoirunnisa, G., Saputro, H., & Thamrin, A. G. (2022). Design a Virtual Laboratory Based on the Characteristics of Vocational Students. *AIP Conference Proceedings*, 2566(November). <https://doi.org/10.1063/5.0116674>
- Kurniawati, H., & Triyanta. (2021). The development of a simple solar energy heater as a stem based instructional material for high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/2/022044>
- Liarakou, G., Konstantinidi, A., & Gavrilakis, C. (2021). Local renewable energy development: School teachers' perceptions, attitudes and teaching intentions. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100589>
- Lizana, J., Manteigas, V., Chacartegui, R., Lage, J., Becerra, J. A., Blondeau, P., Rato, R., Silva, F., Gamarra, A. R., Herrera, I., Gomes, M., Fernandez, A., Berthier, C., Gonçalves, K., Alexandre, J. L., Almeida-Silva, M., & Almeida, S. M. (2021). A methodology to empower citizens towards a low-carbon economy. The potential of schools and sustainability indicators. *Journal of Environmental Management*, 284(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112043>
- Mao, P., Cai, Z., Wang, Z., Hao, X., Fan, X., & Sun, X. (2023). The effects of dynamic and static feedback under tasks with different difficulty levels in digital game-based learning. *The Internet and Higher Education*, 60(September 2023), 100923. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2023.100923>
- 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>
- Nawawi, S. R. B. M., & Yasin, R. B. M. (2022). Malaysian Student's and Teacher's Knowledge on Solar Energy and PV-Solar Technology. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 11(1), 953–978. <https://doi.org/10.6007/IJARPED/v11-i1/12210>
- Nazarudin, Hasibuan, M. P. H., Haryadi, B., Nurhayati, Ulyarti, & Hadiyanto. (2021). Bioenergy knowledge, perception and attitude among students at Jambi state senior high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 1816(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1816/1/012117>

- Neenan, E. E., Roche, J., & Bell, L. (2021). Time to Listen: Children's Voice in Geoscience Education Research. *Frontiers in Environmental Science*, 9(May), 1–6. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.669430>
- Oziah Othman, Iksan, Z. H., & Yasin, R. M. (2022). Creative Teaching STEM Module: High School Students' Perception. *European Journal of Educational Research*, 11(3), 1245–1257. https://www.researchgate.net/profile/Suntonrapot-Damrongpanit/publication/356662582_Effects_of_Mindset_Democratic_Parenting_Teaching_and_School_Environment_on_Global_Citizenship_of_Ninth-grade_Students/links/61a6dda685c5ea51abc0f7b6/Effects-of-Mindset-Dem
- Restrepo, C. V., Benavides, E., Zambrano, J. C., Moncayo, V., & Castro, E. (2022). Hand made solar cells from chlorophyll for teaching in high school energy education. *International Journal of Ambient Energy*, 43(1), 1654–1660. <https://doi.org/10.1080/01430750.2020.1712243>
- Rohmatulloh, Hasanah, A., Syah, M., & Natsir, N. F. (2021). Energy Literacy and Education: The Viewpoint of Stakeholders to Promote Energy Literacy in Education. *E3S Web of Conferences*, 317. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131703017>
- Susila, A. B., Khaerunnisa, I., & Delina, M. (2021). Development of enrichment book of physics concept on solar power plant for high school students. *AIP Conference Proceedings*, 2331(April). <https://doi.org/10.1063/5.0045399>
- 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>
- Szeberényi, A., Rokicki, T., & Papp-Váry, Á. (2022). Examining the Relationship between Renewable Energy and Environmental Awareness. *Energies*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/en15197082>
- Wagner, O., Tholen, L., Nawothnig, L., & Albert-Seifried, S. (2021). Making school-based ghg-emissions tangible by student-led carbon footprint assessment program. *Energies*, 14(24), 1–20. <https://doi.org/10.3390/en14248558>
- Wang, J. C., & Wang, T. H. (2023). Learning effectiveness of energy education in junior high schools: Implementation of action research and the predict–observe–explain model to STEM course. *Heliyon*, 9(3), e14058. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14058>
- Zhang, C., Wang, X., Fang, S., & Shi, X. (2022). Construction and Application of VR-AR Teaching System in Coal-Based Energy Education. *Sustainability (Switzerland)*, 14(23), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su142316033>
- Zulkarnaen, Z., Sulaeman, N. F., Nuryadin, A., & Mineta, I. (2023). Behavior toward energy: An exploration of high school students' perspective in Indonesia. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 69–75. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.23600>