

## TRANSFORMASI PENDIDIKAN DI ABAD 21: INTEGRASI TEKNOLOGI DAN PEMBELAJARAN INOVATIF MELALUI MEDIA PHET SIMULASI

Nurhikmah<sup>1</sup>, Nursalam<sup>2</sup>, dan Nur Indah Purnamasari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Indonesia

<sup>2</sup>Institut Agama Islam Negeri Ambon, Indonesia

<sup>3</sup>Universitas Negeri Makassar, Indonesia

[hikmahnur192@gmail.com](mailto:hikmahnur192@gmail.com)<sup>1</sup>, [nur.salam@iainambon.ac.id](mailto:nur.salam@iainambon.ac.id)<sup>2</sup>,

[nurindahpurnamasari698@gmail.com](mailto:nurindahpurnamasari698@gmail.com)<sup>3</sup>

### Abstrak

Di abad 21, transformasi pendidikan telah mengalami percepatan berkat kemajuan teknologi. Salah satu inovasi yang menonjol ialah penggunaan PhET Simulasi, sebuah platform yang menyediakan simulasi interaktif untuk pembelajaran sains dan matematika. Tujuan penelitian ini, untuk mengeksplorasi phET sebagai alat yang efektif dalam mendukung pembelajaran inovatif dan bagaimana integrasi teknologi ini berkontribusi terhadap transformasi pendidikan di abad ke-21 khususnya informan dari SMP Negeri 3 Bajeng. Bagaimana implikasi dan manfaat dari penerapan teknologi ini dalam konteks pembelajaran yang lebih luas. Metode penelitian yaitu penelitian kualitatif dengan menggunakan desain studi kasus. Teknik pengumpulan data meliputi; wawancara dan observasi. Selain itu, teknik analisis data menggunakan analisis tematik. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa teknologi berperan penting dalam inovasi pembelajaran dengan menggunakan PhET Simulasi secara signifikan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dalam kelas. Siswa terlihat lebih antusias dan aktif berpartisipasi dalam diskusi serta eksperimen virtual. PhET Simulasi mampu memenuhi kebutuhan belajar di abad 21 melalui dukungan informan siswa dan guru SMP Negeri 3 Bajeng. Oleh karena itu PhET Simulasi dapat menjadi alat efektif dalam transformasi pendidikan di era digital.

**Kata kunci:** Pembelajaran Inovatif, PhET Simulasi, Teknologi

## EDUCATIONAL TRANSFORMATION IN THE 21<sup>ST</sup> CENTURY: INTEGRATION OF TECHNOLOGY AND INNOVATIVE LEARNING THROUGH PHET SIMULATION MEDIA

Nurhikmah<sup>1</sup>, Nursalam<sup>2</sup>, and Nur Indah Purnamasari<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Alauddin Makassar State Islamic University, Indonesia

<sup>2</sup>Ambon State Islamic Institute, Indonesia

<sup>3</sup>Makassar Public University, Indonesia

[hikmahnur192@gmail.com](mailto:hikmahnur192@gmail.com)<sup>1</sup>, [nur.salam@iainambon.ac.id](mailto:nur.salam@iainambon.ac.id)<sup>2</sup>,

[nurindahpurnamasari698@gmail.com](mailto:nurindahpurnamasari698@gmail.com)<sup>3</sup>

### Abstract

*In the 21st century, educational transformation has accelerated thanks to technological advances. One of the innovations that stands out is the use of PhET Simulation, a platform that provides interactive simulations for science and mathematics learning. The aim of this research is to explore phET as an effective tool in supporting innovative learning and how the integration of this technology contributes to the transformation of education in the 21st century,*

*especially informants from SMP Negeri 3 Bajeng. What are the implications and benefits of applying this technology in a broader learning context? The research method is qualitative research using a case study design. Data collection techniques include; interviews and observations. Apart from that, the data analysis technique uses thematic analysis. The research results reveal that technology plays an important role in learning innovation. Using PhET Simulation can significantly increase student engagement in the classroom. Students look more enthusiastic and actively participate in virtual discussions and experiments. PhET Simulation is able to meet learning needs in the 21st century through the support of student informants and teachers at SMP Negeri 3 Bajeng. Therefore PhET Simulation can be an effective tool in educational transformation in the digital era.*

**Keywords:** *Innovative Learning, PhET Simulation, Technology.*

## **Pendahuluan**

Pendidikan merupakan suatu aktivitas yang dirancang untuk pengembangan pribadi manusia dalam jangka waktu panjang. Tujuan utama pendidikan yaitu membantu individu mencapai potensi maksimal dalam kemampuan intelektual, sosial, emosional, dan fisik, serta mengembangkan keterampilan, pengetahuan, dan nilai-nilai yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Pendidikan memegang peran krusial dalam perkembangan manusia, karena memungkinkan individu memahami dunia di sekitar mereka, mengenali peran mereka dalam masyarakat, dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan di masa depan. Selain itu, pendidikan juga menjadi fondasi penting bagi pengembangan sosial dan ekonomi suatu negara karena dapat meningkatkan kualitas sumber daya manusia dan mempersiapkan individu untuk berpartisipasi aktif dalam kehidupan sosial, ekonomi, dan politik (Hambali, Natsir, and Nasir 2023). Melalui peran pendidikan, peran generasi mendatang akan lebih bijak dalam menghadapi berbagai masalah dan menjadi generasi yang berkualitas sepanjang masa.

Dalam UU No 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional yaitu pendidikan adalah salah satu usaha yang sengaja dan terencana untuk menciptakan suasana pembelajaran dan kegiatan pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk mempunyai kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa dan negara (Arini 2023). Pada tingkat yang lebih tinggi yakni melalui pendidikan di Universitas/Perguruan Tinggi sebagaimana yang dijelaskan dalam Pemerintah Republik Indonesia, 2012 tentang Pendidikan Tinggi, dimana pendidikan tinggi sebagai bagian dari sistem pendidikan nasional yang memiliki peran yang strategis dalam mencerdaskan kehidupan bangsa, memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi dengan memperhatikan sekaligus menerapkan nilai humaniora, kebudayaan serta pemberdayaan bangsa Indonesia yang berkelanjutan (Isbah and Adi 2024).

Pendidikan di abad ke-21 telah mengalami transformasi yang signifikan, didorong oleh perkembangan teknologi yang pesat dan kebutuhan akan pembelajaran yang lebih inovatif (Supriatin and Annovasho 2021). Teknologi sebagai hasil dari perkembangan ilmu pengetahuan, telah memainkan peran penting dalam dunia pendidikan. Sejalan dengan perkembangan ini, sistem pendidikan juga harus mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan efektivitas proses pembelajaran agar lebih inovatif. menyatakan bahwa teknologi digital kini telah diadopsi oleh berbagai lembaga pendidikan sebagai alat pendukung pembelajaran. Teknologi ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana untuk mengakses informasi, tetapi juga sebagai alat yang mendukung kegiatan belajar dan penyelesaian tugas-tugas akademik. Menurut (Salame and Makki 2021) teknologi digital saat ini digunakan di lembaga pendidikan sebagai sarana penunjang pembelajaran. Teknologi ini berfungsi baik sebagai sarana untuk mengakses informasi maupun sebagai alat bantu dalam kegiatan belajar dan pemberian tugas. Integrasi teknologi digital dalam pendidikan memungkinkan akses informasi

yang lebih cepat dan efisien, serta menyediakan berbagai sumber belajar yang dapat diakses oleh siswa dan guru. Teknologi juga memfasilitasi pembelajaran interaktif melalui berbagai aplikasi dan platform digital, yang memungkinkan peserta didik untuk berpartisipasi aktif dalam proses belajar. Selain itu, teknologi mempermudah guru dalam menyampaikan materi, memberikan tugas, dan mengevaluasi kinerja siswa secara lebih efektif.

Namun, dinamika perkembangan pada abad ke-21 memunculkan perubahan-perubahan yang fundamental dalam tata kehidupan manusia. Hal ini ditandai dengan banyaknya transformasi yang terjadi secara cepat dan susah diprediksi pada berbagai aspek seperti sosial-ekonomi, komunikasi, teknologi, dll. Ketatnya persaingan disegala bidang membutuhkan kualitas sumber daya manusia yang mampu berinteraksi dengan lingkungan dalam mencapai usaha dan hasil kerja yang optimal. Peningkatan kualitas sumber daya manusia berdampak pada kompetensi yang dimiliki oleh generasi muda saat ini. Selain dituntut untuk memiliki kemampuan teknis, generasi muda harus memiliki keterampilan pemecahan masalah, kolaborasi, inovasi, mahir menggunakan alat-alat teknologi dalam bekerja, dan berinteraksi sosial dengan masyarakat. Guna menghadapi tantangan pada perubahan perkembangan, maka dilakukan salah satu upaya yaitu meningkatkan mutu sistem pendidikan nasional di setiap jenjang pendidikan. Mutu pendidikan dapat ditingkatkan melalui pembelajaran inovatif yang diberikan guru agar siswa lebih termotivasi dalam mengenyam pendidikan.

Teknologi telah menjadi komponen integral dalam proses pendidikan, memungkinkan metode pembelajaran yang lebih interaktif dan efektif (Rahmat et al. 2024). Salah satu inovasi yang menonjol adalah penggunaan media simulasi digital, seperti PhET Simulasi, yang menyediakan lingkungan belajar yang dinamis dan interaktif. PhET Simulasi merupakan kumpulan simulasi interaktif yang dirancang untuk mengajarkan konsep-konsep ilmiah dan matematika (Najib, Md-Ali, and Yaacob 2022). Media ini memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan fenomena abstrak dalam bentuk yang lebih konkret dan visual. Penggunaan PhET Simulasi dalam pendidikan tidak hanya memperkaya pengalaman belajar, tetapi juga mendukung pembelajaran berbasis pengalaman, di mana siswa dapat bereksperimen dan mengeksplorasi konsep-konsep secara mandiri.

Transformasi ini mencerminkan pergeseran paradigma dalam pendidikan, dari model pembelajaran tradisional yang berpusat pada guru ke model yang lebih kolaboratif dan berpusat pada siswa. Integrasi teknologi seperti PhET Simulasi juga membantu mengatasi beberapa tantangan dalam pendidikan, seperti keterbatasan sumber daya dan akses terhadap materi belajar berkualitas tinggi. Artikel ini akan mengeksplorasi bagaimana PhET Simulasi telah menjadi alat yang efektif dalam mendukung pembelajaran inovatif dan bagaimana integrasi teknologi ini berkontribusi terhadap transformasi pendidikan di abad ke-21. Selain itu, akan dibahas pula implikasi dan manfaat dari penerapan teknologi ini dalam konteks pembelajaran yang lebih luas.

## **Metode**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dekriptif. Kualitatif adalah suatu teknik penelitian yang menggunakan narasi atau kata-kata dalam menjelaskan dan menjabarkan makna dari setiap fenomena, gejala, dan situasi sosial tertentu (Bahtiar, Ibrahim 2024). Dalam penelitian kualitatif, peneliti adalah instrumen kunci untuk memaknai, menginterpretasikan setiap fenomena, gejala, dan situasi sosial tertentu (Saudelli et al. 2021). Karena itu peneliti perlu menguasai teori untuk menganalisis kesenjangan yang terjadi antara konsep teoritis dengan fakta yang terjadi dalam hal ini untuk mengeksplorasi dampak integrasi teknologi dan pembelajaran inovatif melalui media PhET Simulasi dalam pendidikan. Penelitian ini menggunakan desain studi kasus untuk memahami penggunaan dan efek PhET Simulasi dalam konteks pembelajaran sains dan matematika. Studi kasus dipilih karena memungkinkan analisis mendalam terhadap penggunaan media ini dalam situasi nyata. Sumber

data penelitian terdiri dari data primer yaitu guru dan siswa dari sekolah SMP Negeri 3 Bajeng yang telah menggunakan PhET Simulasi dalam proses pembelajaran. Pemilihan partisipan dilakukan dengan menyelidik kriteria guru yang memiliki pengalaman menggunakan PhET Simulasi dan siswa yang terlibat dalam pembelajaran tersebut. Di samping itu, peneliti juga membutuhkan data sekunder dari dokumen tertulis seperti artikel jurnal, buku, dan penelitian terdahulu dalam menunjang pembahasan artikel tersebut.

Teknik pengumpulan data melalui beberapa metode yaitu: Pertama, wawancara yang dilakukan dengan guru untuk memahami pandangan mereka tentang penggunaan PhET Simulasi dan dampaknya terhadap proses belajar mengajar. Kedua, observasi kelas yaitu peneliti melakukan observasi langsung dalam kelas selama penggunaan PhET Simulasi untuk mencatat interaksi siswa dan metode pengajaran yang diterapkan. Teknik analisis data yakni Data yang terkumpul dianalisis menggunakan teknik analisis tematik. Proses ini melibatkan pengkodean data, identifikasi tema-tema utama, dan interpretasi temuan. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam penggunaan PhET Simulasi serta dampaknya terhadap pembelajaran. Seluruh partisipan diberikan informasi mengenai tujuan penelitian dan hak mereka sebagai responden yakni kerahasiaan data partisipan dijamin sepanjang penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

Transformasi pendidikan di abad ke-21 ditandai oleh penggunaan teknologi yang semakin terintegrasi dalam proses belajar mengajar, termasuk melalui media interaktif seperti PhET Simulasi. Artikel ini mengeksplorasi peran PhET Simulasi dalam mendukung pembelajaran inovatif, dengan fokus pada peningkatan pemahaman konsep ilmiah dan matematika, serta pengembangan keterampilan berpikir kritis dan eksploratif pada siswa. Pembelajaran inovatif bisa diintegrasikan dengan teknologi melalui penggunaan media PhET Simulasi yang dapat membantu memanfaatkan perkembangan zaman untuk kemajuan pendidikan.

## Konsep Transformasi Pendidikan di Abad 21

Transformasi pendidikan di abad ke-21 merujuk pada perubahan signifikan dalam pendekatan, metode, dan tujuan pendidikan, yang dipengaruhi oleh perkembangan teknologi dan kebutuhan akan keterampilan baru di era digital. Perubahan ini mencakup berbagai aspek, termasuk:

### 1. Perubahan Paradigma Pembelajaran

Paradigma diartikan sebagai konstelasi teoritis bermakna yang diberikan kepada diri sendiri untuk memahami kondisi sejarah dan sosial. Ada banyak pendapat yang berbeda terkait paradigma ini. Thomas Kuhn (Thomas Kuhn) memperkenalkan paradigma untuk memahami perkembangan dan revolusi zaman (Nyoman et al. 2024). Dalam pembelajaran, perubahan paradigma didukung oleh ilmu pengetahuan dan teknologi yang mengarah pada perubahan konsep pembelajaran. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, siswa diharapkan mampu meningkatkan upayanya dalam menambah wawasan dan pengetahuan serta keterampilan pada dirinya. Perubahan global bagi liberalisasi pendidikan menuntut lembaga Pendidikan untuk mendidik siswa-siswa yang berkualitas dan mampu bersaing sesuai dengan perkembangan zaman dan teknologi. Mengenai teori pembelajaran, ada banyak teori pembelajaran yang dapat digunakan untuk memperbarui pemahaman terkait paradigma pembelajaran, seperti teori pembelajaran behaviorisme, kognitivisme, konstruktivisme, dan humanistik

Menurut (Zulfikhar et al. 2024), menjelaskan tentang empat prinsip pembelajaran abad ke-21. Yaitu, *instruction should be studentcentered* (pembelajaran berpusat pada siswa); *education should be collaborative* (pendidikan yang kolaboratif); *learning should have*

*context* (pembelajaran yang kontekstual); *dan schools should be integrated with society* (integrasi sosial). Keempat konsep ini merupakan pilar penting dalam transformasi pendidikan di abad ke-21, yang menekankan pada pembelajaran yang lebih relevan, inklusif, dan adaptif. Berikut adalah penjelasan masing-masing konsep:

Prinsip Pembelajaran	Deskripsi
Pembelajaran Berpusat pada Siswa	Pembelajaran yang berpusat pada siswa menekankan pentingnya kebutuhan, minat, dan gaya belajar individu dalam proses pendidikan. Pendekatan ini berbeda dari model tradisional yang berpusat pada guru, di mana guru berperan sebagai sumber utama pengetahuan dan siswa sebagai penerima pasif. Dalam model berpusat pada siswa, siswa menjadi pembelajar aktif yang terlibat dalam pengambilan keputusan tentang apa dan bagaimana mereka belajar. Mereka didorong untuk mengeksplorasi, bertanya, dan menemukan sendiri, dengan guru bertindak sebagai fasilitator dan pembimbing. Pendekatan ini dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian siswa, serta memperkuat keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah.
Pendidikan yang Kolaboratif	Pendidikan kolaboratif menekankan pentingnya bekerja sama dalam proses belajar. Siswa didorong untuk berinteraksi dengan teman sebaya, berbagi ide, dan bekerja dalam tim untuk menyelesaikan tugas atau proyek. Kolaborasi membantu siswa mengembangkan keterampilan sosial seperti komunikasi, negosiasi, dan kerja tim, yang sangat penting di dunia kerja dan kehidupan sehari-hari. Pendidikan kolaboratif juga memperluas perspektif siswa dengan mengekspos mereka pada berbagai pandangan dan cara berpikir, yang dapat memperdalam pemahaman dan memperkaya pengalaman belajar mereka.

<p>Pembelajaran yang Kontekstual</p>	<p>Pembelajaran yang kontekstual berarti menghubungkan materi pelajaran dengan kehidupan nyata dan situasi yang relevan bagi siswa. Ini melibatkan penyampaian konsep dan keterampilan dalam konteks yang dapat dimengerti dan diaplikasikan oleh siswa di dunia nyata. Misalnya, pembelajaran matematika melalui proyek penganggaran rumah tangga atau pembelajaran sains melalui eksperimen lingkungan. Pembelajaran kontekstual membantu siswa melihat relevansi dan aplikasi praktis dari apa yang mereka pelajari, sehingga meningkatkan keterlibatan dan pemahaman. Selain itu, pendekatan ini mempersiapkan siswa untuk menggunakan pengetahuan dan keterampilan mereka dalam situasi nyata di luar sekolah.</p>
<p>Integrasi Sosial</p>	<p>Integrasi sekolah dengan masyarakat menekankan hubungan yang erat antara pendidikan dan komunitas yang lebih luas. Sekolah tidak hanya berfungsi sebagai tempat pembelajaran akademis tetapi juga sebagai pusat kegiatan komunitas dan pembelajaran sosial. Ini bisa diwujudkan melalui program layanan masyarakat, kolaborasi dengan organisasi lokal, dan proyek-proyek yang melibatkan isu-isu masyarakat setempat. Integrasi sosial juga mencakup pembelajaran tentang nilai-nilai sosial dan budaya, serta pengembangan kesadaran kewarganegaraan. Melalui pendekatan ini, siswa belajar untuk menjadi anggota masyarakat yang aktif dan bertanggung jawab, memahami peran mereka dalam komunitas, dan berkontribusi pada kebaikan bersama.</p>

Sumber: (Hakim and Abidin 2024)

Tabel tersebut menjelaskan lebih rinci terkait empat prinsip tersebut. Secara keseluruhan, konsep-konsep ini mendorong pendidikan yang lebih relevan, partisipatif, dan

holistik, mempersiapkan siswa untuk kehidupan yang sukses di dunia yang kompleks dan terus berubah.

Pengembangan pembelajaran menggunakan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Peserta didik ditempatkan sebagai subyek pembelajaran yang secara aktif mengembangkan minat dan potensi yang dimilikinya (Dewi Ixfina, Fitriani, and Rohma 2024). Pembelajaran berpusat pada peserta didik bukan berarti menyerahkan kendali belajar sepenuhnya kepada peserta didik. Intervensi masih diperlukan dan pendidik berperan sebagai fasilitator yang berupaya membantu mengaitkan pengetahuan awal (*prior knowledge*) yang telah dimiliki peserta didik dengan informasi baru yang akan dipelajarinya. Memberi kesempatan pada peserta didik untuk belajar sesuai dengan cara dan gaya belajarnya masing-masing dan mendorong mereka untuk bertanggung jawab atas proses belajar yang dilakukannya. Selain itu, pendidik juga berperan sebagai pembimbing, yang berupaya membantu peserta didik ketika menemukan kesulitan dalam proses mengkonstruksi pengetahuan dan keterampilannya (Waruwu 2023).

Paradigma pendidikan tradisional yang berpusat pada guru dan berbasis pada hafalan telah bergeser menuju model yang lebih berpusat pada siswa dan berorientasi pada pengembangan keterampilan. Dalam konteks ini, siswa diharapkan menjadi pembelajar aktif yang mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Pendekatan ini dikenal sebagai "*21st Century Skills*" atau "keterampilan abad ke-21".

## **2. Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran**

Teknologi memainkan peran kunci dalam mempromosikan aktivitas yang sesuai untuk pelajar dan memiliki dampak yang signifikan terhadap metode pengajaran guru di kelas (Fradisa, L. Primal, D. Gustira 2022). Kemajuan teknologi telah berjalan seiring dengan perkembangan waktu. Teknologi memiliki efek positif pada pembelajaran peserta didik. Ini menyebabkan peserta didik menjadi lebih terlibat (Fauzi and Setiawati 2024). Oleh karena itu, mereka bisa menyimpan lebih banyak informasi. Teknologi memberikan pengalaman belajar yang bermakna. Ini memberi peserta didik lebih banyak kesempatan untuk bekerja sama dengan rekan-rekan mereka yang mengarah pada belajar dari satu sama lain. Teknologi merupakan kontributor yang kuat untuk pembelajaran jika digunakan untuk memperdalam keterlibatan peserta didik dalam kurikulum yang bermakna dan otentik. Teknologi adalah alat pembelajaran. Itu harus dipilih ketika itu adalah alat terbaik bagi peserta didik untuk belajar. Teknologi dapat menjadi efektif alat untuk pembelajar bahasa. Peserta didik harus mulai menggunakan alat teknologi sebagai bagian penting dari akademik mereka program.

Guru harus memodelkan penerapan teknologi dalam mendukung kurikulum sehingga peserta didik bisa lihat penggunaan teknologi yang benar dan dapatkan manfaat dari paparan aplikasi yang lebih canggih yang akan mereka gunakan mandiri di masa mendatang. Teknologi dapat digunakan sebagai alat untuk melakukan proyek yang bermakna untuk melibatkan peserta didik berpikir kritis dan pemecahan masalah. Teknologi telah menjadi pendorong utama dalam transformasi pendidikan. Penggunaan perangkat digital, internet, dan berbagai aplikasi pembelajaran telah membuka peluang baru untuk pembelajaran yang lebih fleksibel dan personal (Rani Sri Wahyuni, Shokhibul Arifin, Ika Puspitasari, Nike Astiswijaya 2024). Alat teknologi seperti PhET Simulasi memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi konsep ilmiah melalui pengalaman langsung dan eksperimen virtual, yang dapat meningkatkan pemahaman dan keterlibatan.

## **3. Kurikulum yang Fleksibel dan Dinamis**

Kurikulum merupakan sebuah sistem yang mencakup, tujuan, isi, evaluasi dan lainnya yang saling terkait di sekolah untuk memperoleh hasil yang diharapkan di situasi dalam maupun di situasi luar sekolah. Sedangkan Kurikulum Merdeka merupakan

kurikulum dengan pembelajaran intrakurikuler yang beragam di mana konten akan lebih optimal agar peserta didik memiliki cukup waktu untuk mendalami konsep dan menguatkan kompetensi (Fadilah, Al Farizi, and Suartini 2024). Kurikulum di abad ke-21 yakni kurikulum Merdeka lebih dinamis dan responsif terhadap perubahan dunia, termasuk perubahan dalam teknologi, pasar kerja, dan kebutuhan sosial. Kurikulum ini dirancang untuk memberikan fleksibilitas dalam pengajaran dan pembelajaran, memungkinkan guru untuk mengintegrasikan berbagai sumber belajar dan teknologi, serta menyesuaikan materi pembelajaran dengan kebutuhan dan minat siswa.

Secara keseluruhan, transformasi pendidikan di abad ke-21 berfokus pada pembentukan individu yang siap menghadapi tantangan global dengan keterampilan dan kompetensi yang relevan. Perubahan ini memerlukan penyesuaian dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk pembuat kebijakan, pendidik, dan masyarakat secara luas, untuk menciptakan ekosistem pendidikan yang mendukung pembelajaran berkelanjutan dan inklusif.

### **Pembelajaran Inovatif dan Berpusat pada Siswa**

Pembelajaran inovatif merupakan proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa sehingga berbeda dengan pembelajaran pada umumnya yang telah dilakukan oleh guru. Pembelajaran inovatif juga didefinisikan sebagai pembelajaran yang dirancang oleh guru yang sifatnya baru, tidak seperti biasanya dilakukan, dan bertujuan untuk memfasilitasi peserta didik dalam membangun pengetahuan sendiri dalam rangka proses perubahan perilaku ke arah yang lebih baik sesuai dengan potensi dan perbedaan yang dimiliki (Mahzum et al. 2024). Oleh karena itu, pembelajaran inovatif adalah pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami suatu materi yang telah dipersiapkan matang oleh guru melalui rancangan agar pembelajaran tersebut juga dapat menarik perhatian peserta didik.

Pembelajaran inovatif lebih mengarah pada pembelajaran yang berpusat pada peserta didik. Proses pembelajaran dirancang, disusun dan dikondisikan agar peserta didik dapat belajar (Ibrahim et al. 2024). Pembelajaran berpusat pada siswa menekankan pentingnya pemahaman konteks peserta didik, karena dari sinilah seluruh rancangan proses pembelajaran dimulai. Hubungan antara pendidik dan peserta didik menjadi hubungan yang saling belajar dan saling membangun. Otonomi siswa sebagai pribadi dan subjek pendidikan menjadi titik acuan seluruh perencanaan dan proses pembelajaran (Miftahussaadah and Subiyantoro 2021). Pembelajaran semacam ini disebut dengan pembelajaran aktif yang merupakan proses pembelajaran dimana seorang pendidik harus dapat menciptakan suasana yang sedemikian rupa sehingga siswa aktifbertanya, mempertanyakan dan juga mengemukakan gagasannya. Pembelajaran juga harus menyenangkan, tugas pendidik adalah menciptakan suasana belajar yang menyenangkan sehingga peserta didik dapat memusatkan perhatiannya secara penuh untuk belajar (Simatupang and Yuhertiana 2021). Hal ini juga sejalan dengan hasil wawancara informan 1 terkait tanggapan pembelajaran inovatif yang diberikan kepada peserta didik, di antaranya;

“Guru selalu mengupayakan pembelajaran inovatif dengan menyesuaikan kebutuhan peserta didik dalam kelas. Selain melalui pengamatan dan pendekatan secara langsung kepada peserta didik, guru tersebut juga banyak belajar khususnya dalam merancang pembelajaran dari segi metode, model agar lebih menarik dari berbagai pelatihan yang disediakan, dan memanfaatkan media sosial sebagai sumber seorang pendidik dalam mengetahui terkait pembelajaran inovatif lain yang bisa dijadikan referensi nantinya”.

Wawancara responden 1 menekankan hal penting dalam pembelajaran inovatif yang utama adalah proses pendekatan, model, atau metode yang bisa didapatkan dari berbagai sumber. Oleh karena itu, penting bagi pendidik untuk dapat memilih pendekatan, model, dan metode pembelajaran dengan tujuan agar tercipta suasana kolaboratif dan interaktif kepada peserta didik. Selain itu, agar dapat belajar dengan baik dan utuh.

Hal ini sejalan dengan Karakteristik proses pembelajaran menurut Permenristekdikti nomor 44 tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi, harus memenuhi unsur-unsur: (1) interaktif, (2) holistik, (3) integratif, (4) saintifik, (5) kontekstual, (6) tematik, (7) efektif, (8) kolaboratif, dan (9) berpusat pada peserta didik. Pembelajaran interaktif mengkehendaki terjadinya proses interaksi dua arah antara pendidik dengan peserta didik. Holistik dimaksudkan bahwa proses pembelajaran mendorong terbentuknya pola pikir komprehensif dan luas dengan menginternalisasi keunggulan dan kearifan lokal maupun nasional, terintegrasi melalui pendekatan antar disiplin dan multidisiplin. Integratif yaitu proses pembelajaran harus terintegrasi melalui pendekatan antardisiplin dan multidisiplin (Almadrones 2024). Karakteristik saintifik dimaksudkan bahwa proses pembelajaran mengutamakan pendekatan ilmiah. Karakteristik kontekstual, proses pembelajaran sesuai tuntutan kemampuan menyelesaikan masalah dalam ranah keahlian. Tematik dimaksudkan bahwa proses pembelajaran sesuai karakteristik keilmuan dan dikaitkan dengan permasalahan nyata melalui pendekatan transdisipliner. Efektif yaitu proses pembelajaran harus berhasil guna dengan mementingkan internalisasi materi secara baik dan benar. Kolaboratif yaitu proses pembelajaran bersama yang melibatkan interaksi antar individu menghasilkan kapitalisasi sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Karakteristik proses pembelajaran berpusat pada peserta didik mengutamakan pengembangan kreativitas, kapasitas, kepribadian, dan kebutuhan, serta mengembangkan kemandirian dalam mencari dan menemukan pengetahuan (Riantoni, Astalini, and Darmaji 2019).

Pembelajaran inovatif dan berpusat pada siswa merupakan pendekatan pendidikan yang menempatkan siswa sebagai pusat dari proses belajar mengajar (Kizito and Hassan 2024). Pendekatan ini mendorong siswa untuk menjadi peserta aktif dalam pembelajaran mereka sendiri, berbeda dengan metode tradisional yang lebih berfokus pada guru sebagai sumber utama pengetahuan. Pembelajaran inovatif dan berpusat pada siswa juga menekankan pengembangan keterampilan yang diperlukan di abad ke-21, termasuk keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi. Siswa dilatih untuk bekerja secara mandiri maupun dalam tim, menyelesaikan masalah, berinovasi, dan berkomunikasi dengan efektif. Keterampilan ini dianggap penting untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan di dunia kerja dan kehidupan sehari-hari di era digital.

Teknologi memainkan peran penting dalam pembelajaran inovatif. Alat-alat digital seperti komputer, tablet, internet, dan aplikasi pendidikan digunakan untuk memperkaya pengalaman belajar. Misalnya, simulasi interaktif, seperti PhET Simulasi, memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen virtual yang mungkin sulit dilakukan di laboratorium sekolah. Selain itu, platform *e-learning* dan perangkat lunak pendidikan dapat digunakan untuk menyediakan materi yang dapat disesuaikan dengan kecepatan belajar siswa, serta memungkinkan pembelajaran yang lebih personal (Adams 2010). Hal ini sejalan dengan hasil wawancara peneliti yang didapatkan dari informan 2, yang menyatakan:

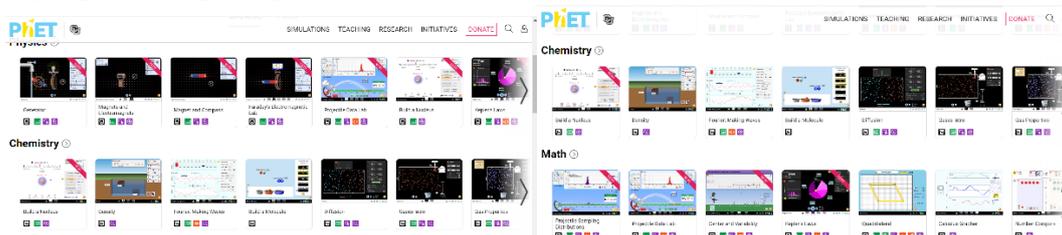
“Pemanfaatan teknologi di zaman sekarang sangat diperlukan dalam menunjang pembelajaran inovatif kepada peserta didik. Guru menjadi fasilitator dalam mengarahkan peserta didik dalam memanfaatkan teknologi seperti pada beberapa pembelajaran praktik online menggunakan PhET Simulasi yang telah diterapkan pada kelas yang saya ajarkan tentunya”.

Hasil wawancara bersama informan tersebut sejalan dengan pernyataan terkait pemanfaatan teknologi dalam pendidikan memungkinkan kita untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif bagi siswa. Teknologi tidak hanya memperluas akses ke informasi, tetapi juga menyediakan alat yang dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan belajar yang beragam. Dengan teknologi, kita dapat memfasilitasi pembelajaran yang lebih personal dan berpusat pada siswa, dimana mereka dapat belajar dengan kecepatan mereka sendiri dan mengeksplorasi topik-topik yang mereka minati. Ini adalah kesempatan untuk

menciptakan generasi pembelajar yang lebih mandiri dan siap menghadapi tantangan masa depan.

### PhET Simulasi

PhET Simulasi merupakan serangkaian simulasi interaktif yang dibuat oleh University of Colorado Boulder, yang dirancang untuk mengajarkan konsep-konsep ilmiah dan matematika melalui eksperimen virtual (Haryadi and Pujiastuti 2020). Nama "PhET" berasal dari "*Physics Education Technology*," meskipun sekarang mencakup berbagai disiplin ilmu termasuk fisika, kimia, biologi, ilmu bumi, dan matematika (Ledjab et al. 2024). PhET Simulasi memungkinkan siswa untuk berinteraksi dengan model virtual yang merepresentasikan berbagai fenomena ilmiah dan matematika. Siswa dapat mengubah variabel, menjalankan eksperimen, dan melihat hasilnya dalam waktu nyata. Interaktivitas ini membantu siswa memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih konkret dan intuitif (Saudelli et al. 2021). Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini;



Gambar 1. Materi yang Tersedia di PhET Simulasi

Pada gambar tersebut terlihat beberapa materi yang disajikan dari media PhET Simulasi yang dapat membantu peserta didik dalam melaksanakan praktik secara virtual untuk memahami materi lebih dalam. Simulasi ini menyediakan visualisasi yang dinamis dan menarik dari konsep-konsep ilmiah, yang sering kali sulit dipahami melalui penjelasan teks atau diagram statis saja. Dengan melihat bagaimana variabel-variabel tertentu mempengaruhi sistem, siswa dapat memahami hubungan sebab-akibat dalam fenomena ilmiah. Selain itu, PhET Simulasi dapat digunakan dalam berbagai setting pendidikan, baik di dalam kelas maupun sebagai alat belajar mandiri. Guru dapat menggunakan simulasi ini untuk mendemonstrasikan konsep, sementara siswa dapat menggunakannya untuk mengeksplorasi ide dan eksperimen di luar kelas. Hal ini juga sejalan dengan hasil wawancara peneliti mengenai respon dan persepsi dari siswa kelas 2 SMP Negeri 3 Bajeng setelah menggunakan media PhET Simulasi;

“Sangat menarik, sajian materi praktik PhET bervariasi sesuai jenjang yang ingin dipilih. Selain itu, kami tertarik karena ini menjadi ilmu baru dalam menggunakan teknologi, dapat berkolaborasi dengan teman-teman dan pembelajaran interaktif. Meskipun praktiknya tidak menggunakan benda nyata secara langsung namun materi dapat dipahami secara jelas”.

Hasil wawancara tersebut mendukung penyajian visual yang diberikan dapat menarik minat peserta didik. Hal ini bertujuan dengan menggunakan PhET Simulasi, siswa dapat mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kemampuan untuk melakukan eksperimen ilmiah secara virtual. Ini juga melatih siswa dalam menggunakan teknologi dan alat digital, yang merupakan keterampilan penting di era digital.

PhET Simulasi menawarkan berbagai manfaat dalam pembelajaran, terutama dalam sains dan matematika, di antaranya; 1) Memperdalam Pemahaman Konsep, PhET Simulasi memungkinkan siswa untuk melihat konsep abstrak menjadi lebih konkret melalui visualisasi dan interaksi. Dengan mencoba berbagai variabel dalam simulasi, siswa dapat melihat efek langsung dari perubahan tersebut, membantu mereka memahami konsep-konsep seperti gaya, gerakan, energi, reaksi kimia, dan lainnya dengan lebih jelas. 2) Pembelajaran Aktif dan

Interaktif, Simulasi ini mendorong pembelajaran aktif, di mana siswa secara langsung terlibat dalam eksplorasi dan eksperimen. Mereka dapat mengendalikan variabel, menjalankan eksperimen, dan melihat hasilnya dalam waktu nyata, yang meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar. 3) Mengembangkan Keterampilan Abad ke-21, PhET Simulasi membantu mengembangkan keterampilan penting abad ke-21, seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kemampuan untuk bekerja dengan teknologi. Dengan melakukan eksperimen virtual, siswa belajar merancang dan menginterpretasikan percobaan, serta memahami hubungan sebab-akibat. 4) Aksesibilitas dan Kesetaraan Pendidikan, PhET Simulasi tersedia secara gratis dan dapat diakses secara online, memungkinkan siswa dan guru dari berbagai latar belakang ekonomi untuk menggunakan sumber daya ini. Ini membantu mengurangi kesenjangan dalam akses pendidikan, terutama di daerah yang kekurangan sumber daya. 5) Fleksibilitas dalam Pembelajaran, Simulasi ini dapat digunakan dalam berbagai konteks pendidikan, baik dalam pengajaran di kelas, pembelajaran mandiri, atau sebagai bagian dari tugas dan proyek. Fleksibilitas ini memungkinkan guru dan siswa untuk menyesuaikan pembelajaran sesuai dengan kebutuhan dan kondisi spesifik. 6) Mendukung Pembelajaran Individual dan Kolaboratif, PhET Simulasi dapat digunakan untuk pembelajaran individual, di mana siswa belajar dengan kecepatan mereka sendiri, atau dalam setting kolaboratif, di mana mereka bekerja bersama dalam tim untuk memecahkan masalah atau melakukan eksperimen. 7) Mendukung Pembelajaran Seumur Hidup, dengan kemudahan akses dan fleksibilitasnya, PhET Simulasi dapat digunakan oleh siapa saja yang ingin mempelajari atau menyegarkan pengetahuan tentang konsep-konsep sains dan matematika, menjadikannya alat yang bermanfaat untuk pembelajaran seumur hidup (Rizky Rodhiah 2024).

Secara keseluruhan, PhET Simulasi adalah alat/media pendidikan yang kuat yang dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan memberikan pengalaman belajar yang lebih dalam dan menyeluruh bagi siswa pada pendidikan abad 21, melalui integrasi teknologi yaitu PhET Simulasi merupakan alat pembelajaran yang inovatif dan efektif, yang memanfaatkan kekuatan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan mendalam.

### **Kesimpulan**

Dari hasil penelitian, ditemukan bahwa penggunaan PhET Simulasi memiliki sejumlah manfaat signifikan dalam pendidikan, sebagai media ini meningkatkan keterlibatan siswa dengan menyediakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik. Siswa dapat berinteraksi dengan simulasi dan bereksperimen dengan berbagai variabel, yang membantu mereka memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih baik. Selain itu, PhET Simulasi memfasilitasi metode pengajaran yang lebih dinamis, memudahkan penjelasan materi yang kompleks, dan memperkaya diskusi di kelas. PhET Simulasi merupakan alat pendidikan yang kuat dan inovatif yang dapat memperkaya proses belajar mengajar. Namun, keberhasilan integrasinya dalam pendidikan memerlukan dukungan infrastruktur, pelatihan yang memadai, dan penyesuaian kurikulum. Penelitian ini memberikan dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam penggunaan teknologi pendidikan dan memberikan rekomendasi untuk praktik pengajaran yang lebih efektif dan inklusif. Di masa depan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang dari penggunaan teknologi seperti PhET Simulasi pada hasil belajar siswa dan pengembangan keterampilan abad ke-21.

### **Daftar Pustaka**

- Adams, W. K. 2010. "Student Engagement and Learning with PhET Interactive Simulations." *Nuovo Cimento Della Societa Italiana Di Fisica C* 33(3):21–32. doi: 10.1393/ncc/i2010-10623-0.
- Almadrones, Rhandy DG. 2024. "Physics Educational Technology (PHET) Simulations in

- Teaching General Physics 1.” *International Journal of Instruction* 17(3):635–50. doi: 10.29333/iji.2024.17335a.
- Arini, Rani Eka. 2023. “Merangkul Teknologi: Mengintegrasikan Realitas Virtual Dalam Pengalaman Pembelajaran.” *Jurnal Pendidikan West Science* 01(06):350–56.
- Bahtiar, Ibrahim, Maimun. 2024. “Jurnal PIPA: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam.” *Jurnal PIPA: Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam* 05(01):28–35. doi: <https://doi.org/10.56842/jp-ipa>.
- Dewi Ixfina, Ficky, Siti Lailatul Fitriani, and Siti Nur Rohma. 2024. “Transformasi Pendidikan Ips Dan Tantangan Modernitas Abad 21 Di Era Disrupsi Digital Terhadap Generasi Milenial.” *ELSE (Elementary School Education Journal)* 8(1):19–31.
- Fadilah, Evi, Taufiq Al Farizi, and Kinkin Suartini. 2024. “Pengaruh Model Context-Based Learning Berbantuan Simulasi PhET Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Elastisitas Dan Hukum Hooke.” *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan* 7(1):98–111. doi: 10.37329/cetta.v7i1.3047.
- Fauzi, wildan Nuril Ahmad, and Yuli Setiawati. 2024. “El-Aulady : Jurnal Kajian Pendidikan Dasar Madrasah EFEKTIVITAS DAN EFISIENSI PEMBELAJARAN DI ERA El-Aulady: Jurnal Kajian Pendidikan Dasar Madrasah.” *Al-Aulady: Jurnal Kajian Pendidikan Dasar Madrasah* 4(x).
- Fradisa, L. Primal, D. Gustira, L. 2022. “Penerapan Model Group Investigation (GI) Berbantuan Simulasi Virtual PhET Terhadap Kemampuan Literasi Sains Siswa.” *Jurnal Pendidikan Dan Konseling* 105(2):79.
- Hakim, Muhammad Nur, and Achmad Anwar Abidin. 2024. “Platform Merdeka Mengajar: Integrasi Teknologi Dalam Pendidikan Vokasi Dan Pengembangan Guru.” *Kharisma: Jurnal Administrasi Dan Manajemen Pendidikan* 3(1):68–82. doi: 10.59373/kharisma.v3i1.47.
- Hambali, Uyun Nasirah, Ratu Yulianti Natsir, and Nasir Nasir. 2023. “Tinjauan Literatur Tentang Integrasi Teknologi Dalam Proses Pembelajaran Keterampilan Bahasa Inggris.” *Jurnal Dieksis Id* 3(2):128–41. doi: 10.54065/dieksis.3.2.2023.346.
- Haryadi, R., and H. Pujiastuti. 2020. “PhET Simulation Software-Based Learning to Improve Science Process Skills.” *Journal of Physics: Conference Series* 1521(2). doi: 10.1088/1742-6596/1521/2/022017.
- Ibrahim, Bahtiar Bahtiar, Maimun Maimun, Ni Made Yeni Suranti, Nurkhaerat Alimuddin, Baiq Yuni Wahyuningsih, and Hasnawati Hasnawati. 2024. “Pelatihan Penggunaan Phet Simulation Untuk Meningkatkan Keterampilan Ipa Calon Guru Sd Tahun 2024.” *Jurnal Interaktif: Warta Pengabdian Pendidikan* 4(1):33–38. doi: 10.29303/interaktif.v4i1.142.
- Isbah, Hafiza, and Banu Setyo Adi. 2024. “The Influence of the Problem Based Learning (PBL) Learning Model Assisted by PhET Simulation Media to Increase HOTS of Class 6 Elementary School Students in Electrical Circuits.” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 10(4):1847–54. doi: 10.29303/jppipa.v10i4.6225.
- Kizito, I. G., and S. Hassan. 2024. “PhET Interactive Simulations As An Effective Tool For Teaching Chemistry : A Review.” *International Journal of Innovative Social & Science Education Research* 12(2):166–69.
- Ledjab, Flavianus Abrinus Weka, Karolina Koli, Maria Vidolina Fatima Tahu, and Egidius Dewa. 2024. “Inovasi Pembelajaran Fisika: Integrasi Problem Based Learning Dan Simulasi PhET Pada Materi Gelombang Bunyi.” *MAGNETON: Jurnal Inovasi Pembelajaran Fisika* 2(2):112–19. doi: 10.30822/magneton.v2i2.3519.
- Mahzum, Elmi, Abdul Halim, Nazilatul Usfia, and Fitria Herliana. 2024. “Pengaruh Penggunaan Lb Virtual Berbasis PhET Simulation Terhadap Kemampuan Berpikir Analitis Siswa.” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA* 10(5):2238–42. doi: 10.29303/jppipa.v10i5.4791.

- Miftahussaadah, Miftahussaadah, and Subiyantoro Subiyantoro. 2021. "Paradigma Pembelajaran Dan Motivasi Belajar Siswa." *Islamika* 3(1):97–107. doi: 10.36088/islamika.v3i1.1008.
- Najib, Mohd Nizar Mohd, Ruzlan Md-Ali, and Aizan Yaacob. 2022. "Effects of Phet Interactive Simulation Activities on Secondary School Students' Physics Achievement." *South Asian Journal of Social Science and Humanities* 3(2):73–78. doi: 10.48165/sajssh.2022.3204.
- Nyoman, Ni, Sri Putu, Muhammad Taufik, and Universitas Mataram. 2024. "Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika." *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika* 12(1):28–43.
- Rahmat, Anggi Datiatur, Insih Wilujeng, Heru Kuswanto, Anis Nazihah Mat Daud, and Duden Saepuzaman. 2024. "Development Worksheet Integrated PhET Simulation to Improve Critical Thinking Skills in Junior High School." *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia* 12(1):111–23. doi: 10.24815/jpsi.v12i1.34742.
- Rani Sri Wahyuni, Shokhibul Arifin, Ika Puspitasari, Nike Astiswijaya, Ni Wayan Ramini Santika. 2024. *Model-Model Pembelajaran*. Pertama, J. edited by A. Masruroh. Bandung.
- Riantoni, Cicyn, Astalini Astalini, and Darmaji Darmaji. 2019. "Studi Penggunaan PhET Interactive Simulations Dalam Pembelajaran Fisika." *Jurnal Riset Dan Kajian Pendidikan Fisika* 6(2):71. doi: 10.12928/jrkipf.v6i2.14202.
- Rizky Rodhiah, Dya A'yun. 2024. "Learning Style Adjustment with the Principles of Humanism Flow Based on PhET Media for Grade 6 SDN Telang 1." *Didaktik: Jurnal Pendidikan Sekolah Dasar* 17–25.
- Salame, Issa I., and Jana Makki. 2021. "Examining the Use of PhET Simulations on Students' Attitudes and Learning in General Chemistry II." *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education* 17(4):e2247. doi: 10.21601/ijese/10966.
- Saudelli, Mary Gene, Robin Kleiv, Jessica Davies, Martin Jungmark, and Rebecca Mueller. 2021. "PhET Simulations in Undergraduate Physics." *Brock Education Journal* 31(1). doi: 10.26522/brocked.v31i1.899.
- Simatupang, Elizabeth, and Indrawati Yuhertiana. 2021. "Merdeka Belajar Kampus Merdeka Terhadap Perubahan Paradigma Pembelajaran Pada Pendidikan Tinggi: Sebuah Tinjauan Literatur." *Jurnal Bisnis, Manajemen, Dan Ekonomi* 2(2):30–38. doi: 10.47747/jbme.v2i2.230.
- Supriatin, Atin, and Jhelang Annovasho. 2021. "Application of Media Combination of PhET Simulation and Spring Balance on Mathematical Concept Understanding of Grade XI Students on Vector Material." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*.
- Waruwu, Marinu. 2023. "Pendekatan Penelitian Pendidikan: Metode Penelitian Kualitatif, Metode Penelitian Kuantitatif Dan Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Method)." *Jurnal Pendidikan Tambusai* 7(1):2896–2910.
- Zulfikhar, Rosa, Mustofa Mustofa, Emmy Hamidah, Heppy Sapulete, Joni Wilson Sitopu, and Mike Nurmalia Sari. 2024. "Dampak Integrasi Teknologi Dalam Pembelajaran Terhadap Prestasi Akademis Mahasiswa Perguruan Tinggi." *Journal on Education* 6(4):18381–90. doi: 10.31004/joe.v6i4.5787.