



IDENTIFIKASI PENCAPAIAN LITERASI ENERGI PESERTA DIDIK PADA PEMBELAJARAN BERBASIS STEM DENGAN BANTUAN SIMULASI PhET

^{1*}Musawwir Usman, ²Akhmad Syakur, ³Nur Rahmah Sangkala

Universitas Negeri Makassar, Indonesia

*Corresponding author E-mail: musawwir.usman@unm.ac.id

DOI : 10.30605/biogenerasi.v10i4.7960

Accepted : 1 Desember 2025 Approved : 28 Desember 2025 Published : 29 Desember 2025

Abstract

Innovations in science education continue to develop, one of which is STEM-based learning. This learning can be combined with virtual laboratory media, such as the PhET simulation, which can develop students' skills. Currently, the students' skills that can deal with energy problems that occur in Indonesia are energy literacy. Therefore, this study aims to identify students' energy literacy achievement in STEM-based learning with PhET simulations. This study is a quasi-experiment with a one-group posttest-only design. The sample in this study was 127 selected by random sampling technique. The data analysis technique used is descriptive quantitative to analyze and determine students' energy literacy achievement category. The results indicate that STEM-based learning with PhET simulations is able to train students' energy literacy to a good category with an average value of 71.74 with details of cognitive domains of 52, affective of 85.33, and behavioral of 78. This is due to STEM-based learning with PhET simulations allows students to be more active and creative in understanding concepts, especially those that are more abstract. The aspects most influenced by STEM-based learning with PhET simulations are basic energy knowledge in the cognitive domain, responsibility in the affective domain, and energy-saving behavior in the behavioral domain.

Keywords : *science learning; STEM; virtual laboratory; PhET simulations; energy literacy*

PENDAHULUAN

Pendidikan secara global, terkhususnya di Indonesia, saat ini menuntut para peserta didik agar dapat menguasai berbagai keterampilan agar dapat bersaing yang ditandai oleh pesatnya perkembangan sains dan teknologi (Rahmita & Rosana, 2020). Tuntutan ini juga memberikan pengaruh pada berbagai aspek di bidang pendidikan, salah satunya yakni peran seorang guru dalam merencanakan dan menyusun pembelajaran yang efektif bagi peserta didik. Seorang guru perlu melakukan berbagai inovasi dalam pembelajaran yang mereka lakukan, karena guru memiliki peran penting dalam sistem pendidikan dan pembelajaran, khususnya pada pembelajaran IPA (Keiler, 2018).

Kecenderungan pembelajaran IPA yang ada di Indonesia saat ini yakni melakukan pengintegrasian dengan disiplin ilmu lain. Hal ini selaras dengan kurikulum pendidikan yang berlaku. Pengintegrasian ini agar peserta didik tidak hanya memandang IPA sebagai suatu ilmu yang berdomain konten saja, tapi juga konteks sikap dan keterampilan. Menurut (Widhy H, 2013), pembelajaran yang terintegrasi tidak hanya memadukan bidang kajian, tetapi juga harus mencakup dimensi sikap, proses, produk, aplikasi dan kreativitas. Merujuk pada standar *the Next Generation Science Standards* (NGSS) yang memberi kebebasan pada guru untuk mendesain pembelajaran dalam kelas yang bisa menstimulasi peserta didik tertarik pada sains (Simpson, Sunder, & Gabler, 2017), oleh karena itu NGSS menekankan pengintegrasian pembelajaran IPA dengan berbagai aktivitas dan teknis baik secara individu maupun berkelompok untuk mempersiapkan peserta didik menghadapi tantangan dan permasalahan terkait sains di masa yang akan datang (Brand, 2020). Salah satu pendekatan yang sesuai dengan standar pengintegrasian NGSS adalah STEM (*Science, Technology, Engineering, and Math*) (Brand, 2020; Mutakinati & Kumano, 2017).

STEM adalah sebuah istilah yang biasanya merujuk secara kolektif kepada pembelajaran yang mencakup beberapa disiplin ilmu *Science* (sains), *Technology* (teknologi), *Engineering* (teknik), dan *Mathematics* (matematika) dan juga menjadi sebuah pendekatan lintas disiplin ilmu untuk

mengajar yang meningkatkan minat peserta didik dan mengembangkan kemampuan memecahkan masalah dan kemampuan berpikir kritis dan analitis peserta didik (Education Council, 2015). STEM secara ringkas dapat didefinisikan sebagai pendidikan multidisiplin yang mengintegrasikan antara sains, teknologi, teknik dan matematika (Chesky & Wolfmeyer, 2015). Menurut Winarni, Zubaidah, & Koes H, (2016) tujuan dari pendidikan STEM bagi peserta didik yaitu diharapkan dapat menghantarkan peserta didik memenuhi kemampuan abad 21 antara lain yaitu 1) keterampilan belajar dan berinovasi yang meliputi: berpikir kritis dan mampu menyelesaikan masalah, kreatif dan inovatif, serta mampu berkomunikasi dan berkolaborasi, terampil untuk menggunakan media, teknologi, informasi dan komunikasi (TIK); 2) kemampuan untuk menjalani kehidupan dan karir, meliputi: kemampuan beradaptasi, luwes, berinisiatif, mampu mengembangkan diri, memiliki kemampuan social dan budaya, produktif, dapat dipercaya, memiliki jiwa kepemimpinan, dan tanggung jawab.

Bybee (2010) mengembangkan langkah-langkah praktis dari pembelajaran STEM yang diadaptasi dari kerangka NRC yang terdiri dari: 1) Menanyakan pertanyaan dan menjelaskan masalah; 2) mengembangkan dan menggunakan model; 3) merencanakan dan melakukan investigasi; 4) menganalisis dan menginterpretasikan data; 5) menggunakan matematika dan berpikir komputasi; 6) membangun penjelasan dan mendesain solusi; 7) terlibat dalam argumen dari bukti; dan 8) memperoleh, mengevaluasi dan mengkomunikasikan informasi. Secara singkat, pendekatan STEM memiliki beberapa langkah dalam penerapannya yakni (1) observasi; (2) menanyakan pertanyaan; (3) membuat hipotesis, (4) menganalisis dan menginterpretasikan hipotesis (5) membangun penjelasan dan mencipta (Nurkhalisa & Mastura, 2018). Oleh karena itu, langkah-langkah dari pendekatan STEM yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *observe* (observasi), *asking question and defining problem* (menanyakan pertanyaan dan menjelaskan masalah), *hypothesize* (membuat hipotesis), *analyze and interpret* (menganalisis dan menginterpretasi), *create* (mencipta) dan *evaluate and communicate* (mengevaluasi dan mengkomunikasikan).

Pembelajaran STEM dapat dipadukan dengan berbagai jenis media, salah satunya adalah laboratorium virtual. Dimana menurut Ismail, Permanasari, & Setiawan (2016) penggunaan laboratorium virtual dapat membantu untuk membangun dan mengembangkan keterampilan-keterampilan STEM pada peserta didik. Laboratorium virtual adalah laboratorium yang alat dan bahannya digunakan untuk aktivitas praktikum yang berupa seperangkat gawai lengkap dengan program aplikasi (*software*) yang terdiri dari animasi alat-bahan yang interaktif dan didesain khusus untuk aktivitas percobaan (Zulimah, Abdurrahman, & Jalmo, 2018). Penggunaan laboratorium virtual memiliki beberapa keuntungan diantaranya, biaya yang lebih murah, pengoperasian yang lebih aman dan mudah, tersedia kapanpun dan dimanapun, mampu menjelaskan konsep abstrak yang tidak bisa dijelaskan melalui pembelajaran verbal, dan penggunaannya dapat dilakukan secara mandiri oleh peserta didik dengan waktu yang lebih cepat (Li, 2015; Malik, Khasanah, Agustina, & Zakwandi, 2019). Salah satu contoh laboratorium virtual yang sering digunakan dalam pembelajaran adalah simulasi *Physics Education Technology* (PhET).

Simulasi PhET adalah salah satu aplikasi laboratorium virtual yang dibuat untuk memvisualisasikan aktivitas percobaan dalam laboratorium berbasis komputer. Simulasi PhET dikembangkan oleh tim dari Universitas Colorado, USA. PhET mudah digunakan dan diterapkan dalam pembelajaran untuk menguatkan hasil belajar kognitif peserta didik (Malik dkk., 2019). Hal ini selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahtari, Wati, Hartini, Misbah, & Dewantara (2020), dimana penggunaan simulasi PhET mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik. Pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan laboratorium virtual atau simulasi PhET menunjukkan hasil yang positif dalam memperkuat berbagai kemampuan dan keterampilan yang harus dimiliki peserta didik dalam menghadapi permasalahan di masa depan (Ismail dkk., 2016; Sagala, Umam, Thahir, Saregar, & Wardani, 2019; Zulimah dkk., 2018). Namun, keterampilan tersebut belum mengkhusus pada salah satu permasalahan yang dihadapi di Indonesia, yakni permasalahan energi. Dimana

berdasarkan data International Energy Agency (2017), penggunaan energi di Indonesia masih tefokus pada sektor perumahan (41,2%), sedangkan untuk sektor industri (32,4%) masih tergolong rendah dibanding negara lain, seperti Singapura (40,5%) dan Malaysia (48,7%). Hal ini menunjukkan penggunaan energi di Indonesia masih belum efektif. Salah satu kemampuan pada peserta didik yang dapat dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah literasi energi (Akitsu & Ishihara, 2018; DeWaters, Qaqish, Graham, & Powers, 2013).

Literasi energi merupakan sebuah pemahaman terhadap asal-usul dan peran dari energi di semesta dan kehidupan kita, juga merupakan suatu kemampuan mengaplikasikan pemahamannya untuk menjawab pertanyaan dan menyelesaikan permasalahan (Department of Energy, 2017). Literasi energi adalah istilah luas yang meliputi konten ilmu dan juga pemahaman masyarakat tentang energi termasuk aspek afektif dan perilaku (DeWaters & Powers, 2013). Banyak studi menunjukkan pentingnya literasi energi dalam pembelajaran IPA dan keterkaitannya dengan kemampuan kognitif, afektif, dan perilaku siswa, serta instrumen yang tepat dan layak juga sangat krusial untuk mengukur literasi energi secara komprehensif (Usman dkk., 2025).

Literasi energi memiliki 4 aspek yang dapat diukur, yakni konsep energi, penalaran terhadap permasalahan energi, gaya hidup rendah karbon, tanggung jawab sipil untuk masyarakat berkelanjutan (Chen, Huang, & Liu, 2013). Menurut Akitsu & Ishihara (2018) aspek-aspek literasi energi yaitu: 1) *basic energy knowledge* (pengetahuan dasar tentang energi); 2) *awareness of consequences* (kesadaran akan konsekuensi); 3) *ascription of responsibility* (anggapan tanggung jawab); 4) *personal norm* (norma perorangan); 5) *attitude toward the behavior* (sikap terhadap perilaku); 6) *subjective norm* (norma subjektif); dan 7) *perceived behavior control* (kontrol perilaku yang dirasakan); 8) *intention* (niat).

Penelitian yang menerapkan pembelajaran berbasis STEM untuk meningkatkan literasi energi peserta didik telah pernah dilakukan (Mustain & Herlina, 2019), namun pembelajaran berbasis STEM yang memanfaatkan simulasi PhET sebagai media bantu praktikum terhadap literasi energi

peserta didik masih jarang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pencapaian literasi energi peserta didik dalam pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi-eksperimen. Penelitian ini menggunakan desain kuasi-eksperimen yakni *one-group posttest-only design* (Hastjarjo, 2019) dengan pemberian perlakuan (variabel bebas) berupa pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET (X) dan variabel terikat berupa literasi energi peserta didik (O_1).



Tabel 1. Deskripsi Kuesioner Literasi Energi yang Dimodifikasi

Domain	Aspek	Jumlah butir	Tipe
Kognitif	<i>Basic energy knowledge</i>	7	Tes pilihan ganda.
	<i>Energy resource issues</i>	7	
	<i>Common trends of energy in Indonesia</i>	4	
	<i>Impact of individual and societal decisions related to energy</i>	4	
	<i>Cognitive skills</i>	3	
Afektif	<i>Awareness/concern toward energy</i>	4	Kuesioner dengan 5 skala Likert.
	<i>Positive attitudes, norms and values</i>	4	
	<i>Strong efficacy beliefs</i>	3	
	<i>Responsibility</i>	4	
Behavioral	<i>Eneyg-saving behavior</i>	7	Kuesioner dengan 5 skala Likert.
	<i>Thoughtful, effective decision making</i>	3	
		40,00 < N ≤ 55,00	Kurang
		0,00 < N ≤ 40,00	Amat Kurang

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik deskriptif kuantitatif. Teknik deskriptif kuantitatif ini dilakukan untuk menganalisis dan menentukan kategori pencapaian literasi energi peserta didik pada pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET. Kategori pencapaian literasi energi peserta didik dapat dilihat pada Tabel 2 (Maknuniyah, Astutik, & Wicaksono, 2019).

Tabel 2. Kategori Pencapaian Literasi Energi

Persentase (%)	Kategori
95,00 < N ≤ 100,00	Istimewa
80,00 < N ≤ 95,00	Amat Baik
65,00 < N ≤ 80,00	Baik
55,00 < N ≤ 70,00	Cukup

Gambar 1. *One-Group Posttest-Only Design*.

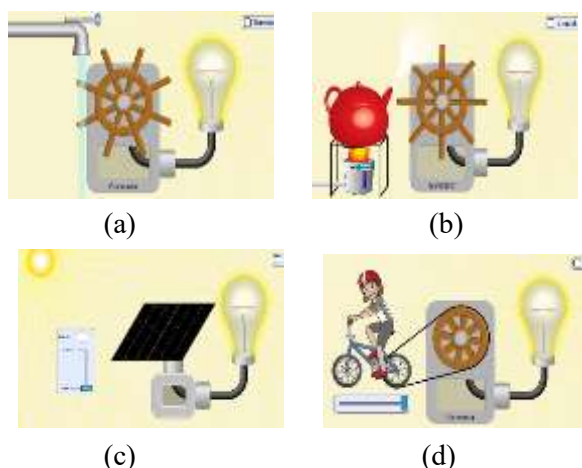
Populasi pada penelitian ini merupakan seluruh peserta didik kelas VII di SMP Negeri 2 Gempol, Pasuruan pada tahun ajaran 2020/2021. Sampel pada penelitian ini dipilih menggunakan teknik random sampling dengan jumlah sampel 127 peserta didik kelas VII. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan kuesioner literasi energi yang dikembangkan dan dimodifikasi dari instrumen literasi energi pada penelitian sebelumnya (Akitsu & Ishihara, 2018; Chen dkk., 2013; DeWaters dkk., 2013). Instrumen ini telah divalidasi oleh ahli dan terdiri dari 50 butir soal yang secara detail dapat dilihat pada Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pembelajaran pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada materi sumber-sumber energi dan perubahan bentuk energi yang berbasis pada aspek-aspek STEM yakni, *observe, asking question and defining problem, hypothesize, analyze and interpret, create dan evaluate and communicate*. Pada penelitian ini, pembelajaran STEM dibantu dengan media laboratorium virtual yang berupa simulasi PhET. Simulasi PhET yang digunakan berisi tentang percobaan mengenai perubahan bentuk

energi pada berbagai desain rangkaian pembangkit listrik, yang bisa diakses melalui link: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_in.html. Pada simulasi ini, terdapat 4 jenis desain rangkaian pembangkit listrik dari sumber energi yang berbeda, yakni air, uap, surya, dan gerak (angin) yang secara detail dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Rangkaian Pembangkit Listrik: (a) Tenaga Air; (b) Tenaga Uap; (c) Tenaga Surya; & (d) Tenaga Gerak.

Deskripsi umum pencapaian literasi energi peserta didik setelah mendapatkan pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET dapat dilihat secara detail pada Tabel 3.

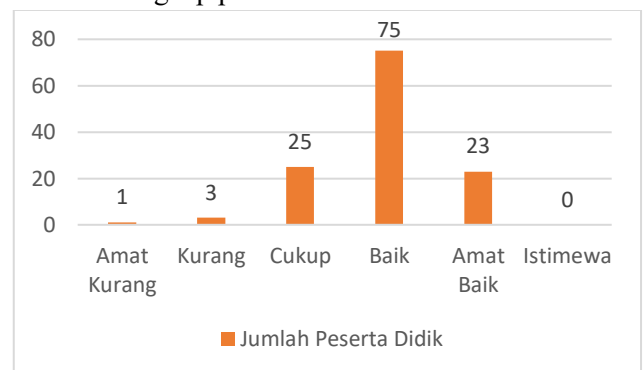
Tabel 3. Deskripsi Umum Pencapaian Literasi Energi Peserta Didik

	Kognitif	Afektif	Behavioral
Sampel			

1) Laki-laki	62		
2) Perempuan	65		
Median	53.00	85.01	76.44
Rata-rata	52.00	85.33	78.00
		71.74	
SD	14.52	9.76	13.10

Berdasarkan data tersebut diperoleh bahwa nilai rata-rata literasi energi peserta didik adalah 71,74, dimana nilai tersebut tergolong pada kategori bagus.

Distribusi jumlah peserta didik pada setiap kategori pencapaian literasi energi dapat dilihat secara lengkap pada Gambar 3.



Gambar 3. Distribusi Kategori Pencapaian Literasi Energi

Berdasarkan gambar 3, terlihat bahwa secara umum pencapaian literasi energi peserta didik tergolong pada kategori baik dengan jumlah sebanyak 75 orang.

Hasil terakhir yang diperoleh pada penelitian ini adalah hasil pencapaian literasi energi peserta didik pada setiap aspek yang dapat dilihat secara detail pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Literasi Energi Peserta Didik pada Setiap Aspek

Domain	Aspek	Persentase (%)
Kognitif	<i>Basic energy knowledge</i>	72.92
	<i>Energy resource issues</i>	49.13
	<i>Common trends of energy in Indonesia</i>	42.72
	<i>Impact of individual and societal decisions related to</i>	41.98

	<i>energy</i>	
	<i>Cognitive skills</i>	46.08
Afektif	<i>Awareness/concern toward energy</i>	83.31
	<i>Positive attitudes, norms and values</i>	83.90
	<i>Strong efficacy beliefs</i>	84.09
	<i>Responsibility</i>	88.50
Behavioral	<i>Energy-saving behavior</i>	81.01
	<i>Thoughtful, effective decision making</i>	65.77

Pembahasan

Data ini menunjukkan hasil yang positif jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh oleh (Maknuniyah dkk., 2019), yang mana nilai rata-rata literasi energi siswa pada pembelajaran *Collaborative Creativity* (CC) sebesar 66,91. Data ini juga menunjukkan hasil positif dibandingkan hanya menggunakan pembelajaran berbasis STEM tanpa menggunakan simulasi PhET, dimana berdasarkan hasil penelitian (Mustain & Herlina, 2019) nilai rata-rata literasi energi peserta didik adalah 4.25 yang masih tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET mampu melatih literasi energi peserta didik dibanding menggunakan pembelajaran lain atau pembelajaran STEM tanpa menggunakan media bantu seperti simulasi PhET.

Hal ini dikarenakan pembelajaran dengan menggunakan STEM dengan bantuan simulasi PhET memungkinkan siswa untuk belajar dengan lebih aktif dan kreatif yang mampu membantu siswa dalam memahami konsep yang bersifat abstrak seperti konsep pada materi sumber-sumber energi dan perubahan bentuk energi (Sagala dkk., 2019). Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual sebagai media pembelajaran mampu mendukung keterlibatan aktif peserta didik serta meningkatkan keterampilan dan kompetensi sains, khususnya pada pembelajaran berbasis teknologi dan pembelajaran jarak jauh (Usman, Suyanta & Huda, 2021).

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa domain kognitif memiliki nilai rata-rata yang paling rendah yakni 52 jika dibandingkan dengan domain afektif yang sebesar 85,33 dan behavioral 78. Hasil ini selaras dengan hasil

penelitian yang diperoleh oleh (Fah, Hoon, Munting, & Chong, 2012), dimana nilai domain kognitif hanya sebesar 32,66, sedangkan domain afektif sebesar 72,87 dan behavioral sebesar 71,38%.

Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik memiliki kekhawatiran terhadap permasalahan energi dan sikap positif mereka terhadap energi, walaupun mereka masih kekurangan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk bisa berkontribusi secara aktif dan efektif terhadap solusi dan permasalahan terkait energi. Sebelumnya, Usman dkk. (2021) juga menemukan bahwa meskipun literasi energi berada pada kategori moderat, domain kognitif cenderung lebih rendah, serupa dengan hasil penelitian ini.

Data ini juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET masih perlu dikembangkan agar bisa mensinergikan ketiga domain yang ada pada literasi energi. Hal ini juga bisa dikarenakan adanya gangguan jaringan yang dialami peserta didik ketika mengakses link dari simulasi PhET, sehingga peserta didik hanya melihat demonstrasi yang dilakukan oleh guru dalam menjalankan percobaan yang ada di simulasi PhET. Hal ini sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh (Ismail dkk., 2016), dimana penggunaan laboratorium virtual pada pembelajaran yang berbasis STEM mampu meningkatkan kemampuan siswa yang dalam hal ini merupakan literasi sains.

Hasil pada gambar 3 menandakan bahwa pemanfaatan pembelajaran yang berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET mampu melatih literasi energi peserta didik hingga kategori baik. Hal ini dikarenakan oleh pembelajaran STEM yang memiliki langkah-langkah mampu membimbing siswa untuk mengamati fenomena-fenomena yang terdapat di sekitar peserta didik dan penggunaan

simulasi PhET juga memungkinkan peserta didik untuk menyelesaikan permasalahan yang terdapat pada LKPD mereka.

Pada domain kognitif, persentase yang diperoleh menunjukkan hasil yang lebih positif jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mustain & Herlina, 2019), dimana persentase untuk aspek *basic energy knowledge* yang diperoleh hanya sebesar 21%, *understanding energy source* sebesar 22%, *knowing trends in energy* sebesar 20%, *knowing the consequence of individual and social decisions* sebesar 21% dan *cognitive skills* sebesar 19%. Hal ini menunjukkan penggunaan simulasi PhET sebagai media mampu meningkatkan domain kognitif peserta didik. Selain itu, pada penelitian ini, *basic energy knowledge* memiliki persentase yang lebih besar dibanding aspek lainnya.

Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran energi yang terdapat di Indonesia masih berfokus pada pengetahuan dasar dan belum pengetahuan yang lebih mendalam mengenai energi. Sehingga peserta didik masih terlihat sulit dalam menjawab pertanyaan mengenai permasalahan energi yang lebih mendalam, seperti permasalahan sumber-sumber energi di Indonesia, dampak penggunaan energi perilaku hemat energi dan konservasi energi (Maknuniyah dkk., 2019).

Aspek-aspek pada domain afektif menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dimana semua aspek pada kategori amat baik. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya dimana peserta didik menyadari dan mengakui adanya permasalahan energi, peduli terhadap konservasi energi dan penggunaan sumber daya terbarukan serta memiliki sikap dan nilai positif terhadap energi (Fah dkk., 2012). Aspek *responsibility* memiliki persentase yang paling tinggi dibanding aspek lainnya pada domain afektif, namun berdasarkan penelitian sebelumnya, rasa tanggung jawab tinggi yang dimiliki oleh peserta didik juga harus didukung oleh pemahaman atas dampak dari perilaku mereka dalam penggunaan energi sehari-hari (Akitsu & Ishihara, 2018).

Aspek *energy-saving behavior* pada domain behavioral menunjukkan persentase sebesar 81,01%, sedangkan untuk *aspek thoughtful, effective decision making* sebesar 65,77%. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET mampu melatih perilaku hemat

energi peserta didik yang baik meskipun dalam pengambilan keputusan terkait permasalahan energi mereka masih menemukan kesulitan. Hal ini disebabkan karena keterbatasan dalam pembelajaran untuk mengangkat suatu permasalahan yang nyata yang dapat membimbing dan melatih siswa untuk mengambil keputusan yang lebih tepat dan efektif. Oleh karena itu, media laboratorium virtual yang digunakan bisa dikembangkan dengan menggunakan permasalahan-permasalahan terkait energi yang lebih nyata dan kompleks. Dimana menurut (Ismail dkk., 2016), penggunaan fenomena dan permasalahan yang nyata mampu membuat peserta didik lebih tertarik terhadap pembelajaran.

SIMPULAN DAN SARAN

Pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET mampu melatih literasi energi hingga kategori baik dengan rata-rata 71,74, dengan rincian domain kognitif sebesar 52, domain afektif sebesar 85,33, dan domain behavioral sebesar 78. Aspek yang paling dipengaruhi oleh pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET adalah *basic energy knowledge* pada domain kognitif, *responsibility* pada domain afektif, dan *energy-saving behaviour* pada domain behavioral.

Saran untuk penelitian ini agar pembelajaran berbasis STEM dengan bantuan simulasi PhET dapat dikembangkan dengan menggunakan fenomena dan permasalahan yang lebih nyata terkait energi.

DAFTAR RUJUKAN

- Akitsu, Y., & Ishihara, K. N. (2018). An Integrated Model Approach: Exploring the Energy Literacy and Values of Lower Secondary Students in Japan. *International Journal of Educational Methodology*, 4(3), 161–186. <https://doi.org/10.12973/ijem.4.3.161>
- Brand, B. R. (2020). Integrating science and engineering practices: outcomes from a collaborative professional development. *International Journal of STEM Education*, 7(13). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00210-x>
- Bybee, R. W. (2010). What Is STEM Education? *Science*, 329(5995), 996–996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>

- Chen, K.-L., Huang, S.-H., & Liu, S.-Y. (2013). Devising a framework for energy education in Taiwan using the analytic hierarchy process. *Energy Policy*, 55, 396–403. Elsevier. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.025>
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM Education*. New York: Palgrave Macmillan US. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1057/9781137535467>
- Department of Energy. (2017). *Energy literacy - Essential principles and fundamental concepts for energy education*. Energy Literacy - Essential principles and fundamental concepts for energy education. Washington, D.C.: Department of Energy. Retrieved from <https://www.energy.gov/eere/education/energy-literacy-essential-principles-and-fundamental-concepts-energy-education>
- DeWaters, J., & Powers, S. (2013). Establishing measurement criteria for an energy literacy questionnaire. *Journal of Environmental Education*, 44(1), 38–55. <https://doi.org/10.1080/00958964.2012.711378>
- DeWaters, J., Qaqish, B., Graham, M., & Powers, S. (2013). Designing an energy literacy questionnaire for middle and high school youth. *Journal of Environmental Education*, 44(1), 56–78. <https://doi.org/10.1080/00958964.2012.682615>
- Education Council. (2015). National Stem School Education Strategy. *Australian education ministers*. Retrieved from www.educationcouncil.edu.au
- Fah, L. Y., Hoon, K. C., Munting, E. T., & Chong, C. A. (2012). Secondary School Students' Energy Literacy: Effect of Gender and School Location. *OIDA International Journal of Sustainable Development*, 3(7), 75–86.
- Hastjarjo, T. D. (2019). Rancangan Eksperimen-Kuasi. *Buletin Psikologi*, 27(2), 187. <https://doi.org/10.22146/buletinpsikologi>
- International Energy Agency. (2017). Data tables – Data & Statistics - IEA. Retrieved April 28, 2020, from <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=INDONESIA&energy=Electricity&year=2017>
- Ismail, I., Permanasari, A., & Setiawan, W. (2016). Efektivitas virtual lab berbasis STEM dalam meningkatkan literasi sains siswa dengan perbedaan gender. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 2(2), 190. <https://doi.org/10.21831/jipi.v2i2.8570>
- Keiler, L. S. (2018). Teachers' roles and identities in student-centered classrooms. *International Journal of STEM Education*, 5(1). International Journal of STEM Education. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0131-6>
- Li, H. (2015). A Web-based virtual laboratory for distance education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 13(4), 544–549. <https://doi.org/10.18260/1-2--10505>
- Mahtari, S., Wati, M., Hartini, S., Misbah, M., & Dewantara, D. (2020). The effectiveness of the student worksheet with PhET simulation used scaffolding question prompt. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012010>
- Maknuniyah, L., Astutik, S., & Wicaksono, I. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Collaborative Creativity (Cc) Terhadap Kemampuan Literasi Energi Pada Siswa Sma. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 8(2), 87–93. <https://doi.org/10.19184/jpf.v8i2.11669>
- Malik, A., Khasanah, U., Agustina, R. D., & Zakwandi, R. (2019). Which One Is Better Hands on or Phet Simulation on Harmonic Oscillation. *Edusains*, 11(2), 264–278. <https://doi.org/10.15408/es.v11i2.10571>
- Mustain, I., & Herlina, Y. (2019). STEM for Establishing Energy Literacy in Maritime Vocational Education. *Scientiae Educatia*, 8(2), 131.

- <http://dx.doi.org/10.24235/sc.educatia.v8i2.5520>
- Mutakinati, L., & Kumano, Y. (2017). Development of STEM Learning Materials and Lessons through Project Based Learning Model for Middle School: NGSS Framework. *3rd International Seminar on Science Education* (Vol. 3, pp. 64–75). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Nurkhalisa, S., & Mastura, D. E. (2018). STEM Approach Based Environmental to Improving Learning Outcomes and Student Character. *Conference Paper. Disajikan Proceedings of International Conference on Mathematics and Science Education*. Bristol: IOP Publishing.
- Rahmita, & Rosana, D. (2020). Profile analysis of data literacy capability based on NGSS junior high school students in Takalar, South Sulawesi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012082. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1440/1/012082>
- Sagala, R., Umam, R., Thahir, A., Saregar, A., & Wardani, I. (2019). The effectiveness of stem-based on gender differences: The impact of physics concept understanding. *European Journal of Educational Research*, 8(3), 753–761. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.8.3.753>
- Simpson, K., Sunder, S., & Gabler, G. (2017). Next Generation Science Standards in MENA American Curriculum Schools. *KDSL Global*, 1–14. Retrieved from <http://kdslglobal.com/NGSS%20in%20MENA%20American%20Curriculum%20Schools.pdf>
- Usman, M., Pramudawardani, H., Umam, R., & Takahashi, H. (2025). Synthesizing A Framework and Establishing Content Validity of An Energy Literacy Instrument for Indonesian Students. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 4(3), 175–185. <https://doi.org/10.30762/ijise.v4i3.6993>
- Usman, M., Suyanta, & Huda, K. (2021). Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the COVID-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(2021), 012126. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012126>
- Usman, M., Suyanta, Pujianto, & Huda, K. (2021). Energy Literacy of Junior High School Students in Indonesia: A Preliminary Study. *Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, 609–614. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210326.088>
- Widhy H, P. (2013). Integrative Science untuk Mewujudkan 21st Century Skill dalam Pembelajaran IPA SMP. *Seminar Nasional MIPA 2013*. Bali: Universitas Pendidikan Ganesha.
- Winarni, J., Zubaidah, S., & Koes H, S. (2016). STEM: APA, MENGAPA, DAN BAGAIMANA. *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM*. Medan: Universitas Negeri Medan.
- Zulimah, Z., Abdurrahman, A., & Jalmo, T. (2018). The Effectiveness of Students' Worksheet of Virtual Laboratory Practice on Dynamic Electricity to Improve Science Process Skill. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science*, 4(4), 319–328. <https://doi.org/10.22161/ijaems.4.4.14>