



Penerapan Pendekatan STEM Berbasis Simulasi PhET Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Fisika Peserta Didik

Mahirah Ulfah Abdi, Mustafa, Andi Ulfa Tenri Pada*

Program Studi Magister Pendidikan IPA Program Pascasarjana Universitas Syiah Kuala,
Banda Aceh, Indonesia

*Email: andi_ulfa@unsyiah.ac.id.

DOI: 10.24815/jipi.v5i3.21774

Article History:

Received: Juli 16, 2021

Accepted: August 19, 2021

Revised: August 1, 2021

Published: September 1, 2021

Abstract. *The online learning process creates problems that the practicum cannot be carried out during the online learning process. This problem has an impact on the decline in the level of understanding of students' scientific concepts and process skills. Researchers used a PhET-based STEM approach to overcome these problems. The purpose of this study was to determine the impact of the PhET-based STEM approach in improving students' conceptual understanding of physics subjects at SMA N 5 Banda Aceh. Data collection for this study was conducted in March. Analysis of the data used is a statistical test that is independent-t test. The results show that the use of the PhET-based STEM approach has a very positive impact on improving the understanding of physics concepts that are tested through objective tests. The results of the variable understanding of the concept can be seen from the N-Gain. In the concept understanding variable, the experimental class got a gain value of 0.6 and the control class was 0.5. Both fall into the medium category. So it can be concluded that the PhET-based STEM approach can improve students' conceptual understanding in physics.*

Keywords: *STEM Approach, PhET Simulation, Concept Understanding.*

Pendahuluan

Perkembangan dunia saat ini telah memasuki era revolusi industry 4.0. Pada era ini, Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan berkembang sangat pesat sehingga menuntut masyarakat untuk dapat mengikuti tantangan di zaman ini (Selisne,dkk., 2019). Pada Era revolusi industri 4.0, ada beberapa sector yang terdampak dari perkembangan teknologi, salah satunya adalah sektor pendidikan. Dunia pendidikan merupakan salah satu sector pendidikan yang telah mengimplementasikan teknologi sebagai simulasi maupun sumber belajar. kecanggihan teknologi dapat dimanfaatkan oleh pendidik sebagai pendekatan yang diyakini sangat membantu proses pembelajaran, termasuk pada masa pandemi yang memperkenalkan digital atau daring (Dhawan, dkk., 2020).

Proses pembelajaran daring merupakan pembelajaran yang ditetapkan oleh pemerintah agar proses belajar mengajar tetap terlaksanakan dimasa pandemi.

Pembelajaran online juga memungkinkan secara fisik menantang siswa dengan lebih banyak kebebasan untuk berpartisipasi dalam pembelajaran secara virtual (Basilaia, dkk., 2020). Di tengah ancaman pandemi, para peserta didik dan guru dituntut dapat menghadapi dan beradaptasi dengan pembelajaran daring (Alea, dkk., 2020). Penyampaian materi yang dilakukan secara ceramah membuat sebagian siswa kurang tertarik dalam belajar Fisika dan hasil belajar siswa menjadi rendah. Guru diharapkan mampu menerapkan pendekatan maupun metode pembelajaran yang sesuai dengan materi dalam kegiatan pembelajaran sekolah. Penerapan pendekatan dan metode pembelajaran fisika harus disesuaikan dengan sifat-sifat dari materi fisika, seperti lebih menekankan pada pemahaman konsep, mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari, maupun menyelesaikan masalah melalui eksperimen. Namun selama pembelajaran daring, minim sekali dilaksanakannya praktikum pada proses pembelajaran dan penyampaian materi hanya berlangsung secara ceramah. Tidak adanya praktikum selama pembelajaran daring menyebabkan melemahnya aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik (Hadija, 2020).

Kasus tersebut terjadi pula di SMA N 5 Banda Aceh. Permasalahan tersebut terjadi karena sukarnya melaksanakan praktikum secara daring. Pelaksanaan praktikum penting sekali dilakukan dengan tujuan dapat membantu peserta didik dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan sains peserta didik (Emda, dkk., 2017). Selain itu permasalahan lainnya yang muncul adalah ketuntasan yang diperoleh peserta didik pada pelajaran fisika hanya 40% yang mencapai KKM. Rendahnya nilai peserta didik dikarenakan ketidakefektifan proses pembelajaran selama pandemi yang penyampaian materi dilakukan dengan metode ceramah. Ketidakefektifan proses belajar tersebut mengakibatkan melemahnya pemahaman konsep yang diukur melalui tes tulis pada ulangan di setiap materi.

Permasalahan yang terjadi perlu dilakukan pembenahan agar dapat mendukung keterlaksanaan praktikum selama proses pembelajaran daring. Guru dapat memanfaatkan teknologi untuk mengatasi masalah praktikum yang tidak dapat dilakukan secara konvensional. Pelaksanaan praktikum dapat dilakukan secara virtual dengan menggunakan Komputer yang didukung simulasi belajar (Arun, dkk., 2016). Proses pembelajaran selama daring akan lebih efektif apabila menggunakan pendekatan yang mendukung penggunaan teknologi dalam melaksanakan pembelajaran. Pendekatan yang dapat membantu pelaksanaan proses pembelajaran daring adalah pendekatan STEM. Pendekatan STEM merujuk pada pengintegrasian konsep desain teknologi/teknik kedalam pengajaran dan pembelajaran sains/matematika di kurikulum sekolah (Sakdiah, dkk., 2018). Keterlaksanaan pembelajaran akan lebih optimal apabila pendekatan STEM dikolaborasi dengan simulasi yang menyediakan simulasi pembelajaran sebagai pengganti laboratorium fisika di sekolah. Simulasi tersebut adalah simulasi *PhET*. Oleh karena itu peneliti memberikan solusi untuk permasalahan yang muncul di kelas dengan menggantikan kegiatan praktikum di laboratorium menjadi laboratorium virtual (Pricilia, 2019). Tujuannya penerapan pendekatan STEM dengan menggunakan PhET adalah memberikan kesempatan bagi peserta didik melatih keterampilan untuk menemukan konsep materi secara mandiri sehingga peserta didik mudah memahami konsep (Fithriani, 2018). Pemahaman konsep dan keterampilan proses memiliki hubungan karena melibatkan aspek kognitif, manual dan social (Ozgelen, dkk., 2012). Penggunaan simulasi

PhET bagi Peserta didik dapat merasa nyaman selama belajar dan tidak cepat bosan serta lebih menyenangkan sehingga pemahaman konsep peserta didik dapat meningkat terutama dibidang fisika (Elisa, dkk., 2017).

Simulasi PhET merupakan salah satu bentuk pembelajaran yang menarik bagi peserta didik. Metode ini akan menuntut siswa untuk memanfaatkan kecanggihan teknologi dalam memahami materi pembelajaran fisika (Rizaldy, dkk., 2020). Kemudahan penggunaan simulasi PhET sebagai simulasi pembelajaran adalah karena dapat digunakan setiap saat. Peserta didik memiliki kebebasan untuk mengeksplorasi simulasi lain yang tersedia. Berbagai simulasi canggih PhET akan sangat membantu untuk meningkatkan pemahaman konsep sains. Simulasi PhET membuat siswa terlibat secara komprehensif sehingga dapat menjadi salah satu komponen utama untuk meningkatkan pemahaman konsep sains dan keterampilan proses. Penyajian materi disampaikan melalui praktik yang terdapat dalam simulasi PhET. Pendekatan STEM berbasis simulasi PhET ini menjadikan peserta didik menjadi pusat dari proses pembelajaran sehingga penerapannya sangat memungkinkan untuk meningkatkan pemahaman konsep pada materi fisika. Dengan demikian simulasi PhET sangat efektif untuk mengoptimalkan hasil pembelajaran peserta didik (Arabacioglu, dkk., 2016)

Solusinya adalah adanya inovasi pembelajaran yang dapat menangani permasalahan sekolah selama daring. Tujuannya adalah agar praktikum fisika tetap terlaksanakan. Praktikum fisika sangat berperan penting untuk melatih tingkat kognitif dan psikomotorik peserta didik. Oleh karena itu minimnya pelaksanaan praktikum di laboratorium dapat digantikan dengan praktikum virtual. Praktikum virtual dapat diakses menggunakan komputer atau smartphone, sehingga mendukung proses pembelajaran. Pendekatan STEM dengan menggunakan simulasi PhET yang menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan yang terjadi pada siswa di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 5 Banda Aceh.

Metode

Metode kuasi eksperimen metode yang memiliki kelompok control namun tidak dapat berfungsi sepenuhnya untuk mengontrol variable dari luar yang mempengaruhi pelaksanaan eksperimen (Sugiyono, dkk., 2010). Metode kuasi eksperimen bertujuan untuk melakukan pengontrolan terhadap satu variabel yang dianggap paling dominan. Variable yang dominan dalam penelitian ini adalah pemahaman konsep keterampilan proses sains. Metode kuasi eksperimen terdiri dari beberapa design. Design yang digunakan adalah *nonequivalent control group design*.

Penggunaan Design *nonequivalent control group* tujuannya adalah untuk dapat membandingkan perbedaan capaian yang dihasilkan oleh peserta didik (Mohr, dkk., 1982). Penggunaan desain juga bertujuan untuk mengetahui apakah penerapan simulasi PhET memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman konsep peserta didik yang dilakukan pada kelas eksperimen dan control tanpa melalui *randomisasi*.

Penelitian ini dilakukan di SMA Negeri 5 Banda Aceh. Pemilihan sekolah dilakukan atas dasar akreditasi sekolah. SMA Negeri 5 Banda Aceh memiliki akreditasi A sehingga dapat dipastikan sekolah tersebut memiliki fasilitas laboratorium yang mendukung pelaksanaan penelitian. Sebelum melakukan penelitian, peneliti harus terlebih dahulu

menentukan populasi serta sampel di lokasi penelitian. Populasi yang diperlukan dalam penelitian adalah seluruh peserta didik kelas XI SMA N 5 Banda Aceh yang berjumlah 240 peserta didik. Pemilihan populasi kelas XI dipilih berdasarkan materi elastisitas terdapat pada silabus dikelas XI

Dalam penelitian ini pemilihan sampel dilakukan secara *non random sampling* dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Pengambilan sampel secara *purposive* bertujuan agar menyesuaikan kriteria-kriteria sampling yang sesuai dengan penelitian sehingga data yang diambil tergolong homogen. Setelah melakukan sampling, terpilih dua kelas yang terdiri dari kelas XI IA 1 dan XI IA 2. Untuk menguji model pembelajaran konvensional, Sampel yang digunakan berjumlah 30 peserta didik. Penerapan model berbantuan simulasi *PhET* digunakan sampel berjumlah 30 peserta didik. Total sample yang di gunakan peneliti berjumlah sebanyak 60 siswa yang terbagi menjadi dua kelas.

Data kuantitatif dikumpulkan dengan menggunakan soal objektif sebanyak 20 soal. Soal tersebut dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep yang diujikan kepada peserta didik sebanyak 2 kali yaitu *pretest* dan *posttest*. Pada proses pengumpulan data, peserta didik akan berikan *treatment* oleh peneliti yang kemudian akan dikelompokkan dan melakukan praktikum virtual dengan simulasi *PhET* pada materi elastisitas. Pada kegiatan ini, peserta didik akan berdiskusi untuk menjawab permasalahan yang terdapat pada lembar kerja peserta didik (LKPD). Data tersebut dianalisis dengan menggunakan uji normalitas dan homogenitas untuk membuktikan bahwa data tersebut terdistribusi normal dan homogen. Kemudian data diuji dengan menggunakan uji statistic parametric yaitu independent sample t test.

Berdasarkan perolehan hasil tes yang diujikan kepada peserta didik, didapatkan hasil bahwa terdapat peningkatan hasil belajar setelah diberikan perlakuan berupa simulasi *phet* di kelas eksperimen. besarnya pengaruh simulasi *phet* terhadap peningkatan pemahaman konsep dapat dibuktikan melalui persamaan N-gain (Meltzer, dkk., 2002) beserta tabel kriteria N-Gain (Hake, dkk., 1999) yang dapat dilihat pada persamaan 1 dan tabel 1.

$$g = \frac{\text{posttest score} - \text{pretest score}}{\text{maximum possible score} - \text{pretest score}} \quad (1)$$

Melalui persamaan 1 peneliti dapat mengetahui seberapa besar pengaruh *treatment* yang diberikan kepada peserta didik dalam bentuk score yang telah di tetapkan oleh peneliti sebelumnya . Score tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria N-Gain

No	Nilai <i>N-gain</i>	Kategori
1.	$(\langle g \rangle) > 0,7$	Tinggi
2.	$0,7 > (\langle g \rangle) > 0,3$	Sedang
3.	$(\langle g \rangle) < 0,3$	Rendah

Hasil dan Pembahasan

Analisis Pemahaman Konsep

Pada bab ini, data yang didapatkan adalah data hasil nilai pemahaman konsep yang dilakukan oleh peserta didik ketika mengikuti *pretest* dan *posttest*. Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis Agar mendapatkan hasil yang akurat, peneliti telah melakukan semua tahapan penelitian seperti pengumpulan data, pengolahan data berupa uji normalitas, homogenitas, N-gain dan uji butir soal pemahaman konsep untuk menilai hasil *pretest* dan *posttest* peserta didik. Hasil analisis kemampuan awal dan akhir pemahaman konsep peserta didik dengan menggunakan pendekatan STEM berbasis simulasi PhET dapat dilihat dari Tabel 2.

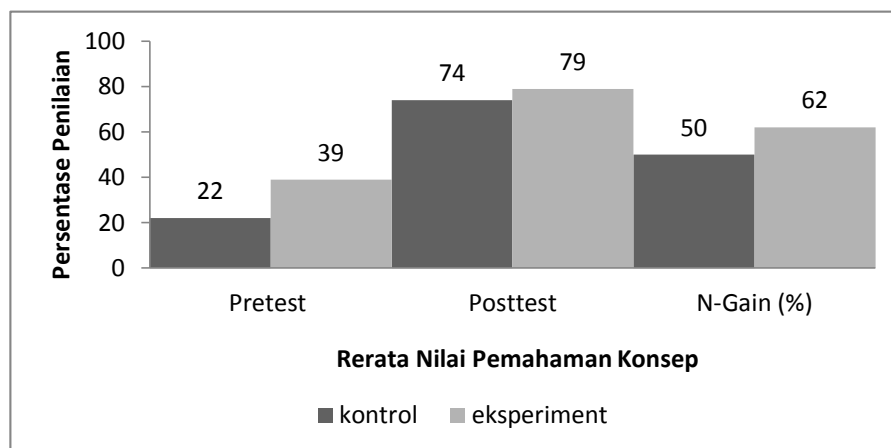
Tabel 2. Nilai Rerata Pemahaman Konsep

Kelas	Nilai Rerata pemahaman konsep			N-gain	Kategori
	Pretest	Posttest	Rata-rata		
Kontrol	22,1	39,5	30.8	0,5	Sedang
Eksperimen	73,5	78,8	76.15	0,6	Sedang

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata nilai pada kelas kontrol diperoleh nilai yaitu 30.8. Rata-rata nilai pada kelas eksperimen menggunakan pendekatan STEM dengan simulasi PhET yaitu 76.15. Jika dilihat dari nilai rata-rata kedua kelas, selisih nilai rata-rata kedua kelas lumayan jauh yaitu. Selisih tersebut menunjukkan adanya pengaruh dari perbedaan perlakuan pada proses pembelajaran fisika terhadap nilai kognitif, sehingga nilai rata-rata pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan dengan nilai rata-rata pada kelas kontrol.

Berdasarkan dari uraian tabel 2 menunjukkan perbedaan skor pemahaman konsep pada kedua kelas yang di ukur melalui soal yang berjumlah 20 dan dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep. indikator pemahaman konsep mencakup 7 aspek yaitu menafsirkan, memberi contoh, mengklasifikasi, merangkum, menyimpulkan, membandingkan menjelaskan. Soal pemahaman konsep yang diujikan kepada peserta didik menghasilkan nilai yang berbeda pada kedua kelas. Perbedaan perolehan skor menunjukkan bahwa kelas yang diberikan teratment dengan menggunakan pendekatan STEM berbasis simulasi *PhET* memiliki peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol. Keberhasilan penerapan pendekatan STEM dengan menggunakan simulasi PhET memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan peserta didik dalam memahami konsep fisika (Yulia,2018). Kemampuan kognitif siswa pada kelas eksperimen menjadi lebih kuat karena peserta didik diberikan sebuah visualisasi yang mudah untuk dimengerti. Pada lembar kerja yang disediakan juga siswa diminta melakukan hipotesis serta menganalisis dari hasil simulasi praktikum menggunakan simulasi PhET tersebut. Hal tersebut membuat kemampuan berfikir siswa terus berkembang sehingga dapat menafsirkan, mengaitkan antar kejadian pada saat simulasi tersebut dan terbangunlah sebuah konsep pada siswa. Kemampuan analisis siswa kelas eksperimen lebih baik dari pada kelas kontrol yang tidak dilakukan praktikum virtual. Simulasi PhET membantu para peserta didik di saat pandemi seperti ini dengan cara menampilkan visualisasi yang

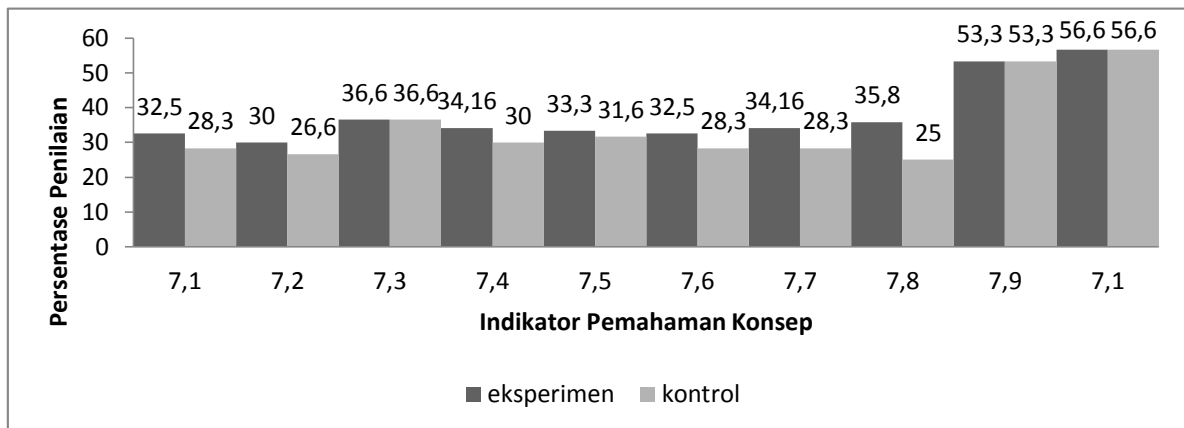
membuat siswa dapat menggambarkan suatu teori yang abstrak, sehingga siswa tertarik dalam mempelajari konsep fisika.



Gambar 1. Grafik pencapaian hasil peserta didik pada variable pemahaman konsep

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat peningkatan terhadap pemahaman konsep peserta didik. Peningkatan tersebut terjadi di kelas eksperimen dengan penggunaan simulasi *PhET*. Peningkatan pada kelas eksperimen memiliki nilai *gain* sebesar 0.6 sedangkan kelas kontrol memiliki nilai *gain* sebesar 0,5. Kedua nilai tersebut dapat tergolong dalam kategori sedang. Hasil observasi yang dilakukan oleh peneliti selama penelitian berlangsung, didapatkan bahwa peserta didik yang di berikan *treatment* pendekatan STEM simulasi PhET jauh lebih aktif dan ambisius untuk belajar fisika jika dibandingkan dengan kelas kontrol.

Peningkatan pemahaman konsep peserta didik yang mendapatkan score lebih tinggi terdapat di kelas eksperimen. Penyebabnya adalah adanya kesempatan peserta didik untuk dapat mencari konsep fisika secara mandiri pada saat melakukan praktikum dengan menggunakan simulasi PhET yang diberikan kepada peserta didik. Pernyataan yang mendukung bahwa terdapatnya peningkatan pemahaman konsep diungkapkan oleh (Khairunnisa, dkk., 2020) menyatakan bahwa penggunaan simulasi PhET dapat melatih keterampilan peserta didik dan dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Simulasi PhET tidak hanya dapat meningkatkan pemahaman konsep saja namu keterampilan peserta didik dalam mengolah informasi yang di dapatkan dari praktikum virtual tersebut (Fernanda, dkk., 2015). Pemahaman konsep peserta didik didukung dengan adanya pemilihan pendekatan, strategi, metode yang tepat dari guru agar tercapai tujuan pembelajaran (Sukmawati, dkk., 2017), sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan simulasi PhET adalah salah satu penerapan yang diyakini mampu meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Secara keseluruhan hasil analisis perhitungan N-gain untuk pengukuran pemahaman konsep menunjukkan hasil yang baik. Namun untuk kesempurnaan penelitian ini berikut disajikan hasil analisis dari data perbandingan persentase kedua kelas berdasarkan indikator materi elastisitas.



Gambar 2. Perbandingan persentase nilai pemahaman konsep yang di uji melalui tes pada kelas eksperimen dan kontrol berdasarkan indikator materi elastisitas.

Hasil analisis data pada Gambar 2 menunjukkan bahwa secara keseluruhan pemahaman konsep peserta didik pada kelas eksperimen lebih tinggi dari pada kelas kontrol dalam setiap indikator. Pembelajaran dengan menggunakan pendekatan STEM dengan menggunakan simulasi *PhET* sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. Hal ini membuktikan bahwa proses pembelajaran menggunakan simulasi *PhET* dapat membuat pemahaman konsep peserta didik lebih baik. Simulasi ini pernah diterapkan oleh (Khaerunnisak, dkk., 2018) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa simulasi *PhET* dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik.

Uji-t Pemahaman Konsep Peserta Didik

Pengujian hipotesis dapat diketahui dengan dilakukan uji-t sehingga dapat terlihat hasil kebenaran atau tidak pengujian hipotesis. Adapun hasilnya disajikan pada Tabel 3

Tabel 3. Analisis Hasil Uji-t

Kelas	Normalitas*	Homogenitas**	Uji-t***		Kesimpulan
			t _{hitung}	t _{tabel}	
Kontrol	0,107	0,406	3,71	2,04	Terdapat Perbedaan Signifikan
Eksperimen	0,160				

Keterangan:

*) : *Normalitas Test*, $L_{hitung} < L_{tabel}$ (data normal)

**) : *Homogen Test*, $L_{hitung} < L_{tabel}$ (data homogen)

***) : *t test*, $t_{hitung} > t_{tabel}$ (terdapat perbedaan signifikan)

Berdasarkan uji normalitas dan homogenitas diketahui bahwa data hasil belajar peserta didik uji normalitas pada kelas kontrol dan eksperimen adalah 0,107 dan 0,160. Uji homogenitas kedua kelas adalah 0,406. Nilai yang diperoleh dari kedua uji pada masing-masing kelas adalah $sig. > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan kedua data berdistribusi normal dan homogen Berdasarkan hasil pengujian normalitas dan homogenitas maka selanjutnya dapat dilakukan uji-t untuk melihat apakah hipotesis diterima atau ditolak. Uji hipotesis diukur dengan menggunakan *independent sampel test* melalui *software* SPSS versi 22 dengan nilai signifikan $> 0,05$. Hasil pengujian menunjukkan bahwa skor *posttest* pada kedua kelas diperoleh $t_{hitung} (3,71) > t_{tabel} (2,042)$,

dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelas yaitu kelas kontrol dan eksperimen. Perbedaan tersebut terlihat pada kelas eksperimen yang menggunakan simulasi PhET memiliki skor yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas kontrol. Pernyataan tersebut didukung oleh (Yanti, dkk., 2019) yang menyatakan adanya penerapan PhET diyakini mampu melatih peserta didik dalam menggunakan teknologi serta membantu mereka dalam memudahkan memahami konsep melalui laboratorium virtual. Simulasi PhET juga pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti bernama (Fathurohman, dkk., 2018) yang menyatakan bahwa untuk dapat meningkatkan pemahaman konsep perlu adanya inovasi seperti simulasi PhET.

Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan bahwa penerapan dari pendekatan STEM berbasis simulasi PhET dapat meningkatkan pemahaman konsep fisika peserta didik. hal tersebut dibuktikan oleh peneliti melalui tes objektif yang diberikan setelah melakukan *treatment (posttest)* yang menunjukkan bahwa adanya peningkatan. Besarnya pengaruh *treatment* tersebut dibuktikan berdasarkan uji N-gain yang menunjukkan bahwa penerapan tersebut dikategorikan pada kelompok medium atau sedang.

Daftar Pustaka

- Alea, L.A., Fabrea, M.F., Roldan, R.D.A., & Farooqi, A.Z. 2020. Teachers' Covid-19 awareness, distance learning education experiences and perceptions towards institutional readiness and challenges. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(6):127-144.
- Arabacioglu, S. & Unver, A.O. 2016. Supporting inquiry based laboratory practices with mobile learning to enhance students' process skills in science education *Journal of Baltic Science Education*, 15(2):216-230.
- Arun, J. & Mohit, J. 2016. A novel smart metering infrastructure using virtual instrument. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(12):1-7.
- Basilaia, G. & Kvavadze, D. 2020. Transition to online education in schools during a SARS-CoV-2 coronavirus (Covid-19) pandemic in Georgia. *Pedagogical Research*, 5(4):10-15.
- Dhawan, S. 2020. Online learning: A panacea in the time of Covid-19 crises. *Journal of Educational Technology*, 49(1):5-22.
- Hadija, M.A. & Tahang, L. 2016. Penerapan metode praktikum untuk meningkatkan keterampilan proses sains dan hasil belajar ipa fisika peserta didik pada materi pokok getaran dan gelombang Kelas VII Negeri 2 Bungku Selatan. *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(1): 119-127.
- Elisa, Mardiyah, A., & Ariaaji, R. 2017. Peningkatan pemahaman konsep fisika dan aktivitas mahasiswa melalui PhET simulation. *Jurnal Penelitian Tindakan Kelas dan Pengembangan Pembelajaran*, 1(1):15-20.

- Ejiwale, J. 2013. Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning*, 7(2):63-74
- Emda, A. 2017. Laboratorium sebagai sarana pembelajaran kimia dalam meningkatkan pengetahuan dan ketrampilan kerja ilmiah. *Lantanida Journal*, 5(1):84-92.
- Fathurohman, C., Ruhiat, Y., & Firman, R. 2018. Penerapan media simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi fluida. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Fisika Untirta*, 1(1):64-70.
- Fernanda, R., Ratnawulan, & Hidayati. 2015. Pengaruh penggunaan *virtual laboratory* dalam pembelajaran kooperatif tipe *student team learning* (STL) terhadap hasil belajar fisika siswa MAN 2 padang. *Pillar of Physics Education*, 5(1):169-176.
- Fithriani, S.L., Halim, A., & Khaldun, I. 2016. Penggunaan media simulasi phet dengan pendekatan inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pokok bahasan kalor di SMA Negeri 12 Banda Aceh. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 4(2):45-52.
- Hake, R. 1999. *Analyzing Change/Gain Score*. Indiana: Indiana University.
- Khairunnisa, K., Ita, I., & Istiqamah. 2020. Keterampilan proses sains (kps) mahasiswa tadaris biologi pada mata kuliah biologi umum. *Bio-inoved: Jurnal Biologi-Inovasi Pendidikan*, 1(2):58-65.
- Khaerunnisak, K. 2018. Peningkatan pemahaman konsep dan motivasi belajar siswa melalui simulais PhET. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 4(2):7-12.
- Meltzer, D.E. 2002. The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gains in physics: a possible "hidden variable" in diagnostic pretest scores. *American Journal Physics*, 70(12):1259-1268.
- Mohr, L.W. 1982. On rescuing the non equivalent control group design. *Sociological, Methods and Research*, 11(1):53-80.
- Ozgelen, S. 2012. Student science process skills within a cognitive framework. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 8(4):283-292.
- Pricilia, H.Y., Budi, M., & Astra, I.M. Lembar kerja peserta didik PhET Simulation berbasis STEM. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 3(1):313-318.
- Rizaldy, D.R., Nurhayati, E., & Fatimah, Z. 2020. The correlation of digital literaion and STEM to improve Indonesian students skills in 21 st century. *International Journal of Asean Education*, 1(2):35-40.
- Sakdiah, Mursal, & Syukri, M. 2018. Penerapan model inkuiri terbimbing untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kps pada materi listrik dinamis siswa SMP. *Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA*, 2(1):41-49.

- Selisne, M., Sari, Y.S., dan Ramli, R. 2018. Role of learning module in STEM approach to achieve competence of physic learning. *IOP Conf Series: Journal of Physics*, 1185(1):12100-12110.
- Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Sukmawati, R. 2017. Pengaruh pembelajaran interaktif dengan strategi drill terhadap kemampuan pemahaman konsep matematika mahasiswa. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Matematika*, 10(2):95-104.
- Sundayana, R. 2014. *Statistika Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Yulia, I., Connie, C., & Risdianto, E. 2018. Pengembangan LKPD berbasis inquiry berbantuan simulasi PhET untuk meningkatkan penguasaan konsep gelombang cahaya di Kelas XI MIPA SMAN 2 Kota Bengkulu. *Jurnal Kumparan Fisika*, 1(3):64-70.
- Yanti, F., Daud. M., & Zahara, S.R. 2019. Penerapan *problem based learning* melalui simulasi PhET untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa pada materi energi mekanik di SMA. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 2(1):33-39.