

PENGENALAN VIRTUAL LABORATORY BERBASIS PHYSICS EDUCATION TECHNOLOGY(PhET) INTERACTIVE SIMULATION SEBAGAI ALTERNATIF PRAKTIKUM PADA SISWA SEKOLAH INTERNASIONAL LUAR NEGERI RIYADH

Lalu Ahmad Didik Meiliyadi^{1*}, Nur Khasanah¹, Baiq Ayu Ruhana¹

¹Universitas Islam Negeri Mataram, Mataram, Indonesia

*laludidik@uinmataram.ac.id

Abstrak: Inovasi proses pembelajaran menjadi sesuatu yang tidak bisa dihindari seiring dengan masifnya perkembangan teknologi dan informasi. Salah satu upaya inovasi tersebut adalah penggunaan PhET *interactive simulation virtual laboratory* dalam kegiatan praktikum pembelajaran fisika pada program kerjasama Sekolah Internasional Luar Negeri (SILN) Riyadh. Tujuan program pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep fisika melalui aktivitas praktikum dengan menggunakan PhET. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah *Participatory Action Research (PAR)* dengan 4 tahapan kegiatan yaitu (a) persiapan, (b) sosialisasi, (c) pelaksanaan, dan (d) evaluasi dan refleksi. Fokus materi dalam program ini adalah materi pada pelajaran fisika yang terdiri dari (a) Tekanan, (b) Hukum Kekekalan Energi, (c) Kinematika dan Dinamika Gerak, (d) Hukum Faraday, (e) dan Hukum Ohm. Hasil evaluasi kegiatan menunjukkan bahwa pada aspek pelaksanaan praktikum virtual berbasis PhET diperoleh poin sebesar 3,5 yang mengindikasikan siswa sangat antusias dalam mengikuti program. Sedangkan poin yang paling rendah adalah pada aspek waktu yaitu sebesar 2,6. Keterbatasan program ini adalah minimnya waktu yang tersedia sehingga masih ada siswa yang merasa kesulitan ketika menggunakan aplikasi PhET. Penggunaan PhET *interactive simulation* ini dapat menjadi alternatif proses pembelajaran fisika untuk meningkatkan antusiasme belajar siswa sehingga dapat meningkatkan kompetensi siswa dalam memahami konsep fisika.

Kata Kunci: laboratorium virtual, PhET, simulasi interaktif

Abstract: *Innovation in the teaching and learning process is an inevitable facet along with the massive development of technology and information nowadays. One of the efforts is using PhET interactive simulation virtual laboratory in the physics learning practicum process in the Riyadh International Foreign School (SILN) cooperation program. This community service program aims to improve students' understanding of physics concepts through practicum activities using PhET. The method used in this program was Participatory Action Research (PAR) which consists of four stages, including (a) preparation, (b) socialization, (c) implementation, and (d) evaluation and reflection. The focus of the material in this program was on physics lessons consisting of (a) Pressure, (b) The law of Conservation of Energy, (c) Kinematics and Dynamics of Motion, (d) Faraday's Law, and (e) Ohm's Law. The result shows that in implementing the PhET-based virtual practicum aspect, points of 3.5 were obtained, indicating that students were highly enthusiastic about participating in the program. In contrast, the lowest point is in the aspect of time, which is 2.6. The limitation of this program was the lack of time available. Therefore, the students were still having difficulties when using the PhET application. PhET interactive simulation can be an alternative tool in the physics teaching and learning process to increase students' enthusiasm for learning, which will potentially impact improving students' competence in understanding physics concepts.*

Keywords: *virtual laboratory, PhET, interactive simulation*

Pendahuluan

Fisika adalah ilmu yang menguraikan dan menjelaskan hukum-hukum alam beserta kejadiannya dengan suatu gambaran berdasarkan pemikiran manusia (Didik et al., 2020). Fisika identik dengan pembelajaran yang mengidentifikasi alam sekitar. Tujuannya adalah

untuk memahami konsep fisika itu sendiri. Fisika dapat juga dikatakan abstraksi alam sekitar sebagai suatu pengetahuan fisis (Meiliyadi et al., 2022; Wahyudi et al., 2021). Hal ini menunjukkan bahwa dalam pembelajaran fisika selalu berhubungan dengan pemahaman konsep yang muncul di alam sekitar (Didik & Aulia, 2019; Firman et al., 2021).

Pemahaman konsep adalah faktor yang paling penting dalam proses belajar mengajar fisika (Korganci et al., 2015; Maison et al., 2020). Namun, tidak semua siswa memiliki kemampuan yang sama dalam menangkap konsep sehingga rentan mengalami kesalahan. Akibatnya, konsep yang dibangun oleh siswa tersebut akan berbeda dengan yang sebelumnya telah dibentuk oleh para ahli (Yang & Lin., 2015; Djanette & Fouad, 2017; Irwansyah, Sukarmin, & Harjana, 2018). Hal inilah yang mengakibatkan siswa tersebut dikatakan mengalami miskonsepsi (Peşman & Eryılmaz, 2015; Kaltacki-Gurel et al., 2017). Miskonsepsi adalah pola berpikir yang konsisten dalam masalah yang berbeda-beda namun pemikiran tersebut berbeda dengan pola berpikir para ahli (Didik, 2019; Didik & Wahyudi, 2021). Miskonsepsi biasanya terjadi pada siswa yang memiliki tingkat kemampuan analisis kurang. Hal ini disebabkan karena setiap konsep fisika memiliki keterkaitan antara satu dengan lainnya sehingga dibutuhkan siswa dengan kemampuan analisis yang mendalam (Kaltacki-Gurel; et al., 2015).

Dalam mempelajari sains fisika, mahasiswa perlu dibiasakan melakukan tradisi kerja ilmiah sebagaimana saintis bekerja (Ko'o et al., 2022). Tradisi kerja ilmiah tersebut salah satunya dapat dilakukan dengan kegiatan eksperimen (Rahayu et al., 2022; Siregar, Sunarno, & Cari, 2013). Kegiatan eksperimen perlu dilaksanakan guna memantapkan konsep fisika siswa yang telah disampaikan oleh guru selama pembelajaran sehingga dapat mengurangi tingkat miskonsepsi siswa (Didik et al., 2020). Materi eksperimen harus sama dengan materi yang disampaikan oleh guru sehingga materi eksperimen dengan materi pembelajaran saling mendukung satu sama lain.

Namun dalam pembelajaran menggunakan metode online seperti yang dilakukan pada Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh (pembelajaran online dilakukan karena siswa SILN Riyadh tersebar di seluruh penjuru Arab Saudi sehingga tidak memungkinkan melaksanakan pembelajaran secara offline), praktikum di laboratorium akan sangat sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu perlu ada satu alternatif praktikum yang dapat dilakukan secara online misalnya dengan menggunakan virtual laboratory (Yuniarti et al., 2012).

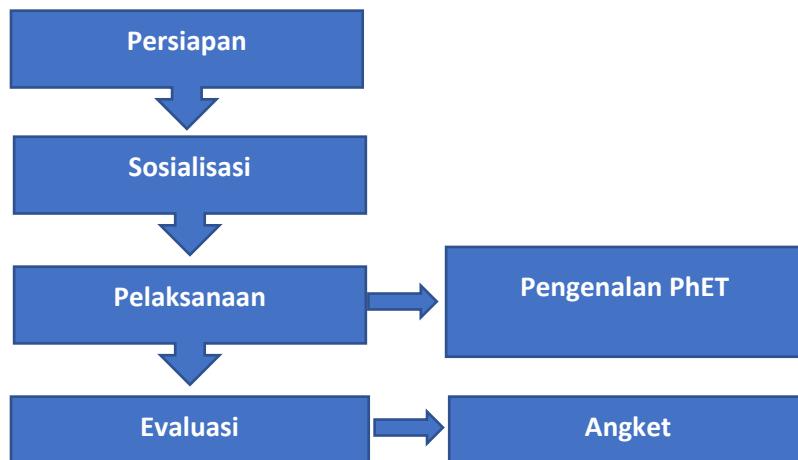
Salah satu virtual laboratory yang banyak digunakan saat ini adalah PhET Interactive Simulation (Fatimah & Suryandari, 2022). PhET saat ini banyak digunakan karena selain memiliki banyak jenis praktikum juga sangat mudah untuk diaplikasikan (Abdul & Ntobuo, 2019). Praktikum menggunakan PhET dapat memberikan pengaruh yang berbeda dari segi penguasaan konsep, hasil belajar dan kemampuan pemecahan masalah siswa (Riantoni et al., 2019). Hal ini disebabkan karena pembelajaran menggunakan praktikum menggunakan PhET dapat menjelaskan konsep yang abstrak dan tidak memerlukan waktu yang banyak dalam penggunaannya (Silviyani et al., 2020). Oleh karena itu, pengabdian mengadakan kegiatan pengabdian untuk memperkenalkan PhET *Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh.

Metode

Kegiatan pengabdian ini dilakukan dengan memperkenalkan PhET Interactive Simulation virtual laboratory sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh. Sasaran kegiatan ini adalah siswa-siswi Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh tingkat Madrasah Aliyah. Kegiatan ini dilaksanakan dalam jam sekolah siswa karena perbedaan waktu antara SILN Riyadh dengan Indonesia.

Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah Metode *Participatory Action Research* (PAR) karena memerlukan partisipasi siswa untuk menerapkan informasi siswa atas solusi masalah pembelajaran yang dilaksanakan. Kegiatan pengenalan ini adalah metode praktikum secara langsung melalui aplikasi PhET *Interactive Simulation* melalui aplikasi Microsoft Teams yang dilaksanakan pada 24 November 2022. Peserta adalah siswa SILN Riyadh sebanyak 12 orang yang merupakan siswa setingkat Madrasah Aliyah. Pembelajaran dilaksanakan melalui daring karena siswa SILN Riyadh tersebar di seluruh penjuru Arab Saudi sehingga tidak memungkinkan melaksanakan pembelajaran secara luring. Materi yang diberikan adalah materi fisika yang terdiri dari (a) Tekanan, (b) Hukum Kekekalan Energi, (c) Kinematika dan Dinamika Gerak, (d) Hukum Faraday, (e) dan Hukum Ohm.

Secara umum kegiatan pengabdian untuk memperkenalkan PhET Interactive Simulation virtual laboratory sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh dilaksanakan dalam 4 tahap yaitu (a) persiapan, (b) sosialisasi, (c) pelaksanaan dan (d) evaluasi serta refleksi. Skema kegiatan pelatihan ini disajikan pada [Gambar 1](#).



Gambar 1. Diagram Kegiatan Pengenalan PhET pada SILN Riyadh

Kegiatan persiapan dilakukan untuk mengetahui kondisi sekolah sehingga dapat ditentukan sistem pengabdiannya. Sistematika pelaksanaan ditentukan pada saat sosialisasi. Setelah itu, kegiatan pengabdian pengenalan PhET Interactive Simulation virtual laboratory sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadh dilakukan secara online melalui aplikasi microsoft teams. Kegiatan terakhir adalah evaluasi sekaligus refleksi melalui penyebaran angket mengenai kegiatan pengabdian kepada siswa yang dibuat dengan menggunakan skala likert 1 sampai dengan 4 dengan ketentuan yang ditunjukkan

pada [Tabel 1](#). Hal-hal yang perlu dievaluasi antara lain antusiasme siswa, tingkat kesulitan aplikasi, fasilitas aplikasi, waktu pelatihan dan cara penyampaian materi.

Tabel 1. Kriteria skala dalam skala likert

Skala	Keterangan
3,51 s/d 4,00	Sangat setuju/ sangat baik
3,01 s/d 3,50	Setuju/ baik
2,51 s/d 3,00	Tidak setuju/ kurang baik
1,00 s/d 2,50	Sangat Tidak Setuju/ sangat kurang baik

Selain evaluasi angket peserta dilakukan juga evaluasi terhadap narasumber. Hal-hal yang dievaluasi pada narasumber antara lain, penyampaian materi, penguasaan materi, interaksi dengan peserta, suasana yang menarik serta kemampuan menjawab pertanyaan.

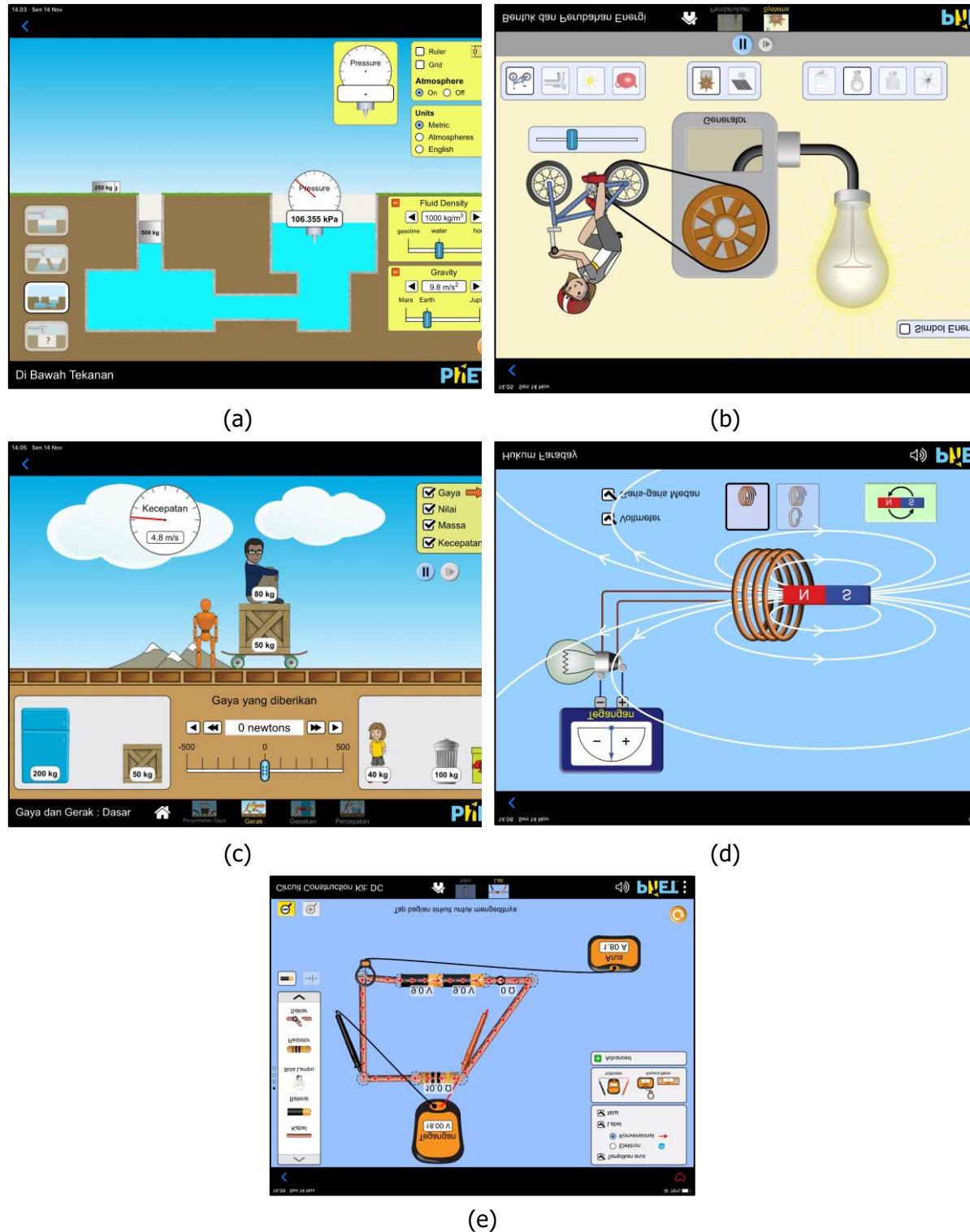
Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pengabdian ini berbentuk kegiatan online melalui Microsoft Teams. Aplikasi ini memungkinkan adanya proses pembelajaran dan merupakan Learning Operating System. Adapun gambaran penggunaan aplikasi Microsoft Teams ditunjukkan pada [Gambar 2](#).



Gambar 2. Proses pengabdian menggunakan aplikasi Microsoft Teams

Praktikum virtual merupakan salah satu alternatif dalam peningkatan pemahaman konsep fisika. Hal ini disebabkan karena melalui praktikum virtual, siswa mendapatkan peningkatan pemahaman materi melalui praktikum walaupun siswa tidak berada dalam laboratorium. Adapun model virtual laboratory yang dipraktekkan ditunjukkan pada [Gambar 3](#).



Gambar 3. Virtual laboratory berbasis PhET dengan materi fisika yang terdiri dari (a) Tekanan, (b) Hukum Kekekalan Energi, (c) Kinematika dan Dinamika Gerak, (d) Hukum Faraday, (e) dan Hukum Ohm

Materi yang diberikan adalah materi fisika yang terdiri dari (a) Tekanan, (b) Hukum Kekekalan Energi, (c) Kinematika dan Dinamika Gerak, (d) Hukum Faraday, (e) dan Hukum Ohm. Materi-materi ini diambil karena materi ini merupakan materi yang biasanya dianggap

sulit oleh siswa. Oleh karena itu, siswa perlu ditingkatkan pemahamannya melalui pelaksanaan praktikum.

Proses praktikum melalui virtual laboratory yang dikembangkan dapat memfasilitasi siswa supaya lebih aktif. Melalui virtual laboratory, siswa dibiasakan untuk berfikir dan terlibat secara aktif dalam virtual hands-on. Virtual hand on ini merupakan penggantian peralatan yang sebenarnya melalui simulasi. Karakter dan peralatan dalam *virtual laboratory* dibuat hampir sama dengan peralatan nyata. Dengan melakukan langsung dan dengan pengenalan materi terlebih dahulu, pelaksanaan eksperimen dengan virtual laboratory diharapkan dapat mengurangi tingkat miskONSEP siswa. Pelaksanaan pembelajaran dengan menggabungkan antara teori dan eksperimen dapat meningkatkan tingkat analisis siswa sehingga dapat membangun analisa berpikir konsep sesuai dengan pemikiran konsep para ahli.

Penggunaan *virtual laboratory* di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyad didukung dengan fasilitas internet yang memadai. Hal ini disebabkan karena selama ini pembelajaran yang dilakukan di Sekolah Internasional Luar Negeri pelaksanaannya secara daring melalui aplikasi Microsoft Teams. Sehingga tidak ada kendala dalam pelaksanaan eksperimen virtual melalui PhET Interactive Simulation.

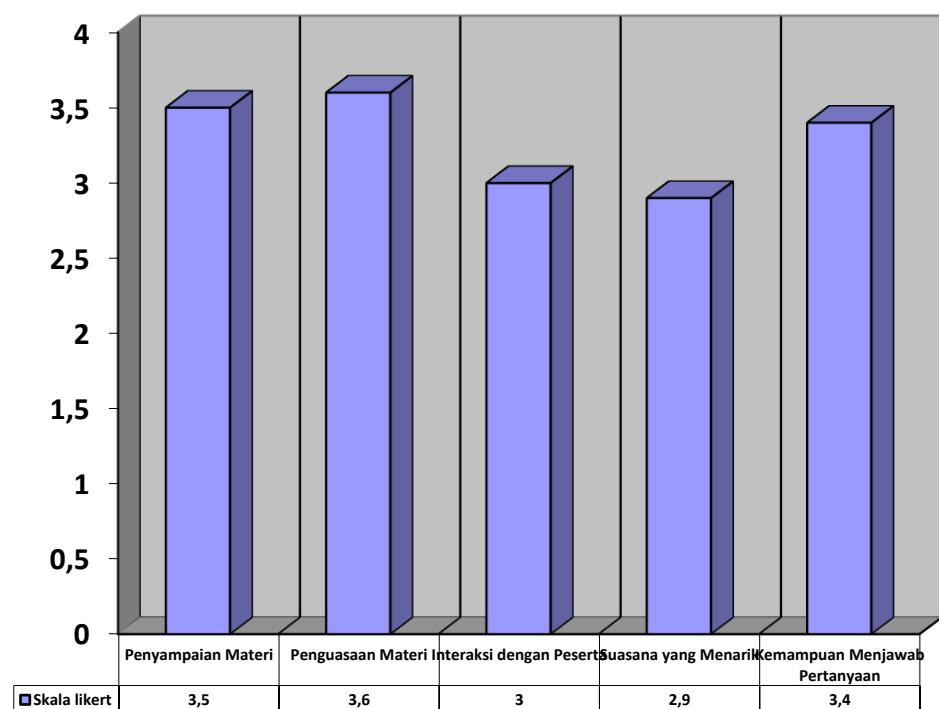
Keunggulan dari penggunaan PhET dalam pembelajaran adalah ketersediaan PhET yang dapat diakses dari mana saja dan menggunakan perangkat apa saja. Hal ini akan memudahkan guru dalam pembelajaran yang mengaplikasikan teori dan eksperimen sekaligus. Sehingga diharapkan siswa mampu memahami konsep fisika yang kompleks dengan baik dan benar. Pembelajaran menggunakan teori dan eksperimen yang disandingkan dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam analisis karena pelaksanaan eksperimen sendiri merupakan pembuktian dari teori fisis yang ada (Safarati et al., 2022). Misalnya saja dalam eksperimen listrik magnet pada [gambar 3](#) (d). Banyak siswa yang belum mampu membayangkan bagaimana perubahan fluks dapat menghasilkan listrik. Melalui pendekatan eksperimen menggunakan PhET siswa dapat melihat bagaimana fluks itu berubah. Perubahan fluks itu sendiri akan menghasilkan fluks induksi. Fluks induksi ini sendiri merupakan medan magnet induksi yang dihasilkan. Kemudian dengan pembahasan menggunakan hukum Oersted siswa dapat menjelaskan bagaimana listrik itu terjadi yang apabila tanpa adanya eksperimen mungkin akan sulit bagi siswa untuk membayangkan, terlebih lagi untuk menjelaskannya. Tanpa adanya kemampuan ini maka akan semakin besar kemungkinan siswa untuk mengalami miskONSEP (Astuti et al., 2017; Kustiarini et al., 2019; Sholihat , Samsudin, & Nugraha, 2017).

Setelah dilakukan pengenalan pengenalan *PhET Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyad dilakukan secara online melalui aplikasi microsoft teams dilakukan evaluasi dan refleksi melalui pemyebaran angket kepada siswa mengenai kegiatan pengabdian. Ada dua evaluasi yaitu kemampuan narasumber dan pelaksanaan kegiatan.

Evaluasi kemampuan narasumber meliputi penyampaian materi, penguasaan materi, interaksi dengan peserta, suasana yang menarik serta kemampuan menjawab pertanyaan.

Evaluasi dilakukan di akhir kegiatan setelah semua rangkaian kegiatan diselesaikan. Adapun hasil evaluasi kemampuan narasumber ditunjukkan pada [Gambar 4](#).

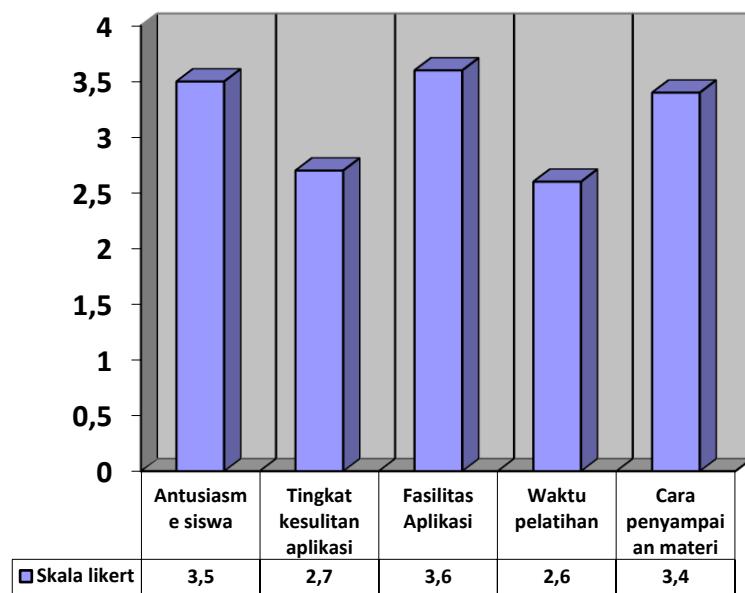
Berdasarkan [Gambar 4](#), tampak bahwa narasumber sangat kompeten dalam memberikan penjelasan. Hal ini tampak dari hasil angket penyampaian materi, penguasaan materi dan kemampuan menjawab pertanyaan masih tergolong sangat baik. Namun suasana pembelajaran dirasa kurang menarik. Hal ini dapat dikatakan wajar karena pengabdian dilaksana secara online menggunakan microsoft teams. Pembelajaran online membatasi interaksi antara peserta dengan narasumber. Hal ini ditunjukkan pada angket mengenai interaksi narasumber dengan peserta yang tergolong kurang baik pada poin 3,0.



Gambar 4. Hasil Angket Evaluasi Narasumber

Hal-hal yang dievaluasi pada pengabdian untuk memperkenalkan *PhET Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyad. antara lain antusiasme siswa, tingkat kesulitan aplikasi, fasilitas aplikasi, waktu pelatihan dan cara penyampaian materi. Adapun hasil angket evaluasi peserta ditunjukkan pada [Gambar 5](#).

Berdasarkan [gambar 5](#) tampak bahwa kegiatan pengabdian pengenalan *PhET Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyad memiliki dampak positif dalam peningkatan akademik. Namun dalam setiap kegiatan akan selalu ada kriteria yang perlu diperbaiki. Ada dua kriteria yang memiliki respon kurang baik yaitu waktu pelatihan dengan poin 2,6 dan tingkat kesulitan penggunaan aplikasi dengan poin 2,7. Waktu pelatihan yang diberikan masih kurang memadai sehingga masih ada beberapa materi fisika yang tidak dapat dibahas model praktikum virtualnya.

**Gambar 5.** Hasil Evaluasi Angket Peserta

Namun pengabdian untuk memperkenalkan PhET *Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadah dapat dikatakan pelaksanaannya sudah cukup baik. Hal ini ditunjukkan dengan tingkat antusiasme siswa Sekolah Indonesia Luar Negeri Riyadah yang tinggi selama mengikuti pembinaan. Respon siswa kepada pemateri juga bagus yang ditunjukkan dengan evaluasi angket yang masuk dalam kategori sangat baik. Selain itu motivasi siswa selama mengikuti pelatihan juga masuk dalam kategori sangat baik.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian untuk memperkenalkan PhET *Interactive Simulation virtual laboratory* sebagai alternatif kegiatan praktikum di Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadah telah dilakukan dengan baik. Sebagian besar siswa merasa antusias mengikuti kegiatan. Hal ini berdasarkan hasil angket evaluasi yang diberikan kepada siswa. Namun ada kekurangan dari segi waktu dan tingkat kesulitan aplikasi. Hal ini disebabkan karena siswa merasa waktu yang diberikan dalam membahas setiap materi dirasa kurang dan siswa masih banyak yang belum tahu mengenai adanya praktikum virtual. Pengenalan PhET *interactive Simulation* ini dapat memberikan alternatif pembelajaran bagi siswa untuk meningkatkan antusiasme belajar fisika sehingga dapat meningkatkan kompetensinya.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadah yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan pengabdian. Terima kasih juga disampaikan kepada Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Mataram yang telah memfasilitasi kerjasama dengan Sekolah Internasional Luar Negeri Riyadah.

Referensi

- Abdjal, T., & Ntobuo, N. E. (2019). Penerapan Media Pembelajaran Virtual Laboratory Berbasis PhET terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 7(3), 26–31. Diakses di <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/EPFT/article/view/14383>
- Astuti, B., Fitrianingrum, A. M., & Sarwi. (2017). Penerapan Instrumen Three-Tier Test untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa SMA pada Materi Kesetimbangan Benda Tegar. *Phenomenon*, 7(2), 88–98. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21580/phen.2017.7.2.1118>
- Didik, L. A. (2019). Workshop Pembuatan Media Pembelajaran Listrik Magnet dari Barang Bekas untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Calon Guru Fisika. *Jurnal Pengabdian Masyarakat MIPA Dan Pendidikan MIPA*, 3(2), 23–27. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/jpmmp.v3i2.25321>
- Didik, L. A., & Aulia, F. (2019). Analisa Tingkat Pemahaman dan Miskonsepsi pada Materi Listrik Statis Mahasiswa Tadris Fisika Menggunakan Metode 3-Tier Multiple Choices Diagnostic. *Phenomenon*, 9(1), 99–112. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21580/phen.2019.9.1.2905>
- Didik, L. A., & Wahyudi, F. (2021). Sosialisasi pencegahan penularan Covid-19 melalui Kuliah Kerja Partisipatif dari Rumah (KKP-DR). *Transformasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 17(1), 126–135. <https://doi.org/10.20414/transformasi.v17i1.2953>
- Didik, L. A., Wahyudi, M., & Kafrawi, M. (2020). Identifikasi Miskonsepsi dan Tingkat Pemahaman Mahasiswa Tadris Fisika pada Materi Listrik Dinamis Menggunakan 3-Tier Diagnostic Test. *Journal of Natural Science and Integration*, 3(2), 128–137. <https://doi.org/10.24014/jnsi.v3i2.9911>
- Djanette, B., & Fouad, C. (2017). Determination of University Students' Misconceptions about Light Using Concept Maps. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152, 582–589. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.247>
- Fatimah, S., & Suryandari, K. C. (2022). Pembelajaran Fisika melalui Virtual Laboratory Berbasis PhET Simulation untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa pada Materi Listrik. *Kappa Journal*, 6(1), 71–78. <https://doi.org/10.29408/kpj.v6i1.5542>
- Firman, H. F., Ratnasari, J., & Windyariani, S. (2021). Identifikasi Miskonsepsi Peserta Didik Menggunakan Two-Tier Test Berbantuan Certainty Of Response Index (Misconception Identification of Students using Two-Tier Test Assisted by Certainty of Response Index). *Biodik*, 7(2), 33–44. <https://doi.org/10.22437/bio.v7i2.12812>
- Irwansyah, Sukarmin, & Harjana. (2018). Development of three-tier diagnostics instruments on students misconception test in fluid concept. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, 07(2), 207–217. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2703>
- Kaltacki-Gurel, D., Eryilmaz, A. ., & McDermott, L. C. (2015). A review and comparison of diagnostic instruments to identify students' misconceptions in science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 989–1008. <https://doi.org/https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1369a>
- Kaltacki-Gurel, D., A. E., & McDermott, L. C. (2017). Development and Application of a Four-tier Test to Assess Pre-service Physics Teacher's Misconception About Geometrical Optics. *Research in Science and Technological Education*, 35(2), 238–260. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1310094>
- Ko'o, E., Meiliyadi, L. A. D., & Bahtiar. (2022). Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) Berbasis Multiple Intelligences pada Materi Kalor Kelas VII MTs Miftahul Ishlah. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.29103/relativitas.v5i1.6979>
- Korganci, N., Miron, C., Dafinei, A., & Antohe, S. (2015). The Importance of Inquiry-Based Learning on Electric Circuit Models for Conceptual Understanding. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 2463–2468. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.530>
- Kustiarini, F. T., Susanti VH, E., & Saputro, A. N. C. (2019). Penggunaan Tes Diagnostik Three-Tier Test Alasan Terbuka untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Larutan. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 8(2), 171. <https://doi.org/10.20961/jpkim.v8i2.25236>
- Maison, Lestari, N., & Widaningtyas, A. (2020). Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Usaha dan Energi. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 6(1), 32–39.

- <https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i1.314>
- Meiliyadi, L. A. D., Wahyudi, M., & Fidiawati. (2022). Peningkatan Kompetensi Siswa dalam Menyelesaikan Soal Fisika Melalui Pembinaan Olimpiade Berbasis Kompetisi Sains Madrasah. *Jurnal Warta Desa*, 4(3), 148–153. <https://doi.org/10.29303/jwd.v4i3.196>
- Pesman, H., & Eryilmaz, A. (2015). Development of Three Tier Test to Asses Ninth Grade Students Misconception About Simple Electric Circuit. *The Journal of Educational Research*, 103(3), 208–222. <https://doi.org/10.1080/00220670903383002>
- Rahayu, N. S., Lestari, P. R., Ady, W. N., & Irvani, A. I. (2022). Pengenalan Eksperimen Fisika Sederhana Kepada Siswa Kelas VI di SDN 2 Limbangan Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 76–84. Diakses di <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JPM/article/view/1817>
- Riantoni, C., Astalini, & Darmaji. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset Dan Kajian Fisika*, 6(2), 71–75. <http://dx.doi.org/10.12928/jrkpf.v6i2.14202>
- Safarati, N., Zuhra, F., & Fatimah. (2022). Pelatihan Dan Pendampingan Guru Fisika SMA di Lingkungan Kabupaten Bireuen dalam Melakukan Praktikum Fisika. *Community Development Jurnal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 819–825. <https://doi.org/10.31004/cdj.v3i2.4756>
- Sholihat, F. N., Samsudin, A., & Nugraha, M. G. (2017). Identifikasi Miskonsepsi dan Penyebab Miskonsepsi Siswa Menggunakan Four-Tier Diagnostic Test Pada Sub-Materi Fluida Dinamik : Azas Kontinuitas. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 3(2), 175–180. <https://doi.org/https://doi.org/10.21009/1.03208>
- Silviyani, S., Permana, F. C., & Utomo, R. G. (2020). PhET simulation sebagai alat bantu siswa sekolah dasar dalam proses belajar mengajar mata pelajaran matematika. *Gedsense: Jurnal Pendidikan Matematika*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.17509/edsence.v2i1.25184>
- Siregar, A., Sunarno, W, & Cari. (2013). Pembelajaran Fisika Kontekstual Melalui Metode Eksperimen dan Demonstrasi Diskusi Menggunakan Multimedia Interaktif Ditinjau dari Sikap Ilmiah dan Kemampuan Verbal Siswa. *Inkuiri: Jurnal Pendidikan IPA*, 2(2), 49–58. <https://doi.org/10.20961/inkuiri.v2i02.9754>
- Wahyudi, F., Didik, L. A., & Bahtiar. (2021). Pengembangan Instrumen Three Tier Test Diagnostik Untuk Menganalisis Tingkat Pemahaman Dan Miskonsepsi Siswa Materi Elastisitas. *Relativitas: Jurnal Riset Inovasi Pembelajaran Fisika*, 4(2), 48–58. <https://doi.org/10.29103/relativitas.v4i2.5184>
- Yang, D. -C., & Lin, Y. -C. (2015). Assessing 10- to 11-year-old Children's Performance and Misconceptions in number Sense Using a Four-Tier Diagnostic Test. *Educational Reasearch*, 57(4), 368–388. <https://doi.org/10.1080/00131881.2015.1085235>
- Yuniarti, F., Dewi, P., & Susanti, R. (2012). Pengembangan Virtual Laboratory sebagai Media Pembelajaran Berbasis Komputer pada Materi Pembelahan Virus. *Unnes Journal of Biology Education*, 1(1), 86–94. <https://doi.org/10.15294/jbe.v1i1.371>