

ABDIMAS UNIVERSAL

<http://abdimasuniversal.uniba-bpn.ac.id/index.php/abdimasuniversal>

DOI: <https://doi.org/10.36277/abdimasuniversal.v4i1.125>

Received: 14-09-2021

Accepted: 10-04-2022

Pelatihan Penggunaan Laboratorium Virtual Berbasis Aplikasi *Phet Simulation* di Kabupaten Kampar

Yeni Pertiwi^{1*}; Rino Ferdian¹

¹Prgram Studi Teknologi Rekayasa Elektromedis Stikes Al Insyirah Pekanbaru

^{1*}Email: yenipertiwi16@gmail.com

Abstrak

Kabupaten Kampar terletak di wilayah Provinsi Riau. Kabupaten ini terdiri dari 21 kecamatan dimana terdapat 140 Sekolah SMA/SMK/MA/ sederajat. Permasalahan yang dihadapi di beberapa sekolah negeri maupun swasta di wilayah ini adalah minimnya fasilitas laboratorium dalam melaksanakan eksperimen sains di bidang fisika. Selain itu waktu untuk melakukan eksperimen di laboratorium fisika juga sangat kurang dikarenakan padatnya kegiatan guru dan peserta didik dalam pencapaian kompetensi lainnya. Rendahnya keterampilan guru dalam menggunakan teknologi laboratorium virtual juga menjadi faktor utama tidak terlaksananya eksperimen di bidang fisika, sehingga berdampak pada rendahnya tingkat pemahaman peserta didik. Solusi yang ditawarkan dalam mengatasi permasalahan ialah penggunaan laboratorium virtual dalam pelaksanaan eksperimen di bidang fisika. Langkah pertama dalam mengatasi permasalahan di atas yaitu dengan memberikan sosialisasi manfaat dari aplikasi *Phet Simulation*. Selanjutnya dilakukan pelatihan penggunaan kepada guru-guru fisika SMA/SMK/MA Kabupaten Kampar. Pelatihan penggunaan aplikasi *Phet Simulation* yang diberikan kepada 32 peserta guru telah berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan peserta sebesar 12,7%. Untuk mencapai peningkatan pengetahuan dan keterampilan minimal 80% maka harus dilakukan lagi pembimbingan berkelanjutan terhadap peserta.

Kata Kunci: *Phet Simulation, Laboratorium, Fisika, Virtual*

Abstract

Kampar Regency is located in the Riau Province. This district consists of 21 sub-districts where there are 140 SMA/SMK/MA/equivalent schools. The problem faced in several public and private schools in this region is the lack of laboratory facilities in carrying out science experiments in the field of physics. In addition, the time to conduct experiments in the physics laboratory is also very less due to the dense activities of teachers and students in achieving other competencies. The low skill of teachers in using virtual laboratory technology is also a major factor in not carrying out experiments in the field of physics, so that it has an impact on the low level of understanding of students. The solution offered in overcoming the problem is the use of a virtual laboratory in the implementation of experiments in the field of physics. The first step in overcoming the above problems is to provide socialization of the benefits of the *Phet Simulation* application. Furthermore, training on the use of physics teachers for SMA/SMK/MA in Kampar Regency was carried out. The training on the use of phet simulation applications given to 32 teacher participants has succeeded in increasing the knowledge and skills of participants by 12.7%. To achieve an increase in knowledge and skills of at least 80%, continuous mentoring must be carried out again for participants.

Keywords: *Phet Simulation, Laboratory, Physics, Virtual*

1. Pendahuluan

Persoalan umum pendidikan yang dihadapi Indonesia pada saat ini adalah kurangnya sumber daya manusia dan rendahnya kualitas sumber daya manusia tersebut. Selain itu kurangnya dana untuk pendidikan membuat sarana dan prasarana seperti fasilitas laboratorium tidak memadai, bahkan ada beberapa sekolah yang tidak memiliki laboratorium. Kabupaten Kampar yang terletak di wilayah Provinsi Riau, mengalami permasalahan yang sama terutama dalam kualitas SDM dan kecukupan fasilitas laboratorium. Kabupaten ini terdiri dari 21 kecamatan dimana terdapat 140 Sekolah SMA/SMK/MA sederajat (Data Referensi Kemdikbud, 2020).

Beberapa sekolah SMA/SMK/MA baik negeri maupun swasta yang tersebar di kabupaten kampar tidak memiliki fasilitas laboratorium, contohnya SMA Negeri 1 Kampar Hulu dan SMA Swasta LPM IV Koto Setingkai (Kemendikbud, 2020). Dari data sekolah pada website sekolah kita dapat dilihat detail sekolah, jumlah guru, jumlah siswa, kurikulum, ruang kelas, laboratorium, perpustakaan, manajemen sekolah dan lainnya. Contohnya pada sekolah SMA Negeri 1 Kampar Kiri Hulu, jumlah laboratorium ada 3 dan jika dilihat pada foto yang ditampilkan oleh sekolah, sarana laboratoriumnya belum memenuhi standar. Begitu juga sekolah SMA Swasta LPM IV Koto Setingkai mereka belum mempunyai ruang laboratorium.



Gambar 1. Data Sekolah SMA Negeri 1 Kampar Kiri Hulu



Gambar 2. SMA Swasta LPM IV Koto Setingka

Laboratorium merupakan salah satu fasilitas terpenting dalam meningkatkan pemahaman peserta didik, terutama penggunaan dalam pengajaran sains. Selain laboratorium, media pembelajaran yang bisa diterapkan dalam proses belajar mengajar adalah *software* dan *hardware* (Elvianasti, 2019) yang biasa digunakan dalam simulasi virtual. Berdasarkan hasil studi *Programme for International Student Assessment* (PISA) 2018 yang membandingkan kemampuan matematika, membaca, dan kinerja sains dari tiap siswa, untuk kategori sains Indonesia berada pada peringkat 71 dari 79 negara dengan perolehan nilai 396. Nilai ini mengalami penurunan dibandingkan hasil PISA 2015 yang memperoleh nilai 403 (Tohir, 2019).

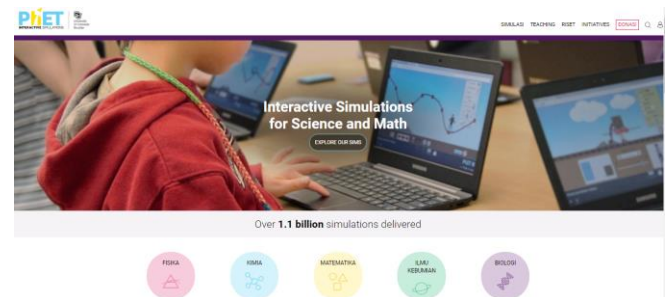
Pembelajaran sains terdiri dari mata pelajaran biologi, kimia dan fisika. Mata pelajaran fisika cukup sulit dipahami untuk itu pembelajaran eksperimen di laboratorium akan memperkuat pemahaman peserta didik dalam menguasai mata pelajaran fisika. Dilihat dari kasus diatas kurangnya kompetensi guru dalam melaksanakan eksperimen sains di laboratorium juga menjadi faktor utama atas rendahnya pemahaman peserta didik dalam belajar. Selain itu kurangnya waktu dalam melaksanakan eksperimen di laboratorium juga menjadi permasalahan penting di beberapa sekolah yang ada di kabupaten kampar ini.

Persoalan prioritas di beberapa sekolah SMA/SMK/MA/Sederajat di Kabupaten Kampar adalah minimnya fasilitas laboratorium dalam melaksanakan eksperimen sains di bidang fisika. Selain itu waktu untuk melakukan eksperimen di

laboratorium fisika juga sangat kurang dikarenakan padatnya kegiatan peserta didik dalam pencapaian kompetensi lainnya. Rendahnya keterampilan guru dalam menggunakan teknologi laboratorium virtual juga menjadi faktor utama tidak terlaksananya eksperimen di bidang fisika, sehingga berdampak pada rendahnya tingkat pemahaman peserta didik.

Solusi yang ditawarkan penulis dalam mengatasi permasalahan mitra di atas ialah penggunaan laboratorium virtual dalam pelaksanaan eksperimen di bidang fisika. Dimana Laboratorium Virtual merupakan simulasi lingkungan nyata yang dibuat oleh komputer, dan pengguna dapat berinteraksi dengan hasil yang menampilkan isi dari kenyataan lingkungan disebut (Jaya, 2012). Dengan penggunaan laboratorium virtual ini diyakini dapat mengatasi permasalahan minimnya fasilitas laboratorium riil dan waktu yang diperlukan dalam pelaksanaannya juga lebih singkat dibandingkan dengan melakukan eksperimen di laboratorium riil. Hikmah (2017) juga menyatakan dalam hasil penelitiannya bahwa penerapan laboratorium virtual berpengaruh dalam meningkatkan pemahaman konsep siswa kelas XI SMA Negeri 86 Jakarta.

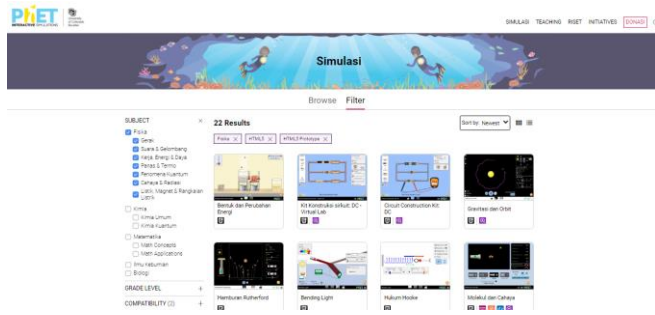
Salah satu aplikasi yang akan digunakan dalam penerapan laboratorium virtual ini adalah aplikasi berbasis *Phet Simulation*. Aplikasi *Phet Simulation* menyediakan simulasi berbasis eksperimen yang menyenangkan dan interaktif sehingga layak digunakan dalam pendidikan Kurikulum K-13 dan perguruan tinggi. Aplikasi tersebut memuat simulasi percobaan secara virtual dengan bantuan komputer. Berbagai eksperimen yang biasanya dilakukan dilaboratorium riil di bidang matematika, kima, biologi, dan fisika dapat disimulasikan oleh oleh aplikasi ini. Adapun tampilan dari *Phet Simulation* dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.



Gambar 3. Tampilan Depan Aplikasi Phet Simulation

Khoiriyah (2015) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penggunaan aplikasi *Phet Simulation* Kit Optika dapat meningkatkan hasil belajar siswa dibandingkan praktikum di laboratorium konvensional. Selain itu aplikasi *Phet Simulation* menekankan korespondensi antara fenomena nyata dan simulasi komputer kemudian menyajikannya dalam

model-model konseptual fisis yang mudah dimengerti oleh para peserta didik (Riantoni, 2019). Dengan menggunakan *Phet Simulation*, siswa akan terlibat secara aktif dalam proses berpikir dan mengambil kesimpulan (Sylviani, 2020).



Gambar 4. Tampilan *Phet Simulation* khusus fisika

Untuk mengatasi beberapa permasalahan diatas, maka diadakan sosialisasi manfaat dari aplikasi *Phet Simulation* dan pelatihan penggunaan aplikasinya kepada guru-guru Fisika SMA Kabupaten Kampar.

2. Bahan dan Metode

Kegiatan Sosialisasi, Pelatihan, dan Pendampingan dalam penggunaan aplikasi *Phet Simulation* oleh tim dosen dan mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Elektromedis Stikes Al-Insyirah Pekanbaru yang pakar dalam aplikasi *Phet Simulation* dilakukan pada 30 Juni 2021. Adapun tahapan kegiatan yang dilakukan adalah:

Observasi

Observasi dilakukan untuk mengetahui kondisi sekolah mitra, sehingga tim mengetahui kondisi nyata sekolah. Pada kegiatan ini tim melakukan koordinasi dengan pengurus Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) Fisika SMA di Kabupaten Kampar. Diharapkan dengan adanya diskusi dengan pengurus akan didapatkan informasi tentang guru guru yang bisa dijadikan khalayak sasaran pada kegiatan ini. Guru guru yang memenuhi kriteria akan diundang sebagai peserta dalam kegiatan pelatihan dan pendampingan ini. Selain diskusi tentang peserta akan dijelaskan juga tentang : Jenis kegiatan, sasaran kegiatan, tempat dan waktu pelaksanaan.

Diskusi dengan mitra

Diskusi dengan guru mitra dilakukan untuk menggali informasi yang mendalam tentang kondisi guru mitra

Identifikasi permasalahan mitra

Dari hasil diskusi dengan mitra akan diidentifikasi masalah apa saja yang bisa diselesaikan dari kegiatan ini.

Pembuatan modul pelatihan

Pembuatan modul difokuskan pada materi-materi yang menjadi permasalahan mitra dan akan

menyesuaikan dengan tingkat kemampuan mitra dalam memahami modul pelatihan

Prosedur pelatihan

Pelatihan dilakukan secara daring (dalam jaringan) dengan menggunakan media ZOOM. Pelatihan dilakukan dalam 6 sesi selama 3 bulan. Durasi pelatihan tiap sesi dilakukan selama 4 jam. Tiap sesi pelatihan diawali dengan kajian teori dasar materi, selanjutnya praktek pembuatan media simulasi dan kegiatan ditutup dengan pemberian tugas pembuatan media simulasi selama 4 jam. Tugas tersebut akan dikaji dan dilakukan diskusi mendalam pada pertemuan berikutnya.

Monitoring dan evaluasi

Monitoring dilakukan dengan mengamati kendala kendala yang terjadi selama kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) serta mengidentifikasi permasalahan baru yang muncul. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap hasil kegiatan PkM. Evaluasi dinilai dari 3 aspek yaitu kehadiran, pengetahuan, dan kepuasan peserta. Evaluasi kehadiran dilakukan sebelum dan sesudah kegiatan, sedangkan untuk pengetahuan dilakukan dengan memberikan pretest dan posttest kepada peserta pelatihan. Adapun soal pretest dan posttest berupa pertanyaan tingkat kemampuan peserta dalam menggunakan aplikasi, kemampuan mengenali perangkat lunak yang dipakai, dan mengetahui topik simulasi fisika yang bisa digunakan dalam pembelajaran. Selanjutnya untuk penilaian kepuasan dilakukan penyebaran kuesioner terhadap 5 aspek yaitu *Reliability* (Keandalan), *Responsiveness* (Ketanggapan), *Assurance* (Keyakinan), *Empathy* (Empati), dan *Tangible* (Berwujud).

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan diskusi dengan ketua MGMP Fisika Kabupaten Kampar didapat kesepakatan mengadakan pertemuan secara virtual dengan anggota MGMP Fisika Kabupaten kampar. Hasil observasi awal dari pertemuan virtual yang dilakukan selama 120 menit didapatkan data sebagai berikut :

Tabel.1 Observasi kendala praktek fisika

No	Kendala dalam melakukan praktek Fisika	
	Lab.Virtual	Lab.Konvensional
1	Alat dan bahan perangkat lunak	Terbatas peralatan praktek
2	Gangguan jaringan internet	Bahan praktikum kurang memadai
3	Belum dicoba	Alat praktikum tidak lengkap
4	Kurangnya kemampuan IT guru	Tenaga laboran
5	Kurangnya pengetahuan	Alat tidak memadai

virtual lab

6	Kuota Internet	Alat tidak tersedia
7	Keterbatasan ekonomi	Sarana labor yg belum memadai
8	Siswa tidak punya laptop	Waktu untuk pertemuan tatap muka sangat terbatas
9	Kekurangan waktu praktek	Waktu tidak cukup
10	HP siswa tidak bisa mendukung membuka aplikasi	Ilmu masih kurang, takut mencoba apalagi ada hubungan dengan listrik
11	Belum ada materi/modul untuk guru	Fasilitas labor tidak ada

Berdasarkan observasi pada Tabel 1. maka dapat diidentifikasi permasalahan yang sedang dihadapi oleh guru-guru fisika di kabupaten Kampar. Kendala yang dihadapi dalam pelaksanaan praktek pada laboratorium konvensional adalah kurangnya sarana prasarana, baik fasilitas bangunan laboratoriumnya, alat dan bahan praktek, serta kurangnya tenaga laboran juga menghambat pelaksanaan praktek di laboratorium, selain itu karena waktu tatap muka jam pelajaran siswa terlalu padat sehingga waktu untuk melaksanakan praktek di laboratorium sekolah sangat kurang.

Adapun kendala yang dihadapi guru jika menggunakan laboratorium virtual adalah kurangnya pengetahuan guru dalam memakai perangkat lunak aplikasi yang ada dan juga tidak tersedianya modul praktek yang bisa dimanfaatkan oleh guru ketika mengajar. Faktor lainnya seperti jaringan internet, kuota, dan komputer/laptop, HP Android juga menjadi kendala dalam melaksanakan praktek laboratorium virtual ini.

Untuk mengatasi permasalahan di atas maka penulis menyarankan untuk melakukan praktek dengan kombinasi laboratorium virtual dan konvensional. Pada kesempatan kali ini penulis fokus pada pelatihan dan penerapan pelaksanaan laboratorium virtual dengan menggunakan aplikasi *Phet Simulation*. Pelatihan ditujukan untuk meningkatkan keterampilan guru dalam melaksanakan praktek laboratorium dengan aplikasi di atas.

Aplikasi *Phet Simulation* dapat digunakan baik di laptop, komputer, maupun *Handphone Android*. Ada 3 cara penggunaan aplikasinya yaitu *Phet Simulation* dapat digunakan via browser, instalasi aplikasi di laptop/komputer, atau diunduh di *Playstore* yang tersedia di aplikasi android. Untuk mempermudah pelaksanaan pelatihan, maka penulis menyusun modul tata cara penggunaan aplikasi. Dimana modul tata cara penggunaan aplikasi ini merupakan langkah awal dari pelaksanaan praktek laboratorium virtual di *Phet Simulation*. Modul ini dibuat juga untuk mempermudah siswa melakukan praktik secara

mandiri. Gambar 5 merupakan contoh modul penggunaan aplikasi phet simulation yang sudah disusun.

Instalasi Aplikasi Phet Simulation dan Tata Cara Penggunaannya

A. Instalasi Perangkat lunak versi web penggunaan secara online

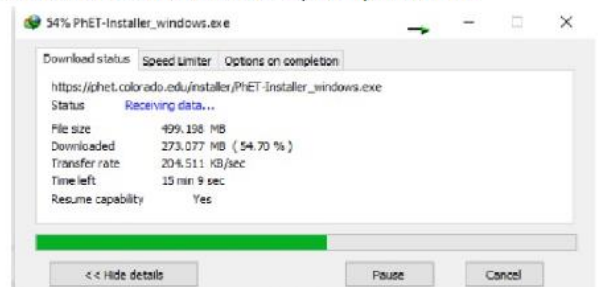
1. Untuk membuka aplikasi secara online ketik di google pencarian kalimat phet simulation atau klik link berikut <https://phet.colorado.edu/> akan muncul tampilan sebagai berikut:



(a)

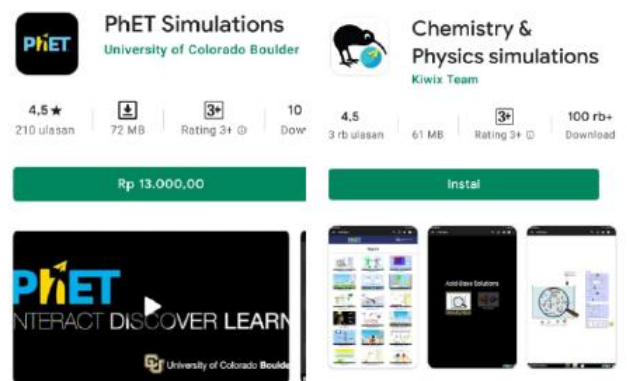
B. Instalasi Perangkat lunak versi web secara offline

1. Untuk dapat menjalankan aplikasi Phet Simulation secara offline di laptop/komputer, maka kita harus mendownload aplikasinya terlebih dahulu pada link berikut ini https://phet.colorado.edu/installer/PhET-installer_windows.exe
2. Lalu sistem akan melakukan download seperti tampilan dibawah ini



(b)

C. Instalasi Perangkat lunak versi Android

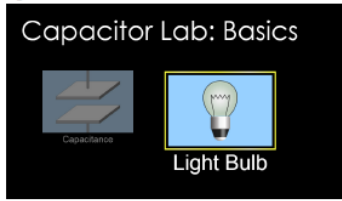


(c)

Gambar 5. Tata Cara Penggunaan Aplikasi *Phet Simulation*: (a) Versi Browser, (b) Versi Install, (c) Versi Android

Untuk mengatasi kendala kurangnya kemampuan guru dalam melakukan praktik dengan aplikasi *Phet Simulation*, maka penulis menyusun modul dengan materi Kapasitor dan Rangkaian Kapasitor sebagai bahan pelatihan. Modul disusun secara rinci dan sistematis agar memudahkan guru dalam penerapannya kepada siswa. Adapun bentuk modul yang disusun dapat dilihat pada Gambar 6.

1. Percobaan I : Hubungan antara muatan, tegangan, dan energi dalam kapasitor
 - a. Siapkan aplikasi phet simulation
 - b. Pilih capacitor lab: Basic untuk melihat efek pengisian dan pengosongan kapasitor lalu pilih menu Light Bulb

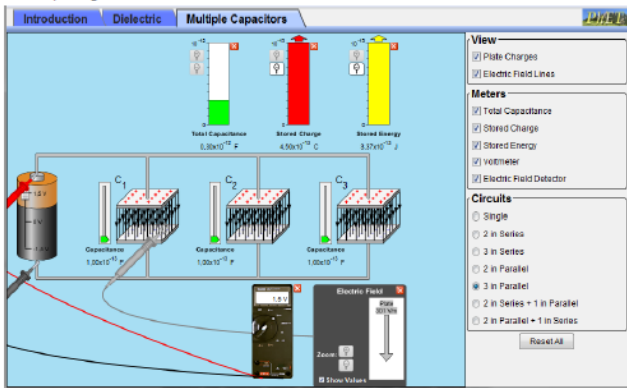


Gambar 5. Menu Capacitor Lab: Basics

(a)

1. Percobaan I : pengaruh susunan kapasitor secara seri

- a. Pilihlah menu **multiple capacitor** pada modul percobaan **Capacitor Lab** seperti pada gambar dibawah ini.



(b)

Gambar 6. (a) Modul Kapasitor, dan (b) Rangkaian Kapasitor

Pelaksanaan pelatihan dilakukan selama 4 jam pelajaran melalui akun *Zoom Meeting*. Pelatihan dihadiri oleh 32 orang guru SMA Fisika Kabupaten Kampar. Pelatihan dimulai dengan pemberian pretest, setelah mengerjakan soal pretest para guru dilatih untuk memakai aplikasi sesuai petunjuk yang sudah disusun pada modul. Setiap peserta diwajibkan melakukan praktikum kapasitor sesuai pada modul yang telah disiapkan. Sesi latihan diakhiri dengan pelaksanaan posttest. Adapun hasil Pretest dan posttest dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

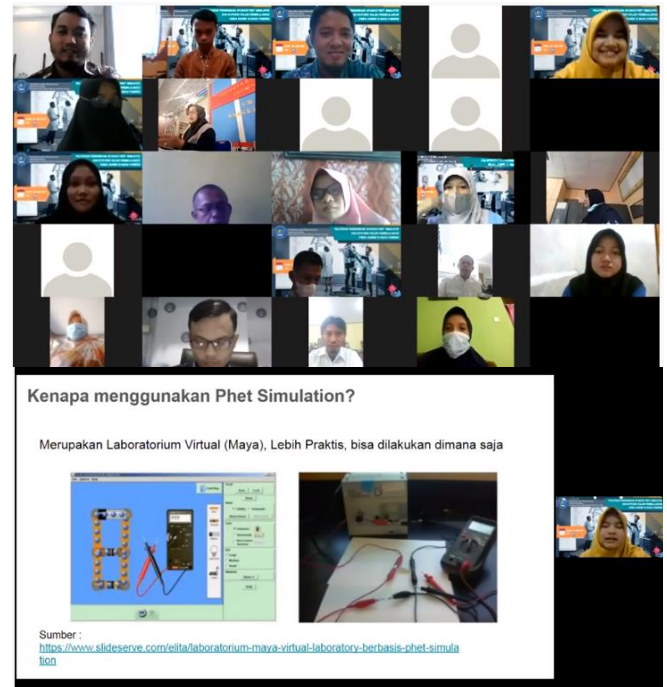
Tabel 2. Nilai Rata-rata Pretest-Posttest

Nilai Rata-Rata	
Pretest	Posttest
29,35	42,05

Pelaksanaan pretest dan posttest ditujukan untuk menilai tingkat pengetahuan peserta dalam menggunakan aplikasi *Phet Simulation*. Dari hasil rata-rata pretest dan posttest didapatkan peningkatan pengetahuan sebesar 12,7 %. Peningkatan pengetahuan ini masih sangat rendah sekali dari target yang ingin dicapai. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya peningkatan pengetahuan guru dalam menggunakan aplikasi *Phet Simulation*. Faktor

pertama adalah kurangnya fokus dari peserta. Kurangnya fokus peserta ini dikarenakan pelatihan dilakukan secara *online* sehingga banyak peserta yang mengikuti pelatihan sambil mengerjakan pekerjaan lain. Dari sisi panitia pelaksana kegiatan pelatihan hal ini menjadi catatan juga untuk ke depannya bagaimana mengonsep kegiatan pelatihan agar peserta lebih fokus dalam mengikuti pelatihan, misalnya dengan lebih sering melakukan sosialisasi pentingnya kegiatan pelatihan dan lebih mengonsep tata tertib pelatihan.

Faktor yang kedua yaitu kurangnya motivasi peserta dalam mengikuti kegiatan pelatihan. Hal ini terlihat dengan berkurangnya persentase kehadiran peserta pada sesi kedua dan ketiga. Permasalahan yang sama juga dirasakan oleh Elvianasti (2019) pada kegiatan pelatihan pembuatan media Flipbook bagi guru SMA. Kurangnya motivasi peserta ini menjadi bahan evaluasi juga bagi kepala sekolah dalam meningkatkan kesadaran untuk pentingnya menambah ilmu pengetahuan dalam dunia mengajar. Solusi yang ditawarkan penulis ke depannya adalah saat kegiatan pelatihan adanya kata sambutan yang memberi motivasi kepada peserta baik itu dari Dinas Pendidikan setempat atau dari Pengawas Sekolah. Hasil evaluasi dari survey kepuasan peserta pelatihan berada di level cukup puas.



Gambar 7. Foto Kegiatan pelatihan bersama peserta dan pengabdi

4. Kesimpulan dan Saran

Dari kegiatan pelatihan kepada guru fisika SMA Kabupaten Kampar terdapat peningkatan pengetahuan dan keterampilan dari dalam pemakaian aplikasi *Phet Simulation* sebesar 12,7 %. Kenaikan persentase ini

belum mencapai target yang diinginkan yaitu 80%. Untuk itu perlu dilakukan pelatihan berkelanjutan untuk mencapai kenaikan pengetahuan dan keterampilan sesuai target.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Stikes Al Insyirah yang telah mendanai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Dan juga penulis mengucapkan terima kasih atas kerja sama dari Panitia, Ketua, dan anggota MGMP Fisika SMA Kabupaten Kampar sehingga acara pelatihan penggunaan aplikasi *Phet Simulation* ini berjalan dengan lancar.

6. Daftar Rujukan

- Data Referensi Kemdikbud (2020). Jumlah Data Satuan Pendidikan (Sekolah) Kab.Kampar.<https://referensi.data.kemdikbud.go.id/index11.php?kode=090100&level=2>
- Elvianasti, M., & Dharma, A. P. (2019). Pelatihan Pembuatan Media Flipbook Bagi Guru Sma Muhammadiyah Se-Dki Jakarta. *Abdimas Universal*, 1(1), 6-10.
- Hikmah, N., Saridewi, N., & Agung, S. (2017). Penerapan laboratorium virtual untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, 2(2), 186-195.
- Jaya, H. (2012). Pengembangan laboratorium virtual untuk kegiatan praktikum dan memfasilitasi pendidikan karakter di SMK. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 2(1).
- Kemendikbud. (2020). Sekolah Kita. <http://sekolah.data.kemdikbud.go.id/>
- Khoiriyah, I., Rosidin, U., & Suana, W. (2015). Perbandingan hasil belajar menggunakan phet simulation dan kit optika melalui inkuiri terbimbing. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 3(5).
- Riantoni, C., Astalini, A., & Darmaji, D. (2019). Studi penggunaan PhET Interactive Simulations dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*, 6(2), 71-75.
- Sylviani, S., Permana, F. C., & Utomo, R. G. (2020). PHET Simulation sebagai Alat Bantu Siswa Sekolah Dasar dalam Proses Belajar Mengajar Mata Pelajar Matematika. *Jurnal Pendidikan Multimedia*, 2(1), 1-10.
- Tohir, M. 2019. "Hasil PISA Indonesia Tahun 2018 Turun Dibanding Tahun 2015". DOI: [10.17605/OSF.IO/8Q9VY](https://www.colorado.edu/csl/programs/phet-interactive-simulations)
<https://www.colorado.edu/csl/programs/phet-interactive-simulations>