



Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)
Universitas Papua

Web: <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>



Comparative Study Between Virtual Laboratory PhET Colorado Versus Applets in Photoelectric Effect

Puput Lismanda Az-zahra¹, Fahmi Rohim², Reza Ruhbani Amarulloh¹, Dwi Nanto¹, & Aini Nadhokhotani Herpi³

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

²Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, Institut Agama Islam Muhammad Azim, Jambi

³Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

*Corresponding author: aini.nadhokhotani@uinjkt.ac.id

Abstract: *Our work describes the differences and similarities in several aspects between two virtual laboratory (lab) media, namely Physics Education Technology (PhET) Colorado and Applets the King's Centre for Visualization (KCVS). The aspects compared include website appearance, ease of access and use, strengths and weaknesses of each virtual lab, and support for relevant concepts. Virtual lab such PhET Colorado and Applets provide a viable alternative, offering a safe and immersive environment for students to engage with scientific phenomena. The research used a qualitative descriptive approach with a comparative method. The researcher will compare the two virtual lab based on the aforementioned aspects. We find that the PhET Colorado website excels in visualization and data interpretation, meanwhile the Applet website excels in the availability of literature related to the photoelectric effect material.*

Keywords: *Comparative studies, photoelectric effect, quantum physics, virtual laboratory*

Studi Komparasi Antara Laboratorium Virtual PhET Colorado dengan Applets pada Efek Fotolistrik

Abstrak: Karya kami memaparkan perbedaan dan persamaan beberapa aspek antara dua media laboratorium virtual (lab), yaitu *Physics Education Technology (PhET) Colorado* dan *Applets the King's Centre for Visualization (KCVS)*. Aspek yang dibandingkan antara lain tampilan *website*, kemudahan akses dan penggunaan, kelebihan dan kekurangan masing-masing virtual lab, serta dukungan konsep yang relevan. Laboratorium virtual seperti PhET Colorado dan Applets KCVS memberikan alternatif yang layak, menawarkan lingkungan yang aman dan mendalam bagi siswa untuk terlibat dengan fenomena ilmiah. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode komparatif. Peneliti membandingkan kedua virtual lab tersebut berdasarkan aspek-aspek yang telah disebutkan di atas. Kami menemukan bahwa situs PhET Colorado unggul dalam visualisasi dan interpretasi data, sedangkan situs Applet unggul dalam ketersediaan literatur terkait materi efek fotolistrik.

Kata kunci: Efek fotolistrik, fisika kuantum, laboratorium virtual, studi komparasi

PENDAHULUAN

Fisika kuantum merupakan materi fisika yang sukar dipahami oleh peserta didik. Hal tersebut disebabkan fisika kuantum mengkaji secara mikroskopik. Kajian fisika kuantum bersifat abstrak dapat ditemukan pada sub bab materi radiasi benda hitam, efek Compton, dan efek fotolistrik (Swandi *et al.*, 2021). Pembelajaran efek fotolistrik yang terkait dengan fisika kuantum masih kurang memadai. Hal ini mengakibatkan peserta didik kurang

mengerti materi fisika kuantum yang abstrak. Faktor lain yakni, kurangnya sarana dan prasarana laboratorium fisika di sekolah merupakan penyebab peserta didik tidak dapat memahami materi fisika kuantum terutama pada efek fotolistrik. Kesulitan tersebut mengakibatkan peserta didik tidak mengetahui skema terjadinya fenomena terkait gejala kuantum terutama pada efek fotolistrik.

Penggunaan teknologi digital semakin populer di dalam proses pembelajaran sains (Wallace *et al.*, 2023). Penggunaan teknologi digital meningkat pada ranah pendidikan di semua tingkat akademik. Guru menggunakan teknologi digital untuk meningkatkan pengalaman belajar pada siswa (Sánchez *et al.*, 2023). Media merupakan salah satu komponen yang menunjang sistem pembelajaran dan dapat dimanfaatkan dalam setiap pembelajaran (Magdalena *et al.*, 2021). Terdapat kekurangan yang signifikan dalam ketersediaan sarana laboratorium di sekolah. Hal ini merupakan hambatan serius dalam penyelenggaraan kegiatan pembelajaran sains, khususnya dalam pembelajaran fisika. Guru perlu memfasilitasi peserta didik dalam pembelajaran, hal ini dapat dilakukan melalui pembelajaran *online* atau menggunakan virtual laboratorium (Yusuf & Widyaningsih, 2020). Proses pembelajaran di laboratorium tidak hanya berupa eksperimen atau praktikum semata, namun juga merupakan sarana peserta didik dapat mengamati, mengukur, mengumpulkan data, menganalisis, dan menarik kesimpulan dari hasil percobaan. Penggunaan laboratorium virtual sangat diperlukan untuk menunjang pembelajaran di sekolah (Sutarno *et al.*, 2019). Oleh karena itu, diperlukan perhatian serius terhadap upaya meningkatkan ketersediaan sarana laboratorium agar proses pembelajaran dapat berjalan sesuai dengan tujuan pembelajaran

Laboratorium virtual merupakan suatu media berbasis komputer yang dibuat berdasarkan simulasi di laboratorium fisika (Sugiana *et al.*, 2017). Virtual laboratorium dibuat untuk memahami konsep dari suatu percobaan. Penggunaan virtual laboratorium tergolong lebih efisien dibandingkan melakukan percobaan fisika di laboratorium secara langsung (Muthiarani *et al.*, 2022). Laboratorium virtual memungkinkan siswa untuk menyimulasikan eksperimen yang membutuhkan biaya atau berpotensi membahayakan. Laboratorium virtual menerapkan teknologi baru pada teknik pembelajaran aktif untuk meningkatkan pembelajaran mandiri dan pemahaman siswa.

PhET merupakan media pembelajaran yang dapat dijadikan solusi dalam upaya berkelanjutan di bidang pendidikan. Rangkaian simulasi untuk pembelajaran dan pengajaran sains yang dapat diakses secara gratis melalui situs *website* PhET (<https://phet.colorado.edu/in/simulations/photoelectric>). Simulasi ini menekankan pada hubungan antar fenomena nyata dan didasarkan pada konsep-konsep yang terkait (Perkins *et al.*, 2008), Applets KCVS merupakan salah satu media pembelajaran virtual laboratorium yang dikembangkan oleh *the king's centre for visualization*. Rangkaian simulasi untuk pembelajaran menggunakan situs *website* Applets KCVS dapat di akses melalui link (<https://www.kcvs.ca/details.html?cardName=photoelectricEffect>). Applets merupakan pusat penelitian The King's University, Edmonton, Alberta, Kanada yang berkomitmen untuk meningkatkan pemahaman masyarakat global terhadap sains melalui penelitian dan penciptaan serta penyebaran alat pembelajaran elektronik interaktif yang ditinjau oleh rekan sejawat untuk melihat dan memahami sains.

Oleh karena itu, pembelajaran efek fotolistrik sebaiknya menggunakan alternatif media pembelajaran berbasis laboratorium virtual. Kegiatan eksperimen dapat melatih peserta didik dalam memahami konsep dari suatu pembelajaran (Mogi *et al.*, 2021). Dengan menggunakan laboratorium virtual, peserta didik dapat mempelajari efek fotolistrik dengan lebih baik tanpa terbatas pada alat fisik. Hal tersebut dapat membantu peserta didik memahami konsep dengan lebih jelas dan efektif.

Tujuan penelitian ini yaitu menjelaskan perbedaan dan persamaan terhadap variabel yang dibandingkan. Variabel yang dibandingkan yaitu : (1) Tampilan *website* (2) Kemudahan mengakses penggunaan (3) Kekuatan dan kelemahan media masing-masing (4) Memahami dukungan terhadap suatu konsep yang sesuai. Kedua laboratorium virtual akan dibandingkan berdasarkan keempat variabel.

Urgensi penelitian ini ditegaskan oleh meningkatnya ketergantungan pada laboratorium virtual untuk pendidikan sains, terutama setelah pergeseran global menuju pembelajaran daring dan campuran. Pengalaman laboratorium tradisional mungkin menghadapi keterbatasan dalam hal aksesibilitas, biaya, dan masalah keselamatan. Laboratorium virtual, seperti simulasi PhET Colorado dan Applets KCVS, menghadirkan alternatif yang layak, menawarkan lingkungan yang aman dan mendalam bagi siswa untuk terlibat dengan fenomena ilmiah.

Penelitian yang menggunakan media pembelajaran berupa virtual laboratorium dapat meningkatkan kreativitas dan minat belajar peserta didik. Pembelajaran simulasi PhET menyediakan animasi interaktif yang dibuat layaknya permainan, sehingga peserta didik dapat belajar dengan melakukan eksplorasi dan menyajikan fenomena yang nyata dan sesuai dengan disajikan secara konseptual dan mudah dipahami (Halim, 2016). Pembelajaran dengan media PhET Colorado sangat membantu siswa untuk meningkatkan pemahaman pada peserta didik di Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada materi optik. Berdasarkan hasil pembelajaran pada nilai *post-test* pembelajaran yang menggunakan media laboratorium virtual PhET hasil belajarnya lebih baik dari pada yang menggunakan praktikum biasa di laboratorium (Mubarrok & Mulyaningsih, 2014). Oleh karena itu, penggunaan laboratorium virtual seperti PhET Colorado dan Applets KCVS dapat membantu pembelajaran peserta didik.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian mengenai komparasi dua laboratorium virtual tersebut perlu dilakukan. Adapun penelitian ini bertujuan menjawab beberapa rumusan masalah yang terdiri dari: (1) Apa kelebihan dan kekurangan dari laboratorium virtual PhET Colorado dan Applets KCVS?, (2) Bagaimana perbandingan keefektifan PhET Colorado dan Applets KCVS dalam memfasilitasi pemahaman peserta didik terhadap konsep efek fotolistrik?.

METODE PENELITIAN

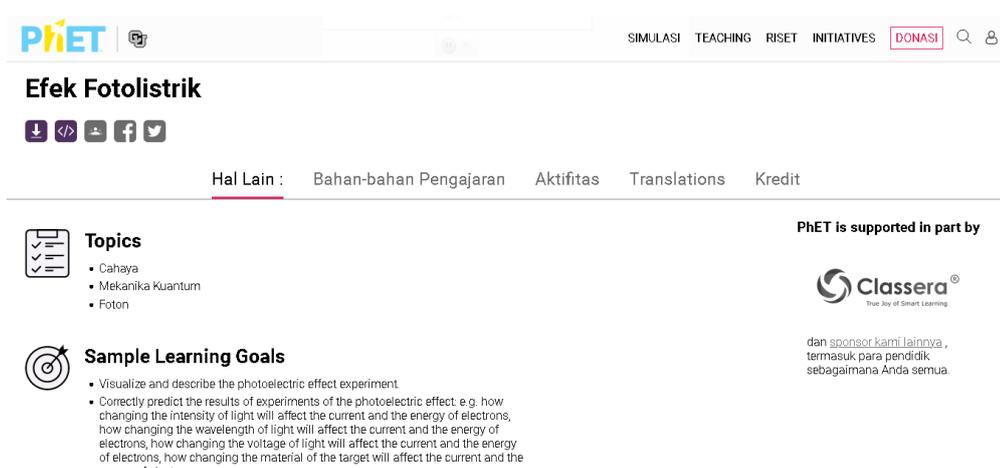
Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode penelitian yang digunakan yakni metode komparatif. Studi komparasi merupakan jenis penelitian deskriptif dengan membandingkan antara dua kelompok atau lebih. Dalam dunia pendidikan, penting untuk membandingkan media pembelajaran Hal ini bertujuan untuk mengetahui media mana yang lebih efektif digunakan dalam proses pembelajaran (Wati *et al.*, 2021). Media yang dikomparasikan yaitu laboratorium virtual antara PhET Colorado dengan Applets KCVS pada efek fotolistrik.

Penelitian dilakukan untuk membandingkan suatu variabel (objek penelitian), antar subjek yang berbeda dan menemukan hubungan sebab-akibatnya tanpa memberikan perlakuan terhadap variabel yang telah ada (Wati *et al.*, 2021). Peneliti akan membandingkan antar dua media virtual laboratorium dari beberapa aspek sesuai dengan tujuan yang sudah dirancang dalam penelitian yaitu (1) Tampilan *website* (2) Kemudahan mengakses penggunaan (3) Kekuatan dan kelemahan media masing-masing (4) Memahami dukungan terhadap suatu konsep yang sesuai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa aspek yang menunjang sesuai dengan pengamatan dan kesesuaian terhadap praktikum virtual laboratorium antara kedua media pembelajaran, yaitu PhET Colorado dan Applets KCVS. Aspek yang menjadi perbandingan peneliti yaitu, tampilan *website*, kemudahan mengakses, kekuatan dan kelemahan media, dan konsep yang sesuai dengan praktikum efek fotolistrik. Hal ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan mengenai komparasi laboratorium yang digunakan pada laboratroyum virtual fisika (Karagöz & Özdenler, 2010). Pembelajaran pada materi efek fotolistrik dengan menggunakan media virtual laboratorium PhET Colorado tampilan seperti pada Gambar 1 dan Applets KCVS pada Gambar 2.

Simulasi PhET Colorado dapat diakses melalui internet yang dapat dijalankan langsung dari *browser* (Bogar *et al.*, 2023). Kemudian, Applets KCVS juga dapat diakses melalui *browser*. Jadi, persamaan antara kedua media pembelajaran ini yakni, keduanya dapat diakses dengan mudah. Kedua virtual laboratorium memiliki persamaan pada bagian *website* dalam media pembelajaran yaitu terdapat beberapa percobaan sains yaitu biologi, fisika, kimia, dan lainnya. Pada virtual laboratorium PhET Colorado memiliki 89 percobaan. Sedangkan, virtual laboratorium Applets KCVS memiliki 87 percobaan. PhET Colorado dan Applets dapat digunakan melalui laptop, maupun *smartphone*. Untuk efek fotolistrik pada *website* PhET Colorado tidak memiliki kajian literatur terkait praktikumnya, akan tetapi memiliki fitur komunitas pengguna dapat mengaksesnya untuk tata cara penggunaan virtual lab tersebut, sedangkan Applets KCVS memiliki kajian literatur untuk para pengguna mengetahui materi yang akan dipraktikumkan.

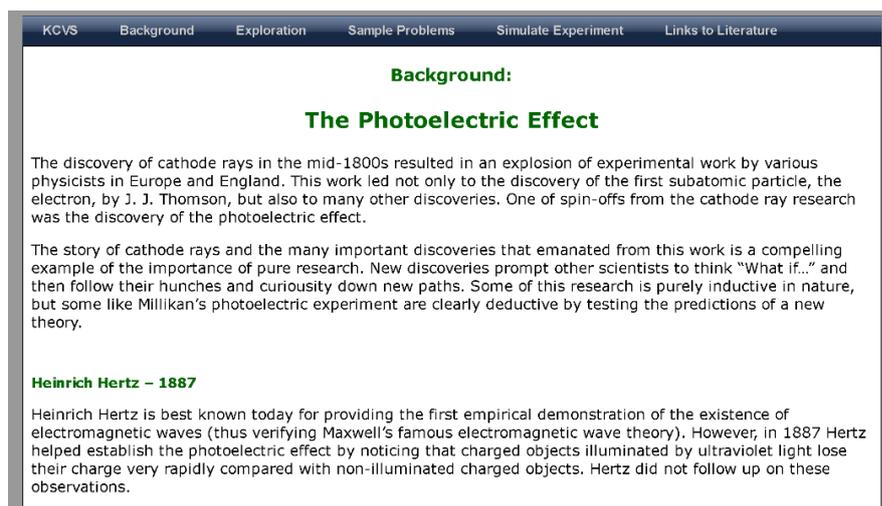


Gambar 1. Laboratorium Virtual Efek Fotolistrik PhET Colorado

Berdasarkan Gambar 1, virtual lab PhET Colorado memiliki fitur yang terdapat bagian komunitas untuk dimanfaatkan para pengguna yang berisi mengenai tata cara pengambilan data dari suatu praktikum, pada bagian komunitas pengguna dan guru dapat mengakses Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang sudah dirancang oleh komunitas lainnya (Hau, 2022). RPP ini dapat membantu guru dalam proses pembelajaran.

Applets KCVS

Laboratorium virtual Applets KCVS satu diantara media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi efek fotolistrik. Virtual lab tersebut jarang digunakan dalam pembelajaran. Berikut tampilan laboratorium virtual lab Applets sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Laboratorium Virtual Efek Fotolistrik Applets KCVS

Berdasarkan Gambar 2, virtual lab Applets KCVS memiliki fitur yakni *background* fitur tersebut menjelaskan sejarah terkait materi efek fotolistrik dan percobaan efek fotolistrik. Kemudian, pada bagian *eksplorasi* peserta didik dapat mengakses melalui PDF. Hal ini dijelaskan dengan menggunakan *website* laboratorium virtual peserta didik akan terhubung oleh berkas berupa *microsoft word*, PDF, atau jenis berkas yang lainnya yang tertaut pada laboratorium virtual (Sholikhah *et al.*, 2020). File tersebut dapat diakses oleh peserta didik secara gratis. Fitur selanjutnya yakni *sample problem* menjelaskan perhitungan secara matematis setelah melakukan praktikum.

Variabel

Fenomena efek fotolistrik membutuhkan variable yang dapat dianalisis hubungan setiap variabel yang berpengaruh. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Reis yang menyebutkan beberapa variabel yang harus dianalisis (Geller & Serrano, 2021). Analisis beberapa variabel ini mempertimbangkan efektivitas laboratorium virtual dalam meningkatkan pemahaman konsep peserta didik terhadap materi efek fotolistrik. Sejumlah variabel tersebut antara lain yakni intensitas cahaya, jenis logam, tegangan penghenti, panjang gelombang, dan frekuensi cahaya. Berikut ditampilkan pada Tabel 1 perbandingan antar variabel pada PhET Colorado dan Applets KCVS.

Tabel 1. Perbandingan Variabel Laboratorium Virtual PhET Colorado dan Applets KCVS

Variabel	Laboratorium Virtual	
	PhET Colorado	Applet KCVS
Intensitas cahaya	0-100%	0-1.00
Jenis logam	Sodium, Zinc, Copper, Platinum, Calcium, uk	Alumunium, Berylium, Cadmium, Calcium, Carbon, Cesium, Cobalt, Copper, Gold, Iron, Lead, Magnesium, Mercury, Nickel, Niobium, Potasium
Panjang gelombang cahaya	100-850 nm	200-800 nm
Tegangan	-8 V hingga 8 V	-0.001 V hingga 5.002 V

Variabel	Laboratorium Virtual	
	PhET Colorado	Applet KCVS
Arus listrik	0.000-0.882 Ampere	Estimate -0.02 hingga 0.02 pikoAmpere
Frekuensi cahaya	3×10^{15} Hz	$1,5 \times 10^{15}$ Hz hingga $3,75 \times 10^{15}$ Hz

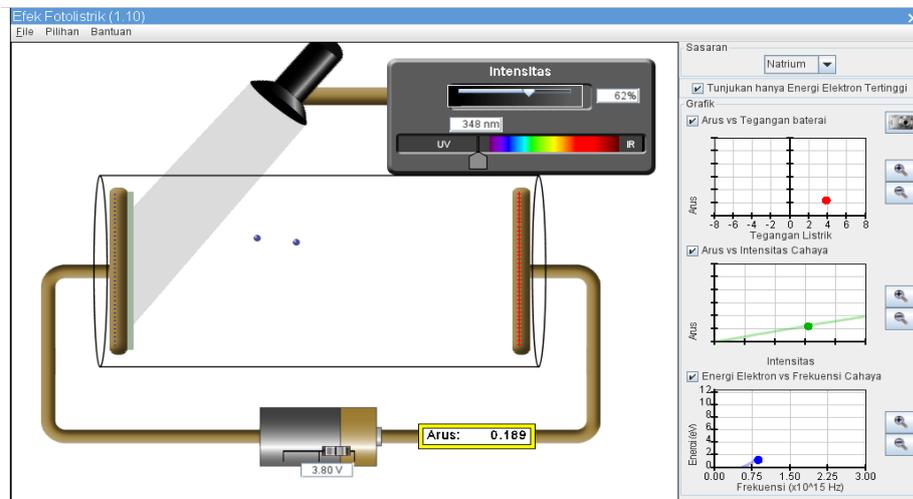
Berdasarkan Tabel 1, perbandingan antara kedua virtual lab yakni perbandingan antar variabel dari percobaan efek fotolistrik virtual lab PhET Colorado memiliki jenis logam percobaan tidak sevariatif virtual lab Applets KCVS. Selanjutnya, intensitas cahaya yang digambarkan pada kedua virtual lab berbeda. Panjang gelombang elektromagnetik yang disajikan oleh kedua virtual lab tersebut berbeda, virtual lab PhET Colorado memiliki panjang gelombang elektromagnetik yakni dari 100nm-800nm lebih lebar jangkauannya dibandingkan Applets KCVS.

Pada PhET Colorado terdapat opsi untuk mengubah intensitas cahaya menjadi ‘jumlah foton’. Masih dalam kolom pengaturan yang sama, terdapat juga pilhan untuk memvisualisasikan cahaya sebagai ‘cahaya’ biasa atau menampilkannya sebagai partikel foton. Pada Applets KCVS foton digambarkan sebagai paket-paket gelombang.

Visualisasi

Visualisasi menjadi hal terbesar dalam perbandingan antara kedua lab virtual ini. Pada virtual lab PhET Colorado memvisualisasikan alat dan bahan dengan sederhana namun esensial. PhET Colorado secara visualisasi menyajikan foton yang dipancarkan seperti partikel cahaya atau paket gelombang elektromagnetik.

Hasil visualisasi dari laboratorium virtual PhET Colorado. Visualisasi ini sangat penting karena membantu dalam memahami fenomena fisika, khususnya dalam percobaan efek fotolistrik. Gambar tersebut menunjukkan bagaimana foton yang dipancarkan dari sumber cahaya mempengaruhi energi elektron, serta bagaimana intensitas cahaya dapat diatur dan dianalisis dalam simulasi. Kemudian hasil visualisasai ditampilkan pada Gambar 3.

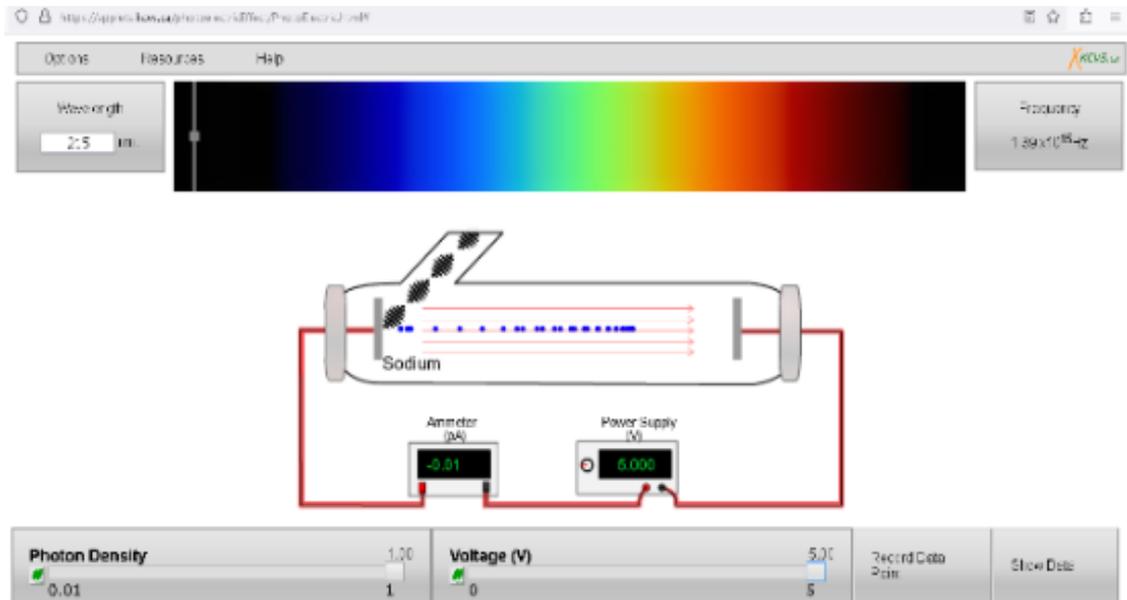


Gambar 3. Virtual Lab PhET Colorado Efek Fotolistrik Visualisasi Foton

Berdasarkan Gambar 3, visualisasi virtual lab PhET colorado pada efek fotolistrik dapat membantu peserta didik dalam memahami fenomena efek fotolistrik (Dewa *et al.*, 2023). Peserta didik dapat memahami fenomena efek fotolistrik yakni peristiwa melepasnya

elektron terluar dari suatu permukaan logam yang disinari oleh gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang tertentu.

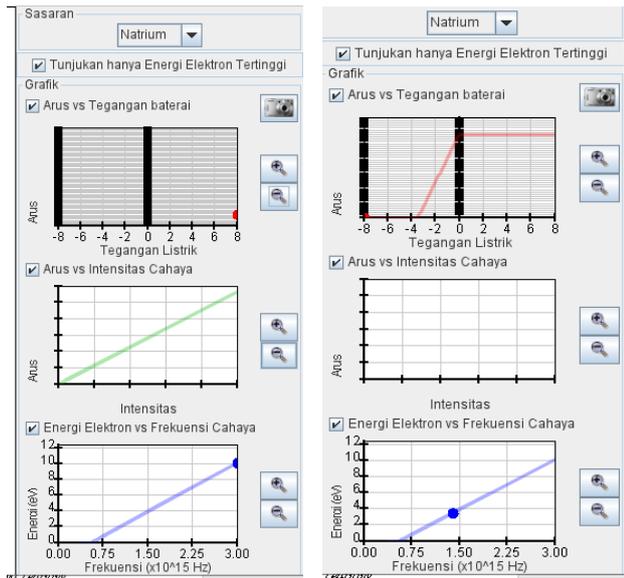
Berbeda dengan PhET Colorado, Applets memvisualisasikan alat dan bahan secara kompleks dan bahan logam lebih banyak dibandingkan dengan PhET Colorado. Kemudian, visualisasi terhadap foton yang dipancarkan seperti gelombang seperti ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Virtual Lab Applets KCVS Material Efek Fotolistrik Visualisasi Foton

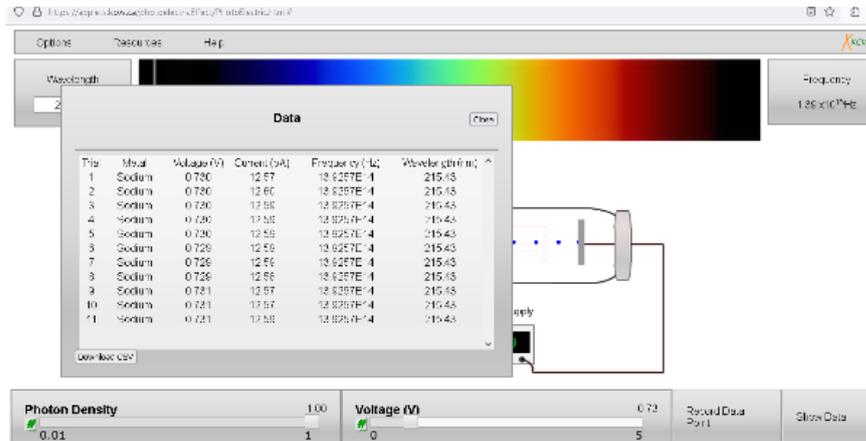
Berdasarkan Gambar 4, Percobaan virtual efek fotolistrik pada virtual lab Applets kcvS diawali dengan pemilihan jenis logam (Yusuf, 2013). Visualisasi yang disediakan oleh Applets KCVS dalam simulasi ini memiliki kemiripan yang cukup signifikan dengan PhET Colorado, terutama dalam representasi proses efek fotolistrik. Pada Applets KCVS, pengguna dapat melihat visualisasi berupa paket gelombang elektromagnetik yang secara jelas menggambarkan interaksi antara cahaya dan permukaan logam. Visualisasi ini tidak hanya membantu dalam memahami konsep dasar efek fotolistrik, tetapi juga memberikan gambaran mendetail tentang bagaimana foton, yang merupakan paket-paket gelombang elektromagnetik, berinteraksi dengan elektron pada permukaan logam, menyebabkan emisi elektron tersebut.

Pada virtual lab PhET colorado dapat memvisualisasikan data dalam bentuk tabel ataupun grafik (Khaldun, 2017). Oleh karena itu, PhET colorado dapat membantu peserta didik dalam memahami hubungan antar variabel dalam percobaan melalui visualisasi grafik. Melalui visualisasi grafik yang interaktif dan intuitif, PhET Colorado memungkinkan siswa untuk secara langsung melihat bagaimana perubahan dalam satu variabel, seperti intensitas cahaya atau jenis logam yang digunakan, dapat mempengaruhi variabel lainnya, seperti energi kinetik elektron yang dihasilkan atau arus listrik yang terbentuk. Dengan menyajikan data dalam bentuk grafik yang mudah dipahami, PhET Colorado tidak hanya mempermudah proses analisis, tetapi juga mendorong peserta didik untuk melakukan eksperimen virtual secara mandiri dan eksploratif. Hal ini sangat efektif dalam memperdalam pemahaman konsep-konsep fisika yang mungkin sulit dijelaskan hanya melalui teori, karena siswa dapat melihat secara langsung hasil simulasi yang merepresentasikan fenomena nyata. Berikut visualisasi grafik hasil percobaan pada gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi Data pada PhET pada Efek Fotolistrik

Berdasarkan Gambar 5, visualisasi data yang terbentuk dari virtual lab PhET Colorado terdapat dua bentuk yakni grafik dan tabel data. Grafik ini dapat membantu peserta didik dalam memahami hubungan antar variabel percobaan. Applets tidak menyediakan penggambaran grafik. Tetapi dapat merekam data dari hasil praktikum dalam bentuk tabel.



Gambar 6. Visualisasi Data pada Applets pada Efek Fotolistrik

Berdasarkan Gambar 6, visualisasi data yang terbentuk dari virtual lab Applets KCVS terdapat tabel data. Kekurangan pada dalam menggunakan virtual lab Applets KCVS data yang dihasilkan dapat berubah-ubah Berdasarkan hasil analisa penggambaran grafik sangat penting dalam kemampuan memahami grafik menjadi penting bagi pengguna website kedua virtual laboratorium terutama ketika melakukan percobaan fisika (Yusuf, 2013). Pengguna harus mampu menyajikan bentuk grafik dari data-data yang diperoleh dari kegiatan percobaan untuk mengetahui hubungan antar variable. Sebagaimana yang telah dipaparkan oleh Pacala 2023 dalam penelitiannya yang menganalisis grafik laboratorium virtual efek fotolistrik (Pacala, 2023). Virtual Laboratorium keduanya memiliki kelebihan dan kekurangannya masing masing sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Kelebihan dan Kelemahan Virtual Laboratorium PhET Colorado terhadap Applets KCVS

No	Virtual Laboratorium	Kelebihan	Kekurangan
1.	PhET Colorado	Visualisasi sudah sesuai dengan praktikum.	Belum memiliki <i>resource</i> atau buku panduan yang sesuai dengan materi.
		Frekuensi gelombang elektromagnetik tidak diketahui.	Penggambaran foton masih berbentuk partikel.
		Menginterpretasikan data dalam bentuk grafik dan tabel data.	Jenis logam yang digunakan masih sedikit.
2.	Applets KCVS	Visualisasi sudah sesuai dengan praktikum.	Belum menginterpretasikan data dalam bentuk grafik.
		Sudah memiliki <i>resource</i> atau buku panduan yang sesuai dengan materi.	Variabel yang diukur masih berubah ubah terutama pada bagian besar arus yang mengalir.
		Frekuensi gelombang EM tidak diketahui.	Pengukuran jadi tidak presisi.
		Penggambaran foton sudah menjadi gelombang.	
		Jenis logam yang digunakan pada pembelajaran banyak.	

Berdasarkan Tabel 2, kedua media virtual lab memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing. PhET lebih unggul dalam hal interpretasi data dalam bentuk grafik dan tabel (Utami *et al.*, 2024). Namun kurang dalam *resource* dan variasi jenis logam yang digunakan. Di sisi lain, Applets KCVS memiliki *resource* yang lebih lengkap dan variasi jenis logam yang lebih banyak, tetapi kurang dalam hal interpretasi data grafik dan presisi pengukuran. Kedua aplikasi ini memiliki kekurangan yang sama dalam hal informasi frekuensi gelombang elektromagnetik. Hal ini bisa menjadi pertimbangan pengguna untuk mengaplikasikan pada proses pembelajaran sesuai dengan kriteria yang dibutuhkan.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan, kedua media virtual lab memiliki keunggulan dan kekurangan masing-masing. PhET Colorado unggul dalam visualisasi yang interaktif dan penggambaran grafik, namun kurang dalam hal sumber daya pendukung materi dan jumlah logam yang dapat digunakan dalam percobaan. Di sisi lain, Applets KCVS memiliki kelebihan dalam ketersediaan sumber daya pendukung dan variasi logam, tetapi kurang mampu menginterpretasikan data dalam bentuk grafik secara akurat. Secara umum, kedua media pembelajaran ini dapat digunakan sebagai alternatif efektif dalam pembelajaran fisika, terutama ketika akses terhadap laboratorium fisik terbatas. Penggunaan media ini dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan analitis peserta didik melalui simulasi yang aman dan terjangkau. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan sumber daya pendukung dan peningkatan fitur visualisasi grafis di kedua

media. Evaluasi lebih mendalam terhadap efektivitas kedua media dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan analitis siswa juga penting dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Prodi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, khususnya kepada dosen pembimbing telah memberikan ilmu dan pengalamannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bogar, D. Y., Jufriansah, A., & Prasetyo, E. (2023). Pengembangan Laboratorium Virtual untuk Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik. *Buletin Edukasi Indonesia*, 2(03), 102–112. <https://doi.org/10.56741/bei.v2i03.397>
- Dewa, E., Ama Ki'i, O., & Pasaribu, R. (2023). Penggunaan Simulasi PhET dan E-Evaluation Berbasis Hot-Potatoes untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Efek Fotolistrik dan Minat Belajar Calon Guru Fisika. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 9(1), 79. <https://doi.org/10.31764/orbita.v9i1.14787>
- Geller, M., & Serrano, A. (2021). Computer Simulations for The Teaching of Photoelectric Effect. *Mari Aurora Favero Reis, PPGSP, Universidade do Contestado, mariaaurorafavero@gmail.com*.
- Halim, A. (2016). Perbandingan Penggunaan Media Virtual Lab Simulasi PhET (*Physics Education Technology*) dengan Metode Eksperimen Terhadap Motivasi dan Aktivitas Belajar Peserta Didik pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 04, 79–93.
- Hau, R. R. H. (2022). Kajian Tentang Physics Education Technology (PhET) Dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 3(1), 1-9.
- Karagöz, Ö., & Özdener, N. (2010). Evaluation of The Usability of Different Virtual Lab Software Used in Physics Courses. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 4, 216–235.
- Khaldun, I. (2017). Peningkatan Pemahaman Konsep Siswa Melalui Laboratorium Virtual pada Materi Listrik Dinamis di SMA Negeri 1 Sukamakmur Aceh Besar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 5(1), 114-119.
- Magdalena, I., Shodikoh, A. F., Pebrianti, A. R., Jannah, A. W., & Susilawati, I. (2021). Pentingnya Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa SDN Meruya Selatan 06 Pagi. *Jurnal Edukasi dan Sains*, 3(2), 312-325.
- Mogi, H., Mandang, T., & Lolowang, J. (2021). Pengembangan Modul Praktikum Efek Fotolistrik Berbasis Virtual Laboratory dengan Model Discovery Learning. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 2(2), 69–74. <https://doi.org/10.53682/charmsains.v2i2.109>
- Mubarrok, M. F., & Mulyaningsih, S. (2014). Penerapan Pembelajaran Fisika pada Materi Cahaya dengan Media PhET Simulations untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Siswa di SMP. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika*, 03(01), 76-80.
- Muthiarani, T. E., Kimia, P. P., Palembang, U. R. F., Abidin, J. K. Z., & Km, F. (2022). Studi Komparasi Keefektifan Pelaksanaan Praktikum Menggunakan Laboratorium Virtual dan Laboratorium Riil dalam Pembelajaran Kimia. *International Education Conference (IEC) 2021* (pp 161-168). Palembang: Fakultas Ilmu Tarbiyah (FITK) UIN Raden Fatah Palembang. Retrieved: 27-28 September 2021.
- Pacala, F. A. (2023). PhET's Photoelectric Effect Simulation: Experiments and Analysis for Classroom Practice. *Asian Journal of Science Education*, 5(1), 70–82. <https://doi.org/10.24815/ajse.v5i1.31373>.

- Perkins, K., Adams, W., Dubson, M., & Finkelstein, N. (2008). *PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics*. University of Colorado at Boulder. https://physicscourses.colorado.edu/phys4810/phys4810_fa06/4810_readings/perkins.pdf.
- Sholikah, T., Mardhotillah, A. F., Indriyani, L. A., Wulandari, V. A., Kuraesin, P. P. S., Al-Khotim, N. L. S. A., Irjianto, M. Y., Fatmah, F., Ma'arif, M., Fadhillah, N., & Rachmawati, Y. (2020). Studi Eksplorasi Kegiatan Praktikum Sains saat Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal of Science Learning (IJSL)*, 1(2), 67–75. <https://doi.org/10.15642/ijsl.v1i2.1006>.
- Sugiana, I. N., Harjono, A., Sahidu, H., & Gunawan, G. (2017). Pengaruh Model Pembelajaran Generatif Berbantuan Media Laboratorium Virtual Terhadap Penguasaan Konsep Fisika Siswa pada Materi Momentum dan Impuls. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(2), 61–65. <https://doi.org/10.29303/jpft.v2i2.290>.
- Sutarno, S., Setiawan, A., Kaniawati, I., & Suhandi, A. (2019). The Development of Higher Order Thinking Virtual Laboratory on Photoelectric Effect. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 032034. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032034>.
- Swandi, A., Rahmadhanningsih, S., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2021). Exploring the Compton Scattering Phenomenon with Virtual Learning Under Project Based Learning Model (PjBL). *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.37891/kpej.v4i1.159>.
- Utami, M. P., Putra, P. D. A., & Wahyuni, D. (2024). Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis PhET Simulation pada Materi Tekanan Zat Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP. *Gravity Edu: Jurnal Pembelajaran, dan Pengajaran Fisika*, 7(1), 1-4.
- Wallace, J., Scanlon, D., & Calderón, A. (2023). Digital Technology and Teacher Digital Competency in Physical Education: A Holistic View of Teacher and Student Perspectives. *Curriculum Studies in Health and Physical Education*, 14(3), 271–287. <https://doi.org/10.1080/25742981.2022.2106881>.
- Wati, G. O. W., Ibrahim, M., Ghufron, S., & Mariati, P. (2021). Studi Komparasi Media Pembelajaran Gambar dan Video terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran IPA pada Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 3364–3372. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.1362>.
- Yusuf, I., & Subaer. (2013). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Fisika Berbasis Media Laboratorium Virtual pada Materi Dualisme Gelombang Partikel di SMA Tut Wuri Handayani Makassar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2(2), 189-194.
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2020). Implementing E-Learning-Based Virtual Laboratory Media to Student's Metacognitive Skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(05), 63-74. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.12029>