



Fadila Mutia Srg¹
 Feri Waluyo²
 Lisa Febriani³
 Maysha Syakila⁴

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS SIMULASI EFEK FOTOLISTRIK UNTUK MEMAHAMI FENOMENA KUANTUM

Abstrak

Efek fotolistrik adalah konsep penting dalam fisika kuantum yang sering dianggap abstrak oleh mahasiswa. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas simulasi berbasis PhET dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap fenomena ini. Metode penelitian kuantitatif deskriptif digunakan, melibatkan lima mahasiswa pendidikan fisika angkatan 2020 dan 2021. Penelitian meliputi wawancara awal, pre-test, pemberian simulasi, dan post-test. Hasil pre-test menunjukkan pemahaman awal yang rendah dengan rata-rata skor 28 dari 100. Setelah simulasi PhET, nilai post-test meningkat signifikan menjadi rata-rata 57. Simulasi ini membantu mahasiswa memahami hubungan antarvariabel seperti frekuensi cahaya dan energi kinetik elektron. Penelitian ini menyimpulkan bahwa simulasi PhET efektif sebagai media pembelajaran inovatif untuk meningkatkan pemahaman konsep abstrak dalam fisika kuantum.

Kata Kunci: Efek Fotolistrik, Fisika Kuantum, Simulasi Phet, Media Pembelajaran, Pemahaman Konsep.

Abstract

The photoelectric effect is a pivotal concept in quantum physics that students often find challenging. This study evaluates the effectiveness of PhET simulations in enhancing students' understanding of this phenomenon. A descriptive quantitative method was used, involving five physics education students from the 2020 and 2021 cohorts. Research stages included initial interviews, a pre-test, simulation implementation, and a post-test. The pre-test revealed low initial comprehension with an average score of 28 out of 100. Post-test results showed a significant improvement, with an average score of 57. The simulation effectively helped students grasp relationships among variables, such as light frequency and electron kinetic energy. This study concludes that PhET simulations serve as an innovative teaching tool for abstract quantum physics concepts.

Keywords: Photoelectric Effect, Quantum Physics, Phet Simulation, Teaching Media, Conceptual Understandi.

PENDAHULUAN

Efek fotolistrik merupakan salah satu topik penting dalam fisika kuantum yang sering diajarkan di tingkat perguruan tinggi. Fenomena ini menjelaskan bagaimana cahaya dapat menyebabkan pelepasan elektron dari permukaan logam. Penjelasan efek ini, yang dikembangkan oleh Albert Einstein, menjadi fondasi berbagai teknologi modern seperti sel surya, sensor cahaya, hingga perangkat optoelektronik. Namun, memahami konsep efek fotolistrik sering kali menjadi tantangan, terutama bagi mahasiswa pendidikan fisika yang kelak akan menjadi pengajar (McKagan, Perkins, & Wieman, 2008).

Mahasiswa pendidikan fisika tidak hanya dituntut untuk memahami konsep-konsep fisika dengan baik, tetapi juga memiliki kemampuan untuk menjelaskan dan mengajarkannya kepada siswa di masa depan. Efek fotolistrik, dengan konsep-konsep seperti energi foton, frekuensi cahaya, dan energi kinetik elektron, memerlukan penjelasan yang sistematis dan konkret agar dapat dipahami oleh siswa. Sayangnya, metode pembelajaran berbasis teori yang sering digunakan saat ini cenderung kurang efektif dalam membantu mahasiswa memahami hubungan

^{1,2,3,4} Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Medan
 email: fadilamutiasrg@mhs.unimed.ac.id, Feriwaluyo831@gmail.com, lisafebriani@mhs.unimed.ac.id,
 Mayshasyakila@mhs.unimed.ac.id

antara variabel-variabel dalam efek fotolistrik. Hal ini dapat menghambat mereka dalam menguasai konsep dengan mendalam, sekaligus membatasi kemampuan mereka untuk mengajarkannya secara optimal di kemudian hari.

Sebagai calon guru, penting bagi mahasiswa pendidikan fisika untuk menguasai pendekatan-pendekatan inovatif yang dapat membuat pembelajaran lebih menarik dan mudah dipahami. Salah satu metode yang mulai banyak digunakan adalah simulasi interaktif berbasis komputer seperti PhET. Simulasi ini memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk mengeksplorasi efek fotolistrik secara mandiri, mengatur parameter seperti intensitas dan frekuensi cahaya, serta melihat dampaknya terhadap pelepasan elektron. Dengan pendekatan ini, konsep abstrak dapat divisualisasikan sehingga lebih mudah dipahami dan diajarkan kepada siswa. Selain itu, simulasi seperti PhET tidak hanya menawarkan pembelajaran yang lebih interaktif, tetapi juga memberikan alternatif solusi terhadap keterbatasan laboratorium fisika yang sering kali menjadi kendala dalam proses pembelajaran eksperimen (Podolefsky, Rehn, & Perkins, 2013).

Hasil dari penelitian ini diharapkan tidak hanya membantu mahasiswa pendidikan fisika memahami efek fotolistrik, tetapi juga memberikan inspirasi kepada calon guru untuk mengintegrasikan teknologi dalam proses pembelajaran mereka di masa depan. Dengan demikian, pembelajaran fisika dapat menjadi lebih menarik, relevan, dan sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat. Pendekatan ini diharapkan mampu menumbuhkan kreativitas mahasiswa dalam menyampaikan materi, serta meningkatkan kualitas pendidikan fisika di Indonesia pada umumnya.

Tujuan penggunaan PhET dalam pembelajaran fisika kuantum yaitu meningkatkan keterlibatan siswa dan membuat pembelajaran semakin menarik. Pada pokok bahasan efek foto listrik, simulasi yang disajikan oleh PhET sangat baik, karena dapat membantu siswa dalam memahami elektron, foton, dan atom. Sehingga siswa dapat terlibat secara mendalam seperti melakukan eksperimen sebenarnya dan dapat mengobservasi efek fotolistrik lebih baik daripada melakukannya pada laboratorium riil (McKagan, et al., 2008).

Physics Education Technology (PhET) merupakan proyek simulasi yang memudahkan kegiatan belajar dan mengajar dan dapat diakses gratis melalui link (<http://phet.colorado.edu>). Laboratorium virtual PhET di desain dengan dua tujuan utama: meningkatkan keterlibatan siswa dan meningkatkan pembelajaran (Perkins et al., 2006). Laboratorium virtual PhET juga sudah terbukti banyak membantu untuk mencapai berbagai tujuan pembelajaran (Haryadi & Pujiastuti, 2020; Habibi et al., 2020; Alfiyanti et al., 2020; Inayah & Masruroh, 2021; Verawati et al., 2022; Alatas & Sakina, 2019). Kendati demikian, PhET sendiri menyatakan bahwa ada sejumlah tujuan pembelajaran lab secara langsung/fisik yang tidak terjangkau oleh PhET. Contohnya, skill yang melibatkan penggunaan alat tertentu secara langsung (PhET, n.d.).

PhET menyediakan banyak simulasi pada bidang ilmu alam (Fisika, Kimia, Biologi, sains kebumihan, dan matematika) yang keseluruhannya berjumlah 108 simulasi. Banyak simulasi pada Lab PhET mensimulasika yang umumnya tidak terlihat oleh mata telanjang, seperti atom, elektron, foton, dan medan listrik (Perkins et al., 2006). Simulasi seperti ini memberikan sejumlah manfaat penting bagi pendidikan. Dengan mensimulasikan hal yang tidak dapat dilihat oleh mata telanjang, akan mempermudah pembelajaran (Migdal et al., 2022; Daineko et al., 2020). Salah satu laboratorium tersebut adalah laboratorium efek fotolistrik.

PhET menyediakan petunjuk penggunaan lab pada file teacher tips (tips mengajar) yang dapat diakses pada opsi "teaching resources". Petunjuk penggunaan tersebut berbentuk PDF yang dapat didownload secara gratis cukup dengan login. Pada file tersebut, terdapat sejumlah tips dan petunjuk penggunaan laboratorium virtual efek fotolistrik PhET.

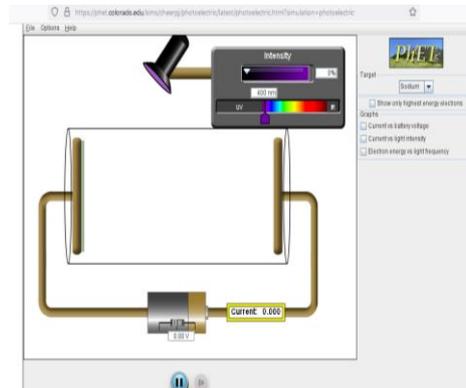
Tahapan simulasi efek fotolistrik menggunakan aplikasi Phet Colorado.

1. Mengakses simulasi virtual efek fotolistrik disitus websits
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/photoelectric>

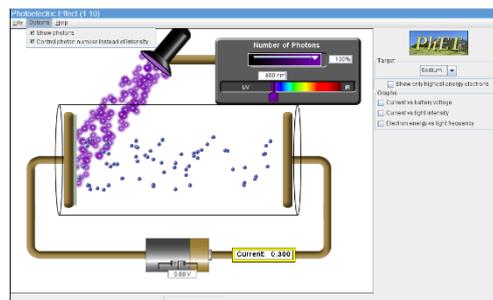


Photoelectric Effect

2. Tampilan awal simulasi virtual efek fotolistrik setelah diunduh dari website Phet Colorado.

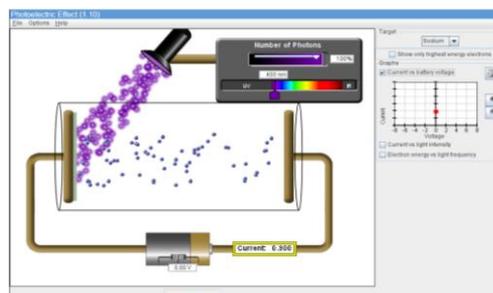


3. Menentukan pengaruh intensitas cahaya terhadap jumlah elektron foton (arus listrik) yang dihasilkan.



Eksperimen ini mendemonstrasikan sumber cahaya yang dapat memancarkan foton dengan panjang gelombang merdu yang menyinari katoda natrium. Elektron yang dipancarkan dari katoda melalui interaksi dengan foton dikumpulkan oleh anoda dan arus dihasilkan. Arus ini kemudian diukur dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan antara arus foto dan intensitas cahaya, serta energi kinetik maksimum elektron dengan frekuensi optik.

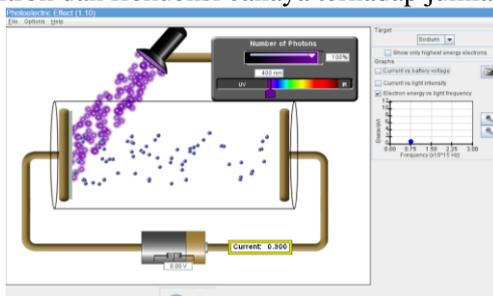
4. Menentukan arus dan tegangan baterai terhadap jumlah elektron foton (sumber arus listrik)



Simulasi efek fotolistrik yang disajikan merupakan percobaan di mana cahaya dengan panjang gelombang yang dapat disetel diarahkan pada permukaan logam (katoda). Ketika foton cahaya mengenai permukaan logam, elektron dapat dipancarkan dari logam tersebut. Elektron yang dipancarkan ini dikumpulkan oleh anoda dan menghasilkan arus listrik. Besarnya arus yang dihasilkan dan energi kinetik maksimum elektron yang dipancarkan dipengaruhi oleh

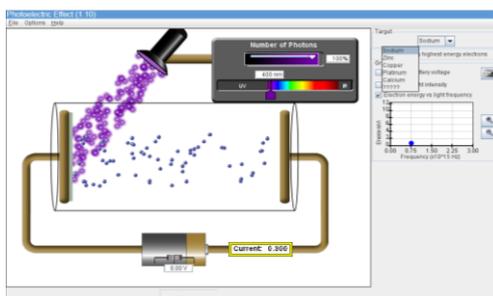
frekuensi dan intensitas cahaya yang digunakan. Hubungan antara variabel tersebut dapat diamati melalui grafik yang dibuat melalui simulasi.

5. Menentukan energi elektron dan frekuensi cahaya terhadap jumlah elektron foton.



Simulasi yang disajikan merupakan percobaan efek fotolistrik dimana cahaya dengan panjang gelombang yang dapat diatur diarahkan pada permukaan logam (katoda). Ketika cahaya mengenai permukaan logam, elektron dilepaskan dan bergerak ke anoda. Pergerakan elektron ini menghasilkan arus listrik yang terukur. Grafik yang ditunjukkan menunjukkan hubungan antara energi kinetik maksimum elektron yang dipancarkan dan frekuensi cahaya yang digunakan. Melalui simulasi ini kita dapat mengamati secara langsung bagaimana perubahan frekuensi cahaya mempengaruhi jumlah dan energi elektron yang dipancarkan.

6. Menentukan jumlah bahan logam terhadap jumlah elektron foton



Simulasi Virtual Phet dapat mengubah dan menyesuaikan material logam yang digunakan sesuai pemahaman. Efek fotolistrik sangat dipengaruhi oleh jenis logam yang digunakan sebagai katoda. Logam dipilih karena memiliki elektron bebas yang mudah lepas jika terkena cahaya, serta memiliki daya hantar listrik yang tinggi sehingga memungkinkan arus listrik mengalir. Semua logam memiliki fungsi kerja yang berbeda, atau energi minimum yang diperlukan untuk melepaskan elektron. Logam dengan fungsi kerja rendah cenderung memancarkan elektron dan sering digunakan untuk mempelajari efek fotolistrik.

Dari alat dan bahan hingga ke simulasi, PhET memiliki ciri simplifikasi. Simplifikasi yang dimaksud adalah visualisasi yang alih-alih disamakan dengan fenomena asli, visualisasi dibuat berbeda dengan lebih sederhana. Seperti yang terlihat pada gambar, alat dan bahan dari percobaan sama sekali berbeda dengan alat dan bahan sungguhan. Foton dan elektron pun disimulasikan dengan bentuk partikel agar dapat terlihat oleh pengguna. Lebih jauh lagi, PhET membuat satu foton agar hanya dapat melempar satu elektron. Pada lab efek fotolistrik PhET juga terdapat tiga buah grafik hasil percobaan. Tiga buah grafik tersebut adalah: arus terhadap tegangan, arus terhadap intensitas, dan energi kinetik maksimal elektron dan frekuensi cahaya. Pada simulasi PhET, ditemukan sebuah error di mana arus bacaan sudah menunjukkan angka 'nol', namun masih ada elektron yang 'menyeberangi' elektroda. Seharusnya, ketika elektron masih ada yang menyeberangi elektroda, maka ammeter tidak menunjukkan nilai 'nol'.

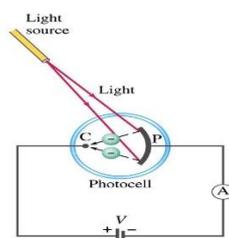
Efek Fotolistrik

Pada tahun 1886 dan 1887, Heinrich Hertz (1857-1894) melakukan percobaan yang mengkonfirmasi teori klasik Maxwell tentang gelombang elektromagnetik. Pada percobaan tersebut, Hertz menemukan sebuah efek yang nantinya akan digunakan oleh Einstein untuk mengenalkan teori kuantum dari gelombang elektromagnetik. Hertz membuat percikan antara dua buah pelat metal yang dialiri tegangan besar. Heinrich Hertz menyadari bahwa ketika pelat disinari cahaya UV, percikannya semakin besar. Ia telah menemukan efek fotolistrik dimana

ketika pelat metal disinari gelombang elektromagnetik, maka akan menyebabkan elektron ‘terlempar’ dari pelat metal tersebut. Percobaan lanjutan dilakukan oleh Philipp von Lenard (1862-1947). Percobaannya menunjukkan hasil yang mengejutkan terhadap teori fisika klasik. (Giambattista et al., 2008).

Namun, penjelasan terhadap efek fotolistrik pertama kali baru disajikan dengan dengan tepat oleh Einstein pada 1905, tahun yang sama dimana Ia menerbitkan karyanya tentang teori relativitas. Kendati demikian, pada tahun itu, data yang tersedia belum dapat membuktikan apakah prediksi Einstein benar atau tidak. Bahkan Planck, yang angkanya menjadi konstanta pada persamaan yang berada dalam prediksi Einstein, masih skeptis terhadap prediksi yang Einstein ajukan. Milikan, di Universitas Chicago berusaha untuk membuktikan bahwa prediksi Einstein salah dengan melakukan percobaan yang selesai pada 1916. Ternyata, data yang dihasilkan tersebut malah mendukung bahwa prediksi Einstein benar. Teori Einstein pun berhasil diterima pada 1916 (Thornton & Rex, 2013).

Sebagai bagian dari paper general tentang radiasi elektromagnetik, Einstein akhirnya menerima hadiah nobel pada tahun 1921, Einstein berhasil melanjutkan konsep kuantisasi gelombang elektromagnetik milik Planck. Einstein mengasumsikan frekuensi cahaya (dan berbagai jenis gelombang elektromagnetik lainnya) sebagai aliran kuantum. Sekarang kita menyebutnya foton. Setiap foton memiliki energi yang dirumuskan dalam $E = hf$ dan semuanya bergerak dalam ruang vakum dengan kecepatan c (Serway & Jewett, 2014).



Gambar 1. Ilustrasi percobaan efek fotolistrik

Sehingga cahaya disinarkan kepada permukaan logam, elektron ditemukan terlempar dari permukaan logam tersebut. Fenomena ini dinamakan efek fotolistrik dan ini dapat terjadi pada berbagai materi tapi paling umum ditemui pada logam. Sebuah pelat logam P dan elektroda yang lebih kecil diletakkan di dalam sebuah tabung yang disebut fotosel. Kedua elektroda tersebut dihubungkan dengan ammeter dan emf. Ketika fotosel berada dalam lingkungan gelap, maka tidak ada arus yang mengalir. Namun, ketika fotosel disinari oleh cahaya dengan frekuensi yang cukup tinggi, arus akan mengalir sehingga ammeter akan membacanya. Sehingga dapat menjelaskan hal tersebut dengan membayangkan elektron yang terlempar dari pelat logam ke pengumpul C seperti pada gambar 1.

Fenomena elektron yang terlempar ini sebenarnya konsisten dengan teori cahaya sebagai gelombang elektromagnetik, medan listrik dari gelombang elektromagnetik akan mendesak sebagai gaya pada elektron pada logam yang akhirnya melempar elektron-elektron tersebut. Einstein menunjukkan bahwa, meskipun demikian, teori cahaya sebagai gelombang dan cahaya sebagai partikel memberikan prediksi yang berbeda terhadap detail dari fenomena tersebut (Giancoli, 2014).

Einstein tertarik dengan gagasan Planck bahwa gelombang elektromagnetik diserap dan dipancarkan dalam bentuk yang terkuantisasi. Einstein membawa gagasan tersebut selangkah lebih jauh dan menyatakan bahwa radiasi dari gelombang elektromagnetik itu sendiri terkuantisasi dan bahwa “energi dari sinar yang menyebar dari sebuah sumber tidak terdistribusi secara kontinu melainkan dalam bentuk energi kuantum yang terbatas yang terlokalisasi di sebuah tempat yang bergerak tanpa terbagi dan hanya dapat terserap dan terlepas secara keseluruhan”, Kita menyebut kuantum energi tersebut dengan foton. Menurut Einstein, setiap foton punya energi kuantum (Thornton & Rex, 2013).

$$E = hf$$

Dimana f adalah frekuensi dari cahaya dan h adalah konstanta Planck. Foton melaju dengan kecepatan cahaya pada ruang vakum, dan diasosiasikan dengan panjang gelombangnya, maka

$$\lambda f = c$$

Einstein merangkum hasil dari efek fotolistrik dalam sebuah persamaan:

$$hf = K_{\max} + \Phi$$

Ini merupakan pernyataan dari hukum konservasi energi sebuah foton yang terserap oleh target dengan fungsi kerja Φ . Energi yang sama dengan foton hf ditransfer kepada sebuah elektron pada zat dalam target tersebut. Jika elektron terlempar dari target, energi yang ditransfer setidaknya memiliki besar energi setara dengan Φ . Sisa energi ($\Phi - hf$) yang elektron terima dari foton akan berubah menjadi energi kinetik EK elektron tersebut. Pada keadaan yang paling baik, elektron dapat terlepas dari permukaan target tanpa kehilangan energi kinetik di prosesnya; akhirnya elektron tersebut muncul dengan kemungkinan maksimal energi kinetik K_{\max} (Halliday et al., 2018).

Energi kinetik maksimal elektron dapat diukur dengan menghadapkan elektron yang keluar dengan kutub yang negatif. Hal tersebut dapat dilakukan dengan membalik kutub potensial dari baterai. Dengan demikian elektron yang keluar dari pelat logam akan mengalami perlambatan seiring dengan ditingkatkannya tegangan yang telah berada dalam keadaan terbalik tersebut. Ketika tegangan mencapai nilai tertentu sehingga bahkan elektron dengan energi kinetik terbesar tidak sanggup untuk mencapai kutub seberang, maka bacaan arus di rangkaian akan menunjukkan nol. Nilai tegangan tersebut dikatakan sebagai tegangan penghenti V_s . Nilai tegangan penghenti tersebut setara dengan nilai maksimal dari energi kinetik elektron yang terlempar.

$$EK_{\max} = eV_s$$

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = eV_s = hf - \Phi$$

Dengan mensubstitusi persamaan tersebut dengan persamaan sebelumnya dan merangkai sedikit akan didapat persamaan berikut:

$$V_{\text{stop}} = \left(\frac{h}{e}\right)f - \frac{\Phi}{e}$$

Dengan percobaan efek fotolistrik, akan diketahui nilai frekuensi dan tegangan penghenti dari sebuah logam dan persamaan tersebut dapat diperoleh nilai konstanta Planck (h) (Halliday et al., 2018). Perhitungan tersebut dilakukan oleh Milikan berdasarkan percobaannya untuk membuktikan bahwa Einstein salah. Namun hasilnya malah membuktikan kebenaran prediksi Einstein. Berdasarkan perhitungan tersebut, Milikan menemukan nilai $h = 4.1 \times 10^{-15} \text{eV}\cdot\text{s}$ yang mana sesuai dengan prediksi Einstein dan konstanta yang ditemukan Planck (Thornton & Rex, 2013).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa pendidikan fisika tentang efek fotolistrik sebelum dan sesudah menggunakan simulasi PhET. Proses penelitian dilakukan secara bertahap, mulai dari wawancara, pemberian pre-test, pelaksanaan simulasi, hingga post-test, dengan rincian sebagai berikut:

1. Waktu dan Lokasi Penelitian

- Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu 23–27 November 2024 di lingkungan akademik mahasiswa pendidikan fisika.
- 23 November 2024: Wawancara dilakukan untuk menggali informasi awal terkait persepsi mahasiswa terhadap konsep efek fotolistrik.
- 24 November 2024: Pre-test diberikan untuk mengetahui pemahaman awal mahasiswa tentang efek fotolistrik sebelum diberikan materi tambahan.
- 26 November 2024: Simulasi interaktif menggunakan PhET dilaksanakan. Dalam simulasi ini, mahasiswa diminta mengeksplorasi konsep-konsep penting dalam efek fotolistrik, seperti pengaruh intensitas cahaya, frekuensi cahaya, dan energi kinetik elektron.
- 27 November 2024: Post-test dilakukan untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman mahasiswa setelah menggunakan simulasi.

2. Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan lima mahasiswa pendidikan fisika sebagai responden:

- Dua orang mahasiswa angkatan 2021 (stambuk 2021)

- b. Tiga orang mahasiswa angkatan 2020 (stambuk 2020)
Pemilihan subjek didasarkan pada ketersediaan dan kesediaan partisipasi mereka dalam penelitian ini.

3. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Formulir wawancara: Untuk menggali informasi awal terkait pemahaman mahasiswa terhadap efek fotolistrik.
- Tes tertulis (pre-test dan post-test): Berisi pertanyaan pilihan ganda dan uraian yang dirancang untuk mengukur tingkat pemahaman mahasiswa.
- Simulasi interaktif PhET: Sebagai media pembelajaran untuk membantu mahasiswa memahami konsep-konsep efek fotolistrik secara visual dan praktis.

4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Wawancara awal: Responden diberikan pertanyaan terbuka untuk mengetahui tingkat pemahaman dan kesulitan yang dihadapi terkait efek fotolistrik.
- Pre-test: Responden menjawab soal terkait efek fotolistrik untuk mengetahui tingkat pemahaman awal sebelum simulasi.
- Pelaksanaan simulasi: Mahasiswa diberikan video tutorial dan diminta untuk mengeksplorasi simulasi PhET, dengan fokus pada pengaturan variabel seperti intensitas cahaya dan frekuensi.
- Post-test: Responden menjawab soal yang sama dengan pre-test untuk mengukur perubahan pemahaman setelah simulasi.

5. Analisis Data

Data yang diperoleh dari pre-test dan post-test dianalisis secara deskriptif untuk melihat perbedaan skor pemahaman sebelum dan sesudah simulasi. Hasil wawancara juga digunakan sebagai pendukung untuk memberikan gambaran kualitatif mengenai pengalaman mahasiswa dalam menggunakan simulasi PhET.

Metode ini diharapkan mampu memberikan gambaran awal mengenai efektivitas simulasi PhET sebagai media pembelajaran inovatif untuk membantu mahasiswa pendidikan fisika memahami efek fotolistrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penggunaan simulasi PhET terhadap pemahaman mengenai efek fotolistrik. Penelitian ini menggunakan 4 metode yaitu, wawancara, pre-test, pelaksanaan simulasi, dan yang terakhir post-test. Sampel penelitian terdiri dari 5 mahasiswa angkatan 20 dan 21 untuk mengetahui pemahaman mereka mengenai efek fotolistrik dan mengembangkan pengaruh penggunaan PhET.

Hasil Wawancara

Berdasarkan wawancara dengan lima mahasiswa, mayoritas peserta kurang pemahaman yang cukup baik mengenai konsep efek fotolistrik. Semua peserta kurang pemahaman mengenai konsep frekuensi cahaya, dan aplikasi nyata dari efek fotolistrik. Meski demikian, tidak ada satu pun yang pernah melakukan eksperimen atau simulasi efek fotolistrik. Beberapa peserta juga menunjukkan pemahaman tentang konsep frekuensi cahaya dalam kaitannya dengan efek fotolistrik, yang menyatakan bahwa frekuensi tinggi memberikan energi lebih besar untuk melepaskan elektron.

Hasil Pre-test

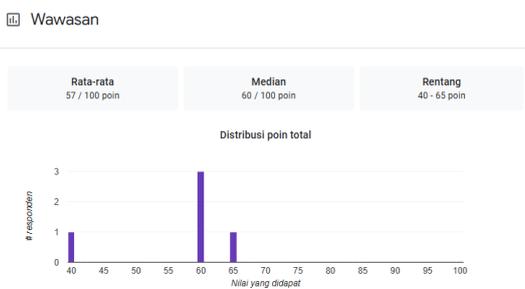
Sebelum dilakukan intervensi berupa pemberian video pembelajaran dan simulasi, kami menyajikan 7 soal untuk mengukur pemahaman awal peserta. Soal tersebut terdiri dari 5 soal pilihan ganda dan 2 soal uraian. Hasil pre-test menunjukkan bahwa nilai rata-rata yang diperoleh adalah 28 dari total 100 poin, dengan nilai median sebesar 30 dan rentang nilai antara 15 hingga 45. Berikut adalah diagram distribusi data untuk menggambarkan pola nilai yang diperoleh.



Gambar 2 : Diagram distribusi data pre-test

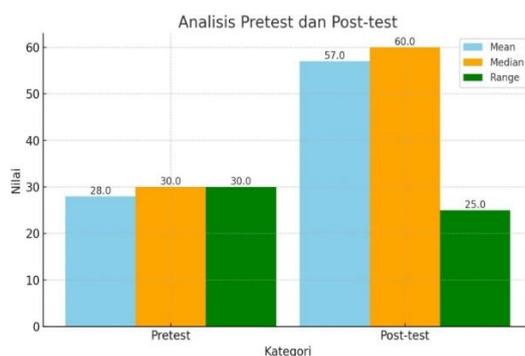
Hasil Post-test

Setelah dilakukan intervensi berupa penyediaan video pembelajaran dan simulasi, peserta melaksanakan post-test untuk mengevaluasi hasil belajar. Post-test terdiri dari 7 soal yang sama dengan pre-test, yaitu 5 soal pilihan ganda dan 2 soal uraian. Dari hasil post-test, ditemukan rata-rata nilai peserta sebesar 57 dari total 100 poin, dengan median 60 dan rentang nilai antara 40 hingga 65. Berikut adalah diagram distribusi data untuk menggambarkan pola nilai yang diperoleh.



Gambar 3 : Diagram distribusi data post-test

Berikut disajikan data hasil perbedaan pre-test dan post-test :



Pembahasan

Hasil wawancara menunjukkan bahwa meskipun mahasiswa kurang pemahaman dasar mengenai konsep efek fotolistrik, mereka belum memiliki pengalaman praktis dalam menerapkan konsep tersebut melalui eksperimen atau simulasi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun materi teori sudah dipelajari, pengalaman langsung yang mendalam, seperti simulasi atau percakapan eksperimen, sangat penting untuk memperdalam pemahaman mereka. Kedepan, memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk berpartisipasi dalam simulasi, seperti simulasi efek fotolistrik Phet Colorado, dapat meningkatkan pemahaman mereka secara lebih praktis.

Hasil Pre-test

Sebelum diberikan intervensi berupa video pembelajaran dan simulasi, peserta diberikan 7 soal yang terdiri dari 5 soal pilihan ganda dan 2 soal uraian. Berdasarkan hasil pre-test, nilai

rata-rata peserta sebesar 28 dari total 100 poin, dengan median 30. Rentang nilai menunjukkan perbedaan cukup besar, yaitu antara nilai terendah 15 dan nilai tertinggi 45. Mengindikasikan adanya variasi yang cukup rendah pada hasil peserta. Hal ini mencerminkan bahwa pemahaman awal peserta terhadap materi masih beragam, dengan sebagian besar peserta mendapatkan nilai di bawah target yang diharapkan.

Hasil Post-test

Setelah diberikan intervensi berupa video pembelajaran dan simulasi, peserta kembali mengerjakan 7 soal yang sama. Hasil post-test menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Nilai rata-rata meningkat menjadi 57, dengan median 60. Rentang nilai menjadi lebih kecil, yaitu antara nilai terendah 45 dan nilai tertinggi 65, yang menunjukkan bahwa hasil peserta lebih merata dibandingkan pre-test, yang mengindikasikan bahwa peserta memiliki pemahaman yang lebih seragam setelah diberikan intervensi. Peningkatan ini menunjukkan efektivitas intervensi dalam membantu peserta memahami materi dengan lebih baik.

Dari membandingkan hasil pre-test dan post-test, terlihat adanya peningkatan yang jelas pada rata-rata, median, dan rentang nilai. Rata-rata nilai peserta meningkat dari 28 menjadi 57, sementara rentang nilai mengecil. Hal ini menunjukkan bahwa setelah diberikan perlakuan, pemahaman peserta menjadi lebih baik dan lebih merata.

Hasil uji simulasi PhET menunjukkan pemahaman yang menambah dari responden. Walaupun secara statistik hasil ini tidak sepenuhnya signifikan, nilai yang hampir mencapai batas ini memberikan indikasi kuat bahwa intervensi memiliki pengaruh positif terhadap hasil belajar peserta. Dengan demikian, perlakuan berupa video pembelajaran dan simulasi dapat dianggap sebagai metode yang efektif untuk meningkatkan pemahaman peserta terhadap materi yang diberikan.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulasi PhET dan video pembelajaran memiliki pengaruh positif terhadap pemahaman mahasiswa tentang efek fotolistrik. Hasil wawancara mengungkapkan bahwa mahasiswa memiliki pemahaman dasar yang kurang, terutama terkait konsep frekuensi cahaya dan aplikasinya. Setelah diberikan intervensi, terdapat peningkatan signifikan pada hasil post-test dibandingkan pre-test, dengan rata-rata nilai meningkat dari 28 menjadi 57 dan rentang nilai menjadi lebih sempit, mencerminkan pemahaman yang lebih merata.

Meskipun hasil statistik tidak sepenuhnya signifikan, peningkatan yang terlihat mendukung efektivitas metode ini dalam memperbaiki pemahaman peserta. Dengan demikian, simulasi PhET dapat dianggap sebagai alat pembelajaran yang bermanfaat untuk memperdalam pemahaman konsep fisika melalui pengalaman belajar yang praktis dan interaktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Y., Susanti, R., & Ermayanti. (2019). Analyzing scientific argumentation skills of biology education students in General Biology Courses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1166, 012001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1166/1/012001>
- Anwar, K., Isnaini, M., & Utami, L. S. (2018). Eksperimen efek foto listrik berbasis simulasi PhET. *Paedagogia: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Kependidikan*, 4(2), 9-15.
- Asyhari, A., Irwandani, I., & Saputra, H. C. (2016). Lembar Kerja instruksi Konseptual Berbasis Phet: Mengembangkan bahan ajar untuk mengkonstruksi KONSEP Siswa Pada Efek Fotolistrik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 5(2), 193–204. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i2.119>
- Cahyaningrum, R. (2019). Lawson Instrument: Analyzing Student's scientific reasoning skill in junior high school. *Proceedings of the 6th International Conference on Community Development (ICCD 2019)*. <https://doi.org/10.2991/iccd-19.2019.116>
- Cheong, Y. W., & Song, J. (2024). University Students' understanding of the behavior of light and their reasoning to the particle-like nature of light in the photoelectric effect. *New Physics: Sae Mulli*, 74(3), 326–336. <https://doi.org/10.3938/npsm.74.326>
- 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>
- Habibulloh, M., Jatmiko, B., & Widodo, W. (2017). Pengembangan Perangkat pembelajaran model guided discovery berbasis lab virtual Untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa SMK Topik Efek Fotolistrik. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Aplikasinya (JPFA)*, 7(1), 27. <https://doi.org/10.26740/jpfa.v7n1.p27-43>
- Mandagi, A. F., Iswanto, B. H., & Sugihartono, I. (2021). Virtual microscopic simulation (VMS) for physics learning of the photoelectric effect in high school. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012013>
- McKagan, S. B., Perkins, K. K., Dubson, M., Malley, C., Reid, S., LeMaster, R., & Wieman, C. E. (2008). Developing and researching Phet simulations for teaching quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 76(4), 406–417. <https://doi.org/10.1119/1.2885199>
- Putri, M. D., & Rusdiana, D. (2017). Identifying students' scientific argumentation skill at junior high school 1 ARGAMAKMUR, North Bengkulu. *IJAEDU- International E-Journal of Advances in Education*, 556–572. <https://doi.org/10.18768/ijaedu.370424>
- Saregar, A. (2016). Pembelajaran Pengantar Fisika Kuantum Dengan memanfaatkan media Phet Simulation Dan LKM Melalui Pendekatan Saintifik: Dampak Pada Minat dan penguasaan Konsep Mahasiswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 5(1), 53–60. <https://doi.org/10.24042/jpifalbiruni.v5i1.105>
- Sokolowski, A. (2012). Teaching the photoelectric effect inductively. *Physics Education*, 48(1), 35–41. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/48/1/35>
- Supurwoko, S., Cari, C., Sarwanto, S., Sukarmin, S., Budiharti, R., & Dewi, T. S. (2017a). Virtual lab experiment: Physics educational technology (phet) photo electric effect for senior high school. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 2(1), 381. <https://doi.org/10.20961/ijscs.v2i1.16750>
- Supurwoko, S., Cari, C., Sarwanto, S., Sukarmin, S., Budiharti, R., & Dewi, T. S. (2017b). Virtual lab experiment: Physics educational technology (phet)photo electric effect for senior high school. *International Journal of Science and Applied Science: Conference Series*, 2(1), 381. <https://doi.org/10.20961/ijscs.v2i1.16750>
- Tarng, W., Lee, C., Lin, C., & Chen, W. (2018). Applications of virtual reality in learning the photoelectric effect of liquid crystal display. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(6), 1956–1967. <https://doi.org/10.1002/cae.21957>