

Analisis Perbedaan Tingkat Representasi pada Topik Interferensi dengan Berbantuan Virtual Lab Phet dalam Uji Pola Gelap Terang

Myfa Nazwa¹, Nurul Hasanah², Rifa Ardhana Gunawan³

Universitas Negeri Medan, Indonesia

myfanazwa5@gmail.com¹, nurulhasanahh@mhs.unimed.ac.id²,

Rifaardhanagunawan04@gmail.com³

Submitted: 08th Nov 2024 | **Edited:** 25th Dec 2024 | **Issued:** 01st Jan 2025

Cited on: Nazwa, M., Hasanah, N., & Gunawan, R. A. (2025). Analisis Perbedaan Tingkat Representasi pada Topik Interferensi dengan Berbantuan Virtual Lab Phet dalam Uji Pola Gelap Terang. *AKADEMIK: Jurnal Mahasiswa Humanis*, 5(1), 218-228.

ABSTRACT

This research aims to deepen students' understanding of the concept of light interference by using the PhET Virtual Lab simulation as an interactive learning medium. The research subjects consisted of five students from the physics education study program who were chosen deliberately. The research method used is a descriptive experimental design, which involves stages of simulation, measurement, calculation validation, and concept understanding tests. The results showed a clear relationship between the distance between the gaps and the light pattern on the screen, which is in accordance with the theory of light interference. The PhET simulation was proven to be able to increase students' comprehension scores, which were initially only 40% on the pre-test, to 81.6% on the post-test. The visualization provided by simulations helps students to better understand the relationship between theory and phenomena in more depth. This simulation also allows students to practice concepts through various representations, such as verbal, graphic and mathematical. This research recommends the use of the PhET Virtual Lab simulation as an effective learning medium to increase understanding of physics concepts, especially regarding light interference.

Keywords: Interference, Virtual PhET Lab, Light Dark Patterns, Understanding Concepts

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika pada umumnya melibatkan pengamatan, percobaan, atau eksperimen yang berkaitan dengan fenomena alam (González, et al., 2019). Namun, kenyataannya pembelajaran fisika yang banyak diterapkan cenderung membosankan, terutama dengan banyaknya rumus yang harus dihafalkan, dibandingkan dengan pemahaman konsep yang mendalam, terutama di era pembelajaran daring seperti sekarang. Padahal, untuk memahami dan mempelajari fisika, mahasiswa tidak hanya membutuhkan keterampilan dalam representasi matematis, tetapi juga dalam representasi visual dan verbal.

Keterkaitan antar besaran fisika yang ada dalam rumus matematika sederhana kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafis dapat membantu mahasiswa memahami interaksi antar besaran fisika dalam suatu fenomena (Subiyantoro & Ismail, 2017). Salah satu bentuk dari multirepresentasi adalah formulasi matematika yang sederhana (Lahope, et al., 2020). Memahami konsep fisika, khususnya dalam topik optika fisika yang memerlukan pemikiran dan imajinasi lebih, seringkali menjadi tantangan tersendiri bagi mahasiswa. Menguasai konsep fisika dengan baik menunjukkan bahwa mahasiswa benar-benar memahami materi tersebut. Oleh karena itu, penting bagi mahasiswa untuk mempelajari dan mengembangkan keterampilan multirepresentasi.

Keterampilan ini tidak hanya berguna untuk meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga dapat digunakan untuk mengevaluasi proses pembelajaran yang dilakukan oleh guru atau dosen. Dalam banyak pembelajaran, soal-soal yang diberikan kepada mahasiswa cenderung berfokus pada pendekatan matematis, yang bisa membuat mahasiswa lebih terbiasa menghafal persamaan matematika daripada memahami maknanya secara fisik. Hal ini dapat menyulitkan mahasiswa saat menghadapi soal-soal fisika yang menuntut pemahaman konsep-konsep dasar. Yusuf menyatakan bahwa dalam fisika terdapat beberapa tipe representasi, yaitu (a) deskripsi verbal untuk menjelaskan suatu konsep, (b) gambar atau diagram untuk memvisualisasikan konsep yang abstrak, (c) grafik untuk menjelaskan konsep yang panjang secara singkat, dan (d) representasi matematis yang digunakan untuk menyelesaikan persoalan kuantitatif. Namun, model matematis juga memiliki kelemahan. Untuk itu, penting bagi seorang pendidik untuk mempertimbangkan penggunaan multirepresentasi dalam pembelajaran fisika untuk mengatasi kelemahan tersebut.

Kurangnya pemahaman mengenai representasi di tingkat SMA menjadi salah satu faktor yang memperburuk kondisi ini. Hal ini terlihat dari kenyataan bahwa pemahaman konsep dan prinsip yang baik sangat diperlukan agar siswa atau mahasiswa dapat dengan mudah merepresentasikan fenomena fisika yang ada. Siswa yang mampu menggunakan representasi dengan baik cenderung memiliki pemahaman konsep yang lebih baik. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa jika siswa atau mahasiswa dapat merepresentasikan materi pada topik optika fisika dengan baik, pemahaman konsep yang mereka miliki juga akan meningkat dengan lebih baik.

Dalam mempelajari konsep dan memecahkan masalah, diperlukan kemampuan representasi yang baik. Andromeda dalam penelitiannya menyatakan bahwa pemahaman dan penggunaan multirepresentasi dalam memecahkan masalah sangat penting (Pakiding, et al., 2023). Penggunaan multirepresentasi dalam sains yang kompleks dapat membantu mahasiswa dalam menerapkan representasi dengan cara yang efektif. disimpulkan bahwa Berdasarkan penelitian tersebut, dapat kemampuan representasi sangat mempengaruhi pemahaman konsep siswa dan mahasiswa.

Kemampuan merepresentasikan fenomena sangat penting bagi siswa, terutama mahasiswa. Representasi adalah konfigurasi yang digunakan untuk menggambarkan atau mewakili sesuatu dengan cara tertentu (Fasya, et al., 2023). Dalam penelitian ini, indikator kemampuan representasi pada siswa atau mahasiswa adalah kemampuan untuk menggambarkan atau menyimbolkan kembali suatu konsep dengan format atau bahasa yang berbeda, baik secara verbal, gambar, grafik, maupun matematis. Terdapat tiga fungsi utama dari multirepresentasi: pertama, sebagai fungsi pelengkap yang menyajikan informasi tambahan; kedua, sebagai pembatas interpretasi untuk mengurangi kemungkinan kesalahan dalam representasi; dan ketiga, sebagai pembangun pemahaman yang mendorong siswa atau mahasiswa untuk memahami situasi secara lebih mendalam.

Optik fisis mempelajari sifat gelombang cahaya, termasuk fenomena seperti interferensi dan difraksi, yang hanya dapat dijelaskan oleh teori gelombang, bukan partikel (Agustina, et al., 2022). Banyak mahasiswa kesulitan memahami konsep ini, sehingga dibutuhkan representasi yang efektif, salah satunya dengan menggunakan Google Form sebagai instrumen.

PhET Simulation adalah virtual lab yang tepat digunakan dalam pembelajaran ini. PhET menyediakan simulasi interaktif yang mengintegrasikan teknologi komputer dalam eksperimen fisika, mendukung pendekatan konstruktivis, memberikan umpan balik, dan menciptakan ruang belajar yang kreatif (Haryanti, et al., 2024). PhET telah terbukti meningkatkan pengetahuan dan keterampilan siswa (Fithriani, 2016).

Eksperimen interferensi cahaya menarik bagi mahasiswa karena visualisasi pola interferensi. Penelitian sebelumnya telah melibatkan eksperimen interferensi dengan berbagai alat, seperti plat kaca (Tinus, 2024), tabung silindris (Maddox et al., 2016), lensa (Leung dan Lee, 2021), dan cermin mikroskop (Indriani, et al., 2023). Penelitian

lainnya juga membahas eksperimen interferensi dengan debu pada cermin datar (Gonzalez et al., 1999).

Ketika cahaya melewati suatu medium, kecepatannya berubah, yang dapat memberikan informasi tentang objek tersebut, seperti indeks bias dan panjang gelombang. Perubahan ini tercermin dalam pergeseran pola interferensi yang menghasilkan pola terang dan gelap (Ariani, 2015). Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas distribusi intensitas pada difraksi celah tunggal (Datangeji, et al., 2019) dan model integratif difraksi celah lingkaran (Anggur, 2019), serta penggunaan interferensi celah ganda untuk menentukan panjang gelombang (Tsalatsin, 2014).

Banyak penelitian telah dilakukan mengenai interferensi cahaya menggunakan peralatan laboratorium, tetapi belum ada yang menggunakan PhET Simulation Virtual Lab sebagai eksperimen. Penelitian ini bertujuan untuk menguji apakah PhET Simulation Virtual Lab dapat secara valid menunjukkan pengaruh jarak antar celah terhadap jarak pola gelap pada layar dalam interferensi cahaya.

Google Form adalah aplikasi berbasis template formulir yang dapat digunakan secara mandiri atau bersama-sama untuk mengumpulkan informasi (Tinus, 2024). Aplikasi ini terintegrasi dengan Google Drive dan layanan lainnya, seperti Google Sheet dan Google Docs. Google Form sangat berguna dalam pendidikan, misalnya untuk memberi tugas, mengumpulkan data atau pendapat, serta membuat formulir pendaftaran dan kuesioner secara online. Aplikasi ini dipilih karena mudah diakses oleh semua orang.

LANDASAN TEORI

Landasan teori yang mendasari penelitian ini mencakup beberapa konsep inti yang relevan dengan eksperimen dan prosedur yang dilakukan. Teori interferensi cahaya menjelaskan bagaimana dua atau lebih gelombang cahaya berinteraksi, menghasilkan pola terang dan gelap, yang dapat dijelaskan dengan persamaan interferensi Young (Riantoni, et al., 2019). Persamaan ini menghubungkan jarak celah, panjang gelombang cahaya, dan jarak antara pola terang pada layar.

Simulasi PhET berperan penting dalam pembelajaran fisika karena dapat membantu visualisasi fenomena fisika yang sulit diamati secara langsung (Haryanti, et al., 2024). Simulasi ini memungkinkan mahasiswa untuk melihat bagaimana variabel

eksperimen, seperti jarak antar celah, mempengaruhi pola interferensi cahaya. Dalam pembelajaran fisika, representasi konsep mengacu pada cara mahasiswa menggambarkan atau memvisualisasikan fenomena fisika melalui berbagai format, seperti verbal, grafik, atau matematis. Representasi yang efektif dapat memperdalam pemahaman mahasiswa terhadap konsep fisika dan membantu mereka dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan fenomena tersebut (Mashami, et al., 2023).

Metode tes, seperti pre-test dan post-test, sering digunakan dalam penelitian untuk menilai pemahaman mahasiswa terhadap suatu konsep sebelum dan setelah intervensi pembelajaran (Darwis & Hardiansyah, 2023). Dengan membandingkan hasil dari kedua tes tersebut, peneliti dapat mengevaluasi apakah ada peningkatan pemahaman setelah penggunaan simulasi PhET.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen deskriptif dengan lima mahasiswa program studi pendidikan fisika yang dipilih secara purposif sebagai subjek. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah ada perbedaan tingkat representasi mahasiswa pendidikan fisika dalam pembelajaran interferensi cahaya dengan menggunakan simulasi PhET. Pengumpulan data dilakukan dengan metode tes, menggunakan instrumen soal pilihan ganda pada pre-test dan post-test. Tahapan penelitian meliputi: (1) Penggunaan Simulasi PhET: Mahasiswa melakukan simulasi Virtual Lab PhET untuk mengamati pola terang dan gelap pada layar dengan memvariasikan jarak antar celah (slit separation). (2) Pengukuran Data: Jarak antar celah divariasikan pada 1200 nm, 1500 nm, dan 1800 nm, dengan lebar celah tetap 500 nm. Mahasiswa mencatat pola terang dan menganalisisnya. (3) Validasi Perhitungan: Data hasil simulasi dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan persamaan interferensi Young. (4) Tes Pemahaman: Mahasiswa mengerjakan soal untuk mengukur pemahaman konsep sebelum dan setelah simulasi.

HASIL PENELITIAN

Hasil pembelajaran dengan menggunakan simulasi PhET menunjukkan adanya hubungan yang jelas antara jarak antar celah dan pola terang pada layar. Ketika jarak

antar celah diperbesar, pola terang menjadi lebih rapat, yang sesuai dengan teori interferensi cahaya. Validasi perhitungan manual menunjukkan hasil jarak pola terang yang hampir sama dengan hasil simulasi, dengan perbedaan hanya pada pembulatan angka.

Skor pemahaman yang diperoleh dari tes sebelum simulasi adalah rata-rata 40%, sedangkan setelah simulasi, skor meningkat menjadi 81,6%. Ini menunjukkan bahwa penggunaan simulasi Virtual Lab PhET dapat membantu mahasiswa dalam memahami konsep interferensi dengan lebih baik. Para subjek penelitian juga mengungkapkan bahwa simulasi memberikan visualisasi yang memudahkan mereka dalam memahami keterkaitan antara teori dan praktik.

Tabel 1. Hasil Pre Test

No	Nama	Soal					Jumlah	Skor maks	%
		1	2	3	4	5			
1	Agnes Simanjuntak	2	1	1	2	2	8	25	32
2	Muhammad Kurnialah	3	1	2	1	3	10	25	40
3	Adam Ashari	3	2	3	1	2	11	25	44
4	Yasmin	2	1	3	2	2	10	25	40
5	Rani Lingga	2	3	3	2	1	11	25	44
Jumlah		12	8	12	8	10			
Skor maks		25	25	25	25	25			
%		48	32	48	32	40			
% Rata-rata		40							

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar di atas menunjukkan hasil dokumentasi data dari pre-test mahasiswa terkait pembelajaran interferensi celah ganda. Data dalam tabel mencakup nama mahasiswa, skor untuk setiap soal, total skor yang diperoleh, skor maksimum, serta persentase capaian masing-masing siswa dibandingkan dengan skor maksimal. Rata-rata skor kelompok untuk pre-test ini adalah 40%, yang menunjukkan tingkat penguasaan materi yang rendah. Soal dengan tingkat keberhasilan tertinggi adalah Soal 1 dan Soal 2 (48%), sementara soal dengan tingkat keberhasilan terendah adalah Soal 3 dan Soal 4 (32%). Mahasiswa dengan skor tertinggi adalah Adam Ashari dan Rani Lingga (44%), sedangkan skor terendah diperoleh oleh Agnes Simanjuntak (32%).

Hasil pre-test ini dapat memberikan gambaran awal mengenai kesulitan yang dihadapi mahasiswa dalam mempelajari materi tertentu. Analisis lebih lanjut diperlukan untuk menentukan strategi pembelajaran yang tepat atau untuk memperkuat pemahaman pada soal dengan tingkat kesulitan yang lebih tinggi.

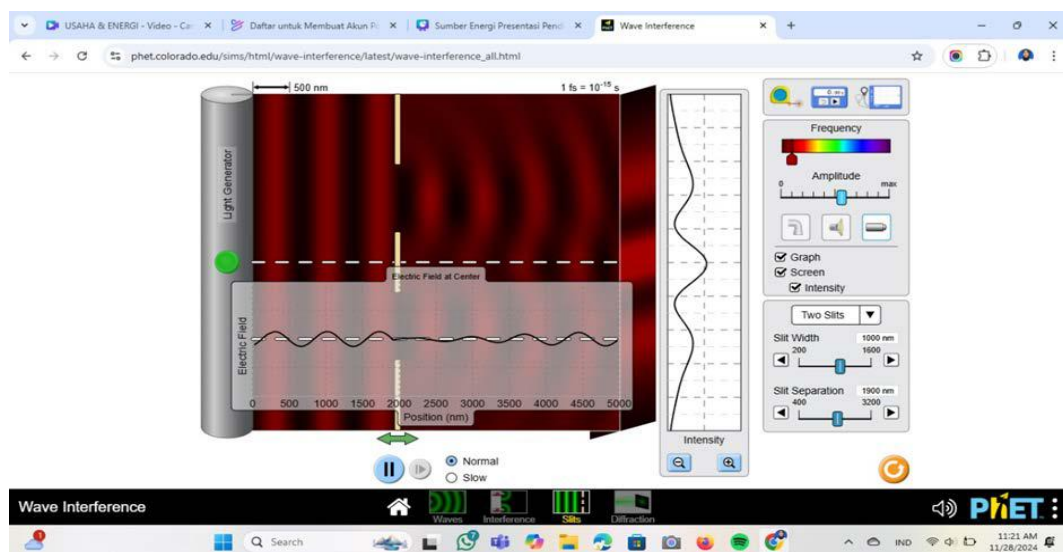
Tabel 2. Hasil Post Test

No	Nama	Soal					Jumlah	Skor maks	%
		1	2	3	4	5			
1	Agnes Simanjuntak	4	4	3	5	4	20	25	80
2	Muhammad Kurnialah	4	5	4	5	3	21	25	84
3	Adam Ashari	4	4	4	4	4	20	25	80
4	Yasmin	4	5	5	4	4	22	25	88
5	Rani Lingga	3	4	4	4	4	19	25	76
Jumlah		19	22	20	22	19			
Skor maks		25	25	25	25	25			
%		76	88	80	88	76			
% Rata-rata		81,6							

Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar di atas menunjukkan tabel hasil post-test dari lima siswa setelah proses pembelajaran. Tabel ini memuat skor individu setiap siswa pada lima soal, total skor, persentase nilai per siswa, serta rata-rata persentase keberhasilan keseluruhan mahasiswa. Soal 2 dan 4 memiliki tingkat keberhasilan tertinggi, yaitu 88%, yang menunjukkan bahwa soal-soal ini lebih mudah dipahami oleh siswa. Sebaliknya, soal 1 dan 5 memiliki tingkat keberhasilan terendah, yaitu 76%, yang menunjukkan adanya kesulitan bagi beberapa siswa.

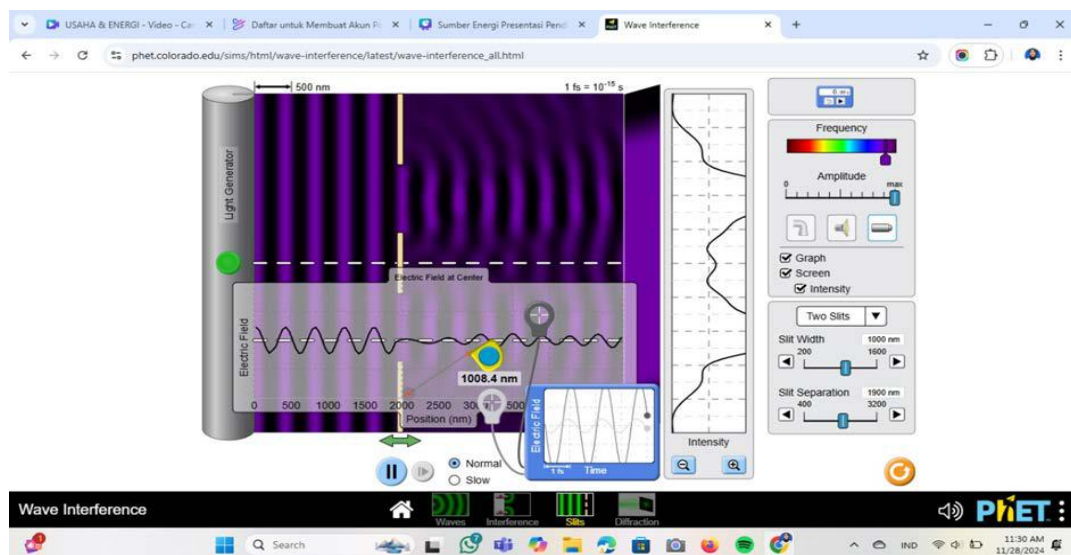
Pada pre-test, rata-rata persentase keberhasilan siswa adalah 40%, sementara pada post-test meningkat menjadi 81,6%. Peningkatan ini mencerminkan adanya kemajuan yang signifikan dalam pemahaman siswa setelah menerima pembelajaran atau intervensi. Peningkatan nilai rata-rata dari pre-test ke post-test menunjukkan bahwa pembelajaran yang diterapkan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Soal 1 dan 5 memerlukan evaluasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi kendala yang dihadapi siswa.



Gambar 1. Percobaan Celah Ganda dengan panjang gelombang 500 nm
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar ini menunjukkan tangkapan layar dari simulasi PhET yang menggambarkan percobaan celah ganda, sebuah konsep dasar dalam fisika gelombang. Simulasi ini memberikan visualisasi interferensi gelombang, di mana sumber cahaya (ditandai sebagai "Light Generator") memancarkan gelombang dengan panjang gelombang yang dapat diatur (terlihat sebagai 500 nm pada gambar). Gelombang tersebut melewati dua celah paralel, menghasilkan difraksi dan interferensi. Pengguna dapat mengubah lebar celah dan jarak antar celah menggunakan kontrol yang tersedia.

Pada layar, terlihat pola interferensi yang terbentuk, dengan pita terang dan gelap yang bergantian (area interferensi konstruktif dan destruktif). Intensitas warna menunjukkan amplitudo gelombang. Di bawah layar, grafik menggambarkan kekuatan medan listrik gelombang berdasarkan posisi, mencerminkan sifat sinusoidal dari gelombang tersebut. Grafik di sisi kanan menunjukkan intensitas cahaya di berbagai posisi pada layar, yang terkait langsung dengan kecerahan pola interferensi. Panel kontrol memungkinkan pengguna untuk mengubah panjang gelombang, lebar celah, jarak antar celah, serta memilih elemen yang ingin ditampilkan (grafik, layar, intensitas). Simulasi ini memberikan pengalaman interaktif untuk memahami bagaimana perubahan panjang gelombang dan parameter celah mempengaruhi pola interferensi, serta memperkuat prinsip superposisi gelombang dan difraksi.



Gambar 2. Eksperimen Celah Ganda dengan panjang gelombang 1008,4 nm
Sumber : Hasil Penelitian, 2024

Gambar ini menunjukkan simulasi interaktif PhET "Interferensi Gelombang," yang memodelkan eksperimen celah ganda dan mendemonstrasikan pola interferensi

gelombang. Fitur utama dari simulasi ini mencakup sumber cahaya yang memancarkan gelombang dengan panjang gelombang tertentu (500 nm dalam gambar). Cahaya tersebut melewati celah, menciptakan pola interferensi. Lebar dan jarak celah dapat disesuaikan. Layar menampilkan pola interferensi yang terdiri dari pita terang dan gelap (interferensi konstruktif dan destruktif). Grafik yang ada menunjukkan kekuatan medan listrik sebagai fungsi posisi dan waktu, menggambarkan sifat gelombang cahaya.

Grafik lain menampilkan intensitas cahaya pada berbagai titik di layar, yang mencerminkan kecerahan pola interferensi. Panel kontrol memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan parameter seperti panjang gelombang, lebar celah, dan jarak antar celah, serta memilih tampilan grafik, layar, atau intensitas. Simulasi ini memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi secara interaktif hubungan antara panjang gelombang, jarak celah, dan pola interferensi yang dihasilkan, memberikan pemahaman visual tentang fenomena interferensi gelombang. Panjang gelombang spesifik yang ditunjukkan dalam grafik medan listrik adalah 1008,4 nm.

Simulasi PhET menunjukkan bahwa peningkatan jarak antar celah mengakibatkan pola terang pada layar menjadi lebih rapat, sesuai dengan teori interferensi cahaya. Penggunaan simulasi Virtual Lab PhET memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan visual, memungkinkan mahasiswa untuk memahami hubungan antara teori dan praktik. Hal ini mendukung pemahaman konsep multirepresentasi melalui berbagai pendekatan, seperti deskripsi dan penjelasan untuk memahami fenomena, melihat pola interferensi, serta menganalisis hubungan antar variabel. Penggunaan persamaan interferensi untuk memvalidasi hasil simulasi juga meningkatkan pemahaman.

Keberhasilan simulasi PhET dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa menekankan pentingnya teknologi dalam pembelajaran fisika. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa simulasi interaktif dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan representasi mahasiswa. Simulasi ini juga memberikan umpan balik langsung, yang memotivasi mahasiswa untuk lebih aktif terlibat dalam pembelajaran. Penelitian ini menegaskan bahwa simulasi PhET adalah alternatif efektif untuk membantu mahasiswa mengatasi kesulitan dalam memahami konsep fisika yang abstrak, seperti interferensi cahaya, serta meningkatkan keterampilan multirepresentasi mereka, yang penting dalam memecahkan masalah fisika.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan simulasi Virtual Lab PhET secara efektif dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep interferensi cahaya. Hasil dari pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan yang signifikan, dari 40% menjadi 81,6%, yang menandakan bahwa simulasi ini membantu mahasiswa memahami konsep interferensi cahaya dengan lebih baik melalui pendekatan multirepresentasi, yang meliputi verbal, grafis, dan matematis. Visualisasi pola interferensi yang ditampilkan dalam simulasi memudahkan mahasiswa untuk mengaitkan teori dengan fenomena yang terjadi di dunia nyata. Selain itu, validasi hasil simulasi melalui perhitungan manual memperkuat pemahaman mahasiswa terhadap konsep yang dipelajari.

Penelitian serupa dapat dilakukan pada topik fisika lainnya yang lebih kompleks, seperti difraksi atau optik geometri, untuk menguji efektivitas simulasi PhET pada berbagai materi. Penelitian lanjutan juga bisa melibatkan jumlah sampel yang lebih besar agar hasilnya lebih dapat digeneralisasi. Disarankan untuk menggunakan media simulasi interaktif seperti PhET sebagai alat belajar mandiri dalam memahami konsep-konsep fisika yang sulit. Penggunaan media ini dapat memperdalam pemahaman konsep dan meningkatkan keterampilan representasi. Pengembang simulasi sebaiknya terus meningkatkan fitur interaktif dan fleksibilitas pengaturan parameter untuk mendukung proses pembelajaran yang lebih mendalam dan komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R. D., Andhika, S., Cesariyanti, Y., Putra, R. P., Putri, A., & Dermawan, M. D. S. (2022). Penggunaan PhET virtual lab dalam uji jarak pola gelap terang pada interferensi. *WaPFi (Wahana Pendidikan Fisika)*, 7(2), 161-168.
- Anggur, B. (2019). Ambiguity in writing story text of experience of Grade IV students of the Champion School Denpasar-Bali. *Retorika J. Ilmu Bhs*, 5, 68-71.
- Ariani, D. W. (2015). Relationship with supervisor and co-workers, psychological condition and employee engagement in the workplace. *Journal of Business and Management*, 4(3), 34-47.
- Darwis, R., & Hardiansyah, M. R. (2023). The Effect of PhET Virtual Laboratory Implementation on Students' Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(4), 1922-1928.
- Datangeji, R. U., Warsito, A., Sutaji, H. I., & Laponi, L. A. (2019). Kajian Distribusi Intensitas Cahaya Pada Fenomena Difraksi Celah Tunggal Dengan Metode Bagi Dua Dan Metode Newton Raphson. *Jurnal Fisika: Fisika Sains dan Aplikasinya*, 4(2), 56-69.

- Fasya, N. K., Sjaifuddin, S., & Kurniasih, S. (2023). Pengembangan Website Pembelajaran Berbasis Literasi Sains pada Topik Global Warming Siswa Kelas VII SMP. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 13(2), 367-374.
- Fithriani, S. L., Halim, A., & Khaldun, I. (2016). Penggunaan media simulasi PhET dengan pendekatan inkuiri terbimbing untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa pada pokok bahasan kalor di SMA Negeri 12 Banda Aceh. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 4(2), 45-52.
- González, J., Bravo, A., & Juárez, K. (2019). Interference of laser light scattered from a "dusty" plane mirror. *American Journal of Physics*, 67(9), 839-840.
- Haryanti, S. S., Herlina, K., Abdurrahman, A., Festiana, I., & Azizah, M. (2024). Efektivitas Program Pembelajaran Menggunakan Model Pembelajaran ExPRession untuk Meningkatkan Systems Thinking Skills Siswa. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 16(2), 110-123.
- Indriani, A. T., Yuniar, Y., & Pratiwi, R. Y. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) Berbasis Multipel Representasi pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 153-170.
- Lahope, K. S., Tulandi, D. A., & Mongan, S. W. (2020). Studi kompetensi multirepresentasi mahasiswa pada topik interferensi dan difraksi. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 1(3), 90-94.
- Leung, A. F., & Lee, J. E. (2021). Newton's rings: A classroom demonstration with a He-Ne laser. *American Journal of Physics*, 59(7), 662-664.
- Maddox, W. C., Koehn, B. W., Stout, F. H., Ball, D. A., & Chaplin, R. L. (2016). Interference pattern of a cylindrical glass tube. *American Journal of Physics*, 44(4), 387-388.
- Mashami, R. A., Kurniasih, Y., & Khery, Y. (2023). Use of PhET Simulations as A Virtual Laboratory to Improve Students' Problem Solving Skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(12), 11455-11465.
- Pakiding, A. Y., Marianus, M., & Tumangkeng, J. V. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Booklet Berbasis Representasi pada Topik Dualisme Gelombang Partikel. *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, 4(1), 43-49.
- 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.
- Subiyantoro, S., & Ismail, I. (2017). Dampak Learning Management System (Lms) Padaperforma Akademik Mahasiswa Di Perguruan Tinggi. *Edudikara: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 2(4), 307-314.
- Tinus, H. (2024). Pengembangan E-Penuntun Praktikum Fisika Modern Pada materi Difraksi Iris Melingkar Untuk Menghitung Panjang Gelombang Laser He-Ne Menggunakan Aplikasi Flip PDF Professional. *ORBITA jurnal pendidikan dan ilmu fisika*, 10(1).
- Tsalatsin, M. N. (2014). Penentuan Panjang Gelombang Sinar Menggunakan Interferensi Celah Ganda Sederhana. *Jurnal Fisika*, 4(2).