

Gustanta¹
Nabilla Puspa Sari²
Vincen Ision Sinaga³
Zahara Putri Rahadis⁴

OPTIMALISASI PEMAHAMAN KONSEP SUPERPOSISI GELOMBANG CELAH GANDA DENGAN SIMULASI INTERAKTIF PHET

Abstrak

Mata kuliah fisika kuantum pada materi super posisi gelombang pada celah ganda merupakan materi pada mata kuliah fisika kuantum dalam program gelar pendidikan fisika yang sering dianggap sulit oleh mahasiswa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sejauh mana penggunaan simulasi PhET interaktif meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep superposisi gelombang dalam eksperimen celah ganda. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif berdasarkan data dari studi lapangan yang dilakukan di salah satu universitas di Medan. Subjek dari penelitian ini yaitu mahasiswa semester 7, dengan jumlah sampel sebanyak 5 mahasiswa. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu Instrument test. Survei ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kesulitan yang dialami mahasiswa terhadap materi ajar Superposisi gelombang pada celah ganda dan alasannya. Berdasarkan hasil pre-tes dan pos-tes, penggunaan Phet dalam pembelajaran Fisika Kuantum memberikan peningkatan pemahaman pada sebagian besar mahasiswa. Peningkatan ini terlihat dari kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan konsep superposisi dan keterkaitannya dengan eksperimen celah ganda.

Kata Kunci: Pemahaman, Superposisi Gelombang, Celah Ganda, PhET Simulation

Abstract

The quantum physics course on the superposition of waves on a double slit is a material in the quantum physics course in the physics education degree program that is often considered difficult by students. The purpose of this study was to analyze the extent to which the use of interactive PhET simulations improves students' understanding of the concept of wave superposition in double slit experiments. The research method used is a qualitative method based on data from a field study conducted at a university in Medan. The subjects of this study were 7th semester students, with a sample size of 5 students. The data collection technique used was the Instrument test. This survey was conducted to determine how much difficulty students experienced in the teaching material of Wave Superposition on a Double Slit and the reasons for it. Based on the results of the pre-test and post-test, the use of Phet in Quantum Physics learning provided an increase in understanding for most students. This increase can be seen from the students' ability to explain the concept of superposition and its relationship to the double slit experiment.

Keywords: Understanding, Wave Superposition, Double Slit, PhET Simulation.

PENDAHULUAN

Peningkatan pesat teknologi dalam Era Society 5.0 telah menghadirkan tantangan baru dalam bidang pendidikan. Mahasiswa tidak hanya dituntut untuk mengatasi masalah dengan menggunakan informasi yang tersedia, tetapi juga diharapkan dapat mengembangkan keterampilan seperti kemampuan berpikir kreatif dalam pemecahan masalah, kemampuan berpikir analitis, kerja sama tim, dan komunikasi yang efektif (Nurhuda & Irvani, 2021). Selain itu, integrasi teknologi dalam pembelajaran juga menjadi fokus utama untuk mempersiapkan

^{1,2,3,4,5}Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

email: gustanta9b2003@gmail.com nabillapuspasari@gmail.com Vincenisionsinaga09@gmail.com zaharaputrirahadis@mhs.unimed.ac.id

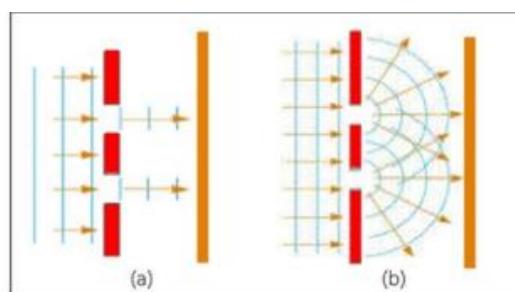
peserta didik agar dapat bersaing dan beradaptasi di tengah perubahan yang terus menerus (Farid, 2023).

Perkembangan ilmu pengetahuan saat ini sangat pesat tidak terlepas dari perkembangan teknologi (Doyan & Susilawati, 2020). Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran seperti internet sangat membantu peserta didik dalam mengkaji materi pembelajaran termasuk dalam pembelajaran fisika kuantum. Meskipun semua ilmu pengetahuan sudah dapat diakses melalui media teknologi dan informatika (Handhika, dkk, 2020), Keberhasilan juga sangat dipengaruhi oleh kemampuan peserta didik untuk mengkritisi suatu fenomena yang dalam pemikiran peserta didik akan timbul berbagai pertanyaan-pertanyaan kritis yang berupaya untuk diselesaikan dengan sendiri dengan memanfaatkan media teknologi dan informatika untuk mencari berbagai referensi yang relevan dengan masalah yang dihadapi sehingga dapat terselesaikan secara efektif (Wibowo, 2020).

Pada mata kuliah fisika kuantum sering kali mahasiswa merasa kesulitan disebabkan materi fisika kuantum bersifat abstrak (Doyan, 2015). Upaya untuk memahami fisika kuantum tidak cukup hanya dengan deskripsi atau penjelasan secara langsung, akan tetapi mahasiswa harus lebih banyak lagi mencari berbagai deskripsi atau ilustrasi dari fisika kuantum sehingga konsep dalam fisika kuantum dapat dilihat secara visual yang membantu mahasiswa untuk memahaminya (Hidayatulloh, dkk. 2018; Rahman, dkk. 2021). Mata kuliah fisika kuantum memiliki tingkat kesulitan yang tinggi. Sehingga untuk menguasainya dibutuhkan lebih banyak usaha. Fisika kuantum adalah bagian dari ilmu sains namun tidak hanya terdiri faktta, konsep, dan teori yang dapat dihafalkan, akan tetapi terdiri atas kegiatan atau proses aktif menggunakan pikiran atau sikap ilmiah dalam mempelajari gejala alam yang belum diterangkan. Sehingga mahasiswa harus di tekankan pada proses pembelajaran supaya proses pembelajaran menjadi lebih bermakna. Penekanan dosen pada proses pembelajaran harus tidak hanya pencapaian tujuan pembelajaran tetapi juga proses kognitif salah satunya adalah kemampuan untuk mengkritisi fenomena dalam fisika kuantum (Dewantara, dkk. 2021).

Untuk dapat mengajarkan konsep yang bersifat abstrak, seorang pengajar harus mampu mengajak siswanya seolah-olah belajar dalam dunia nyata, seperti menerapkan pembelajaran yang berbasis virtual laboratory (Abjdul, 2019). Virtual laboratory merupakan objek multimedia interaktif yang kompleks berbentuk media digital, dengan tujuan pembelajaran implisit atau eksplisit untuk menyediakan ruang pembelajaran dengan berbagai jenis interaksi (asinkron dan sinkron) untuk memotivasi, melibatkan, dan menguji pembelajaran (Budhu, 2002). Virtual laboratory yang cocok digunakan ialah PhET Simulation. PhET merupakan rangkaian simulasi interaktif yang sangat menguntungkan dalam pengintegrasian teknologi komputer ke dalam pembelajaran atau eksperimen. Media ini menekankan hubungan antara fenomena kehidupan nyata dengan ilmu yang mendasari, mendukung pendekatan interaktif dan konstruktivis, memberikan umpan balik, dan menyediakan ruang belajar kreatif (Finkelstein, 2006).

Eksperimen super posisi gelombang pada celah ganda menjadi fokus penelitian karena materi ini memiliki daya tarik tersendiri bagi siswa ataupun mahasiswa karena adanya tampilan visual pola interferensi. Interferensi adalah penggabungan secara superposisi dua gelombang atau lebih yang bertemu dalam satu titik ruang. Syarat terjadinya interferensi cahaya adalah harus koheren antara cahaya satu dengan lainnya, yang mana keadaan sumber cahaya ini memiliki frekuensi, amplitudo, dan beda fase yang tetap (Guswantoro, 2015). Terjadi dan tidak terjadinya interferensi dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Tidak Terjadi Interferensi, (b) Terjadi Interferensi

Apabila cahaya melewati suatu medium maka kecepatannya akan mengalami perubahan. Jika perubahan tersebut diukur, maka dapat diperoleh informasi tentang keadaan objek yang bersangkutan seperti indeks bias, lebar medium dari bahan yang melewatinya, dan panjang gelombang sumbernya. Hal ini berdasarkan pengamatan pergeseran pola interferensi yang diamati. Interferensi yang terjadi dapat berupa interferensi konstruktif dan interferensi destruktif. Selanjutnya, hasil interferensi tersebut akan menghasilkan pola terang dan pola gelap pada layar (Ariani, 2015).

Pada kenyataannya dilapangan mahasiswa sering kali mengalami kesulitan dalam menguasai konsep-konsep fisika pada mata kuliah fisika kuantum khususnya pada materi superposisi gelombang pada celah ganda dikarenakan keterampilannya yang tidak bisa ditangani oleh pengajaran tradisional. Mahasiswa sering kali mengalami kesulitan dalam penalaran matematis dan visual untuk memecahkan masalah fisika kuantum. Berdasarkan hal tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis sejauh mana penggunaan simulasi PhET interaktif meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep superposisi gelombang dalam eksperimen celah ganda dibandingkan dengan metode pengajaran tradisional.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif. Penelitian kualitatif ini berdasarkan studi lapangan dilakukan di salah satu perguruan tinggi di Universitas Negeri Medan. Studi lapangan (field study) ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif digunakan untuk menyelidiki kualitas hubungan, aktivitas, situasi, dan materi dari suatu subjek atau objek penelitian (Fraenkel, dkk., 2018).

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yakni tahap persiapan, tahap pelaksanaan penelitian, dan tahap analisis hasil penelitian. Tahap persiapan dilakukan berbagai persiapan dalam penelitian mulai dari observasi masalah dalam pembelajaran fisika kuantum, mencari tahu langkah dari penyelesaiannya. Tahap pelaksanaan penelitian ini melibatkan adalah 5 mahasiswa stambuk 2021 Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Medan. Pengambilan data dilakukan melalui angket. Pengisian angket ini dilakukan untuk melihat sejauh mana mahasiswa di perguruan tinggi tersebut mengalami kesulitan pada materi "Superposisi gelombang pada Celah Ganda" dan alasan mengapa mengalami kesulitan pada materi tersebut. Tahap analisis hasil penelitian, dilakukan analisis data dengan menggunakan deskriptif dengan menghubungkan data dengan fakta di lapangan dan menyajikannya dalam bentuk data dan dengan menggunakan simulasi phet sebagai solusi untuk permasalahan pada mahasiswa di perguruan tinggi tersebut.

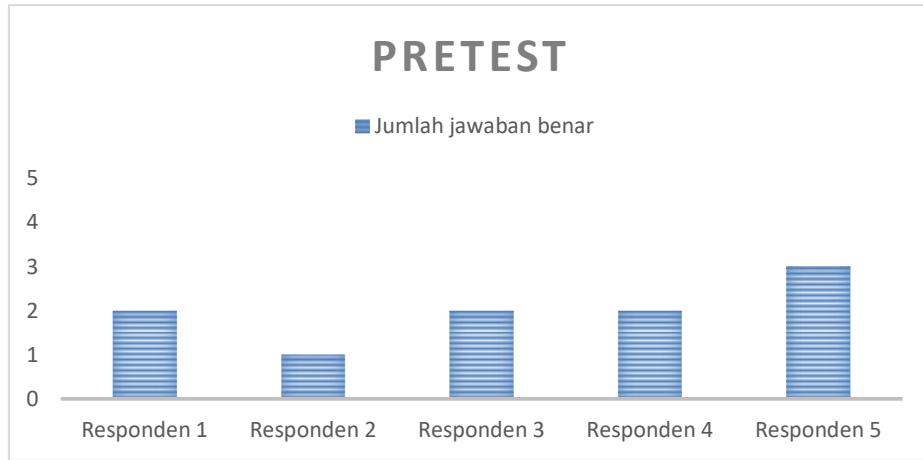
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Intrumen Tes

Tabel 1 . Instrumen Tes

No.	Pertanyaan
1.	Dari Video pembelajaran eksperimen yang telah Abang/kakak pelajari, bagaimana hasil dari kedua eksperimen tersebut?
2.	Eksperimen mana yang menyatakan elektron dalam keadaan superposisi?
3.	Lanjutan pertanyaan 2. Apa yang membuat elektron dalam keadaan tersebut dikatakan superposisi. Coba jelaskan!
4.	Dapatkan anda menyimpulkan materi superposisi gelombang pada celah ganda dari video pembelajaran eksperimen tersebut?
5.	Apakah anda merasa pemahaman anda mengalami peningkatan setelah melakukan pembelajaran dengan video tersebut ? Berikanlah rating 1 sampai dengan 5. Berikanlah alasannya.

2. Hasil Uji Pretest



Gambar 2. Diagram Hasil Uji Pretest

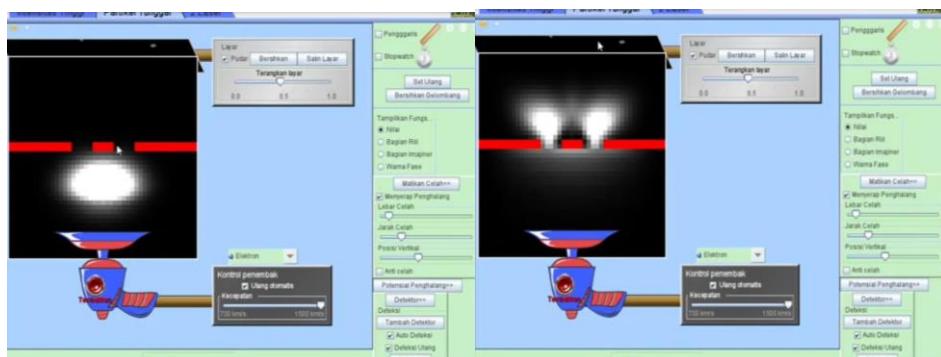
Grafik di atas merupakan pemahaman responden sebelum mempelajari superposisi gelombang pada celah ganda melalui simulasi interaktif PhET. Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang cukup mencolok antara kinerja responden satu dengan lainnya. Responden 1, 3, dan 4 memperoleh nilai yang relatif sama, yaitu 2 jawaban benar. Sementara itu, responden 5 menunjukkan pemahaman yang lebih baik dengan 3 jawaban benar. Sebaliknya, responden 2 memiliki pemahaman yang paling rendah dengan hanya 1 jawaban benar. Dapat disimpulkan pemahaman mahasiswa pada materi superposisi gelombang dengan celah ganda rendah.

Berdasarkan hasil pretest, terlihat bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep superposisi dalam Fisika Kuantum. Kesulitan ini terutama muncul dalam memahami penerapan dan visualisasi konsep superposisi. Beberapa faktor yang menjadi penyebab kesulitan ini adalah kurangnya sumber bahan bacaan, kurangnya praktik langsung, dan kurangnya daya tarik pengajar dalam menyampaikan materi.

Untuk meminimalisir permasalahan tersebut, penggunaan simulasi interaktif Phet dapat menjadi solusi yang efektif. Phet menawarkan visualisasi interaktif yang membantu mahasiswa memahami konsep superposisi dengan lebih jelas. Simulasi Phet tentang interferensi gelombang kuantum dapat digunakan untuk memperlihatkan bagaimana perilaku elektron ketika diberikan detektor dengan yang tidak diberikan detektor. Dengan menggunakan Phet, mahasiswa dapat secara aktif berinteraksi dengan konsep superposisi dan menguji pemahaman mereka melalui berbagai eksperimen virtual.

3. Simulasi Phet

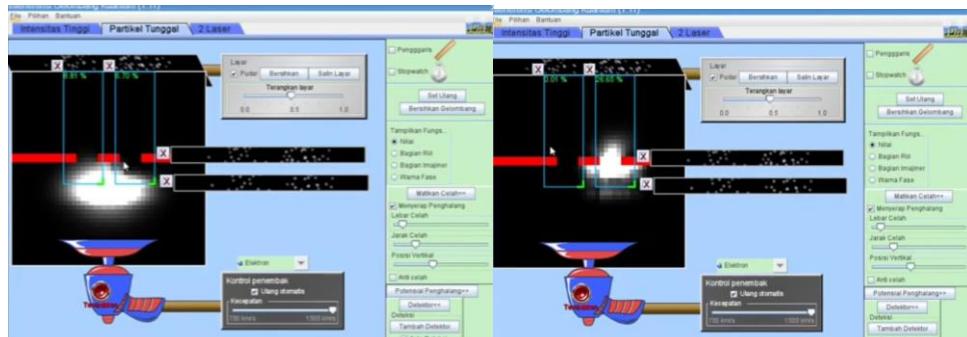
a. Preoses Eksperimen Penembakan Elektron pada Celah Ganda tanpa Detektor



Gambar 3. Elektron ditembakkan dan mulai menyebar dan Elektron melewati dua celah dalam waktu yang bersamaan

1. Elektron ditembakkan dari penembak (elektron keluar dari penembak sejajar partikel)
2. Elektron mulai menyebar seperti membelah diri (elektron mulai berperilaku seperti gelombang)
3. Elektron menuju celah ganda dan mulai memasuki kedua celah (elektron bersifat seperti gelombang yang di mana, gelombang melalui kedua celah)

4. Elektron keluar dari kedua celah seperti membelah diri (elektron bersifat seperti gelombang)
5. Elektron seperti bertabrakan dengan dirinya sendiri yang membelah tadi, kemudian menyatu dan menabrak dinding layar.
- b. Penembakan Elektron pada Celah Ganda dengan Detektor



Gambar 4. Elektron ditembakkan menuju celah ganda dan Elektron melewati salah satu celah

1. Elektron ditembakkan dari penembak
2. Elektron menuju celah ganda (elektron masih bersifat layaknya partikel)
3. Elektron memasuki salah satu celah saja ketika diamati oleh detektor (elektron tetap berperilaku sebagai partikel)
4. Elektron menuju layar dan tetap berperilaku seperti partikel ketika diamati. (Elektron tidak berubah perilaku, elektron tetap bersifat selayaknya partikel mulai awal keluar dari penembak hingga menabrak layar)



Gambar 5. Hasil eksperimen 1 dan Hasil eksperimen 2

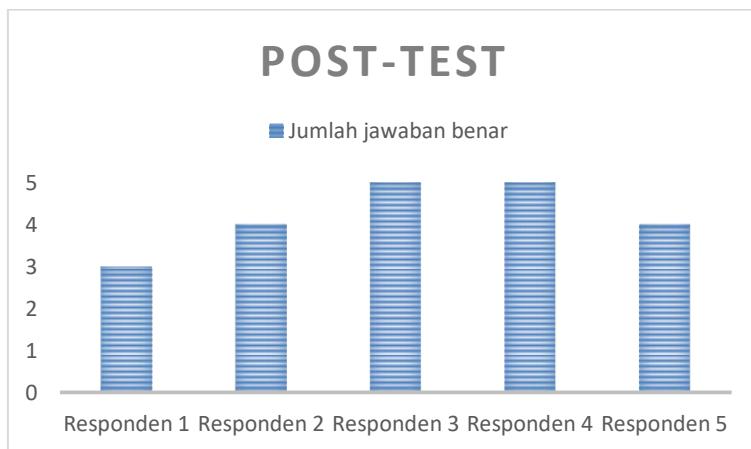
Pada eksperimen yang pertama yaitu eksperimen dengan dua celah yang dimana elektron ditembakkan satu persatu dengan kecepatan 1500 m/s yang dimana ketika dilakukan penembakan tidak ada ditambahkan detektor. Ketika sebuah elektron ditembakkan, elektron melewati 2 celah tersebut, kemudian setelah melewati 2 celah tersebut elektron menabrak dinding layar di satu tempat. Elektron ditembakkan terus menerus, hasilnya elektron meninggalkan jejak pada layar membentuk pola interferensi.

Kemudian dilakukan eksperimen kedua yaitu dengan menambahkan detektor untuk mengamati elektron tersebut bergerak menuju layar dengan kecepatan yang sama. Ketika elektron ditembakkan satu persatu, elektron berbegerak menuju kedu celah, hanya melewati salah satu celah tersebut , dan akhirnya menabrak layar. Elektron ditembakkan terus menerus, hasilnya elektron meninggalkan jejak pada layar membentuk dua garis terang elektron.

Dari kedua hasil tersebut, didapatkan perbedaan ketika elektron ditembakkan dengan ditambahkan detektor dengan yang tidak ditambahkan detektor. Ketika eksperimen tersebut dilakukan dengan tidak ada penambahan detektor elektron tersebut berperilaku seperti gelombang yang dimana salah satu sifat dari gelombang yaitu menghasilkan interferensi. Dari hasil tersebut dapat diuraikan bahwasannya elektron tersebut melaju seperti sebuah partikel kemudian berubah menjadi gelombang saat mendekati celah lalu melewati kedua celah tersebut dan bertabrakan dengan dirinya sendiri akhirnya menabrak dinding layarnya partikel. Kemudian saat eksperimen tersebut dilakukan dengan penambahan sebuah detektor elektron tersebut berperilaku layaknya sebuah partikel, elektron tidak melewati kedua celah seperti eksperimen pertama tetapi hanya melewati salah satu celahnya saja. Hasil jejak dilayar menunjukkan 2 garis terang yang sesuai dengan jumlah celahnya.

Dari kedua eksperimen tersebut didapatkan bahwasannya ketika sebuah elektron ditembakkan melalui celah ganda dan tidak ada yang mengamatinya (tidak ada pendekripsi) elektron bersifat SUPERPOSISI. Dikatakan superposisi karena elektron berada di semua keadaan dalam satu waktu atau waktu yang bersamaan , dalam eksperimen ini "semua keadaan" yang dimaksud yaitu elektron berada di dua celah dalam waktu yang bersamaan.

4. Hasil Post-Test



Hasil post-test menunjukkan variasi kemampuan pemahaman mahasiswa setelah mempelajari superposisi gelombang pada celah ganda melalui simulasi interaktif PhET. Responden 3 dan 4 memperoleh nilai tertinggi dengan jumlah jawaban benar mencapai 5, menunjukkan pemahaman yang sangat baik terhadap materi. Di sisi lain, responden 1 memperoleh nilai terendah dengan 3 jawaban benar, yang mengindikasikan adanya beberapa konsep yang masih perlu diperdalam. Secara keseluruhan, hasil post-test ini memberikan gambaran bahwa simulasi interaktif PhET telah membantu sebagian besar mahasiswa dalam memahami konsep superposisi gelombang pada celah ganda, namun masih ada beberapa individu yang memerlukan perhatian lebih.

Mayoritas mahasiswa memahami bahwa eksperimen celah ganda tanpa pengamat menunjukkan pola interferensi, mengindikasikan sifat gelombang elektron. Dimana sebelum dilakukan bantuan dengan Phet sebagian mengalami kesulitan dalam memahami konsep superposisi dan bagaimana hal itu berhubungan dengan pola interferensi. Simulasi Phet dapat membantu mereka memvisualisasikan bagaimana elektron dapat berada dalam keadaan superposisi, melewati kedua celah sekaligus, dan menghasilkan pola interferensi. Dengan melihat secara langsung bagaimana pola interferensi terbentuk, mereka dapat lebih memahami hubungan antara superposisi dan sifat gelombang elektron. Ini terlihat dari hasil posttest kepada 5 mahasiswa jurusan fisika di perguruan tinggi tersebut lebih paham sebelum diberikan simulasi Phet.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada mahasiswa yang terlibat langsung dalam penelitian ini maupun pihak-pihak lain yang terlibat secara tidak langsung. Terima kasih kepada Dosen Pengampu pada mata kuliah Fisika Kuantum, Universitas Negeri Medan yang telah membimbing penelitian ini.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pre-tes dan pos-tes, penggunaan Phet dalam pembelajaran Fisika Kuantum memberikan peningkatan pemahaman pada sebagian besar mahasiswa. Dimana awal nya mahasiswa mengalami kesulitan memahami konsep superposisi, sebagian besar mahasiswa merasa pemahaman mereka meningkat setelah menggunakan Phet. Peningkatan ini terlihat dari kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan konsep superposisi dan keterkaitannya dengan eksperimen celah ganda. Mahasiswa juga merasa Phet membantu mereka dalam memahami konsep superposisi dengan visualisasi yang lebih jelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Nurhuda, T., & Irvani, A. I. (2021). Profil Kemampuan Mahasiswa Calon Guru Fisika Dalam Menggunakan Perangkat Pembelajaran Daring. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(1), 33–38.

- Farid, A. (2023). Literasi Digital Sebagai Jalan Penguatan Pendidikan Karakter Di Era Society 5.0. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(3), 580– 597.
- Doyan, A., Susilawati, S., & Hikmawati, H. (2020). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Hasil Belajar Pada Matakuliah Fisika Kuantum Bagi Mahasiswa Calon Guru. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 278– 283.
- Handhika, J. Fatmaryanti, S. D. Khasanah, W. N. Viyanti, Budiarti, I. S. (2020). Pembelajaran Sains di Era Akselerasi Digital. Jawa Timur: CV. AE Media Grafika.
- Wibowo, H. (2020). Pengantar Teori-Teori Belajar dan Model-Model Pembelajaran. Jakarta: Puri Cipta Media.
- Doyan, A. (2015). Penerapan Model Pembelajaran Kuantum Pada Matakuliah Fisika Kuantum Ditinjau dari Motivasi Berprestasi. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 1(1), 1-8.
- Hidayatulloh, A. Malikah, Hr. B. Hardani. (2018). Peningkatan Metakognitif Mahasiswa Fisika Pada Mata Kuliah Fisika Kuantum. *Kappa Journal*, 11 (1), 35-37.
- Rahman, M. M. Doyan, A. Sutrio. (2021). The Effectiveness of Video-Assisted MultiRepresentation ApproachLearning Tools to Improve Students' Critical Thinking Ability. *Journal of Research in Science Education*, 7 (special Issue), 56-50.
- Dewantara, D. Mahmudah, S. Ramadayanti, S. Syafriansyah. (2021). Analisis Kemampuan Menyelesaikan Masalah Berdasarkan Taksonomi SOLO (Structure of Observed Learning Outcomes) pada Materi Fenomena Kuantum. Prosiding Seminar Nasional Sains (pp. 430- 434). Unindra.
- Abdjal, T. (2019). Pengaruh Penerapan Pembelajaran Berbasis Virtual Laboratory Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Konsep Gelombang Bunyi Dan Cahaya Di SMA Kabupaten Bone Bolango. In SemanTECH (Seminar Nasional Teknologi, Sains dan Humaniora) (Vol. 1, No. 1, pp. 382-387).
- Budhu, M. (2002). Virtual laboratories for engineering education. In International conference on engineering education (pp. 12-18). Manchester, UK
- Ariani, T., & Saparini, S. (2015). Penentuan Pola-Pola Interferensi Menggunakan Kisi Difraksi Dengan Medium Udara, Air Dan Asam Cuka. *Jurnal Perspektif Pendidikan*, 9(1), 78-89.