

Analisis Pemahaman Konsep Radiasi Benda Hitam Berbantuan PhET Simulation untuk Menentukan Konstanta Wien

Indri Hertika¹, Amanda Patricia², Dinaulina Siregar³, Ferawati Simanungkalit⁴,
Nadia Ulfah Harahap⁵

¹²³⁴⁵Universitas Negeri Medan
indrihertika@mhs.unimed.ac.id¹

ABSTRACT

This study aims to improve the understanding of the concept of physics education study program students, quantum physics courses on black-body radiation material to determine the wien constant. With the help of PhET simulation through descriptive approach with software-based experimental method. The results showed that the use of PhET simulations was very good at improving students' understanding of concepts, the percentage of practicality and feasibility was 92.8%, respectively.

Keywords: black body radiation, wien constant, PhET simulation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa program studi pendidikan fisika, mata kuliah fisika kuantum pada materi radiasi benda hitam untuk menentukan konstanta wien. Dengan bantuan simulasi PhET melalui pendekatan deskriptif dengan metode eksperimen yang berbasis perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan simulasi PhET sangat baik meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa, persentase kepraktisan dan kelayakan berturut-turut adalah 92,8%.

Kata kunci: radiasi benda hitam, konstanta wien, PhET simulation

PENDAHULUAN

Fisika kuantum merupakan salah satu cabang ilmu fisika yang membahas fenomena-fenomena alam pada skala mikroskopik, fisika kuantum merupakan materi fisika yang sukar dipahami oleh peserta didik. Hal tersebut disebabkan kajian fisika kuantum bersifat abstrak pada materi radiasi benda hitam, efek compton, dan efek fotolistrik, seperti atom dan partikel subatomik. Topik fisika yang masih terkesan abstrak bagi mahasiswa mengenai radiasi benda hitam. Mahasiswa belum bisa menjelaskan fenomena-fenomena yang terjadi pada radiasi benda hitam, mereka hanya mempelajari rumus-rumus fisika yang berkaitan dengan radiasi benda hitam. Eksperimen nyata dalam konsep radiasi benda hitam juga jarang dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, sehingga mahasiswa kurang bisa mengeksplor kemampuan psikomotoriknya. Berdasarkan hasil *pre-test* yang diperoleh dari mahasiswa Universitas Negeri Medan angkatan 19-21 sebanyak 5 orang bahwa mata kuliah fisika kuantum cukup sulit dipahami, terutama pada materi radiasi benda hitam. Hal tersebut dikarenakan pemahaman konsep fisika mahasiswa kurang, karena mereka hanya mempelajari rumus-rumus fisika namun tidak melakukan eksperimen saat

pembelajaran fisika kuantum, dan materi bersifat abstrak sehingga mahasiswa banyak yang tidak paham.

Radiasi benda hitam merupakan fenomena alam yang telah memotivasi para fisikawan selama berabad-abad. Fenomena ini mulai dipelajari secara mendalam pada akhir abad ke-19 melalui berbagai eksperimen yang bertujuan menyempurnakan konsep-konsep fisika klasik. Pada masa itu, teori kuantum yang diusulkan oleh Planck muncul sebagai solusi atas kegagalan teori klasik dalam menjelaskan distribusi spektrum radiasi benda hitam. Kehadiran teori kuantum pun memperluas cakupan ilmu fisika secara signifikan. Benda hitam (*black body*) adalah suatu benda yang menyerap seluruh radiasi elektromagnetik yang jatuh kepadanya dan tidak ada radiasi yang dapat keluar atau dipantulkannya. Itu berarti benda hitam mempunyai harga absorptansi dan emisivitas yang besarnya sama dengan satu. Emisivitas (daya pancar) merupakan perbandingan daya yang dipancarkan per satuan luas oleh suatu permukaan terhadap daya yang dipancarkan oleh benda hitam pada temperatur yang sama, sementara itu absorptansi adalah perbandingan fluks pancaran atau fluks cahaya yang diserap oleh suatu benda terhadap fluks yang tiba pada benda itu. Namun, pembelajaran konsep fisika kuantum sering kali menghadapi tantangan, terutama dalam hal abstraksi dan kompleksitas teoritis. Mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memahami konsep ini karena keterbatasan alat bantu visualisasi dan minimnya pengalaman eksperimen yang mendalam. Maka dari itu untuk menentukan panjang gelombang radiasi matahari yang sampai pada atmosfer bumi yaitu salah satunya menggunakan media yang tepat untuk eksperimen tersebut dalam fisika yaitu dengan laboratorium virtual. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi berbasis simulasi seperti PhET *Interactive Simulations* dapat menjadi solusi yang efektif. PhET menyediakan lingkungan simulasi interaktif yang memungkinkan pengguna untuk memvisualisasikan dan mengeksplorasi konsep-konsep fisika secara intuitif dan interaktif.

Penggunaan PhET (Physics Education Technology) dalam pembelajaran sains telah diakui sebagai inovasi yang efektif untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Eksperimen dapat dilakukan pada konsep-konsep abstrak dengan mengganti eksperimen laboratorium nyata menjadi eksperimen virtual. Beberapa penelitian tentang penggunaan media virtual atau laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika seperti yang dilakukan oleh Yusuf dan Widyaningsih yaitu penerapan laboratorium virtual pada mata kuliah eksperimen fisika untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa pendidikan fisika Universitas Papua. Swandi juga menyatakan bahwa adanya pengaruh positif penggunaan laboratorium virtual terhadap keterampilan pemecahan masalah dan hasil belajar mahasiswa. Selain itu pengamatan aktivitas mahasiswa berada pada kategori sangat tinggi yaitu di atas 80% ketika mengikuti pembelajaran dengan metode eksperimen menggunakan laboratorium virtual. Sebagian besar mahasiswa juga sangat setuju dengan penggunaan laboratorium virtual, sebab mereka merasa bahwa fenomena-fenomena yang tidak tampak menjadi tampak dan terlihat nyata meskipun dalam kehidupan sehari-hari tidak akan pernah terlihat. Penelitian ini

bertujuan untuk menganalisis pendalaman konsep fisika kuantum pada materi radiasi benda hitam untuk menentukan konstanta wien menggunakan simulasi PhET. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas simulasi PhET dalam meningkatkan pemahaman konsep radiasi benda hitam dan bagaimana alat ini membantu mahasiswa menentukan konstanta wien dan mengatasi kesenjangan antara teori dan praktik dalam pembelajaran fisika kuantum. Melalui simulasi ini diharapkan siswa tidak hanya memahami konsep dasar tentang gelombang, tetapi juga mampu mengembangkan keterampilan ilmiah, seperti pengambilan keputusan berbasis data dan pemecahan masalah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan secara deskriptif dengan metode eksperimen yang berbasis perangkat lunak. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah PhET *Simulation*. Kemudian memilih pada bagian *Blackbody Radiation*. Penelitian ini dilakukan sebanyak enam kali percobaan dengan variasi suhu 2000 K, 3500 K, 4000 K, 5500 K, dan 6000 K, 7500 K. Selain itu, penelitian ini juga didukung oleh penggunaan lembar analisis untuk membantu dalam menentukan nilai konstanta Wien. Penentuan konstanta Wien dilakukan dengan pendekatan persamaan linear atau garis lurus menggunakan model ($y = ax$), di mana (x) merupakan variabel bebas yang diplot pada sumbu horizontal, (y) adalah variabel terikat yang diplot pada sumbu vertikal, dan (a) merupakan gradien atau kemiringan garis. Pengambilan sampel pada penelitian ini adalah dengan menggunakan teknik simple random sampling, di mana pemilihan sampel dari populasi dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada pada populasi tersebut. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh mahasiswa angkatan 2019-2021 Universitas Negeri Medan. Sebelum diberikan perlakuan eksperimen akan diberikan tes pemahaman konsep berupa tes *pretest* (P1) dan setelah diberikan perlakuan yang menggunakan bantuan PhET *Simulation* akan diberi tes pemahaman konsep berupa *posttest* (P2).

Instrumen tes pemahaman konsep yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan tes tulis berupa *pre-test* dan *post-test* yang berisikan soal uraian, kunci jawaban, serta skor nilai untuk masing-masing jawaban.

Kisi-kisi Instrumen Kepraktisan dan Kelayakan:

1. Apakah jumlah percobaan yang dilakukan (6 variasi data suhu) cukup untuk mendapatkan hasil radiasi benda hitam yang valid?
 - 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)
 - 2 = Tidak Setuju (TS)
 - 3 = Netral (N)
 - 4 = Setuju (S)
 - 5 = Sangat Setuju (SS)
2. Apakah penggunaan PhET (Physics Education Technology) Simulation memudahkan untuk memahami radiasi benda hitam pada berbagai suhu?
 - 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

- 2 = Tidak Setuju (TS)
3 = Netral (N)
4 = Setuju (S)
5 = Sangat Setuju (SS)
3. Apakah penggunaan simulasi pheT membantu pemahaman abstrak?
1 = Sangat Tidak Setuju (STS)
2 = Tidak Setuju (TS)
3 = Netral (N)
4 = Setuju (S)
5 = Sangat Setuju (SS)
4. Apakah hasil konstanta Wien yang didapatkan dari hasil simulasi mempermudah mahasiswa?
1 = Sangat Tidak Setuju (STS)
2 = Tidak Setuju (TS)
3 = Netral (N)
4 = Setuju (S)
5 = Sangat Setuju (SS)
5. Apakah simulator PhET menyediakan data yang cukup untuk menghitung konstanta Wien menggunakan persamaan linier?
1 = Sangat Tidak Setuju (STS)
2 = Tidak Setuju (TS)
3 = Netral (N)
4 = Setuju (S)
5 = Sangat Setuju (SS)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil skor *pre-test* dan *post-test*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan simulasi pheT terhadap pemahaman konsep Mahasiswa pada materi Radiasi Benda Hitam untuk menghitung konstanta wien.

Tabel 1. Hasil *Pre-test*

No	Nama	Soal			
		1	2	3	4
1	Gabriella Florensia Simamora (20)	Benar	Salah	Benar	Salah
2	Roma yustiliawati Sinaga (21)	Salah	Salah	Benar	Salah
3	Alpina Damayanti (21)	Benar	Salah	Salah	Benar

4	M.Reza (21)	Benar	Benar	Salah	Salah
5	Naza Silvia purba (21)	Salah	Salah	Benar	Salah

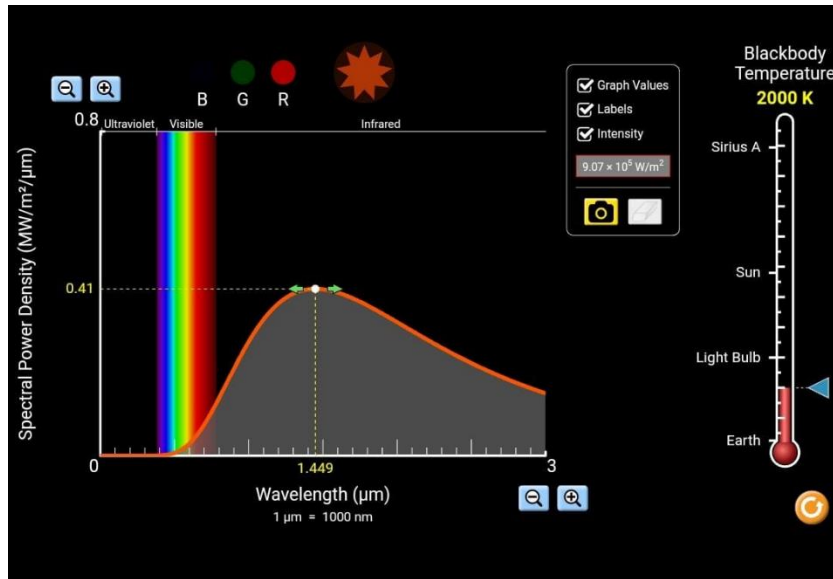
Tabel 2. Hasil *Post-test*

No	Nama	Soal			
		1	2	3	4
1	Gabriella Florensia Simamora (20)	Benar	Benar	Benar	Benar
2	Roma yustiliawati Sinaga (21)	Benar	Salah	Benar	Benar
3	Alpina Damayanti (21)	Benar	Benar	Benar	Benar
4	M.Reza (21)	Benar	Benar	Benar	Salah
5	Naza Silvia purba (21)	Benar	Salah	Benar	Benar

Penelitian ini juga melakukan pengukuran pengaruh simulasi PhET terhadap pemahaman mahasiswa mengenai radiasi benda hitam. Pengukuran dilakukan dengan memberikan soal-soal radiasi benda hitam, saat sebelum simulasi dan sesudah simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan diberikan simulasi, responden dapat mengerjakan dengan benar lebih banyak soal tentang radiasi benda hitam. Hal ini berarti bahwa pemahaman mahasiswa mengenai radiasi benda hitam meningkat dengan adanya bantuan pengujian visual menggunakan PhET. Penelitian ini selaras dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Yahya dan Fitriyanto. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penggunaan pembelajaran menggunakan media virtual, mampu meningkatkan keterampilan berpikir peserta didik. Hal ini dikarenakan pembelajaran virtual dapat menggambarkan dan menjelaskan konsep-konsep abstrak dan menyajikan proses fisis secara lebih lengkap.

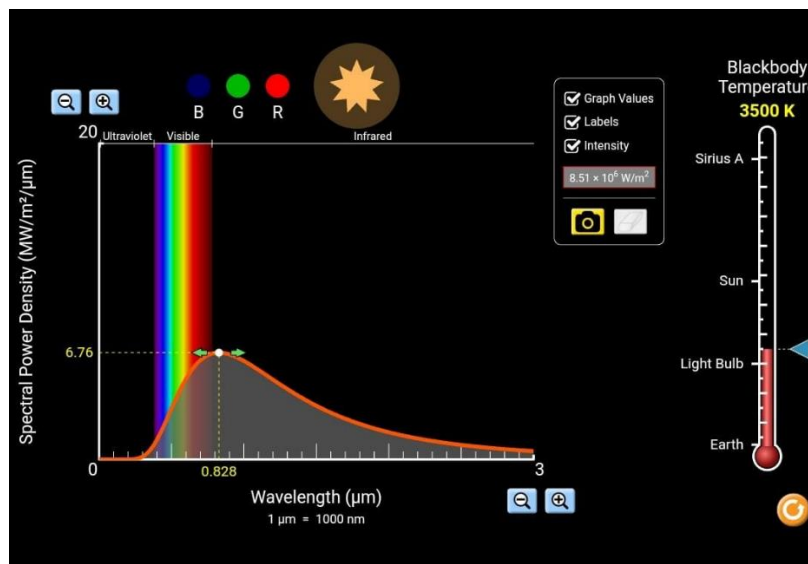
Simulasi menggunakan PhET terbukti dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai konsep radiasi benda hitam. Simulasi menggunakan PhET memberikan visualisasi yang sama dengan percobaan yang dilakukan secara langsung di laboratorium. Variabel-variabel yang dapat divariasikan dengan disajikan hasil simulasi berupa grafik semakin memudahkan mahasiswa dalam memahami pengaruh variabel-variabel seperti suhu terhadap radiasi benda hitam. Sehingga, penggunaan simulasi PhET sangat membantu mahasiswa dalam memahami konsep radiasi benda hitam.

Berikut hasil dari simulasi PhET pada suhu 2000 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET *Simulation* ditampilkan seperti gambar 1 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 1449 nm.



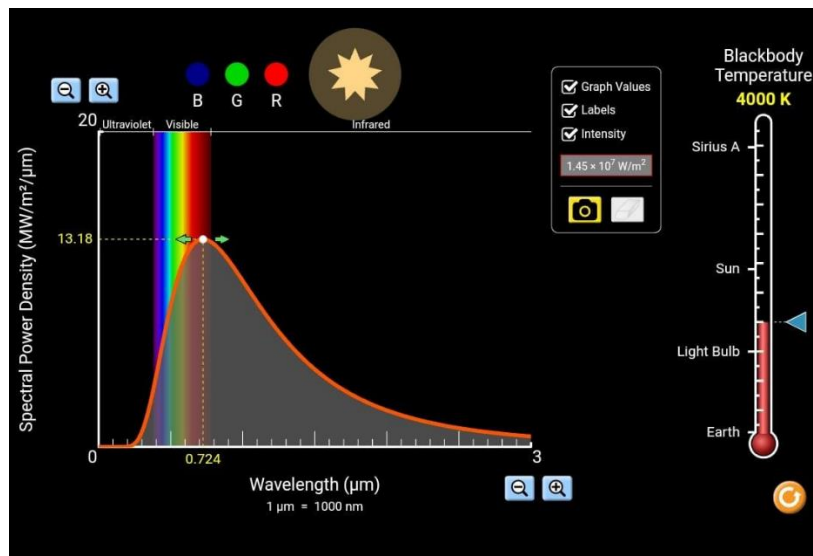
Gambar 1. Analisis konstanta Wien pada suhu 2000 K

Pada suhu 3500 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET *Simulation* ditampilkan seperti gambar 2 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 828 nm.



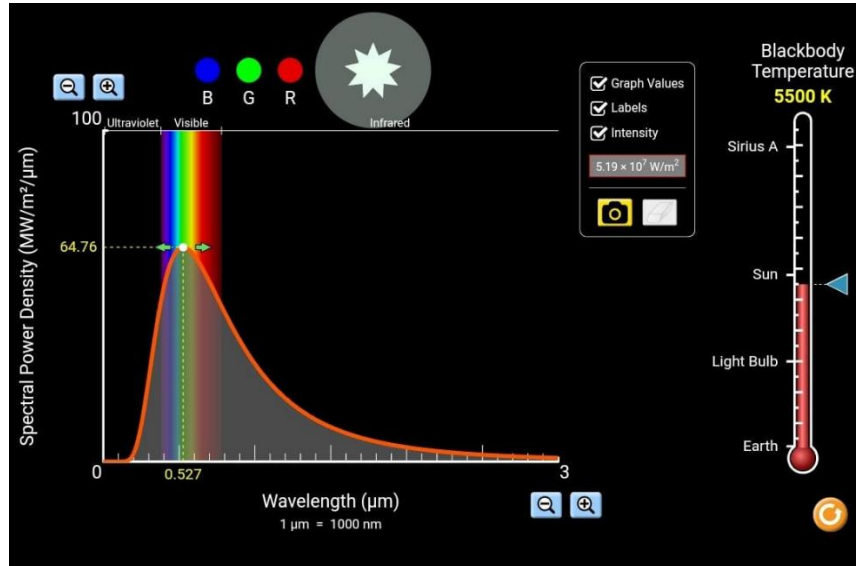
Gambar 2. Analisis konstanta Wien pada suhu 3500 K

Pada suhu 4000 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET *Simulation* ditampilkan seperti gambar 3 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 724 nm.



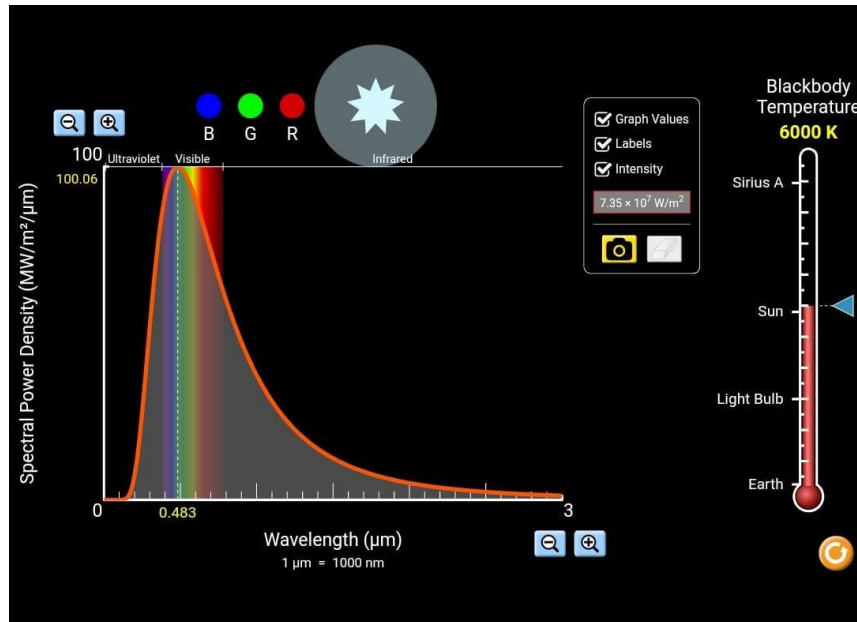
Gambar 3. Analisis konstanta Wien pada suhu 4000 K

Pada suhu 5500 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET *Simulation* ditampilkan seperti gambar 4 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 527 nm.



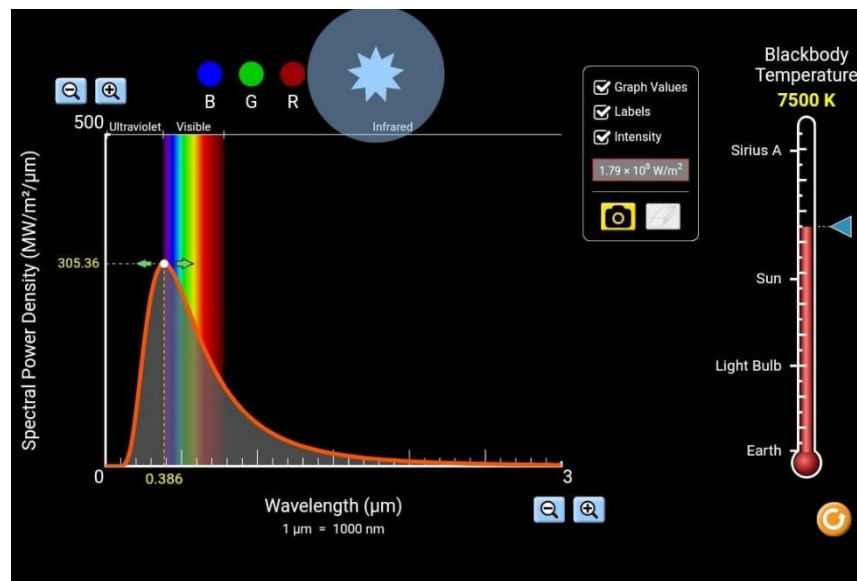
Gambar 4. Analisis konstanta Wien pada suhu 5500 K

Pada suhu 6000 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET Simulation ditampilkan seperti gambar 5 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 483 nm.



Gambar 5. Analisis konstanta Wien pada suhu 6000 K

Pada suhu 7500 K untuk analisis konstanta Wien pada PhET Simulation ditampilkan seperti gambar 6 diperoleh besarnya panjang gelombang (λ) sebesar 386 nm.



Gambar 6. Analisis konstanta Wien pada suhu 7500 K

Hasil respons mahasiswa terhadap kepraktisan dan kelayakan penggunaan simulasi *PhET* memperoleh kriteria sangat layak dan praktis digunakan. Karena mendapatkan rata-rata 92,8%.

Tabel 3. Hasil respon mahasiswa

No	Nama	Soal					Jlh	Skor maks	%
		1	2	3	4	5			
1	Gabriella Florensia Simamora (20)	5	5	4	5	5	24	25	96%
2	Roma yustiliawati Sinaga (21)	5	5	5	5	5	25	25	100%
3	Alpina Damayanti (21)	4	5	3	5	5	22	25	88%
4	M.Reza (21)	4	5	4	4	5	22	25	88%
5	Naza Silvia purba (21)	5	5	3	5	5	23	25	92%
Jumlah		23	25	19	24	25			
Skor maks		25	25	25	25	25			
%		92%	100%	76%	96%	100%			
% Rata-rata		92,8%							

Percobaan penentuan nilai Konstanta Wien yang diperoleh dengan menggunakan *Virtual Laboratory* berbasis *PhET Simulation* terbukti mampu menganalisis dan meneliti Konstanta Wien secara efektif karena tidak memerlukan banyak waktu untuk menganalisisnya. Hasil yang diperoleh sesuai dengan nilai teori. Pada pertanyaan pertama, sebanyak 92% responden setuju bahwa jumlah percobaan yang dilakukan (6 variasi data suhu) cukup untuk mendapatkan hasil radiasi benda hitam yang valid. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Safitri et al, di mana peneliti menggunakan 6 variasi data suhu (2000 K, 3000 K, 4000 K, 5000 K, 6000 K, 7000 K). Didapatkan bahwa Konstanta Wien hasil percobaan dengan Konstanta Wien teoritis memiliki kesalahan relatif sebesar 1,8%. Sehingga, data yang digunakan sudah cukup untuk mendapatkan hasil radiasi benda hitam yang valid dan mendekati nilai teoritis.

Dari hasil kisi-kisi instrumen kepraktisan dan kelayakan yang telah diberikan, pada pertanyaan kedua, 100% responden setuju bahwa penggunaan *PhET (Physics Education Technology) Simulation* memudahkan untuk memahami radiasi benda hitam pada berbagai suhu. Hal ini dikarenakan *PhET* merupakan paket aplikasi komputer yang berisikan berbagai simulasi kegiatan laboratorium yang dapat dioperasikan. Sehingga, mahasiswa dapat melakukan percobaan secara visual di depan komputer. Pada radiasi benda hitam, responden dapat mengubah besaran

suhu yang digunakan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap radiasi benda hitam. Hal ini memberikan kemudahan bagi responden untuk memahami pengaruh suhu terhadap radiasi benda hitam tanpa melakukan percobaan secara fisik yang membutuhkan waktu lama.

Pertanyaan ketiga menunjukkan bahwa sebanyak 76% responden setuju bahwa penggunaan simulasi PheT membantu pemahaman abstrak. Konsep fisika kuantum terutama radiasi benda hitam tidak ditemukan contoh nyatanya di kehidupan nyata, dan tidak dapat diungkapkan dengan sebuah perumpamaan ataupun persepsi. Dengan adanya simulasi PhET, konsep abstrak yang sebelumnya sulit untuk dipahami dan divisualisasikan, dapat divisualisasikan sehingga mahasiswa dapat memahami konsep abstrak dari radiasi benda hitam. Pada pertanyaan keempat, didapatkan bahwa 96% responden setuju bahwa hasil konstanta Wien yang didapatkan dari hasil simulasi mempermudah mahasiswa. Hal ini dikarenakan *PhET Simulation* mempermudah mahasiswa dalam melakukan percobaan secara virtual, dengan hasil yang mendekati hasil teoritis. Dengan kemudahan yang diberikan, seperti tidak perlu mempersiapkan alat-alat dan bahan pengujian, dan ketelitian dalam pengujian, *PhET simulation* dapat digunakan mahasiswa untuk mendapatkan Konstanta Wien dengan menggunakan berbagai variasi data yang disiapkan. Pertanyaan kelima menunjukkan bahwa sebanyak 100% responden setuju bahwa simulator PhET menyediakan data yang cukup untuk menghitung konstanta Wien menggunakan persamaan linier.

KESIMPULAN

Radiasi benda hitam merupakan salah satu topik fisika yang masih terkesan abstrak di mana mahasiswa hanya mempelajari rumus-rumus fisika dan kurang memahami konsep. Sehingga, penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang berbasis perangkat lunak *PhET Simulation*. Kemudian memilih pada bagian *Blackbody Radiation*. Penelitian ini dilakukan sebanyak enam kali percobaan dengan variasi suhu 2000 K, 3500 K, 4000 K, 5500 K, dan 6000 K, 7500K. Hasil simulasi tersebut lalu diberikan ke 5 mahasiswa untuk melihat pengaruhnya. Pengaruh tersebut direkam menggunakan angket berisi 5 soal dengan skala likert dan 5 soal pemahaman.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 92,8% responden setuju bahwa simulasi menggunakan PhET memudahkan mereka dalam memahami konsep radiasi benda hitam. Hal ini dikarenakan simulasi PhET menggunakan visualisasi berupa grafik dan data-data yang dapat diolah kembali. Hasil pengerjaan soal pemahaman menunjukkan 5 responden mengalami kenaikan pemahaman terkait konsep radiasi hitam. Sehingga, simulasi PhET terkait radiasi benda hitam membantu mahasiswa dalam memahami konsep abstrak radiasi benda hitam dan memperdalam pemahaman mereka dengan adanya visualisasi dari simulasi tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. N., & Wahyuni, S. (2023). Penentuan Konstanta Wien Menggunakan Simulasi PhET. *Lontar Physics Today*, 2(3), 107-112.
- Astuti, I. A. D., & Handayani, S. (2018). Penggunaan Virtual Laboratory berbasis PhET Simulation untuk Menentukan Konstanta Wien. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 9(2).
- Az-zahra, P.L., Rohim, F., Amarulloh, R.R., Nanto, D., Herpi, A.N. (2024). Comparative Study Between Virtual Laboratory PhET Colorado Versus Applets in Photoelectric Effect. *Kasuari: Physics Education Journal*, 7(2), 289-299.
- 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.
- Muthiarani, T. E. (2021). Studi Komparasi Keefektifan Pelaksanaan Praktikum Menggunakan Laboratorium Virtual dan Laboratorium Riil dalam Pembelajaran Kimia. *International Education Conference (IEC) FITK*, 1(1), 161-168.
- Sugiyono. (2015). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta.
- Suseno, N. (2014). Pemetaan Analogi pada Konsep Abstrak Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 2(2), 1 - 10.
- Sutarno, S., Erwin, E., & Hayat, M. S. (2017). Radiasi Benda Hitam dan Efek Fotolistrik Sebagai Konsep Kunci Revolusi Saintifik dalam Perkembangan Teori Kuantum Cahaya. *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 9(2), 51-58.
- Swandi, A., & Amin, B. D. (2016). The Development of Student's Worksheet of Physics Based on Virtual Simulation and Its Influence on Physics Learning Outcomes of Students.
- 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.
- Yahya, F., & Fitriyanto, S. (2018). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Berbantuan Simulasi Interaktif terhadap Keterampilan Generik Sains Siswa SMA pada Materi Elastisitas. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, 2(3), 136-141
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2017). Penerapan Laboratorium Virtual pada Mata Kuliah Eksperimen Fisika terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Fisika Universitas Papua. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 6(1), 75-81.
- Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2020). Implementing e-Learning-Based Virtual Laboratory Media to Students' Metacognitive Skills. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(5).