



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 6 Tahun 2024 Page 6149-6162

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

"Studi Kasus: Identifikasi Dan Penanganan Kesulitan Mahasiswa Dalam Memahami Radiasi Benda Hitam Melalui Simulasi Interaktif Phet Colorado"

Karyn Arme Septia Br Ritonga^{1✉}, Monika Dian Sari Pasaribu², Yeni Rosanti Br. Sinurat³

Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Medan

Email: karynritonga5@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Pemahaman mahasiswa terhadap konsep radiasi benda hitam sering menjadi tantangan dalam pembelajaran fisika modern. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kesulitan mahasiswa dan menawarkan solusi melalui simulasi interaktif PhET Colorado. Dengan pendekatan kualitatif, tiga mahasiswa Universitas Negeri Medan stambuk 2020 dan 2021 dijadikan subjek penelitian. Data diperoleh dari angket yang mengungkap pemahaman, kesulitan, dan persepsi mereka terhadap radiasi benda hitam. Hasil menunjukkan kesulitan utama berupa pemahaman spektrum radiasi, hubungan panjang gelombang dengan energi, serta penerapan hukum Planck. Untuk mengatasinya, simulasi PhET Colorado diterapkan guna memvisualisasikan konsep secara interaktif dan melalui eksperimen virtual. Simulasi ini efektif meningkatkan pemahaman mahasiswa, sesuai umpan balik dan observasi. Studi ini merekomendasikan simulasi interaktif sebagai metode pembelajaran inovatif untuk materi fisika kompleks.

Kata Kunci: *radiasi benda hitam, simulasi interaktif, PhET Colorado, kesulitan mahasiswa, pembelajaran fisika.*

Abstract

Students' understanding of the concept of black body radiation is often a challenge in learning modern physics. This research aims to identify student difficulties and offer solutions through PhET Colorado's interactive simulation. Using a qualitative approach, three Medan State University students from 2020 and 2021 were used as research subjects. Data obtained from a questionnaire revealed their understanding, difficulties and perceptions of black body radiation. The results show the main difficulties in the form of understanding the radiation spectrum, the relationship between wavelength and energy, and the application of Planck's law. To address this, PhET Colorado simulations were implemented to visualize concepts interactively and through virtual experiments. This simulation is effective in increasing student understanding, based on feedback and observations. This study recommends interactive simulation as an innovative learning method for complex physics material.

Keywords: black body radiation, interactive simulation, PhET Colorado, student difficulties, physics learning.

PENDAHULUAN

Fisika adalah ilmu yang mempelajari fenomena alam tidak hidup (materi) dalam ruang dan waktu. Para fisikawan meneliti perilaku dan sifat materi dalam berbagai bidang yang beragam. Sejarah fisika sepanjang yang telah diketahui dimulai pada tahun 2400 SM, ketika kebudayaan Harappan menggunakan suatu benda untuk memperkirakan dan menghitung sudut bintang di angkasa. Sejak saat itu fisika terus berkembang sampai sekarang (Sutarno, Erwin, & Syaipul, 2017). Dalam mempelajari ilmu fisika, sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesulitan. Sebagian mahasiswa masih berpendapat bahwa materi fisika adalah sesuatu hal yang sangat sulit. Seperti halnya dengan materi radiasi benda hitam pada mata kuliah fisika kuantum. Beberapa tahun terakhir, materi ini sering dianggap materi yang sulit. Hal ini dapat dilihat dari kemampuan mahasiswa dalam menjawab soal-soal yang berkaitan dengan radiasi benda hitam (Ilyas, dkk, 2022).

Puspita (2020) mengatakan benda hitam dapat didefinisikan sebagai benda radiasi yang jatuh akan diserap seluruhnya (tidak ada yang dipantulkan). Benda hitam sempurna sukar didapatkan. Jelaga yang tampak sangat hitam tetap memiliki daya pantul, meskipun sangat kecil. Sebuah lubang kecil pada dinding berongga sering dianggap sebagai benda hitam sempurna. Pada tahun 1900, Max Planck memperkenalkan konsep kuantum saat mempelajari radiasi benda hitam. Ia menemukan bahwa radiasi cahaya tidak berasal dari gelombang energi kontinu, melainkan dari kuantum-kuantum kecil yang dapat diukur. (Fikri, 2022). Benda hitam akan memancarkan radiasi jika suhunya lebih tinggi daripada suhu

lingkungan. Saat benda dipanaskan pada suhu yang tinggi, gelombang elektromagnetik akan dipancarkan. Joseph Stephen menemukan bahwa daya total per satuan luas (intensitas total) yang dipancarkan benda hitam panas pada semua frekuensi sebanding dengan pangkat empat suhu absolut (Lestari, Budi, & Fitri, 2024). Konsep radiasi benda hitam pertama kali dikembangkan oleh fisikawan Jerman bernama Gustav Kirchhoff (1824-1887) dan kemudian dijelaskan secara lebih rinci oleh fisikawan Jerman lainnya, Max Planck, pada awal abad ke-20 (Amalia & Wahyuni). Agar pembelajaran tentang radiasi benda hitam menjadi lebih bermakna dan melibatkan siswa secara langsung, penyajian materi ini sebaiknya dilengkapi dengan kegiatan praktikum. Pada pokok bahasan yang sering dijadikan topik praktikum untuk mencapai tuntutan kompetensi dasar (KD) adalah penentuan konstanta Boltzmann serta hubungan antara energi radiasi dan perubahan suhu (Hamzah, Musdar & Hasrul, 2021).

Untuk mengatasi kesulitan mahasiswa dalam kurangnya pemahaman mereka terhadap materi radiasi benda hitam dapat dilakukan dengan menggunakan lab virtual, tetapi yang mudah diaplikasikan yaitu PhET. PhET merupakan media pembelajaran dalam bentuk laboratorium virtual untuk membangun pengetahuan peserta didik. Melalui PhET penjelasan suatu materi akan terlihat secara nyata sehingga akan lebih mudah difahami (Fauziah & Sucahyo, 2021). PhET adalah suatu simulasi interaktif di internet dengan memakai bahasa pemrograman java dan flash yang dikembangkan oleh tim dari Universitas Colorado Amerika Serikat. PhET telah mengembangkan serangkaian simulasi interaktif yang sangat menguntungkan dalam pengintegrasian teknologi dalam pembelajaran. Media PhET sangat cocok digunakan untuk pembelajaran mahasiswa S1 pendidikan Fisika untuk mengatasi kesulitan dalam pembelajaran (Sari, 2022). Laboratorium virtual adalah media interaktif yang menyediakan serangkaian peralatan laboratorium dalam bentuk perangkat lunak (virtual). Laboratorium ini dioperasikan melalui perangkat keras komputer (fisik) dan mampu mensimulasikan kegiatan praktikum seperti di laboratorium nyata. PhET mampu menghubungkan antara konsep dan fenomena riil yang terjadi serta memberikan gambaran visual terhadap fenomena yang sulit diamati oleh siswa secara langsung (Verdian, Jadid, & Rahmani, 2021).

Mengacu pada latar belakang masalah tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan kajian terkait identifikasi dan penanganan kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep radiasi benda hitam melalui simulasi interaktif PhET Colorado.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Universitas Negeri Medan, dengan subjek penelitian berupa tiga mahasiswa stambuk 2020 dan 2021 yang dipilih secara purposive. Penelitian berlangsung pada bulan Oktober 2024, dengan tujuan untuk mengidentifikasi kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep radiasi benda hitam dan mengevaluasi efektivitas solusi pembelajaran melalui simulasi PhET Colorado.

Populasi penelitian ini adalah mahasiswa Universitas Negeri Medan yang telah mempelajari topik radiasi benda hitam, sedangkan sampel yang dipilih terdiri dari tiga mahasiswa yang relevan dengan topik tersebut. Teknik pengumpulan data meliputi angket yang disebarakan melalui Google Form, serta observasi selama pelaksanaan simulasi. Angket terdiri dari kombinasi pertanyaan terbuka yang memungkinkan responden memberikan jawaban secara bebas dan mendalam sesuai dengan pemahaman atau pengalaman mereka, yang dirancang untuk menggali kesulitan mahasiswa, seperti pemahaman tentang spektrum radiasi, hubungan panjang gelombang dan energi, serta penerapan hukum Planck.

Setelah pengumpulan data, simulasi interaktif PhET Colorado diterapkan pada ketiga sampel sebagai solusi. Observasi lanjutan dilakukan untuk mengevaluasi pemahaman mahasiswa setelah menggunakan simulasi tersebut. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi perubahan dalam pemahaman mahasiswa sebelum dan sesudah simulasi. Penelitian ini juga mengumpulkan data sekunder dari literatur terkait untuk mendukung temuan penelitian.

Dengan menggunakan simulasi PhET sebagai alat bantu, diharapkan mahasiswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang konsep radiasi benda hitam melalui visualisasi dan eksperimen virtual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap 3 orang mahasiswa Universitas Negeri Medan sebagai responden melalui penyebaran angket berupa Google Form, sebagai berikut.

Biodata Sampel (Responden)

Responden 1

Nama : Julianti Simandalahi

NIM : 4213121006

Stambuk : 2021

Kelas : PSPF 21 APSPF 20 B

Responden 2

Nama : Cindy Manalu
NIM : 4203321010
Stambuk : 2020
Kelas : PSPF 20 B

Responden 3

Nama : Simson Sitorus
NIM : 4202421007
Stambuk : 2020
Kelas : PSPF 20 A

Tabel 1. Pertanyaan

No.	Daftar Pertanyaan
1.	Apa yang Anda ketahui tentang konsep radiasi benda hitam?
2.	Bagaimana Anda memahami hubungan antara panjang gelombang dan intensitas radiasi pada benda hitam?
3.	Apa bagian paling sulit yang Anda temui saat mempelajari radiasi benda hitam? Apakah Anda kesulitan dengan konsep spektrum radiasi atau hubungan antara panjang gelombang dan energi?
4.	Apakah Anda merasa sulit mengaitkan konsep radiasi benda hitam dengan fenomena di kehidupan nyata, seperti warna bintang atau teknologi inframerah?
5.	Menurut Anda, dalam bidang apa saja radiasi benda hitam biasanya digunakan, dan bagaimana pandangan Anda tentang penerapannya dalam kehidupan sehari-hari?
6.	Apakah Anda merasa materi radiasi benda hitam sudah dibahas secara mendalam selama pembelajaran yang dilakukan? Jika belum, apakah ada konsep tertentu, seperti hukum Planck atau hubungan antara panjang gelombang dan energi, yang masih kurang jelas?

Pembahasan

Adapun hasil dari pertanyaan angket berupa Google Form yang telah diberikan kepada 3 orang mahasiswa, sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil penelitian

Pertanyaan Ke-	Responden Pertama	Responden Kedua	Responden Ketiga
1	Radiasi benda hitam adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda yang menyerap semua radiasi yang jatuh padanya, tanpa memantulkannya.	Radiasi benda-hitam adalah salah satu jenis radiasi elektromagnetik termal yang terjadi di dalam atau di sekitar benda dalam keadaan kesetimbangan termodinamika dengan lingkungannya atau saat ada proses pelepasan dari benda hitam. Benda hitam merupakan benda yang buram dan tidak memantulkan cahaya.	Radiasi benda hitam adalah fenomena fisika yang menggambarkan spektrum radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh suatu benda yang menyerap semua radiasi yang mengenainya (benda hitam ideal).
2	Pada benda hitam, hubungan antara panjang gelombang dan intensitas radiasi	Pastinya saling memiliki hubungan, antara panjang gelombang dan	Hubungan antara panjang gelombang dan intensitas radiasi pada benda hitam dapat dipahami melalui konsep radiasi benda hitam

	dapat dijelaskan melalui Hukum Planck.	intensitas radiasi pada benda hitam dijelaskan oleh Hukum Radiasi Planck dan beberapa hukum lain yang terkait dengan fenomena tersebut, seperti Hukum Perpindahan Wien dan Hukum Stefan-Boltzmann	yang dijelaskan oleh hukum Planck, hukum Wien, dan hukum Stefan-Boltzmann
3	Bagian paling sulit dalam mempelajari radiasi benda hitam adalah memahami Hukum Planck dan bagaimana spektrum radiasinya terbentuk	Pada Distribusi Energi, saya tidak mengerti itu dibagian energi bergantung pada panjang gelombang dengan grafik dan perbandingan dengan hukum Rayleigh-Jeans atau Wien	Dibagian menentukan panjang gelombang
4	Iya	Ya, mengaitkan konsep radiasi benda hitam dengan fenomena kehidupan nyata seperti warna	Iya sulit

		bintang atau teknologi inframerah	
5	Kalibrasi Alat Ukur Suhu dan Lampu Pijar	Baju hitam	Spektrum warna yang bergantung pada suhu
6	Sudah	Kurang paham	Belum, tidak mendalam menjelaskan tentang spektrum warna pada suhu

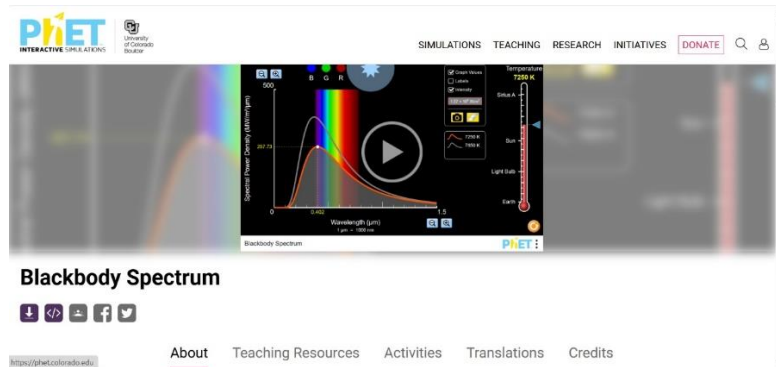
Berdasarkan tabel 2, maka terdapat beberapa kategori yang dapat disimpulkan mengenai kesulitan pemahaman responden pada radiasi benda hitam, sebagai berikut.

1. Sulit memahami terbentuknya radiasi spektrum warna pada suhu
2. Sulit menentukan panjang gelombang pada intensitas maksimum
3. Sulit bergantungnya energi pada panjang gelombang dengan grafik dan perbandingan dengan hukum Rayleigh-Jeans atau Wien
4. Sulit mengaitkan konsep radiasi benda hitam dengan fenomena di kehidupan nyata

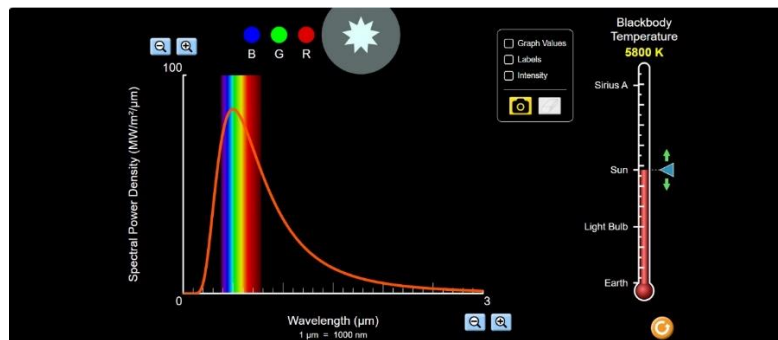
Berdasarkan data penelitian kesulitan yang dialami, maka diperlukannya solusi agar responden mendapat umpan balik, maka peneliti *merancang solusi* dengan memberikan "Simulasi PhET Colorado", karena fitur interaktif dan visualisasi mendalam, pHet Colorado memberikan pengalaman belajar yang dinamis dan kontekstual. Simulasi ini membantu mahasiswa memahami konsep abstrak, seperti spektrum radiasi, hubungan energi dengan panjang gelombang, serta aplikasi radiasi benda hitam dalam fenomena dunia nyata, sehingga menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi berbagai kesulitan.

Simulasi PhET yang diberikan kepada responden dengan perekaman layar (record) komputer dengan penjelasan audio pada Google Drive. Peneliti memberikan kembali angket (Google Form) untuk memastikan apakah responden sudah paham dan tidak lagi mengalami kesulitan materi radiasi benda hitam, khususnya pada data diatas.

Berikut solusi yang diberikan kepada ketiga responden, sebagai berikut.



Gambar 1. Tampilan Awal Simulasi PhET Radiasi Benda Hitam

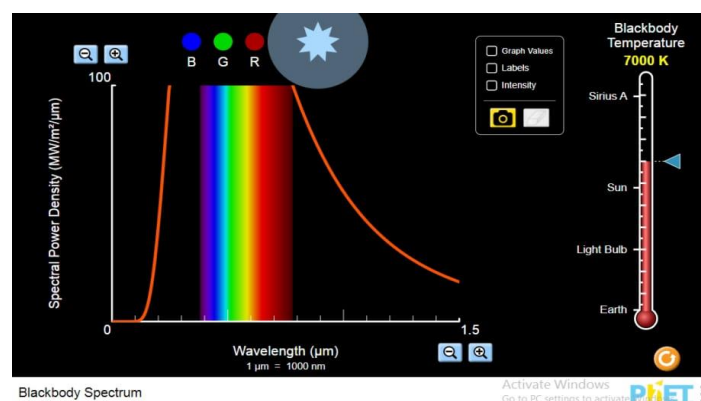


Gambar 2. Tampilan setelah dibuka

1. Terbentuknya radiasi spektrum warna pada suhu

Agar mengetahui terbentuknya radiasi spektrum warna pada suhu, dapat dilakukan dengan beberapa langkah-langkah dibawah ini:

- Buka simulasi, pilih simulasi "*Blackbody Spectrum*" dari pHet Colorado.
- Lalu atur suhu dengan menggeser slider suhu untuk mengubah suhu benda hitam (dalam Kelvin).
- Setelah itu, amati perubahan spektrum warna yaitu:
 - a) Perhatikan grafik spektrum dan perubahan warna spektrum.
 - b) Pada suhu rendah, warna spektrum didominasi oleh merah; saat suhu meningkat, warna spektrum bergeser ke biru sesuai hukum pergeseran Wien.
- Agar lebih terlihat terbentuknya radiasi spektrum warna, dapat dilakukan dengan eksperimen suhu ekstrem yaitu bandingkan warna spektrum pada suhu rendah (misalnya 3000 K) dengan suhu tinggi (misalnya 6000 K atau lebih).



Gambar 3. Terbentuknya radiasi spektrum warna pada suhu

2. Menentukan panjang gelombang pada intensitas maksimum

Agar mengetahui cara menentukan panjang gelombang pada intensitas maksimum, dapat dilakukan dengan beberapa langkah-langkah dibawah ini:

- Aktifkan mode panjang gelombang maksimum, klik opsi untuk menampilkan garis penunjuk pada puncak intensitas spektrum.
- Ubah suhu
 - a) Atur suhu benda hitam dengan slider.
 - b) Perhatikan bagaimana posisi panjang gelombang puncak (λ_{\max}) bergeser saat suhu berubah.
- Baca nilai numerik
 - a) Panjang gelombang puncak akan ditampilkan secara numerik di simulasi, memungkinkan mahasiswa memverifikasi hubungan $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$ (Hukum Wien)
 - b) Buat catatan tentang hubungan antara suhu dan panjang gelombang maksimum untuk lebih memahami.

Untuk mengetahui kevalidan data panjang gelombang pada intensitas maksimum, dapat dibuktikan dengan hukum pergeseran wien, dituliskan:

$$\lambda_m T = c = 2.9 \times 10^{-3} mK$$

dimana:

λ_m Panjang gelombang intensitas maksimum (m)

T = Suhu mutlak benda (K)

C = Pergeseran Wien ($2,9 \times 10^{-3} mK$)

Sedangkan, untuk menentukan intensitas radiasi benda hitam dituliskan:

$$I = e\sigma T^4$$

dimana :

I = Intesitas radiasi benda hitam (W/m^2)

e = Emisivitas benda hitam ($2,9 \times 10^{-3} mK$)

σ = Konstanta Stefan Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2/K^4$)

T = Suhu mutlak benda (K)



Gambar 4. Menentukan panjang gelombang pada intensitas maksimum

3. Bergantungnya energi pada panjang gelombang dengan grafik dan perbandingan dengan Hukum Rayleigh-Jeans atau Wien

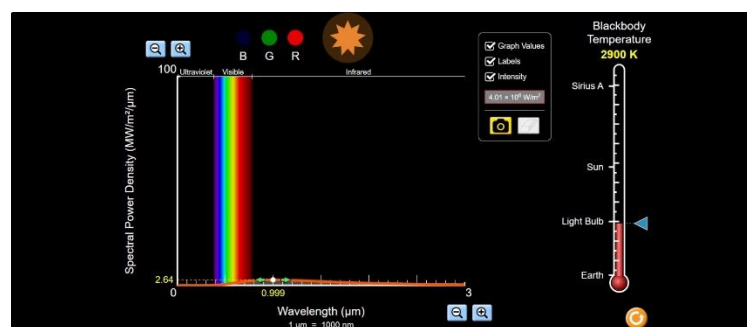
Untuk memahami ketergantungan energi pada panjang gelombang dalam konteks radiasi benda hitam yaitu hukum wien cocok untuk menentukan panjang gelombang maksimum pada spektrum radiasi benda hitam. Namun, hukum Rayleigh-Jeans gagal gagal pada panjang gelombang pendek (ultraviolet catastrophe).

Berikut Langkah-langkah menggunakan simulasi PhET:

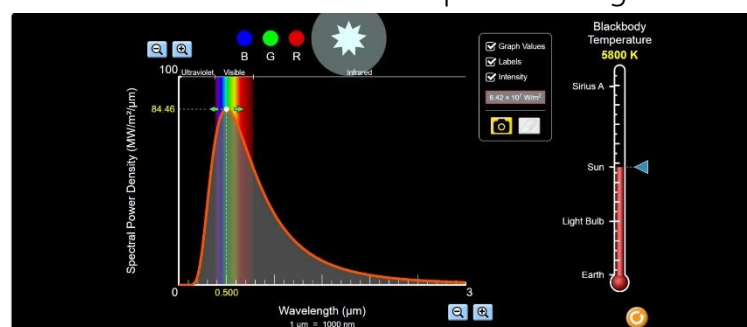
- Amati grafik energi terhadap panjang gelombang:
 - a) Grafik spektrum menunjukkan intensitas energi radiasi pada berbagai panjang gelombang.
 - b) Perhatikan bentuk grafik yang sesuai dengan hukum Planck.
- Bandingkan dengan hukum Rayleigh-Jeans dan Wien:
 - a) Gunakan fitur untuk menampilkan grafik prediksi hukum Rayleigh-Jeans dan hukum Wien.
 - b) Perhatikan bagaimana hukum Rayleigh-Jeans gagal pada panjang gelombang pendek (ultraviolet catastrophe), sedangkan hukum Wien memberikan prediksi lebih baik.
- Eksperimen dengan suhu:
 - a) Ubah suhu benda hitam dan perhatikan perubahan grafik energi untuk memahami bagaimana energi total (luas di bawah grafik) meningkat dengan suhu.

Simulasi PhET membantu mahasiswa:

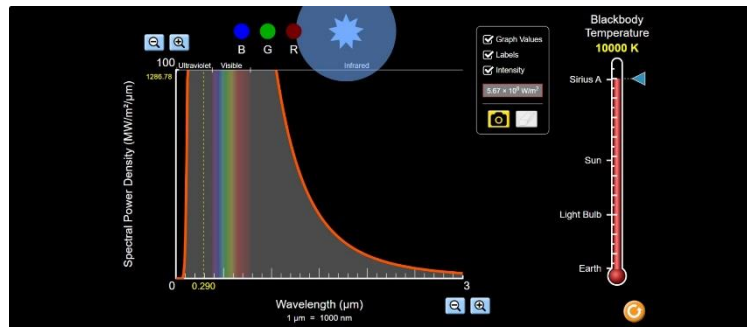
- Memvisualisasikan kurva hukum Planck.
- Membandingkan prediksi hukum Rayleigh-Jeans dan hukum Wien.
- Mengamati bagaimana energi total di bawah kurva (area di bawah grafik) meningkat seiring peningkatan suhu.



Gambar 5. Terbentuk radiasi pada suhu light bulb



Gambar 5. Terbentuk radiasi pada suhu sun (matahari)



Gambar 5. Terbentuk radiasi ultraviolet pada sirius A

4. Keterkaitan konsep radiasi benda hitam dengan fenomena di kehidupan nyata seperti warna bintang atau teknologi inframerah

Bintang memancarkan radiasi benda hitam. Warna bintang (merah, kuning, biru) menunjukkan suhu permukaannya.

- Bintang biru: Suhu tinggi (panjang gelombang pendek).
- Bintang merah: Suhu rendah (panjang gelombang panjang).

Kamera inframerah memanfaatkan radiasi benda hitam untuk mendeteksi suhu objek, misalnya:

- Dalam pengawasan malam hari, tubuh manusia memancarkan radiasi inframerah yang dapat dideteksi kamera.
- Di bidang kesehatan, digunakan untuk mendeteksi peradangan atau perubahan suhu tubuh.

Kaitannya radiasi inframerah sesuai dengan bagian spektrum radiasi benda hitam pada suhu rendah (seperti tubuh manusia, sekitar 310 K).

Berdasarkan solusi tersebut, terdapat respon umpan balik dari ketiga responden tersebut, sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Umpan Balik

Pertanyaan Ke-	Responden Pertama	Responden Kedua	Responden Ketiga
1	Ya, saya sudah paham	Paham, saya dapat dengan jelas menerimanya	Saya sudah paham
2	Ya, saya sudah paham	Udah paham	Paham

3	Saya sudah paham, berarti penggunaan simulasi PhET dapat membantu saya memahaminya	Saya sudah paham	Sebelumnya saya sudah paham, sekarang semakin paham
4	Ya, semakin paham	Penjelasannya baik, saya menjadi paham mengenai keterkaitan tersebut	Tidak. Sudah paham

Dengan demikian, maka hasil penelitian mengenai kesulitan pemahaman mahasiswa dalam memahami radiasi benda hitam dapat diatasi dengan memberikan simulasi PhET Colorado dan hasil penelitian menunjukkan berhasilnya ketiga responden tersebut paham akan terbentuknya radiasi spektrum warna pada suhu, menentukan panjang gelombang, bergantungnya energi pada panjang gelombang dengan grafik dan perbandingan dengan hukum Rayleigh-Jeans atau Wien, dan memahami keterkaitan konsep radiasi benda hitam dengan fenomena di kehidupan nyata.

SIMPULAN

Dari hasil analisis angket, ditemukan bahwa mahasiswa mengalami kesulitan utama dalam memahami konsep spektrum radiasi, hubungan antara panjang gelombang dan intensitas radiasi pada benda hitam, serta penerapan hukum Planck. Banyak mahasiswa kesulitan dalam mengaitkan teori radiasi benda hitam dengan fenomena fisik yang terjadi di dunia nyata, seperti warna bintang dan teknologi inframerah.

Sebagai solusi, penggunaan simulasi PhET Colorado terbukti efektif dalam membantu mahasiswa mengatasi kesulitan-kesulitan tersebut. Simulasi ini memberikan visualisasi yang jelas tentang hubungan antara variabel-variabel dalam radiasi benda hitam, serta memperkenalkan eksperimen virtual yang mempermudah pemahaman konsep-konsep abstrak. Hasil umpan balik dari mahasiswa menunjukkan bahwa pendekatan ini dapat meningkatkan pemahaman mereka terhadap materi yang sebelumnya sulit dipahami.

Penelitian ini menyarankan agar pembelajaran radiasi benda hitam di perguruan tinggi dapat menggunakan simulasi interaktif sebagai metode tambahan untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa, serta mendorong pengembangan metode pembelajaran berbasis teknologi untuk topik-topik fisika yang kompleks

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. N., & Wahyuni, S. (2023). Penentuan Konstanta Wien Menggunakan Simulasi PhET. *Lontar Physics Today*, 2(3), 107-112.
- Fauziyah, N. I. A., & Sucahyo, I. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) pada Materi Radiasi Benda Hitam dengan Berbantuan PhET simulations. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(3), 384-388.
- Fikri, M. (2022). Perbandingan Prediksi Massa Partikel Sub Atom Menggunakan Teori Ukur Kuantum Dan Teori Ukur. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, 7(2), 283-290.
- Hamzah, H., Musdar, M., & Hasrul, H. (2021). Pengembangan alat ukur suhu menggunakan sensor lm35 berbasis arduino uno sebagai media pembelajaran fisika. *PHYDAGOGIC: Jurnal Fisika dan Pembelajarannya*, 4(1), 6-15.
- Ilyas, I., Liu, A. N. A. M. ., & Laka, A. F. (2022). Pengaruh Pendekatan Kontekstual Berbasis E Learning Zoom Cloud Meeting Terhadap Pemahaman Konsep Radiasi Benda Hitam Mahasiswa. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), 87-93.
- Lestari, T. B., Budi, E., & Fitri, U. R. (2024). Pengembangan Mikrolerning Video 360° Pada Fenomena Radiasi Benda Hitam. *Jurnal Inovasi Pendidikan dan Teknologi Informasi (JIPTI)*, 5(2), 362-373.
- Puspita, I. (2020). PhET Aplication Program: Strategi Penguatan Pemahaman Pembelajaran Jarak Jauh Pada Materi Radiasi Benda Hitam Melalui Percobaan Berbantu Lab Virtual Dan Media Sosial. *Jurnal Pendidikan Madrasah*, 5(1), 57-68.
- Sari, A. S. D. (2022). Efektivitas Penerapan Media Pembelajaran PhET Dalam Mengatasi Tingkat Kesulitan Mahasiswa Pada Mata Kuliah Fisika Dasar I. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(12), 409-413.
- 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.
- Verdian, F., Jadid, M. A., & Rahmani, M. N. (2021). Studi penggunaan media simulasi phet dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 1(2), 39-44.