

Penentuan Konstanta Wien Menggunakan Simulasi *PhET*

Safitri Nurul Amalia* dan Siti Wahyuni

Program Studi Fisika, Universitas Negeri Semarang, Sekaran, Gunung Pati, Semarang, Jawa Tengah 50229

*E-mail: safitriamalia0512@students.unnes.ac.id

Abstrak. Radiasi benda hitam merupakan salah satu fenomena fisis dalam perkembangan awal fisika kuantum tentang sifat radiasi elektromagnetik. Konstanta Wien menjadi sebuah konstanta penting dalam fisika yang menghubungkan suhu dengan panjang gelombang puncak pada fenomena tersebut. Fenomena ini bersifat abstrak sehingga membutuhkan media simulasi untuk memahaminya. Salah satu simulasi yang dapat digunakan adalah PhET. Simulasi ini memungkinkan pembaca untuk secara interaktif menjelajahi konsep, memvisualisasikan spektrum radiasi benda hitam, dan mendapatkan panjang gelombang puncaknya. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konstanta Wien menggunakan simulasi PhET. Diberikan simulasi dengan beberapa variasi suhu, kemudian dianalisis besar gradien yang menunjukkan nilai konstanta Wien. Diperoleh data hasil percobaan konstanta Wien yang mendekati teori yaitu sebesar $2,654 \times 10^{-3}$ mK dengan kesalahan relatif 1,8%.

Kata kunci: radiasi benda hitam, simulasi PhET, konstanta Wien

Abstract. Black body radiation is one of the physical phenomena in the early development of quantum physics regarding the nature of electromagnetic radiation. The Wien constant is an important constant in physics that relates temperature to the peak wavelength of this phenomenon. This phenomenon is abstract so it requires simulation media to understand it. One of the simulation that can be used is PhET. This simulation allows readers to interactively explore the concept, visualize the blackbody radiation spectrum, and derive its peak wavelength. This research aims to determine the Wien constant using PhET simulations. Given a simulation with several temperature variations, then the magnitude of the gradient which shows the value of Wien's constant is analyzed. Obtained experimental data on the Wien constant which is close to theory, namely 2.654×10^{-3} mK with a relative error of 1.8%.

Keywords: blackbody radiation, PhET simulation, Wien constant

1. Pendahuluan

Radiasi benda hitam adalah fenomena alam yang telah menginspirasi para fisikawan selama berabad-abad. Lahirnya radiasi benda hitam dimulai dari akhir abad ke-19 dimana banyak dilakukan eksperimen untuk menyempurnakan konsep-konsep fisika yang ada pada saat itu (fisika klasik). Pada saat itu lahirlah teori kuantum atas saran dari Planck dikarenakan teori klasik gagal menjelaskan distribusi dalam spektrum yang dipancarkan oleh radiasi benda hitam [1]. Munculnya teori kuantum menjadikan jangkauan ilmu fisika menjadi lebih luas.

Radiasi benda hitam merupakan fenomena fisika yang sangat penting dalam pemahaman kita tentang sifat radiasi elektromagnetik dan termal dari benda-benda dengan berbagai suhu. Benda hitam sendiri

memiliki definisi, apabila ada seberkas cahaya jatuh maka didapati suatu objek akan menyerap seluruh cahaya yang jatuh tersebut [2].

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 [3].

1.1. *Radiasi Benda Hitam: Dasar-dasar Fisika*

Pada abad ke-19, fisikawan Gustav Kirchhoff mulai menggali fenomena mengenai radiasi benda hitam, yang terjadi ketika benda memancarkan radiasi elektromagnetik sebagai akibat dari suhunya [1]. Konsep ini mendasari pemahaman kita mengenai bagaimana energi termal dipancarkan oleh benda-benda pada berbagai suhu. Pada saat yang hampir bersamaan, fisikawan lainnya Max Planck, membuat kontribusi penting dengan memperkenalkan konsep kuantum untuk menjelaskan radiasi benda hitam. Hal ini membuka jalan menuju pengembangan teori kuantum dan revolusi dalam pemahaman fisika.

1.2. *Hukum Planck dan Hukum Stefan-Boltzma*

Planck menganggap bahwa pertukaran antara energi radiasi dan materi haruslah diskrit [4]. Hukum Planck menggambarkan distribusi energi radiasi sebagai fungsi suhu dan panjang gelombang. Hukum Stefan-Boltzmann, yang mengungkapkan bagaimana daya pancar benda hitam meningkat secara eksponensial seiring dengan peningkatan suhu [4]. Kedua hukum ini adalah pijakan penting dalam teori radiasi benda hitam dan memainkan peran utama dalam perhitungan koefisien Wien.

1.3. *Koefisien Wien: Mengungkap Rahasia Panjang Gelombang Puncak*

Koefisien Wien, yang dinamakan sesuai dengan fisikawan Wilhelm Wien, adalah salah satu konstanta fundamental dalam radiasi benda hitam. Wien menyatakan bahwa panjang gelombang pada puncak spektrum berbanding terbalik dengan suhu absolut benda [5]. Koefisien ini menghubungkan suhu benda hitam dengan panjang gelombang puncak dari radiasi yang dipancarkannya.

Pada penelitian ini digunakan software yaitu *PhET Simulation*. Simulasi *PhET* adalah sumber daya pembelajaran interaktif yang telah digunakan secara luas dalam pendidikan fisika di seluruh dunia. *PhET (Physics Education Technology)* adalah proyek yang dikembangkan oleh University of Colorado Boulder yang menyediakan berbagai simulasi fisika yang mendalam dan interaktif [6].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan penggunaan simulasi *PhET* dalam menentukan Konstanta Wien Dengan memahami konsep radiasi benda hitam dan konstanta Wien, diharapkan dapat memperdalam pengertian mengenai alam semesta dan menjelajahi implikasi ilmu fisika dalam berbagai aspek kehidupan.

2. Metode

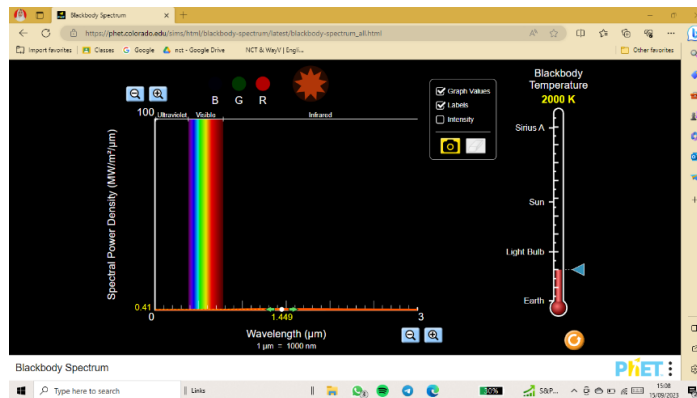
Penelitian ini menggunakan eksperimen yang berbasis software. Software yang digunakan adalah *PhET simulation*. Penelitian ini dilakukan dengan cara membuka web *PhET* menggunakan *laptop* kemudian memilih pada bagian *Blackbody Radiation*. Penelitian ini dilakukan sebanyak enam kali percobaan dengan variasi suhu 2000 K, 3000 K, 4000 K, 5000 K, 6000 K, dan 7000 K.

Instrumen lain yang digunakan sebagai pendukung untuk penelitian ini berupa lembar analisis untuk menentukan konstanta Wien. Untuk menentukan konstanta Wien digunakan persamaan linier model $y = ax$, dimana x adalah variabel bebas yang terletak pada sumbu datar dan y adalah variabel terikat yang terletak pada sumbu tegak dan a adalah gradien.

3. Hasil Penelitian

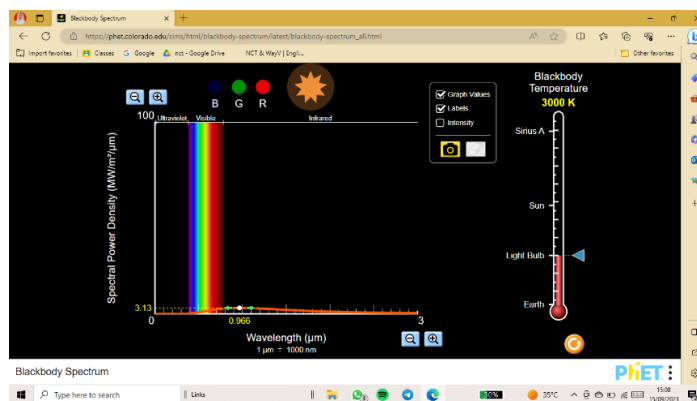
Penelitian ini bertujuan menentukan koefisien Wien berdasarkan analisis hasil eksperimen simulasi radiasi benda hitam menggunakan *PhET simulation*, pada menu *Blackbody Radiation*. *PhET simulation* ini dapat digunakan untuk melakukan eksperimen fisika yang sulit dijelaskan dengan nyata. Simulasi pada percobaan ini menggunakan variasi suhu sebanyak enam, yaitu 2000 K, 3000 K, 4000 K, 5000 K, 6000 K, dan 7000 K.

Analisis data simulasi radiasi benda hitam pada suhu 2000K ditampilkan pada Gambar 1, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 1449 nm.



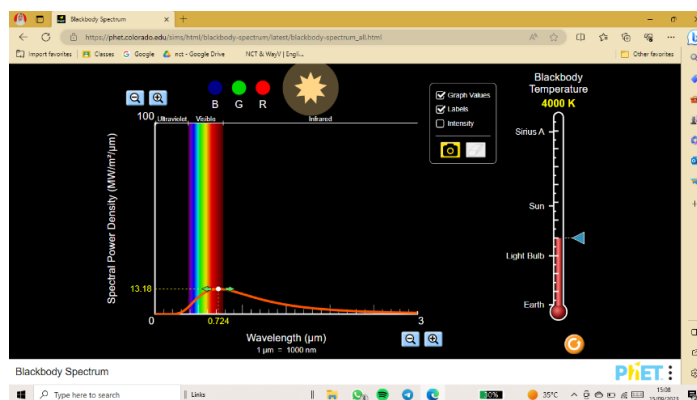
Gambar 1. Percobaan dengan suhu 2000 K

Simulasi radiasi benda hitam pada suhu 3000K ditampilkan pada Gambar 2, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 966 nm.



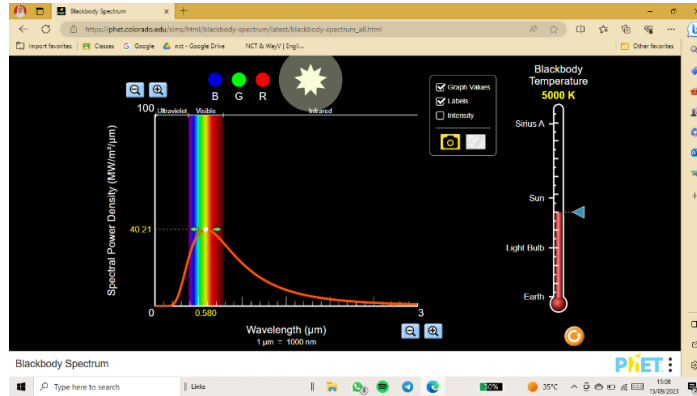
Gambar 2. Percobaan dengan suhu 3000 K

Simulasi radiasi benda hitam pada suhu 4000K ditampilkan pada Gambar 3, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 724 nm.



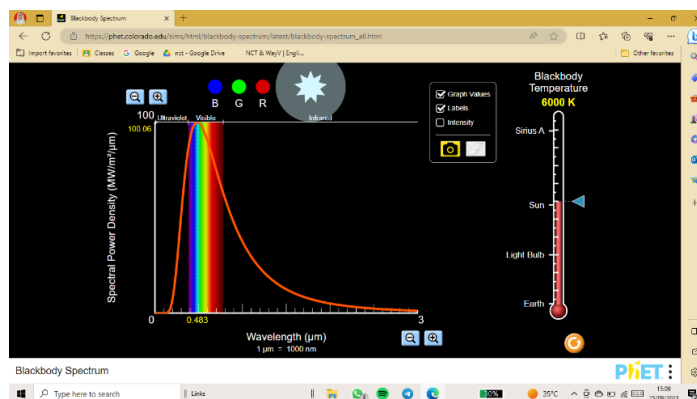
Gambar 3. Percobaan dengan suhu 4000 K

Simulasi radiasi benda hitam pada suhu 5000K ditampilkan pada Gambar 4, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 580 nm.



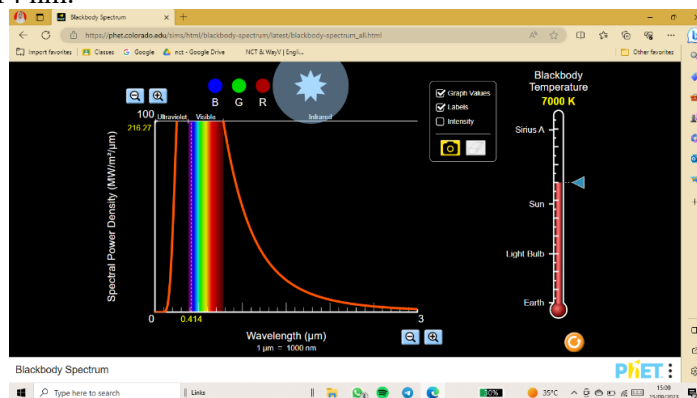
Gambar 4. Percobaan dengan suhu 5000 K

Simulasi radiasi benda hitam pada suhu 6000K ditampilkan pada Gambar 5, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 483 nm.



Gambar 5. Percobaan dengan suhu 6000 K

Simulasi radiasi benda hitam pada suhu 7000K ditampilkan pada Gambar 6, diperoleh panjang gelombang (λ) sebesar 414 nm.



Gambar 6. Percobaan dengan suhu 7000 K

Setelah dilakukan analisis maka diperoleh hubungan antara suhu (T) dengan panjang gelombang (λ) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hubungan antara suhu (T) dengan panjang gelombang (λ)

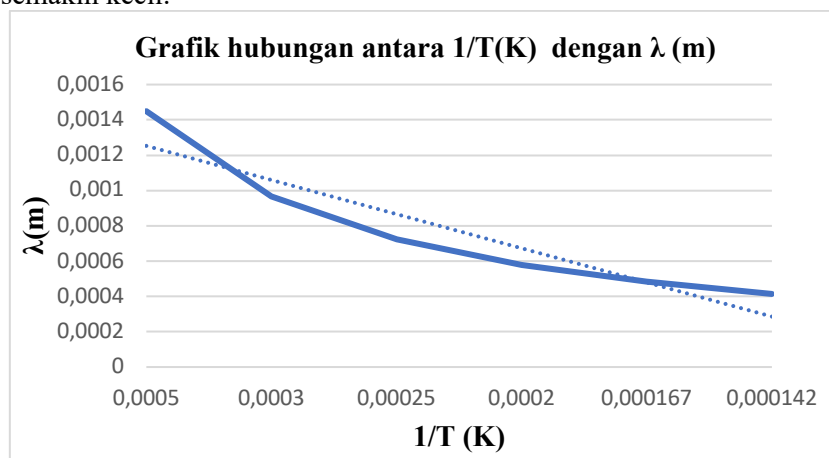
No	T(K)	λ (m)
1.	2000	0,001449
2.	3000	0,000966
3.	4000	0,000724
4.	5000	0,000580
5.	6000	0,000483
6.	7000	0,000414

Dari tabel 1 dapat diubah ke dalam persamaan regresi linier dengan memisalkan $\frac{1}{T} = x$ dan $\lambda = y$.

Tabel 2. Data nilai satu per suhu (1/T) dan panjang gelombang (λ)

No	1/T(1/K)	Λ (m)
1.	0,0005	0,001449
2.	0,0003	0,000966
3.	0,00025	0,000724
4.	0,0002	0,000580
5.	0,000167	0,000483
6.	0,000142	0,000414

Dari Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan antara $\frac{1}{T}$ dengan λ (m). Dapat dilihat bahwa perbandingan suhu dengan panjang gelombang adalah berbanding terbalik. Semakin besar suhunya maka panjang gelombangnya semakin kecil.



Gambar 7. Grafik hubungan antara $\frac{1}{T}$ (K) dengan λ (m)

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan persamaan

$$\lambda = C \frac{1}{T} \quad (1)$$

dengan λ adalah panjang gelombang (m), C adalah nilai konstanta Wien (m.K), dan T adalah suhu (K). Didapatkan persamaan regresi linear

$$y = ax \quad (2)$$

Apabila persamaan (1) dan (2) dibandingkan, diperoleh analogi $\frac{1}{T} = x$ dan $\lambda = y$. Perubahan suhu menyebabkan perubahan panjang gelombang, sehingga suhu berlaku sebagai variabel bebas dan panjang gelombang sebagai variabel terikat. Berdasarkan kedua persamaan tersebut, diperoleh besarnya gradien

$$a = C \quad (3)$$

Untuk menentukan nilai konstanta Wien dilakukan analisis data hingga diperoleh kesalahan relatif. Hal tersebut dilakukan supaya mendapatkan hasil yang mendekati kebenaran. Dari hasil regresi linier diperoleh nilai $C_{percobaan} = 2,654 \times 10^{-3}$ mK, mendekati nilai $C_{teori} = 2,9 \times 10^{-3}$ mK, dengan kesalahan relatif sebesar 1,8%. Hasil simulasi yang mendekati nilai teori ini menjadikan simulasi *PhET* efektif digunakan untuk mempelajari dan memahami fenomena radiasi benda hitam.

4. Simpulan

Dari percobaan yang telah dilakukan diperoleh data konstanta Wien yang mendekati teori yaitu sebesar $2,654 \times 10^{-3}$ mK dengan kesalahan relatif 1,8%. Dengan demikian simulasi *PhET* dapat digunakan untuk menentukan sekaligus mengkonfirmasi nilai konstanta Wien dengan hasil yang mendekati teori.

Daftar Pustaka

- [1] Nurlina 2017 Fisika Kuantum *Yogyakarta: UNY Press*
- [2] Nasution H A et al. 2023 Analisis Nilai Efisiensi Radiasi Benda Hitam Dengan Penerapan Metode Simpson 1/3 Menggunakan Pemrograman Python *Einstein* **11**(2) 60
- [3] Saparullah 2017 Rancang Bangun Sistem Penentuan Temperatur Nonkontak Berdasarkan Hukum Pergeseran Wien *Skripsi Universitas Negeri Yogyakarta*
- [4] Zettili N 2009 Quantum Mechanics Concepts and Applications, 2nd ed., vol. 01 *Jacksonville: Jacksonville State University USA: A John Wiley and Sons, Ltd., Publication*
- [5] Sutarno E and dan Hayat M S 2017 Radiasi Benda Hitam Dan Efek Fotolistrik Sebagai Konsep Kunci Revolusi Saintifik Dalam Perkembangan Teori Kuantum Cahaya *Titian Ilmu J. Ilm. Multi Sci.*, **9**(2) p 51–58
- [6] Astuti I A D and Handayani S 2018 Penggunaan Virtual Laboratory berbasis PhET Simulation Untuk Menentukan Konstanta Wien *J. Penelit. Pembelajaran Fis.* **9**(2) p 66–72