



## ANALISIS NILAI EFISIENSI RADIASI BENDA HITAM DENGAN PENERAPAN METODE SIMPSON 1/3 MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN PYTHON

Habibi Azka Nasution, Mesyadi, Mudatsir Kencana, Shiti Indriani, Ella Amanda, Siti Aulia Hutahuruk, Ratih Irma Sari, Alfia Delmi Siregar, dan Budiman Nasution

Jurusan Teknologi Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia, Medan

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

*habibiazkanasution@upmi.ac.id*

Diterima: April 2023. Disetujui: Mei 2023. Dipublikasikan: Juni 2023.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai energi efisiensi dari radiasi benda hitam. Perhitungan yang dilakukan secara eksak dibandingkan dengan perhitungan secara komputasi menggunakan metode Simpson 1/3 dengan bantuan bahasa pemrograman Python 3. Perhitungan energi efisiensi dari radiasi benda hitam dilakukan merujuk kepada persamaan Max Planck. Metode Simpson 1/3 berhasil mengimbangi untuk hasil analitik. Hal ini mengacu terhadap nilai presentasi error terkecil antara metode eksak dengan metode Simpson yang didapatkan ialah sebesar 1.12%.

**Kata Kunci:** Radiasi Benda Hitam, Energi Efisiensi, Metode Simpson 1/3, Python3

### ABSTRACT

*This study aims to determine the energy efficiency value of black body radiation. Exact calculations were compared with computational calculations using the Simpson 1/3 method with the help of the Python 3 programming language. Energy efficiency calculations from black body radiation were carried out according to Max Planck's equations. The Simpson 1/3 method manages to offset analytic results. This refers to the smallest error presentation value between the exact method and the Simpson method which is 1.12%.*

**Keywords:** Black Body Radiation, Energy Efficiency, Simpson's Method 1/3, Python3

### PENDAHULUAN

Memahami radiasi dari benda hitam sampai dewasa ini masih terus menjadi salah satu pembicaraan bagi para saintis. Seperti yang telah dilakukan oleh Gustav Kirchoff, Lord Rayleigh, James Jeans, Josef Stefan, Ludwig Boltzmann, Wilhelm Wien dan Max Planck (Wu dkk, 2019). Secara definisi, apabila terdapat cahaya yang jatuh maka terdapat

suatu objek yang menyerap seluruh cahaya jatuh tersebut, objek ini dikenal dengan benda hitam. Sementara energi radiasi yang dipancarkan oleh permukaan benda hitam yang ideal dan distribusi daya spektralnya diatur oleh suhunya sendiri disebut dengan radiasi benda hitam (Zwinkels, 2015).

Menariknya Max Planck menemukan sebuah persamaan matematika yang didukung

berdasarkan percobaan yang dilakukannya. Persamaannya merupakan hasil interpolasi antara persamaan Wien dan persamaan Rayleigh Jeans. Adapun persamaannya diekspresikan pada persamaan (1) di bawah ini.

$$E(v, T) = \frac{8\pi h v^3}{c^3} \frac{1}{e^{\frac{hv}{kT}} - 1} \quad (1)$$

Dimana  $h$  adalah konstanta Planck,  $c$  merupakan kecepatan cahaya,  $T$  sebagai temperatur absolut dan  $k$  ialah konstanta Boltzmann. Persamaan (1) di atas juga dikenal dengan Hukum Radiasi Benda Hitam Planck. Berdasarkan hipotesa Planck diketahui bahwa kecepatan yang sebanding dengan temperatur mutlaknya akan menghasilkan total energi dari benda hitam (Festiyed, 2008). Jika dirumuskan menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$E_{total} = a.T^4 \quad (2)$$

dengan  $a = \frac{8 \pi^5 k^4}{15 c^3 h^3}$ .

Kemudian persamaan integral Planck dapat digunakan untuk menghitung energi total yang berada pada sebuah spektrum terlihat. Persamaannya diekspresikan sebagai berikut (Michels, 1969).

$$E_t = \int_{\lambda_a}^{\lambda_b} 8\pi ch \frac{1}{\left(e^{\frac{ch}{\lambda kT}} - 1\right)} \frac{d\lambda}{\lambda^5} \quad (3)$$

Melalui persamaan (3) diketahui nilai dari panjang gelombang  $\lambda_a$ , panjang gelombang  $\lambda_b$  masing – masing adalah  $0.39\mu m$  dan  $0.77\mu m$ . Setiap pancaran yang ada akan ditentukan nilai efisiensinya. Nilai efisiensi merupakan presentasi hasil bagi antara total energi terlihat dengan total energi. Energi efisiensi dinyatakan sebagai berikut (Kaplan, 1966).

$$E_{efisien} = \frac{E_t}{E_{total}} \times 100\% \quad (4)$$

Persamaan yang berhasil dipecahkan oleh Max Planck tersebut telah membawa perubahan terhadap paradigma kuantum, dimana kuantum ternyata dapat menjelaskan berbagai fenomena fisika di kehidupan sehari-

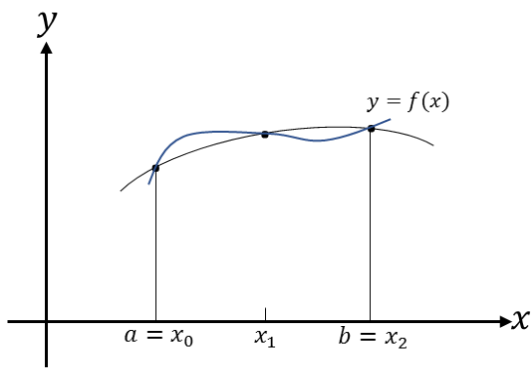
hari. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan dengan memanfaatkan persamaan Max Planck tersebut, salah satunya penelitian dengan menggunakan komputasi. Hal ini dilakukan karena sering terjadi kesalahan perhitungan secara manual. Pemanfaatan berbagai macam metode numerik tentunya telah dilakukan. Bahkan telah berhasil dilakukan berbagai macam simulasi untuk radiasi benda hitam salah satunya dengan menggunakan metode interpolasi (Burhendi dkk, 2019). Selain itu, penggunaan metode-metode lainnya juga dapat diaplikasikan untuk melakukan perhitungan integrasi numerik lainnya (Zhang dkk, 2009). Kemudian bahasa pemrograman yang digunakan juga bervariasi seperti Borlan Delphi 7 (Festiyed, 2008), MatLab (Graciani dan Amblard, 2019) dan sebagainya.

## METODE PENELITIAN

Perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan perhitungan analitik dan perhitungan numerik. Perhitungan analitik untuk total energi ialah dengan memanfaatkan persamaan (2). Sedangkan untuk perhitungan total energi terlihat menggunakan persamaan (3) yang diselesaikan secara integrasi numerik dengan menerapkan metode Simpson 1/3.

### 1. Metode Simpson 1/3

Kehadiran metode integrasi numerik menjadi jembatan untuk membandingkan perhitungan secara analitik dengan numerik yang sangat akurat. Metode integrasi sendiri terdiri atas metode Titik Tengah, metode Trapezoid, metode Trapezoid Multigrid, metode Simpson 1/3, metode Simpson 1/3 Multigrid, metode Simpson 3/8 (Oke, 2020). Metode Simpson 1/3 merupakan penyempurnaan dari metode sebelumnya, yaitu metode Trapezoid. Secara umum metode Simpson 1/3 dapat digambarkan pada sket berikut ini (Burden dan Faire, 2011).



Gambar 1. Grafik metode Simpson 1/3.

Sehingga aturan Simpson dapat diselesaikan menjadi

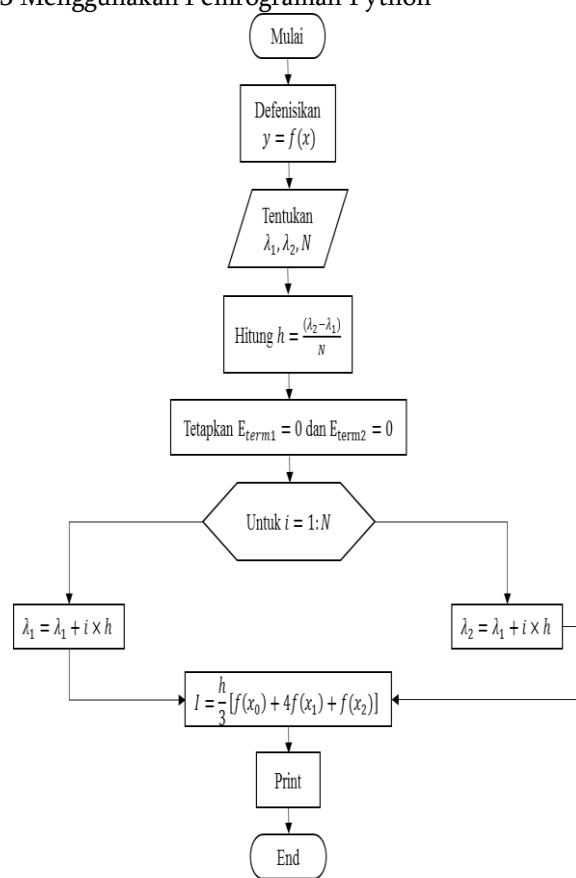
$$\int_a^b f(x) dx = \int_{x_0}^{x_2} \left[ \frac{(x-x_1)(x-x_2)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)} f(x_0) + \frac{(x-x_0)(x-x_2)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)} f(x_1) + \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{(x_2-x_0)(x_2-x_1)} f(x_2) \right] dx + \int_{x_0}^{x_2} \frac{(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)}{6} f^{(3)}(\xi(x)) \quad (5)$$

Melalui penyelesaian untuk persamaan (5) di atas aturan metode Simpson 1/3 yang digunakan ialah pada persamaan (6) dengan mengimplementasikan fungsi integral yang ada.

$$I = \int_{x_0}^{x_2} f(x) dx = \frac{h}{3} [f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)] \quad (6)$$

## 2. Flowchart

Perhitungan secara numerik akan lebih mudah dipahami dengan menyusun diagram alir sesuai dengan metode yang digunakan. Adapaun diagram alir pada penelitian ini ialah sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram alir pemrograman dengan metode Simpson 1/3.

## 3. Paramater

Adapun parameter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Parameter pemrograman.

No	Parameter	Nilai
1	$c$	2.998e8 m/s
2	$h$	6.626e - 34 J.s
3	$k$	1.381e - 23 J/K
4	$\lambda_1$	0.39e - 6 m
5	$\lambda_2$	0.77e - 6 m
6	$T_{awal}$	1500 K
7	$T_{akhir}$	7000 K

## HASIL DAN PEMBAHASAN

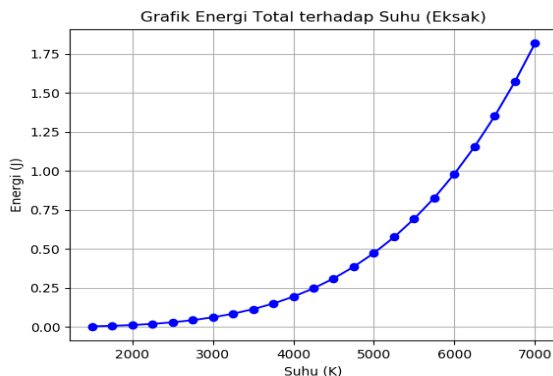
Berdasarkan hasil pemrograman menggunakan metode Simpson 1/3 dengan bantuan pemrograman Python 3, didapatkan nilai eksak dan numerik untuk perhitungan

efisiensi radiasi benda hitam yang dimulai dari suhu awal  $T_{awal} = 1500K$  dan  $T_{akhir} = 7000K$  dengan interval 250 yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini.

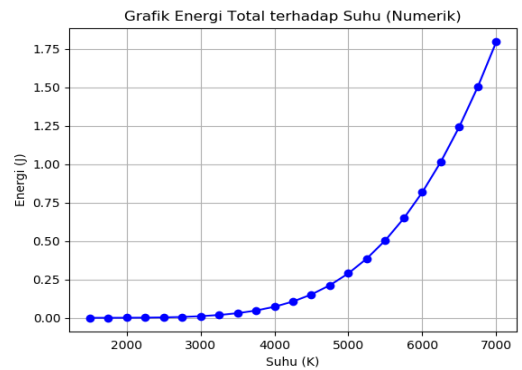
**Tabel 2.** Data presentasi efisiensi radiasi benda hitam.

N o	Suhu (K)	Perhitu ngan Energi Eksak (J)	Perhitu ngan Energi Metode Simpson 1/3 (J)	Presen tasi Efisien si (%)
1	1500	0.00383	0.00001	0.48
2	1750	0.00710	0.00001	1.52
3	2000	0.01211	0.00004	3.41
4	2250	0.01940	0.00117	6.08
5	2500	0.02958	0.00276	9.35
6	2750	0.04331	0.00566	13.08
7	3000	0.06134	0.01052	17.16
8	3250	0.08449	0.01824	21.59
9	3500	0.11364	0.02999	26.39
10	3750	0.14976	0.04726	31.56
11	4000	0.19387	0.07190	37.09
12	4250	0.24707	0.10601	42.91
13	4500	0.31054	0.15196	48.93
14	4750	0.38552	0.21226	55.06
15	5000	0.47331	0.28949	61.16
16	5250	0.57532	0.38625	67.14
17	5500	0.69298	0.50503	72.88
18	5750	0.82783	0.64819	78.30
19	6000	0.98147	0.81792	83.34
20	6250	1.15556	1.01616	87.94
21	6500	1.35185	1.24464	92.07
22	6750	1.57213	1.50481	95.72
23	7000	1.8183	1.79791	99.88

Kemudian untuk grafik dari masing – masing data hasil perhitungan pada Tabel 2 di atas ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 di bawah ini.

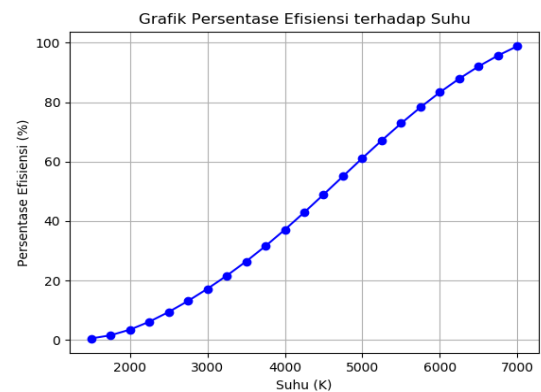


**Gambar 3.** Energi total terhadap suhu secara analitik.



**Gambar 4.** Energi total terhadap suhu secara numerik

Adapun presentasi kesalahan terkecil antara perhitungan analitik dengan metode yang digunakan ialah sebesar 1.12%. Selanjutnya untuk presentasi energi efisiensi dari radiasi benda hitam terhadap suhu ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.



**Gambar 5.** Presentasi energi efisiensi terhadap suhu.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Metode integrasi numerik dengan Simpson 1/3 berhasil dibangun untuk menghitung energi efisiensi dari radiasi benda hitam. Tentunya dengan memanfaatkan metode Simpson lebih memudahkan untuk melakukan perhitungan jika dibandingkan dengan cara analitik. Karena membutuhkan perhitungan yang rumit dan kehati – hatian yang tinggi agar tidak terjadi kesalahan perhitungan. Jika meninjau hasil pemrograman yang telah dilakukan dapat disimpulkan juga bahwa semakin tinggi nilai temperatur, maka nilai energi efisiensi semakin baik. Hal ini sejalan dengan teori yang telah ada.

Habibi Azka Nasution, Mesyadi, Mudatsir Kencana, Shiti Indriani, Ella Amanda, Siti Aulia Hutahuruk, Ratih Irma Sari, Alfia Delmi Siregar, dan Budiman Nasution; Analisis Nilai Efisiensi Radiasi Benda Hitam Dengan Penerapan Metode Simpson 1/3 Menggunakan Pemrograman Python

Sebagai bahan kajian yang lebih mandalam tentunya masih terdapat berbagai parameter yang dapat digunakan untuk penelitian kedepannya. Selain itu, pengembangan metode – metode numerik lainnya juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembanding untuk hasil – hasil yang lebih akurat dalam hal penentuan energi efisiensi dari radiasi benda hitam.

Zhang, X., Wu, J., Yu, D., (2009), Superconvergence of the Composite Simpson's Rule for a Certain Finite-Part Integral and its Applications, *Journal of Computational and Applied Mathematics* 223: 598-613.

Zwinkels, J.C., (2015), Blackbody and Blackbody Radiation, *Encyclopedia of Color Science and Technology*, DOI 10.1007/978-3-642-27851-8\_370-1.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Burden, R.L and Faires, J.D, (2011), Numerical Analysis Ninth Edition, ISBN-13: 978-0-538-73351-9, *CENGAGE Learning*, Boston : USA.
- Burhendi, F.C.A., Siswanto, R.D., Laksanawati, W.D., (2019), Simulation of Radiation Calculation of Black Body by Using the Interpolation Method, *Omega : Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika* 5(1): 23-26.
- Festiyed, (2008), Program Perhitungan Efisiensi Energi Radiasi Benda Hitam Melalui Metode Simpson dengan Borland Delphi 7, *SAINTEK* 11.
- Graciani, G and Amblard, F, (2019), Super-Resolution Provided by the Arbitrarily Strong Superlinearity of the Blackbody Radiation, *Nature Communications*, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13780-4>.
- Kaplan, I, (1966), Nuclear Physics, Japan Publication Trading Company, Tokyo, Jepang.
- Michels, T.E., (1968). Planck Functions and Integrals ; Methods of Computation, National Aeronautics and Space Administration, Washington DC.
- Oke, A.S, (2020), Numerical Integration, ResearchGate, Adekunle Ajasin University.
- Wu, J., Zhou, Y., Han, X., Cheng, S., (2019), The Black Body Radiation Inversion Problem : A Numerical Perspective Utilizing Bernstein Polynomials, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 107: 114-120.