

PROGRAM PERHITUNGAN EFISIENSI ENERGI RADIASI BENDA HITAM MELALUI METODE SIMPSON DENGAN BORLAND DELPHI 7

Festiyed ^{*)}

ABSTRACT

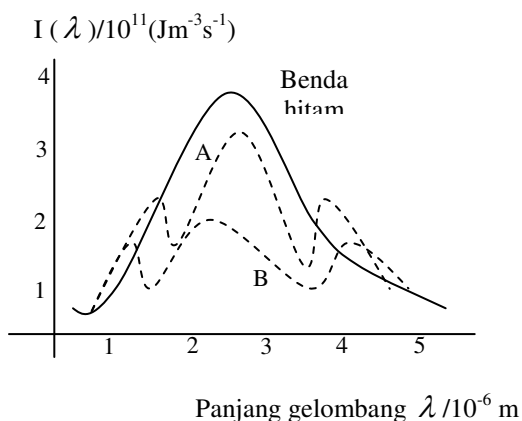
Has been design program to determine efesiensi radiation of black body through method Simpson applies programming language Borland Delphi. To know level of black body radiant energy is required [by] mathematical calculation of which is complicated enough and requires time sufficiently long, this thing would many generating error in calculation and data processing. Calculation program designed able to calculate efesiensi radiation of black body easily and quickly with level of a real small error that is 0219%.

Key words : radiation of black body, method Simpson, Borland Delphi.

^{*)} Jurusan Fisika Fakultas MIPA UNP, email: festiyed@yahoo.com

PENDAHULUAN

Dalam fisika, benda hitam adalah objek yang menyerap seluruh cahaya yang jatuh kepadanya, tidak ada cahaya yang menembusnya atau dipantulkannya. Istilah "benda hitam" pertama kali diperkenalkan oleh Gustav Kirchoff pada tahun 1862. Cahaya yang dipancarkan oleh benda hitam disebut radiasi benda hitam. Jika benda dipanaskan pada suhu tinggi akan memancarkan cahaya dalam panjang gelombang tampak, misalnya logam, lampu pijar lama-kelamaan akan memijar, dan mengeluarkan cahaya. Pada temperatur kamar semua benda memancarkan radiasi gelombang elektromagnet (Kaplan, 1963; Beiser, 1992; Krane, 1992).



Gambar 1. Spektrum Radiasi Benda Panas A dan B serta Benda Hitam (Kaplan, 1966)

Bila diselidiki spektrum yang keluar dari benda, misalnya besi (A) dan lampu pijar (B) serta benda hitam diperlihatkan melalui grafik pada Gambar 1.

Pada Gambar 1 sumbu tegak menyatakan intensitas cahaya tiap satuan luas benda pemancar. Besaran ini disebut daya emisi monokromatik, dinyatakan dengan $I(\lambda)$. Intensitas cahaya yang dipancarkan oleh satuan luas daerah untuk daerah panjang gelombang sebesar $d\lambda$ di sekitar panjang gelombang λ :

$$dI = I(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots(1)$$

Intensitas total cahaya yang dipancarkan per-satuan luas benda untuk seluruh harga panjang gelombang adalah:

$$I = \int_0^{\infty} I(\lambda) d\lambda \dots\dots\dots(2)$$

Intensitas total I merupakan luas daerah di bawah lengkung daya emisi spektrum monokromatik $i(\lambda)$. Pada Gambar 1 cahaya yang dipancarkan oleh benda pijar mempunyai berbagai panjang gelombang.

Pada tahun 1879, J.Stefan dan L.Boltzmann menemukan hubungan bahwa jumlah energi yang dipancarkan suatu benda hitam sebanding dengan pangkat empat temperaturnya. Hukum Stefan Boltzmann dapat dituliskan sebagai (Beiser:1992):

$$E = \sigma T^4 \dots\dots\dots(3)$$

Tetapan σ merupakan tetapan Stefan Boltzmann yang besarnya sama dengan $5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$

$10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$. Rumus Stefan Boltzmann menyatakan besarnya energi radiasi total yang dipancarkan oleh benda persatuan luas persatuan waktu. Dari rumusan Stefan Boltzmann terlihat bahwa daya yang dipancarkan persatuan luas hanya bergantung pada suhu dan ditentukan oleh sifat-sifat lain dari benda.

Spektrum yang teramati dari radiasi benda hitam ini tidak dapat dijelaskan dengan teori elektromagnetik dan mekanika statistik klasik. Wien seorang ahli fisika telah melakukan percobaan dan menunjukkan bahwa rapat energi haruslah dalam bentuk persamaan (4) (Kaplan:1966):

$$E(\lambda, T) = \lambda^{-5} f(\lambda T) \dots\dots\dots(4)$$

Dalam bentuk fungsi frekuensi, maka persamaan di atas menjadi:

$$E(\nu, T) = \nu^3 g\left(\frac{\nu}{T}\right) \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan ini kemudian dikenal dengan hukum Wien. Implikasi dari hukum ini adalah distribusi spektrum radiasi benda hitam untuk sembarang temperatur dapat dicari dengan persamaan (5) di atas. Bila fungsi $g\left(\frac{\nu}{T}\right)$

mempunyai nilai maksimum untuk $\frac{\nu}{T} > 0$, maka berlaku

$$\lambda_{maks} = \frac{b}{T} \dots\dots\dots(6)$$

dengan b adalah tetapan universal. Untuk fungsi $g\left(\frac{\nu}{T}\right)$, maka Wien menggunakan model berikut:

$$g(\nu/T) = Ce^{-\beta\nu/T} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan model ini maka data eksperimen untuk frekuensi tinggi dapat diverifikasi dengan sangat baik.

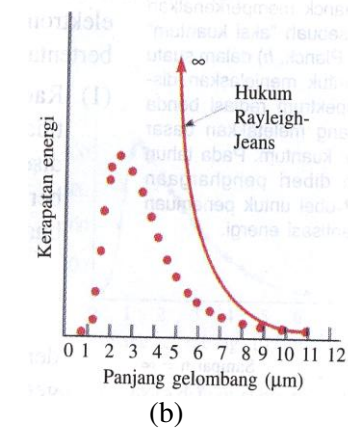
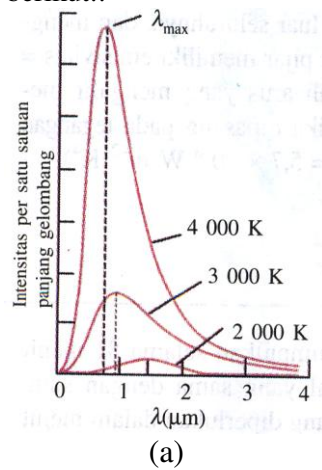
Pada tahun 1900 Rayleigh juga menurunkan formula

$$E(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} kT \dots\dots\dots(8)$$

dengan $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/k}$, dan c adalah kecepatan cahaya. Rumus ini diturunkan berdasarkan dua hal: pertama, hukum klasik ekipartisi energi menyatakan rata-rata energi per derajat kebebasan untuk sistem dinamik

yang berada dalam keadaan kesetimbangan dalam konteks ini adalah kT dan kedua, perhitungan jumlah modus (derajat kebebasan) untuk radiasi elektromagnetik dengan frekuensi dalam interval $(\nu+d\nu)$.

Dari hasil eksperimen terlihat bahwa hukum Wien berlaku untuk frekuensi tinggi atau panjang gelombang pendek, sedangkan rumus Rayleigh cocok untuk frekuensi rendah atau panjang gelombang besar, dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:.



Gambar 2. (a). Kurva Pergeseran Wien dan (b). Kurva Rayleigh-Jeans (Beiser, 1992; Krane,1992)

Pada tahun 1900, Max Planck menemukan rumus dengan cara interpolasi (fitting) antara rumus Wien dengan rumus Rayleigh Jeans. Rumus ini adalah

$$E(\nu, T) = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT} - 1} \dots\dots\dots(9)$$

dengan h adalah tetapan Planck (parameter) yang besarnya $6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$. Rumusan Planck di atas cocok dengan data eksperimen, yaitu mulai dari frekuensi rendah sampai frekuensi

tinggi. Planck berhasil menemukan suatu persamaan matematika untuk radiasi benda hitam yang benar-benar sesuai dengan data percobaan yang diperolehnya.

Persamaan tersebut selanjutnya disebut Hukum Radiasi Benda Hitam Planck, yang menyatakan bahwa intensitas cahaya yang dipancarkan dari suatu benda hitam berbeda-beda sesuai dengan panjang gelombangnya. Teori Planck ini dikenal juga sebagai "teori kuantum". Teori kuantum dari Planck diakui kebenarannya karena dapat dipakai untuk menjelaskan berbagai fenomena fisika yang saat itu tidak bisa diterangkan dengan teori klasik.

Masalah teoretis ini dipecahkan oleh Max Planck, yang menganggap bahwa radiasi elektromagnetik dapat merambat hanya dalam bentuk paket-paket, atau kuantum. Perkembangan teoretis ini akhirnya menyebabkan digantikannya teori elektromagnetik klasik dengan mekanika kuantum. Saat ini, paket-paket tersebut disebut foton.

Hukum radiasi benda hitam Planck menyatakan bahwa intensitas cahaya yang dipancarkan dari suatu benda hitam berbeda-beda sesuai dengan panjang gelombang cahaya. Planck mendapatkan suatu persamaan: $E = h \nu$, yang menyatakan bahwa energi sebuah foton (E) setara dengan nilai tetapan tertentu yang dikenal sebagai tetapan Planck (h), dikalikan dengan frekuensi (ν).

Hipotesa Planck yang bertentangan dengan teori klasik tentang gelombang elektromagnetik ini merupakan titik awal dari lahirnya teori kuantum yang menandai terjadinya revolusi dalam bidang fisika. Terobosan Planck merupakan tindakan yang sangat berani, karena bertentangan dengan hukum fisika yang telah mapan dan sangat dihormati di era tersebut. Dengan teori ini ilmu fisika mampu menyuguhkan pengertian yang mendalam tentang alam benda dan materi. Pada mulanya, Planck sendiri dan fisikawan lainnya menganggap bahwa hipotesa tersebut tidak lain dari fiksi matematika yang cocok. Namun setelah berjalan beberapa tahun anggapan tersebut berubah, karena hipotesa Planck tentang kuantum ternyata dapat digunakan untuk menerangkan berbagai fenomena fisika.

Suatu benda hitam akan mengeluarkan energi pada suatu kecepatan sebanding dengan temperatur mutlaknya, sesuai dengan persamaan:

$$E = a.T^4 \dots\dots\dots(10)$$

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

Untuk menghitung energi total yang terkandung dalam spektrum yang kelihatan digunakan integrasi persamaan Plank dengan batas panjang gelombang 0,39 μm sampai 0,77 μm , dimana integrasi tersebut adalah (Kaplan, 1966):

$$E_{tampak} = \int_{0,39}^{0,77} 8\pi ch \frac{1}{(e^{ch/k\lambda T} - 1)} \frac{d\lambda}{\lambda^5} \dots(11)$$

Dimana :

$$\lambda = \text{Panjang Gelombang } (\mu\text{m})$$

$$E = \text{Energi Pancaran (Watt/}\mu\text{m}^2)$$

$$T = \text{Temperatur (k)}$$

Untuk menentukan efisiensi pancaran benda hitam didefinisikan sebagai hasil bagi antara energi dalam spektrum yang kelihatan dengan energi total. Untuk menentukan persentase efisiensi persamaan tersebut dikalikan dengan 100, seperti berikut(Kaplan,1966):

$$E_{eef} = \frac{E_{tampak}}{E_{total}} \times 100\%$$

$$E_{eef} = \frac{\int_{0,39}^{0,77} 8\pi ch \frac{1}{(e^{ch/k\lambda T} - 1)} \frac{d\lambda}{\lambda^5}}{a.T^4} \times 100\% \dots(12)$$

Besarnya efisiensi energi radiasi benda hitam merupakan perbandingan energi yang diserap oleh suatu benda hitam dalam panjang gelombang cahaya tampak, yang memiliki panjang gelombang 0,39 μm sampai 0,77 μm dengan total energi yang diserap dalam semua panjang gelombang. Untuk mengetahui besarnya energi radiasi benda hitam diperlukan perhitungan matematis yang cukup rumit dan memerlukan waktu yang cukup lama, hal ini akan banyak menimbulkan kesalahan dalam perhitungan dan pengolahan data. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melalui metode numerik dengan pemrogram komputer menggunakan Borlan Delphi 7.

Metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. Metode integrasi numerik sederhana yang sesuai adalah metode Simpson. Simpson menggunakan pendekatan fungsi parabola atau polinom orde dua (H.Mthews, 1992).

Integrasi numerik merupakan suatu proses mencari nilai integral suatu fungsi yang dibatasi titik variabel tertentu dengan menggunakan sederetan nilai numerik yang diketahui. Keuntungan penyelesaian persoalan integrasi numerik yaitu dapat menyelesaikan persoalan integrasi fungsi-fungsi yang cukup kompleks dengan persamaan (13) berikut:

$$L = \frac{1}{3} \Delta x \left[f(x_1) + \Delta f(x_2) + \Delta f(x_4) + \Delta f(x_6) + \dots \right] \dots (13)$$

$$+ 2f(x_3) + 2f(x_5) + 2f(x_7) + \dots + f(x_n)$$

Seperti halnya dalam aturan segi empat dan trapesium, metode simpson juga mempunyai kesalahan. Untuk memperkirakan besarnya kesalahan dipakai untuk menghitung kesalahan pemotongan yang terjadi pada metode simpson sama dengan cara yang dipakai pada metode trapesium, yaitu dengan meninjau pasangan pita yang terletak antara $x = x_{i-1}$ dengan $x = x_i$,

$$I_1 = \int_{x_{i-1}}^{x_i} f(x) dx = f(x_{i+1}) - f(x_{i-1}) \dots (14)$$

Komputer berperan besar untuk mempercepat proses perhitungan penyelesaian persamaan (13). Jumlah operasi aritmatika ini umumnya sangat banyak dan berulang, sehingga perhitungan secara manual, memerlukan waktu yang cukup lama dan sering menimbulkan kesalahan dalam perhitungan. Program penyelesaian persamaan (13) dapat dicari menggunakan bahasa pemrograman seperti FORTRAN, BORLAND DELPHI, PASCAL, C, C++, BASIC, dan sebagainya. Selain itu kita juga dapat menggunakan program aplikasi seperti MATHLAB, MATHCAD, MAPLE 8 dan sebagainya. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan bahasa Pemrograman DELPHI 7. Pemrograman DELPHI 7 yang merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan dari bahasa pendahulunya yaitu Pascal dan bekerja di bawah sistem operasi windows 9x/XP/lainnya (Bill Todd, 1995).

Dalam perancangan program menggunakan Delphi banyak kemudahan-kemudahan yang dapat digunakan, karena pemrogramannya berorientasi pada objek (Object Oriented Programmed) OOP. Selain itu pada DELPHI juga tersedia antarmuka grafis yang fleksibel, kelebihan delphi lainnya dalam hal kecepatan proses kompilasi programnya. Program yang telah dirancang menggunakan visual component library dan elemen-elemen grafik yang disusun sedemikian rupa menghasilkan tampilan seperti

Gambar 3, (Festiyed, 2007). Program ini digunakan untuk menentukan efisiensi pancaran benda hitam dengan data masukan yang berupa: temperatur dan panjang gelombang.



Gambar 3. Tampilan Awal Program Menentukan Efisiensi Pancaran Benda Hitam.

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap memecahkan persoalan dengan metode numerik adalah:

Pemodelan

Pemodelan merupakan tahap awal dalam pemecahan masalah yang ada, persoalan tersebut dimodelkan kedalam persamaan matematika.

Penyederhanaan model

Jika model matematika yang dihasilkan pada tahap pertama terlalu kompleks yaitu terlalu banyak variabel atau parameter yang ada di dalamnya, maka dengan beberapa pemisalan kita dapat mengabaikan beberapa parameter sehingga didapatkan model matematik yang lebih sederhana.

Formulasi numerik

Setelah model matematika sederhana diperoleh maka kita harus memformulasikannya secara numerik antara lain: pertama, menentukan metode numerik yang dipakai bersama-sama dengan analisis awal, pemilihan metode didasari pada pertimbangan apakah metode tersebut teliti, apakah metode tersebut mudah diprogram dan waktu pelaksanaannya cepat, apakah metode tersebut peka terhadap perubahan data yang cukup kecil. Kedua, menyusun algoritma dari metode numerik yang dipilih.

Pemrograman

Yaitu menterjemahkan algoritma ke dalam program komputer dengan menggunakan salah satu bahasa pemrograman.

Operasional

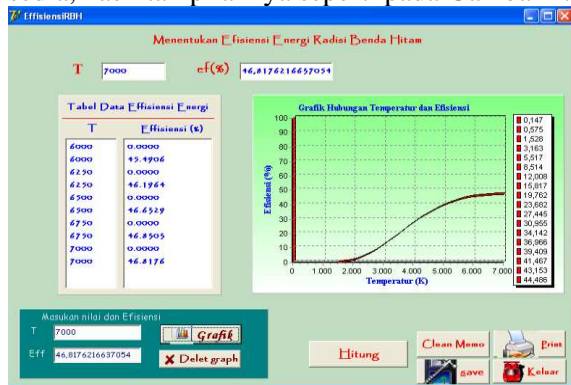
Pada tahap ini program komputer dijalankan dengan data uji coba sebelum data yang sesungguhnya.

Evaluasi

Bila program telah selesai dijalankan dengan data sesungguhnya maka hasil yang diperoleh diinterpretasikan yang meliputi analisis hasil dan membandingkannya dengan prinsip dasar dan hasil-hasil empiris untuk menaksir kualitas solusi numerik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini penggunaan program dari masukan data efisiensi energi radiasi benda hitam untuk berbagai suhu mulai dari suhu 1500°K sampai 5000°K. Masing-masing data tersebut dimasukkan dalam kotak yang telah tersedia, hasil tampilannya seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Hasil Program Efisiensi Energi Radiasi Benda Hitam.

Tabel 1. Persentase Kesalahan Efisiensi Energi Radiasi Benda Hitam

No	Temperatur (°K)	% kesalahan
1	1500	0.204
2	1750	0.244
3	2000	0.236
4	2250	0.219
5	2500	0.251
6	2750	0.205
7	3000	0.199
8	3250	0.234
9	3500	0.212
10	3750	0.176
11	4000	0.202
12	4250	0.209
13	4500	0.182
14	4750	0.287
15	5000	0.225

Dari hasil perhitungan numerik metode simpson 1/3 dengan batas iterasinya 1.0×10^{-8} , persen kesalahan pada suhu 1500°K sampai

5000°K diperoleh seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa hasil perhitungan efisiensi energi radiasi benda hitam dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi rata-rata persen kesalahan yang sangat kecil yaitu 0.219 %.

SIMPULAN DAN SARAN

Program perhitungan yang dirancang dapat menghitung efisiensi radiasi benda hitam dengan mudah dan cepat dengan kesalahan yang sangat kecil yaitu 0.219 %. Namun penelitian ini belum dapat mengolah data dari hasil pengukuran yang diinput dari luar melalui sistem interface, disarankan penelitian lanjutan dikembangkan agar bisa mengambil data dari luar atau dari file yang berbeda.

DAFTAR RUJUKAN

Bill Todd, Vince Kellen, ray Novak, Brad Saenz, 1995, *Delphi a Developer's Guide*, MsiT Books, Inc, Printed in the USA

Beiser, Arthur,(1992). *Konsep Fisika Modern*. Terjemahan The Houw Liong Ph.D. Erlangga. Jakarta.

Festiyyed, (2003). *Fisika Komputasi*. Universitas Negeri Padang. Padang.

Festiyyed, (2007). *Pemrograman Lanjut dengan Borland Delphi*, UNP Press, Padang

H.Mathews, Jhon,(1992), *Numerical Methods for Mathematics, Science, and Engineering (second edition)*,Prentice-Hall, Inc A. Simon & Schuster Company, New Jersey.

Kaplan. Irving.(1966). *Nuclear Physics*. Japan Publication Trading Company. Tokyo, Jepang.

Krane, S. Kenneth.1992. *Fisika Modern*. Terjemahan Hans J. Wospakrik. Universitas Indonesia. Jakarta.