

Pergeseran Spektrum Pada Filamen Lampu Wolfram Spectra Displacement of Wolfram Lamp

Lovy Amirla Dewi, Agus Purwanto, Heru Kuswanto
Jurusan Fisika FMIPA UNY

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pergeseran spektrum pada filamen lampu wolfram yang disebabkan oleh variasi tegangan yang dikenakan.

Cahaya lampu dikenakan pada celah yang diteruskan pada prisma; intensitas setiap warna dideteksi dengan menggunakan LDR (*Light Dependent Resistor*). Tegangan yang dikenakan kepada lampu divariasikan dari 5 volt hingga 11 volt.

Kenaikan tegangan yang dikenakan pada lampu wolfram mengakibatkan pergeseran puncak spektrum ke arah warna ungu (panjang gelombang yang lebih kecil). Hasil ini menunjukkan adanya keterkaitan antara kenaikan tegangan pada filamen wolfram dengan panjang gelombang puncak spektrum.

Kata kunci : pergeseran spektrum, filamen, prisma, LDR

ABSTRACT

The aim of this research was to find the spectra displacement of wolfram lamp filament caused by voltage variation applied to the lamp.

Lamp light was falling on the entrance slit and then through to the prism; LDR was used to detect the intensity of each spectrum. The voltage applied varied between 5 volt to 11 volt.

Increasing of voltage that was applied to wolfram lamp caused spectrum peak displacement to the violet (to smaller wave length). The result showed the dependence of the wavelength of spectrum peak to the voltage of wolfram filament

Key world: spectrum displacement, filament, prism, LDR

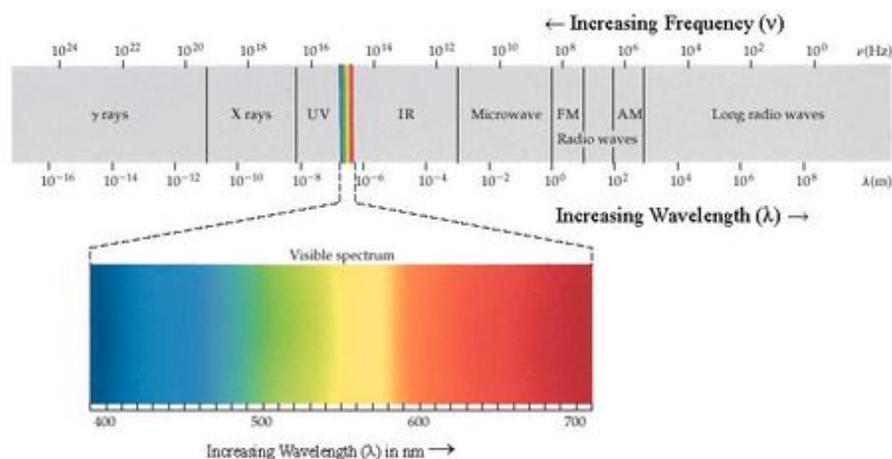
Pendahuluan

Semua benda secara kontinyu memancarkan radiasi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Radiasi sebuah benda baru dapat terlihat jika suhunya lebih dari 1000 K, yaitu saat benda mulai berpijar merah, dan pada suhu 2000 K benda berpijar kuning atau keputih-putihan, seperti pijar putih dari filamen lampu pijar. Bahan kawat pijar umumnya terbuat dari kawat wolfram. Wolfram ini memiliki titik lebur yang tinggi yaitu 3655 K. Semakin tinggi suhu filamen, intensitas relatif dari spektrum cahaya yang dipancarkan akan semakin tinggi. Pada benda hitam hukum pergeseran Wien berlaku, yaitu panjang

gelombang puncak spektrum berbanding terbalik dengan suhu. Bertolak dari hukum pergeseran Wien yang berlaku pada benda hitam, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat relasi yang mirip dengan hukum pergeseran Wien antara puncak spektrum lampu filamen dengan tegangan yang dikenakan pada lampu.

Teori

Cahaya merupakan energi berbentuk gelombang dan membantu kita melihat. Cahaya tampak adalah sebagian dari spektrum gelombang elektromagnet yang mempunyai panjang gelombang antara 400 nanometer (*nm*) dan 800 *nm* (dalam udara).



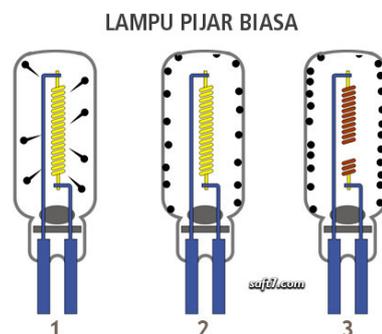
Gambar1. Gelombang elektromagnetik dan spektrum cahaya tampak (http://en.wikipedia/wiki/electromagnetic_radiation).

Panjang gelombang yang berbeda-beda diinterpretasikan oleh otak manusia sebagai warna, dengan merah adalah panjang gelombang terpanjang (frekuensi paling rendah) hingga ke violet dengan panjang gelombang terpendek (frekuensi paling tinggi). Cahaya dengan panjang gelombang di bawah 400 *nm* dan di atas 800 *nm* tidak dapat dilihat manusia dan disebut ultraviolet pada batas panjang gelombang pendek dan inframerah pada batas panjang gelombang terpanjang.

Salah satu sumber cahaya yang paling dekat dengan manusia adalah lampu. Cahaya putih yang dihasilkan oleh sebuah lampu adalah percampuran dari

tujuh warna yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, ungu. Warna-warna dalam cahaya putih dapat diuraikan dengan menggunakan prisma menjadi jalur warna. Jalur warna ini dikenal sebagai spektrum sedangkan penguraian cahaya putih kepada spektrum ini dikenal sebagai penyerakan cahaya (difusi). Spektrum warna terbentuk karena cahaya yang berlainan warna terbias pada sudut yang berlainan. Cahaya ungu terbias dengan sudut paling besar. Cahaya merah terbias dengan sudut paling kecil.

Cahaya lampu pijar dibangkitkan dengan mengalirkan arus listrik antara ujung-ujung sebuah kawat, arus akan berbanding terbalik dengan tahanan kawat tersebut. Arus listrik dalam kawat pijar merupakan gerakan elektron-elektron bebas yang terjadi akibat benturan-benturan dengan elektron-elektron yang terikat pada inti atom. Elektron-elektron terikat bergerak dalam orbit-orbit tertentu mengitari inti atom. Kalau terjadi benturan dengan elektron bebas sebuah elektron terikat dapat meloncat dari orbitnya dan menempati orbit yang lain yang lebih besar dengan energi yang lebih besar pula. Kemudian elektron-elektron ini meloncat kembali ke orbit semula, kelebihan energinya akan bebas dan dipancarkan menjadi cahaya atau panas tergantung pada panjang gelombangnya. Pengurangan tahanan kawat berarti bertambahnya arus yang mengalir melaluinya, akan menyebabkan kawat tersebut menjadi merah pijar dan akhirnya putih panas, mengeluarkan radiasi menyebar sekeliling spektrum yang dapat dilihat (Abdul Kadir, 1993:46)



Gambar 2. Lampu pijar biasa (<http://www.saft7.com/wp-print.php?p=196>)

Saat filamen memiliki suhu yang sangat tinggi maka lampu akan mati atau filamennya putus. Gambar 2 menjelaskan proses yang menyebabkan filamen lampu putus, yaitu:

1. Daya listrik membuat filamen membara. Pada saat filamen membara, wolfram akan menguap.
2. Wolfram menguap, kemudian terkondensasi pada dinding kaca yang lebih dingin.
3. Hal ini terjadi terus menerus selama lampu menyala, sehingga semakin lama kaca lampu akan terlihat menghitam, kemudian hingga suatu saat filamen wolfram akan terus menipis dan akhirnya putus, lampu mati

Lampu-lampu terdahulu terbuat dari filament karbon yang terbungkus di dalam sebuah penutup gelas hampa udara. Sekarang ini filament-filamen terbuat dari kawat wolfram karena titik leburnya sangat tinggi yaitu 3655 K (Neidle, 1991:259). Cahaya yang dipancarkan lampu pijar memiliki spektrum kontinyu. Intensitas cahaya dari masing-masing warna yang dipancarkan tergantung pada suhu kawat pijarnya.

Radiasi adalah pemancaran energi dari permukaan semua benda. Energi ini disebut energi radiasi yang merambat dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Radiasi benda panas akan terjadi terus menerus. Benda itu akan memancarkan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang (atau frekuensi) tertentu. Radiasi tidak hanya tergantung pada suhu tetapi juga pada komposisi dari bendanya.

Namun untuk gas ideal dapat diasumsikan bahwa spektrum dari radiasi panas hanya bergantung pada suhu dari benda, tidak tergantung pada komposisi material benda. Energi radiasi yang diserap oleh suatu benda akan berbeda dengan benda yang sejenis pada suhu yang sama dan panjang gelombang yang sama. Perbedaan ini tergantung pada permukaan dari benda yang menyerap energi tersebut. Ada suatu benda yang dapat menyerap semua energi radiasi yang jatuh pada permukaannya. Benda itu adalah benda hitam (*black body*). *Black body* adalah suatu benda yang permukaannya sedemikian sehingga menyerap semua

radiasi yang datang padanya (tidak ada radiasi yang dipantulkan) (Sears and Zemansky,1958:533).

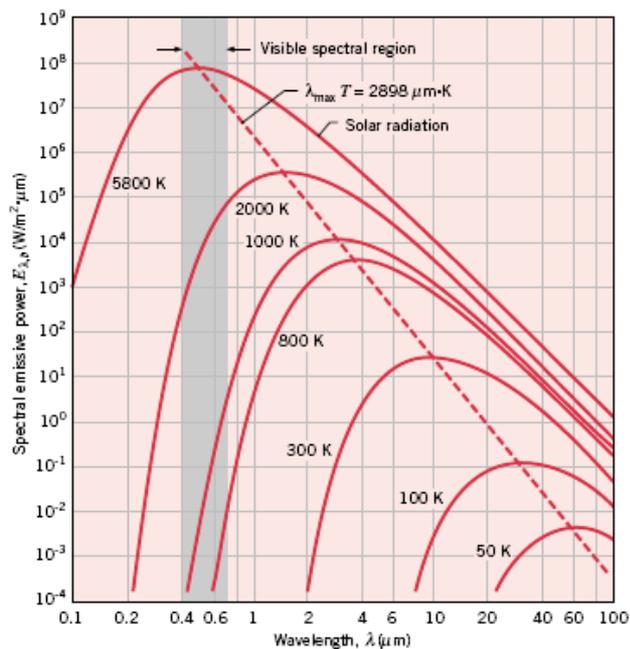
Max Planck menjelaskan tentang distribusi radiasi benda hitam dengan menggunakan persamaan

$$E_{\lambda,b}(\lambda,T) = \frac{C_1}{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]} \quad (1)$$

dengan $C_1 = 2\pi hc_o^2 = 3.742 \times 10^8 W \cdot \mu m^4 / m^2$

$$C_2 = \frac{hc_o}{k} = 1.439 \times 10^4 \mu m \cdot K$$

T : suhu mutlak benda hitam



Gambar3. Spektrum emisi benda hitam (distribusi spektrum Planck)
(moran et all, 2002:475)

Dari Gambar 3 diketahui bahwa distribusi spektrum pada benda hitam memiliki nilai maksimum dan menggambarkan hubungan antara suhu dari benda hitam dan panjang gelombang maksimum. Hal ini dirumuskan oleh Wilhem Wien pada persamaan:

$$\lambda_{\max} T = C_3 \quad (2)$$

dengan $C_3 = 2897.8 \mu\text{m.K}$

Persamaan di atas merupakan hukum pergeseran Wien. Persamaan itu secara kuantitatif menyatakan fakta empiris bahwa puncak spektrum akan bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih kecil (frekuensi lebih tinggi) ketika temperaturnya bertambah.. Namun perlu digarisbawahi bahwa hukum pergeseran Wien hanya berlaku pada benda hitam dan panjang gelombang yang kecil.

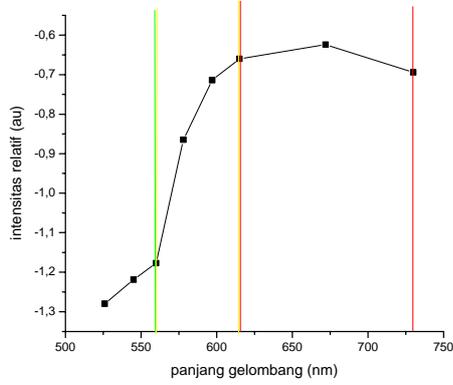
Metode penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Gelombang dan Bunyi Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY. Lampu yang digunakan adalah lampu sepeda motor merek “STANLEY” dengan kapasitas 12 V / 25 watt. Cahaya lampu dikenakan pada celah yang diteruskan pada prisma. Intensitas setiap warna spektrum dideteksi dengan menggunakan LDR (*Light Dependent Resistor*). Besarnya resistansi LDR diubah menjadi tegangan dengan menggunakan rangkaian penguat tegangan. Tegangan yang diberikan pada lampu divariasasi dari 5 volt hingga 11 volt.

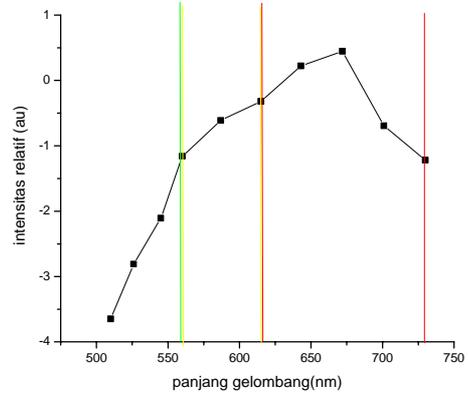
Hasil penelitian dan pembahasan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil berupa grafik hubungan panjang gelombang dan tegangan keluaran dari LDR, dimana tegangan keluaran sebanding dengan intensitas relatif cahaya lampu.

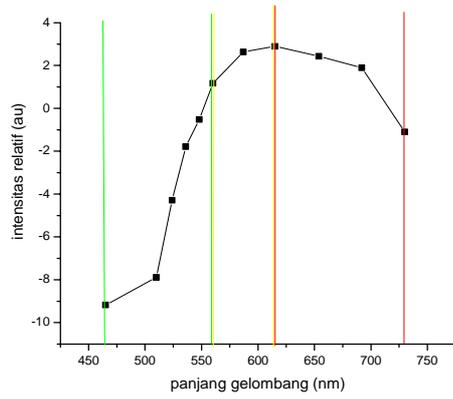
a. Tegangan 5 volt



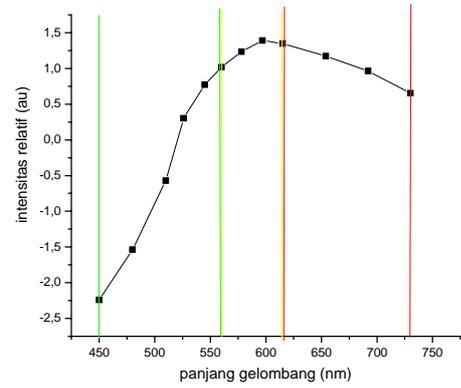
b. Tegangan 6 volt



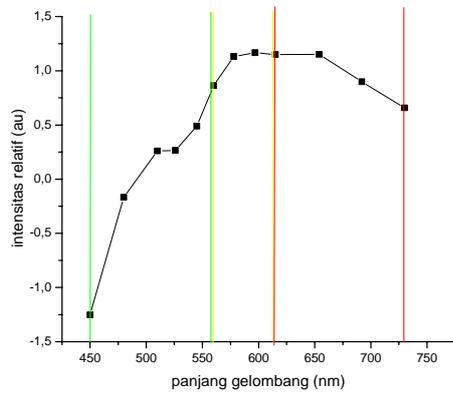
c. Tegangan 7 volt



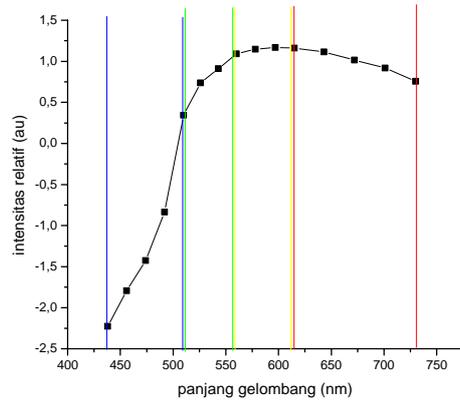
d. Tegangan 8 volt



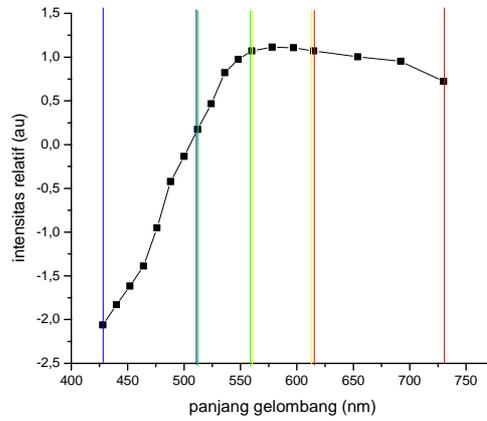
e. Tegangan 9 volt



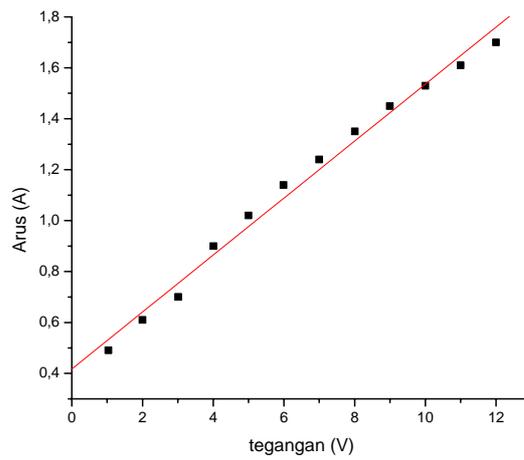
f. Tegangan 10 volt



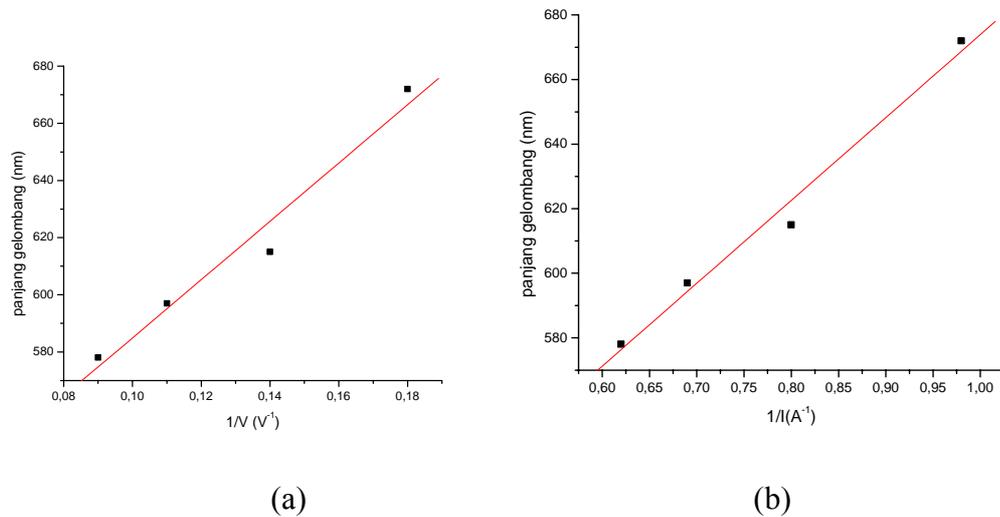
g. Tegangan 11 volt



Gambar 4. Pergeseran puncak spektrum sebagai fungsi tegangan



Gambar 5. Hubungan antara tegangan dan arus pada filamen



Gambar 6. (a) Grafik hubungan panjang gelombang dan $1/V$. (b) Grafik hubungan panjang gelombang dan $1/I$

Berdasarkan Gambar 4.a) sampai g) di atas terlihat pergeseran puncak spektrum dari merah menuju kuning. Pergeseran puncak spektrum terlihat hanya pada warna merah ke kuning, karena keterbatasan tegangan yang dikenakan pada lampu sehingga filamen pada lampu tidak sampai berpijar seperti yang diinginkan. Pengambilan data hanya bisa dilakukan pada panjang gelombang tertentu dikarenakan lebar spektrum yang sempit dan keterbatasan sensitivitas LDR pada warna tertentu. Namun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan memvariasikan tegangan yang dikenakan pada lampu yaitu dari 5 volt hingga 11 volt sudah terlihat pergeseran puncak spektrum yang terjadi pada filamen lampu. Kenaikan tegangan berakibat juga pada kenaikan arus; ini sesuai dengan hukum Ohm bahwa $V = I.R$. Dari Gambar 5 diketahui nilai hambatan dari lampu yang digunakan adalah 10Ω . Dengan beranggapan bahwa semakin besar arus atau tegangan maka semakin tinggi pula suhunya, maka diharapkan terdapat hubungan fungsi yang mirip dengan hubungan pergeseran Wien antara panjang gelombang dengan tegangan atau arus. Pada Gambar 6.a) dan 6b), diketahui bahwa hubungan antara panjang gelombang (λ) dan $1/\text{tegangan}$ ($1/V$) atau $1/\text{arus}$ ($1/I$) adalah linear. Gejala ini seperti pada pergeseran Wien. Berdasarkan hukum pergeseran Wien $\lambda_{\max} T = C_3$, maka untuk filamen dapat digunakan hubungan $\lambda_m \cdot V = C_1$ atau $\lambda_m \cdot I = C_2$, dengan nilai $C_1 = 1019,56 \text{ nm} \cdot V$ dan $C_2 = 256,58 \text{ nm} \cdot A$

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa dengan memvariasikan tegangan yang dikenakan pada lampu yaitu dari 5 volt hingga 11 volt sudah terlihat pergeseran puncak spektrum pada filamen lampu. Gejala pergeseran puncak spektrum pada lampu memiliki kesamaan dengan pergeseran Wien yang berlaku pada benda hitam.

Daftar pustaka

Abdul Kadir, 1993, *Penghantar Teknik Tenaga Listrik*, Edisi Revisi, LP3ES, Jakarta

http://en.wikipedia/wiki/electromagnetic_radiation.

<http://www.saft7.com/wp-print.php?p=196>

Moran, Michael.J, Shapiro, Howard.N, Munson, Bruce.R, DeWitt, David.P, 2002, *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*, John Wiley and Sons, Inc, New York.

Neidle, Michael, (terjemahan Pakpahan, Sahat) 1991, *Teknologi Instalasi Listrik*, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta

Sears, F.R, Zemansky, M.W, (terjemahan Soedarjana, P.J), 1972. *Fisika Untuk Universitas I*, Binatjipta, Jakarta