

Difraksi Fraunhofer Sebagai Metode Alternatif Sederhana Untuk Spektroskopi

K. Sofjan Firausi^{1,2)}, Sutini¹⁾ dan W. Setiabudi¹⁾

1). Lab. Elektronik-Optik dan Laser

2). Lab. Fisika Atom dan Nuklir

Intisari

Pengukuran spektrum suatu sumber cahaya, yakni laser dioda, telah dilakukan menggunakan metode difraksi Fraunhofer celah tunggal sebagai metode alternatif dengan mengamati bagian pola difraksi yang gelap untuk orde pertama, kedua, dan ke-n terhadap pusat terang difraksi. Pengukuran dilakukan dengan memvariasi lebar celah tunggal dan jarak layar pengamatan. Panjang gelombang dari laser dioda diperoleh $\lambda = (658 \pm 28)$ nm yang masih sesuai dengan data referensi. Pola difraksi suatu sumber cahaya dapat diamati jika sumber tersebut monokromatik, koheren, dan mempunyai intensitas yang tinggi.

Abstract

The spectrum of a light source, i. e diode laser, had been measured using Fraunhofer diffraction at a single slit by observed intensity distribution of diffraction pattern. By varying the width of slit and the distance from the screen to the slit, the dark fringes to the center of diffraction are observed to obtained the value of wavelength, $\lambda = (658 \pm 28)$ nm, which are agreement to the reference value. The diffraction pattern can be observed clearly if the source of light is very monochromatic and coherence, and also it has a high intensity.

PENDAHULUAN

Spektroskopi menduduki tempat utama dalam baris depan perkembangan fisika abad ke-19 dan permulaan abad ke-20. Salah satu dari sejumlah bagian penting fisika yang berasal dari spektroskopi adalah optika (Loud, 1988). Berbagai alat spektrometer berteknologi tinggi semakin banyak diciptakan, sehingga pengukurannya lebih cepat dan teliti. Banyak persoalan rumit dapat diselesaikan dengan mengetahui spektrum gelombang dari cahaya tersebut, seperti pengujian untuk mengetahui karakteristik suatu bahan.

Pengukuran spektrum cahaya tampak dapat dilakukan dengan metode yang lebih sederhana. Salah satunya adalah penelitian yang telah dilakukan oleh Suprayitno pada tahun 1997 yaitu pengukuran panjang gelombang laser He-Ne, sebagai cahaya tampak, dengan perangkat interferometer Michelson dari laboratorium fisika nuklir jurusan Fisika UNDIP diperoleh hasil $\lambda = (625,7 \pm 8,2)$ nm.

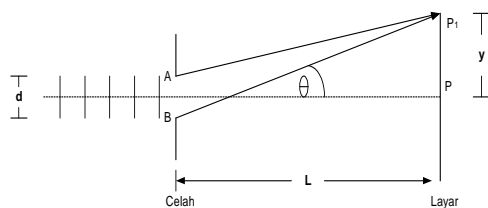
Beberapa percobaan difraksi dapat pula sebagai alternatif dari perangkat spektrometer canggih. Contoh sederhana adalah difraksi yang menggunakan cahaya tampak yang memudahkan kita untuk secara langsung mempelajari gejala difraksi termasuk interferensi (Firdausi, 2002). Fenomena difraksi baik secara langsung maupun tidak langsung sering kita lihat di alam ini dan telah dipelajari sejak pendidikan menengah, namun demikian gejala tersebut diperoleh masih sebatas teori, sedangkan secara eksperimen jarang sekali diperoleh di bangku SLTA bahkan di perguruan tinggi sekalipun, terutama di laboratorium Fisika UNDIP dilakukan hanya pada aspek tertentu saja. Dengan demikian, bagaimana menggambarkan dengan jelas fenomena difraksi bagi kita belumlah tuntas.

Menurut dimensi ukuran objek dan jarak sumber cahaya tampak, ada beberapa jenis difraksi yaitu difraksi Fresnel (jarak objek ke sumber cahaya sebanding dengan ukuran celah yang

dilalui cahaya) dan difraksi Fraunhofer (jarak objek ke sumber cahaya relatif lebih besar dibandingkan dengan ukuran celah yang dilalui cahaya) (Tjia, 1993). Analisa pola difraksi Fraunhofer lebih mudah dibandingkan dengan difraksi Fresnel,

Distribusi intensitas difraksi Fraunhofer

Difraksi cahaya diperoleh bila berkas cahaya dilewatkan melalui sebuah celah tunggal sehingga berkas-berkas cahaya tersebut dibelokkan (dilenturkan, didifraksikan, disebarkan), dan kemudian berinterferensi di suatu titik P pada layar sehingga diperoleh distribusi intensitas yang memenuhi pola-pola difraksi Fraunhofer (Lihat 1).



Gambar 1. Analisa pola-pola difraksi, P adalah pusat difraksi, y adalah jarak terang atau gelap pertama dari pola difraksi (Serway, 1985).

Apabila lebar celah adalah d, jarak celah ke titik P (pusat difraksi pada layar) adalah L, jarak terang atau gelap pertama di P1 ke P adalah y (lihat gambar 1), diasumsikan sudut θ sangat kecil maka $\sin \theta \approx \tan \theta \approx y/L$. Distribusi intensitasnya diberikan oleh persamaan :

$$I = I_0 \left(\frac{\sin \beta}{\beta} \right)^2 \tag{2.9}$$

dengan $\beta = \frac{\pi}{\lambda} \sin \theta$ dan I_0 adalah intensitas cahaya maksimum yang diterima layar. Intensitas minimum terjadi bila dipenuhi:

$$y_n = \frac{n}{d} \lambda L \tag{2.12}$$

dan akan maksimum bila dipenuhi:

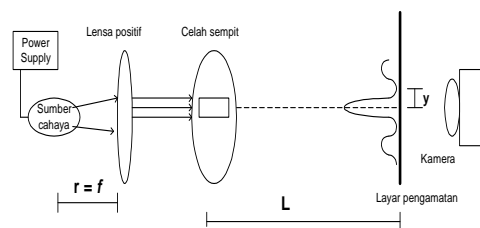
$$y_n = \left(\frac{\lambda \beta}{\pi} \right) \frac{L}{d} \tag{2.13}$$

Untuk persamaan (2.13) β adalah nilai ketika $\tan \beta = \beta$, dengan komputasi dan membuat grafik $\tan \beta = \beta$ dan $\beta = \beta$ diperoleh titik singgung dari kedua garis dan memberikan nilai $\beta_{n=1}=1,43\pi$; $\beta_{n=2}=2,495\pi$; $\beta_{n=3}=3,47\pi$; $\beta_{n=4}=4,479\pi$ dan seterusnya (Hecht, 1987). Dengan memvariasi d, L, dan diukur y pada orde difraksi ke-n, hendak dibuktikan persamaan (2.12) dan ditentukan λ .

Dalam penelitian ini digunakan difraksi Fraunhofer celah tunggal untuk menentukan atau mengukur panjang gelombang suatu sumber cahaya dengan mengamati distribusi intensitas melalui pola-pola difraksinya menggunakan peralatan yang cukup sederhana sebagai metode alternatif yang lain dari peralatan-peralatan spektrometer terkini.

EKSPERIMEN

Prosedur percobaan dan semua peralatan yang digunakan pada penelitian ini, seperti terlihat pada gambar (2), mengacu pada referensi (1).



Gambar 2. Skema peralatan penelitian difraksi Fraunhofer celah tunggal.

Keterangan gambar :

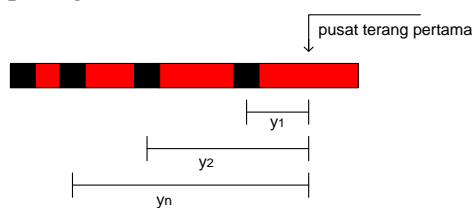
- r = jarak sumber ke lensa (cm) = jarak fokus lensa (f)
- L = jarak dari lebar celah ke layar (cm)

y = jarak difraksi yaitu dari pusat terang pertama ke pusat gelap atau terang kedua (mm)

Tahapan Penelitian

Pengukuran panjang gelombang laser dioda dengan metode difraksi Fraunhofer celah tunggal dilakukan dengan dua cara. Pertama adalah pengukuran dilakukan dengan memvariasi lebar celah sempit d dan jarak layar tetap. Sedangkan yang kedua adalah memvariasi jarak layar dan lebar celah d tetap. Penelitian dilakukan dengan tahapan seperti diinterpretasikan dalam gambar 2.

Penentuan pada keadaan gelap pertama $n=1$ sebagai y_1 , gelap kedua $n=2$ sebagai y_2 dan seterusnya sampai keadaan n , teramati pada pola difraksi yang intensitasnya terdistribusi seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Jarak difraksi gelap pada pola difraksi Fraunhofer (Hecht,1987).

Untuk memperoleh hasil yang akurat, pengukuran y_n tidak langsung pada layar, melainkan ditandai terlebih dahulu titik-titik yang hendak diukur dengan mistar, agar terhindar kesalahan semacam kaburnya pengamatan dan gesekan mistar-layar.

Pengukuran lebar celah

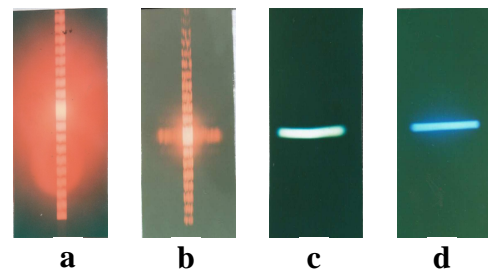
Pengambilan data untuk pengukuran lebar celah dilakukan menggunakan sumber standar yakni Laser He-Ne, karena pegas mikrometernya sendiri tidak linier (Firdausi, 2002).

Pengukuran dengan variasi jarak layar

Pengukuran panjang gelombang dengan metode Fraunhofer dengan variasi jarak layar diambil untuk harga-harga yang relatif besar, minimal 2 meter agar diperoleh hasil pola-pola yang jelas (Firdausi, 2002).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagai pembandingan telah dilakukan pengambilan foto untuk pola-pola difraksi yang dihasilkan dari sumber Laser He-Ne, Laser Dioda, Lampu merkuri, dan LED menggunakan celah tunggal dengan lebar sekitar 0.2 mm, seperti terlihat pada gambar 4. Terlihat bahwa pola difraksi dari Laser He-Ne paling sempurna yang menunjukkan tingkat koheren yang paling tinggi (Gb.4a). Hasil yang mirip diperoleh juga pada Laser Dioda yang kurang koheren dari Laser He-Ne (Gb 4b). Gambar 4 c dan d menampilkan pola difraksi sumber lampu merkuri dan LED yang tidak jelas.



Gambar 4. Pola-pola difraksi dari berbagai sumber cahaya menggunakan celah tunggal ($d \approx 0.2$ mm). (a) Sumber Laser He-Ne. (b) Laser Dioda. (c) Lampu Merkuri. (d) LED

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pengujian persamaan 2.12 masih sesuai dengan hasil yang diperoleh pada referensi (1). Adapun pengukuran panjang gelombang praktis hanya dapat dilakukan pada sumber Laser Dioda dari variasi d dan L diperoleh $\lambda=(658\pm 28)$ nm yang masih sesuai dengan data referensi. Sedangkan untuk lampu merkuri dan LED tidak dapat dihasilkan

pola difraksi yang jelas karena kedua sumber tersebut tidak terlalu koheren, polikromatik dan intensitas cahaya relatif rendah bila dibandingkan laser dioda maupun He-Ne (lihat gambar 4).

Kontribusi kesalahan terbesar pengukuran masih terletak pada ketelitian menentukan jarak gelap ke pusat terang y_n dan lebar celah d . Untuk mengoreksi y dapat digunakan teknik pengukuran yang agak lain yakni dengan mengukur selisih antar gelap Δy (selisih garis gelap 1 ke 2, 2 ke 3, dst. Dapat pula selisih gelap 1 ke 3, 2 ke 4 dst) terhadap variasi jarak layar L , orde gelap n , maupun lebar celah d .

KESIMPULAN

Dari hasil eksperimen diperoleh panjang gelombang Laser Dioda sebesar (658 ± 28) nm. Pengukuran panjang gelombang dari sumber lampu merkuri dan LED tidak dapat dilakukan karena sumber-sumber tersebut kurang koheren, spektrum masih terlalu polikromatik dan intensitas kurang tinggi.

Sebagai sarana untuk memperoleh spektrometer yang handal, perlu digunakan kisi difraksi ataupun

monokromator sebagai pembanding hasil pengukuran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Firdausi, K. S., 2002, "Analisis Difraksi Fraunhofer Untuk Menentukan Panjang Gelombang Suatu Sumber Cahaya" (Penelitian DPP SPP), Semarang, FMIPA, Universitas Diponegoro,.
2. Hecht, E. , 1987, "OPTICS : Second Edition", Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
3. Loud, B.B., 1988, " Laser dan Optika Nonlinear ", Jakarta, Penerbit Universitas Indonesia.
4. Serway, R. A., 1985, "Physics For Scientists & Engineers : Second Edition", New York, Saunders college publishing.
5. Suprayitno, 1997, "Pengukuran panjang gelombang dan indek bias udara dengan metode interferometer Michelson (skripsi)", Semarang, FMIPA, Universitas Diponegoro.
6. Tjia, M. O., 1993, "Gelombang", Bandung, Penerbit Institut Teknologi Bandung.