

Studi Pembuatan Spektrometer DVD untuk Menentukan Relasi Konsentrasi Larutan Gula dengan Intensitas Spektrum

Nurulia Shinta Rahmani¹, Lailatin Nuriyah¹, Gancang Saroja¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Univ. Brawijaya
Email: nuruliashinta@yahoo.com

Abstrak

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari metode untuk menganalisis dan menginterpretasi spektrum. Alat yang digunakan dalam analisis spektroskopi disebut spektrometer. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun spektrometer menggunakan DVD sebagai media pendispersi dan lampu *fluorescent* sebagai sumber cahaya untuk mengetahui karakteristik spektrum yang dihasilkan. Metode yang digunakan adalah mengkalibrasi spektrum yang dihasilkan dengan spektrum dari referensi (*website*). Nilai λ untuk intensitas maksimum yang dihasilkan lampu *fluorescent* adalah 475.9 nm, 513.1 nm, 556.9 nm, dan 610.1 nm. Spektrometer yang telah dibuat juga digunakan untuk menguji larutan gula. Pengujian ini bertujuan untuk mencari formula relasi antara konsentrasi larutan gula dengan intensitas spektrum yang dihasilkan. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa setiap kenaikan konsentrasi larutan gula maka intensitas spektrum yang dihasilkan mengalami pelemahan. Dari hubungan antara konsentrasi dengan pelemahan intensitas tersebut, didapatkan formula untuk mencari konsentrasi yang tidak diketahui.

Kata kunci : spektrometer, DVD, lampu *fluorescent*, konsentrasi, larutan gula

Pendahuluan

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari metode untuk menganalisis dan menginterpretasi spektrum (Polgrim, 2010). Spektroskopi telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang, misalnya di kimia modern, dikenal istilah spektrofotometri yaitu teknik spektroskopi yang menggunakan sinar tampak sebagai sumber cahaya. Alat yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer. Alat tersebut digunakan untuk menentukan konsentrasi substansi dari suatu larutan sebagai fungsi panjang gelombang dan intensitas spektrum. Akan tetapi diperlukan biaya yang mahal dalam pengadaan peralatan spektroskopi modern tersebut. Oleh karena itu, dibutuhkan teknik sederhana untuk membuat alat spektroskopi sebagai alternative alat spektroskopi modern.

Beberapa teknik pembuatan spektrometer telah dikembangkan oleh beberapa ilmuwan. Salah satunya menggunakan prisma seperti yang dilakukan oleh Achmad Yulianto dkk pada tahun 2011 dalam penelitiannya yang berjudul "Rancang Bangun Spektrometer Menggunakan Prisma dan Webcam". Di dalam penelitian tersebut, Achmad menggunakan prisma sebagai basis dalam pembuatan spektrometer. Namun demikian, penggunaan prisma sebagai media pendispersi menghasilkan spektrum cahaya yang nilainya tidak linear (Owen, 2000).

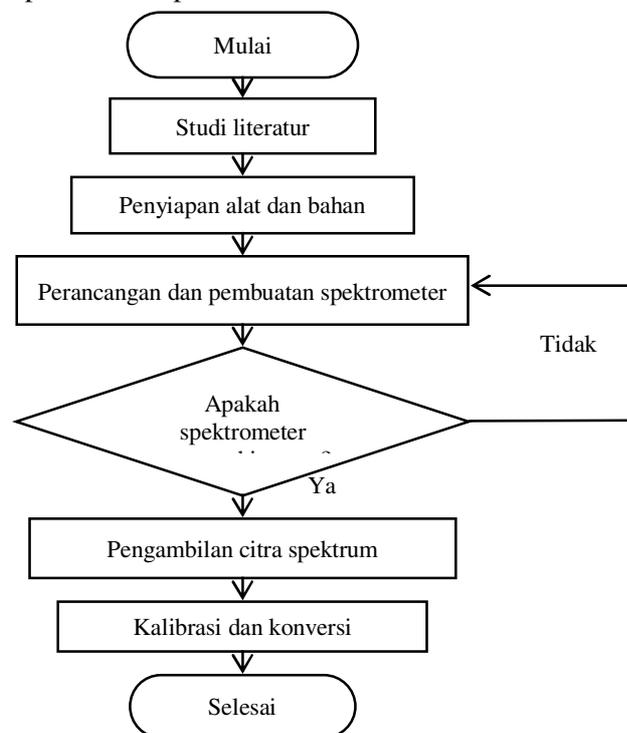
Berangkat dari uraian tersebut, penulis ingin menggunakan kisi dari DVD untuk mengganti fungsi prisma sebagai media pendispersi. Ini dilakukan karena kisi dari DVD mempunyai kemampuan untuk memberikan resolusi yang lebih baik daripada prisma (Tellinghuisen, 2002).

Selain itu DVD memiliki ukuran kisi yang sangat rapat yaitu 1350/mm sehingga dapat menghindari efek blur yang mungkin terjadi (Rediansyah dkk., 2011). Spektrometer DVD ini kemudian diterapkan untuk menguji sampel larutan gula dengan variasi konsentrasi.

Metode

Perancangan Spektrometer

Berikut adalah diagram alir perancangan dan pembuatan spektrometer DVD.



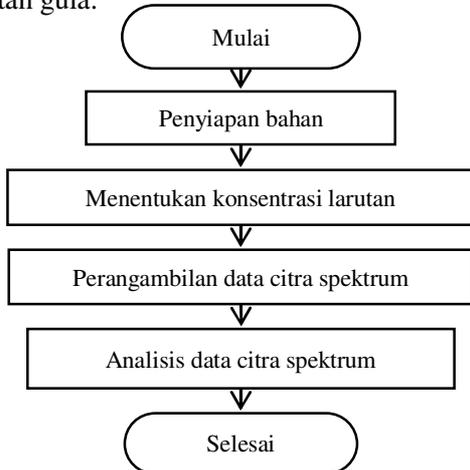
Gambar 1. Diagram alir pembuatan spektrometer

Kalibrasi

Kalibrasi adalah teknik yang digunakan untuk mengetahui karakteristik nilai λ yaitu dengan membandingkan pola spektrum yang dihasilkan dengan spektrum pada referensi.

Pengujian Spektrometer dengan Larutan Uji

Berikut adalah diagram alir pengujian spektrometer menggunakan larutan uji berupa larutan gula.



Gambar 2. Diagram alir pengujian spektrometer dengan larutan uji

Hasil dan Pembahasan

Hasil Perancangan Spektrometer

Berikut adalah hasil rancangan spektrometer terbaik dengan indikasi kecerahan dan ketajaman citra yang dihasilkan. Parameter-parameter dalam desain adalah sebagai berikut. Ukuran spektrometer 30 cm x 20 cm x 10 cm. Lebar celah (*slit*) dibuat 2 mm dalam arah vertikal. DVD dan webcam berjarak 12 cm dan membentuk sudut 55 derajat terhadap cahaya datang.



Gambar 3. Alat penelitian

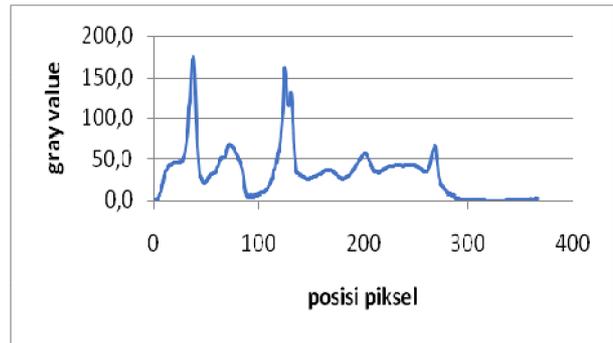
Hasil Data Citra Spektrum Awal Spektrometer

Pengambilan data citra spektrum awal ini belum menggunakan sampel uji. Berikut adalah gambar citra spektrum terbaik yang diperoleh.



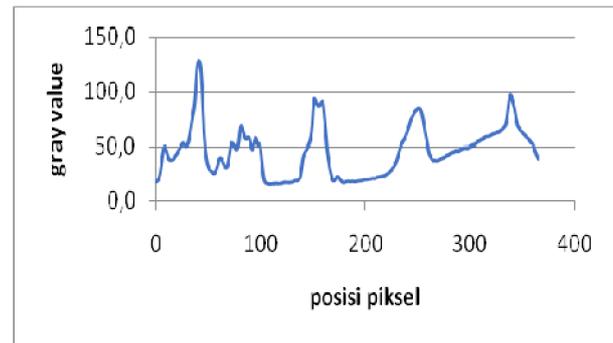
Gambar 4. Citra spektrum yang dihasilkan

Citra spektrum terbaik tersebut diolah menggunakan software image-J sehingga diperoleh grafik hubungan posisi piksel dengan *gray value* (intensitas) berikut.



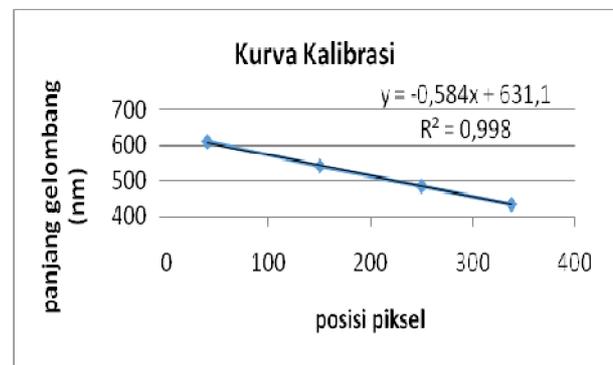
Gambar 5. Grafik hubungan antara posisi piksel dengan *gray value* (intensitas) spektrum hasil

Selanjutnya grafik tersebut dikalibrasi dengan grafik citra spektrum referensi pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik hubungan antara posisi piksel dengan *gray value* (intensitas) spektrum referensi

Informasi mengenai nilai λ dan posisi piksel dari spektrum referensi pada Gambar 6 digunakan untuk menentukan nilai λ dari spektrum yang dihasilkan.



Gambar 7. Kurva hubungan posisi piksel dengan panjang gelombang

Dari kurva pada Gambar 7 diperoleh persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai λ untuk sumber cahaya yang digunakan dalam spektrometer. Nilai x pada persamaan disubstitusikan dengan nilai piksel yang ingin diketahui nilai panjang gelombang sehingga

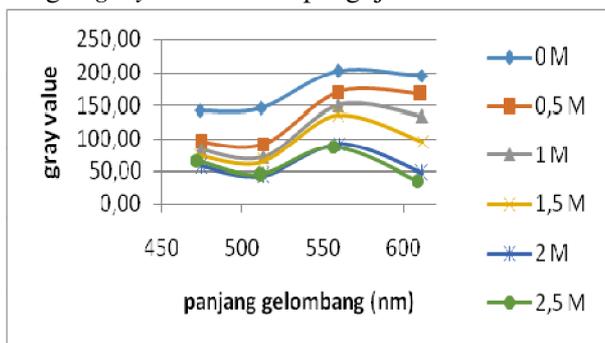
diperoleh perbandingan nilai λ antara spektrum hasil dan spektrum referensi seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan panjang gelombang spektrum hasil dan spektrum referensi

Warna	Panjang Gelombang Spektrum Hasil (nm)	Panjang Gelombang Spektrum Referensi (nm)	Range Panjang Gelombang Referensi (nm)
Merah	610,1	610	610 – 680
Hijau	556,9	540	500 – 560
Cyan	513,1	490	490 – 500
Biru	475,9	435	435 – 480

Hasil Pengujian Spektrometer dengan Sampel Uji Variasi Konsentrasi

Pada tahapan ini dilakukan pengambilan data berupa citra spektrum untuk larutan gula dengan variasi konsentrasi. Gambar 8 berikut adalah grafik hubungan antara panjang gelombang dengan *gray value* untuk pengujian ini.



Gambar 8. Grafik hubungan panjang gelombang dengan *gray value*

Analisis Perancangan Spektrometer DVD

Dari uji coba perancangan spektrometer yang telah dilakukan, diketahui bahwa terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi performa dari sebuah spektrometer. Pertama, sebuah spektrometer membutuhkan sumber cahaya yang memiliki intensitas cahaya yang tinggi dan pancaran yang stabil. Kedua, lebar celah yang dibuat harus sekecil mungkin untuk memperoleh daerah yang lebih luas agar foton koheren berinterferensi. Pada penelitian ini celah dibuat dengan lebar 2 mm. Cahaya yang keluar melewati celah sempit kemudian mengenai kisi difraksi berupa DVD. Ketiga, pada sebuah spektrometer, kisi digunakan untuk menguraikan cahaya datang sehingga banyaknya guratan pada kisi secara langsung akan mempengaruhi penyebaran pola interferensi. Semakin banyak guratan semakin baik pola interferensi yang terjadi. Dalam hal ini DVD memiliki jumlah guratan yang sangat

banyak dalam setiap milimernya yaitu 1.350/mm sehingga dianggap baik sebagai media pendispersi dalam sebuah spektrometer. Keempat, kualitas dan kemampuan dari detektor yang digunakan juga mempunyai peranan penting dalam pengambilan citra. Piksel dan pengaturan fokus adalah hal-hal penting yang harus dimiliki oleh detektor pada sebuah spektrometer.

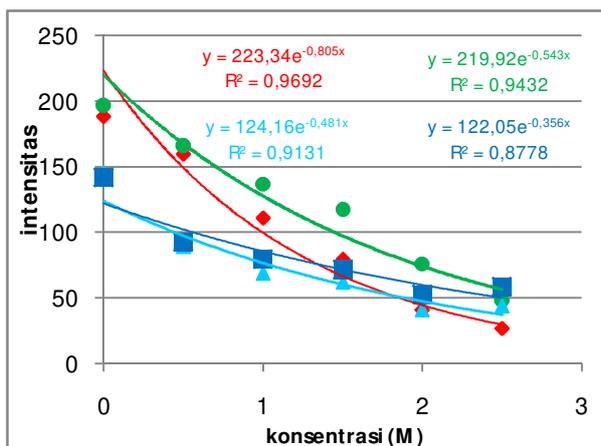
Analisis Karakteristik Spektrum dari Sumber Cahaya Lampu Fluorescent

Dari Gambar 5 dan 6 dapat dilihat bahwa pola spektrum yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki pola yang sama dengan spektrum referensi. Hal tersebut dapat dilihat dari jumlah puncak yang muncul pada kedua grafik dimana puncak-puncak tersebut merepresentasikan warna merah, hijau, cyan, dan biru. Selain itu, pada Tabel 1 dapat dilihat perbandingan nilai λ antara spektrum yang dihasilkan dengan spektrum referensi. Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa tiga dari empat warna pada spektrum yang dihasilkan masih berada dalam rentang panjang gelombang referensi. Namun demikian nilai λ tersebut tidak sama persis dengan λ yang digunakan pada kurva kalibrasi. Hal yang serupa terjadi pada warna cyan sehingga menyebabkan nilai panjang gelombang untuk warna ini berada di luar rentang panjang gelombang referensi. Perbedaan ini disebabkan karena penyeleksian gambar pada saat analisis tidak sama sehingga menyebabkan posisi piksel tiap warna tidak sama dengan posisi piksel spektrum referensi. Selain itu penggunaan ukuran kotak karton yang cukup kecil membuat spektrum yang dihasilkan menjadi lebih rapat sehingga posisi piksel menjadi sedikit bergeser dari posisi seharusnya.

Analisis Relasi antara Konsentrasi Larutan Uji dengan Intensitas Spektrum yang Dihasilkan

Secara umum pada penelitian ini diperoleh hubungan bahwa setiap kenaikan konsentrasi terjadi penurunan intensitas cahaya yang melewati larutan sampel. Hal ini dapat ditunjukkan melalui grafik hubungan panjang gelombang dengan *gray value* (intensitas) pada Gambar 8. Pada gambar tersebut digambarkan penurunan intensitas pada puncak warna merah, hijau, cyan, dan biru. Namun demikian karena puncak masing-masing warna mengalami pergeseran sehingga menyebabkan puncak-puncak tersebut tidak berada pada posisi piksel yang sama maka di dalam penelitian ini digunakan faktor koreksi untuk mengetahui lebih detail mengenai relasi antara intensitas dengan konsentrasi sampel. Faktor koreksi yang dimaksud adalah mengambil nilai rata-rata intensitas pada rentang pergeseran

piksel dari masing-masing warna pada setiap konsentrasi sehingga diperoleh grafik pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik hubungan konsentrasi dengan intensitas

Dari Gambar 9 diperoleh bahwa penurunan intensitas maksimum terjadi pada warna merah. Data penurunan intensitas tersebut dimasukkan ke dalam persamaan Lambert Beer sehingga formula untuk menentukan konsentrasi dapat dicari.

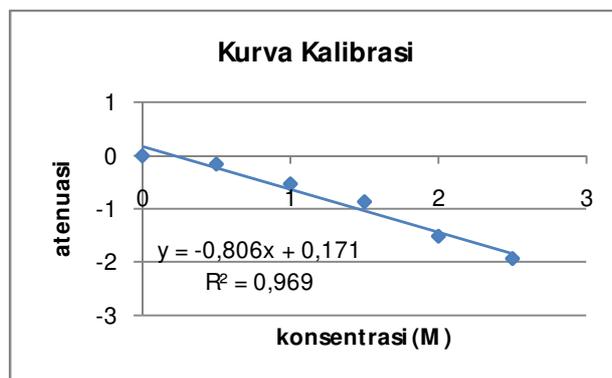
Tabel 2. Hubungan konsentrasi dengan atenuasi untuk λ merah

Konsentrasi	I_0	I_t	Atenuasi ($\ln I_t / I_0$)
[0]	188,3	188,3	0
[0,5]	188,3	159,7	-0,16
[1]	188,3	111	-0,53
[1,5]	188,3	79,3	-0,87
[2]	188,3	41,2	-1,52
[2,5]	188,3	27,1	-1,94

Dari data pada Tabel 2 dapat diturunkan formula untuk mencari konsentrasi yang tidak diketahui yaitu dengan melakukan regresi linier pada data tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Owen, Tony. 2000. *Fundamental of Modern UV visible Spectroscopy*. Agilent Technologies. Germany.
- [2] Polgrim, Gray. 2010. *Spectrometer - How it Works*. <http://www.buzzle.com/articles/spectrometer-how-it-works.html>
- [3] Rediansyah, H., B.S. Purwono, dan E. J. Mustopa. 2011. *Spektroskopi Sederhana Menggunakan Keping DVD*. Proisiding Seminar Kontribusi Fisika (SKF 2011). Bandung
- [4] Tellinghuisen, J. 2002. *Exploring the Diffraction Grating Using a He-Ne Laser and CDROM*. Journal of Chemical
- [5] Yulianto, A. dan A. M. Hatta. 2011. Rancang Bangun Spektrometer Menggunakan Prisma dan Webcam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



Gambar 10. Grafik hubungan konsentrasi dengan atenuasi

Dari grafik pada Gambar 10 diperoleh persamaan garis lurus:

$$y = -0,8069x + 0,1719 \quad (1)$$

$$\text{Atenuasi} = -0,8069(c) + 0,1719 \quad (2)$$

Sehingga hubungan antara konsentrasi sampel uji dengan intensitas sebagai berikut

$$c = \frac{A - 0,1719}{-0,8069} \quad (3)$$

Jadi, secara analitik dapat dicari konsentrasi sampel yang tidak diketahui menggunakan formula pada persamaan 3.

Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat dirumuskan simpulan dalam pengerjaan penelitian skripsi ini, yaitu:

1. Penggunaan DVD sebagai kisi dalam spektrometer memberikan hasil yang sama dengan referensi yaitu menghasilkan pola warna biru, cyan, hijau, dan merah.
2. Karakteristik nilai λ intensitas maksimum yang dihasilkan lampu *fluorescent* adalah 475,9 nm, 513,1 nm, 556,9 nm, dan 610,1 nm.
3. Dari pengujian spektrometer dengan larutan gula diperoleh bahwa setiap kenaikan konsentrasi larutan gula maka intensitas spektrum yang melewati sampel mengalami pelemahan. Dari hubungan tersebut dapat diturunkan formula untuk mencari konsentrasi yang tidak diketahui yaitu :

$$c = \frac{A - 0,1719}{-0,8069}$$