

## REVIEW PENGUJIAN HUKUM MALUS DAN SIFAT OPTIS AKTIF LARUTAN GULA MENGGUNAKAN SISTEM DETEKSI CAHAYA

Ria Amintasari, Wardono Istiyawan, Heri Sugito, Ari Bawono dan K. Sofjan Firdausi  
Jurusan Fisika Universitas Diponegoro Semarang

### Abstract

In this paper, we review the test results of Malus' Law and optical activity of sugar solution using a system light detector. Two polarizers were used in the experiment to serve the choice of a certain direction of electric field of light and to determine the change of polarization angle. The change of transmitted intensity were measured using LDR detector which was then acquisitioned by microcontroller and displayed via LCD and computer using Microsoft Visual Studio C#. The experiment result is in agreement to the Malus' Law with correlation coefficient of 0.99, and by using the equipment we obtain linearity between the change of polarization angle and concentration of sugar solution, which is appropriate to the theory, as well. The specific rotary power is  $(54 \pm 2)^\circ/\text{dm}(\text{g/mL})$  in the experimental uncertainty.

**Keywords:** Malus law, change of polarization angle, light detector

### Abstrak

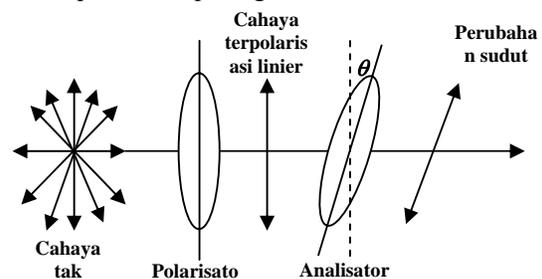
Pada tulisan ini hendak dibahas hasil pengujian hukum Malus dan sifat optis aktif larutan gula menggunakan sistem deteksi cahaya. Dua buah polarisator digunakan untuk memilih medan listrik cahaya dan menentukan besar sudut putar polarisasi. Perubahan intensitas cahaya setelah melewati analisator diukur menggunakan detektor cahaya LDR yang kemudian diakuisisi menggunakan mikrokontroler dan hasilnya ditampilkan melalui LCD dan komputer menggunakan Microsoft Visual Studio C#. Hasil pengujian hukum Malus diperoleh kesesuaian antara eksperimen dan teori dengan koefisien korelasi sebesar 0,99. Hasil pengujian sifat optis aktif juga diperoleh perubahan sudut polarisasi yang linier terhadap konsentrasi larutan gula, dan diperoleh sudut putar jenis larutan sebesar  $(54 \pm 2)^\circ/\text{dm}(\text{g/mL})$  yang masih dalam batas toleransi kesalahan pengukuran.

**Kata kunci:** sifat optis, sudut putar jenis, hukum malus, intensitas cahaya, LDR, mikrokontroler, LCD

### Pendahuluan

Sifat optis aktif suatu bahan banyak manfaatnya, selain berguna untuk analisis struktur polimer, juga dapat digunakan dalam pembuatan berbagai divais optik [1,2]. Identifikasi sifat optis aktif dapat menggunakan hukum Malus, dan dapat diukur menggunakan dua buah polarisator. Polarisor pertama berfungsi mengubah cahaya tak terpolarisasi menjadi cahaya terpolarisasi, sedangkan polarisor kedua disebut sebagai analisator karena berfungsi untuk menganalisa intensitas cahaya terpolarisasi yang dibentuk oleh polarisor pertama. Skema pengukuran

intensitas cahaya melalui hukum Malus dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 prinsip kerja hukum Malus. Bila Intensitas cahaya setelah ke luar dari polarisator adalah  $I_0$ , maka intensitas cahaya setelah melewati analisator memenuhi persamaan  $I = I_0 \cos^2 \theta$

$\cos^2 \theta$ , dengan  $\theta$  perubahan sudut setelah melewati analisator.

Jika satu berkas cahaya tak terpolarisasi jatuh pada polarisator, maka kuat medan listrik  $E$  searah dengan sumbu polarisator. Ketika berkas ini dilewatkan lagi ke analisator yang sumbunya membentuk sudut  $\theta$  terhadap arah polarisasi datang, berkas akan terpolarisasi bidang yang paralel dengan sumbu analisator dan kuat medan listriknya yang ke luar menjadi  $E \cos \theta$ , sebab polarisator hanya melewatkan komponen polarisasi (vektor medan listrik,  $E$ ) yang paralel dengan sumbunya. Karena intensitas berkas cahaya sebanding dengan kuadrat amplitudo maka intensitas berkas terpolarisasi bidang yang ditransmisikan ( $I$ ) oleh analisator dapat dinyatakan melalui hukum Malus seperti berikut ini:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (1)$$

dengan  $I_0$  adalah intensitas datang.

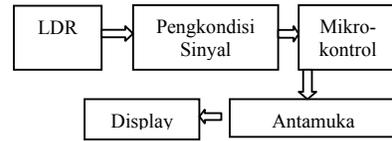
Perubahan sudut polarisasi bergantung pada berbagai parameter, yaitu konsentrasi, panjang lintasan dan sudut putar jenis melalui persamaan[3,4]:

$$\alpha = \theta / (L c) \quad (2)$$

dengan  $c$  adalah konsentrasi larutan (gr/mL),  $L$  panjang lintasan cahaya pada larutan (dm) dan  $\alpha$  adalah sudut putar jenis dari larutan ( $^\circ$ mL/dm g). Sudut putar jenis merupakan rotasi yang dihasilkan 1 gram senyawa dalam 1 mL larutan sepanjang 1 dm pada panjang gelombang 589,3 nm menggunakan sumber cahaya lampu natrium dan suhu 20°C. Sudut putar jenis gula yang dilarutkan ke dalam air adalah sebesar 52,7 °/dm(g/mL) [5]. Nilai ini digunakan sebagai sudut putar jenis referensi.

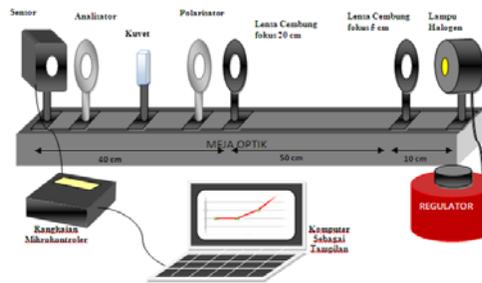
**Metode Penelitian**

Penelitian dimulai pembuatan sistem deteksi cahaya, dengan diagram bloknya ditampilkan pada gambar 2.



Gambar 2 diagram blok pembuatan sistem deteksi cahaya

Sistem deteksi cahaya tersebut telah melalui kalibrasi dengan luxmeter standar dan uji linieritas keluaran yang tampil di LCD. Sedangkan susunan lengkap peralatan pengujian dapat dilihat pada gambar 3 berikut.

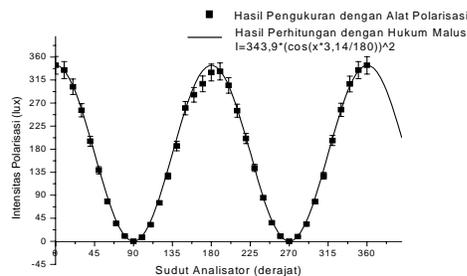


Gambar 3 Skema peralatan pengujian dengan sistem deteksi cahaya

**Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Pengujian Hukum Malus**

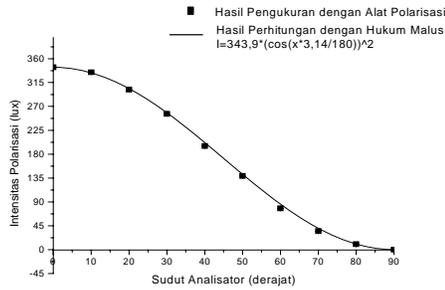
Gambar 4 menunjukkan intensitas cahaya ( $I$ ) yang terukur oleh sistem detektor cahaya sebagai fungsi sudut ( $\theta$ ) berbentuk sinusoidal yang sesuai dengan prinsip hukum malus. Hasil pengukuran sesuai teori pada persamaan (1).



Gambar 4 Intensitas Cahaya ( $I$ ) hasil pengukuran oleh detektor sebagai fungsi sudut ( $\theta$ ), sesuai dengan teori. Nilai  $I_0 =$

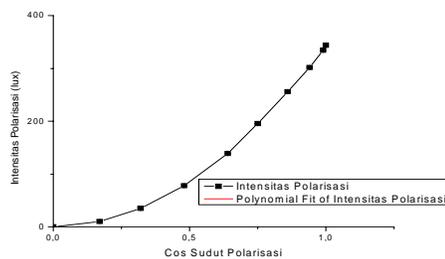
343,9 lux sebagai nilai awal setelah melewati polarisator.

Hasil yang sama juga diperoleh untuk pengukuran  $I$  dalam interval  $0 - 90^\circ$  sudut analisator juga dipenuhi hukum Malus seperti terlihat pada gambar 5.

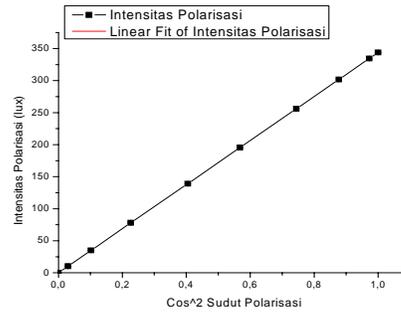


Gambar 5 Hubungan  $I$  vs  $\theta$  dalam interval sudut  $0 - 90^\circ$  untuk  $I_0 = 343,9$  lux

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 5, intensitas cahaya terpolarisasi yang ditransmisikan oleh analisator berada pada posisi maksimum pada nilai  $\cos \theta$  sebesar 1 atau pada sudut  $0^\circ$ . Intensitas intensitas cahaya terpolarisasi yang ditransmisikan oleh analisator berada pada posisi minimum pada nilai  $\cos \theta$  sebesar 0 atau pada sudut  $90^\circ$ . Hal ini membuktikan bahwa intensitas cahaya sebagai fungsi  $\cos \theta$  sesuai dengan karakterisasi hukum malus. Hasil pengujian juga sesuai dengan teori untuk  $I$  vs  $\cos \theta$  diperoleh grafik parabola (gambar 6), dan juga grafik linier  $I$  vs  $\cos^2 \theta$  (gambar 7).



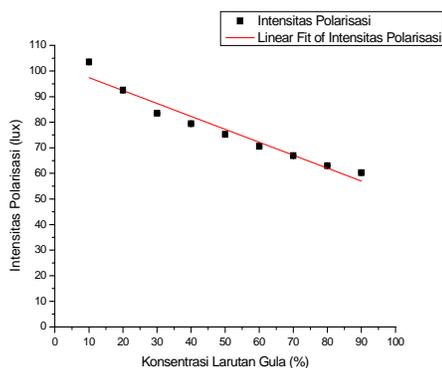
Gambar 6 Grafik  $I$  vs  $x$ , dengan  $x \equiv \cos \theta$ , untuk  $I_0 = 343,9$  lux. Dari grafik  $R^2=0,99$ ,  $I(x)=342,48x^2+0,7x-0,17$



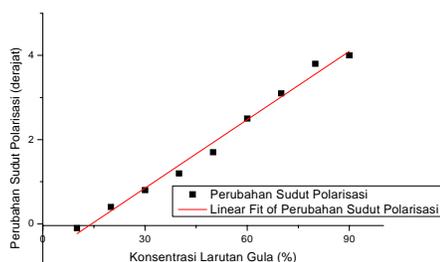
Gambar 7 Grafik  $I$  vs  $x$ , dengan  $x \equiv \cos^2 \theta$ , untuk  $I_0 = 343,9$  lux, slope =  $(343,96 \pm 0,10)$  lux

Grafik Hubungan Intensitas Cahaya terpolarisasi dengan  $\cos^2 \theta$  dari sudut antara dua polarisator seperti ditunjukkan pada gambar 7 bersifat linear dengan slope =  $(343,96 \pm 0,10)$  lux. Sesuai dengan hukum Malus yang berlaku, slope merupakan intensitas maksimum ketika dua polarisator berada pada posisi sejajar atau intensitas awal yang bernilai tetap.

Implementasi alat ukur cahaya ini digunakan untuk menentukan sudut putar jenis larutan gula. Bila persamaan (2) disubstitusikan ke persamaan (1) maka didapat  $I = I_0 \cos^2(\theta_0 + \alpha Lc) \cong I_0 [1 - (\theta_0 + \alpha Lc)^2]$  dimana  $\theta = \theta_0 + \alpha Lc$  dengan  $\theta_0$  sudut polarisasi awal yang dianggap sebagai koreksi lingkungan sekitar dan nilainya cukup kecil. Demikian pula nilai  $\alpha Lc$  dianggap cukup kecil untuk konsentrasi yang encer, sehingga variasi konsentrasi berpengaruh pada intensitas terukur melalui persamaan  $I \cong I_0 [1 - \theta_0^2 + 2\theta_0 \alpha Lc]$ . Untuk nilai  $\alpha$  dan  $L$  yang tetap, semakin besar konsentrasi  $c$ , maka intensitas akan turun secara linier, dan hasil pengukuran sesuai dengan teori seperti terlihat pada grafik  $I$  vs  $c$  gambar 8. Sifat optis aktif ditentukan dengan persamaan (2). Hasil pengukuran diperoleh kesesuaian antara data eksperimen dan persamaan (2)  $\theta \sim c$  seperti terlihat pada grafik gambar 9.



Gambar 8 Intensitas Cahaya sebagai Fungsi Konsentrasi:  $I(c) = -0,5c + 102,5$



Gambar 9 Hubungan Perubahan Sudut Polarisasi terhadap Konsentrasi Larutan Gula dengan  $\theta(c) = 0,054c - 0,775$

Hubungan perubahan sudut polarisasi terhadap konsentrasi larutan gula seperti ditunjukkan pada gambar 9 menghasilkan persamaan regresi linier  $\theta = 0,054c - 0,775$  dengan koefisien korelasi sebesar 0,99. Dari grafik didapatkan slope sebesar  $0,054 \pm 0,002$  sehingga diperoleh nilai sudut putar jenis larutan gula sebesar  $\alpha = (54 \pm 2) \text{ }^\circ/\text{dm}(\text{g/mL})$ . Menurut referensi, besar sudut putar jenis larutan gula adalah sebesar  $52,7 \text{ }^\circ/\text{dm}(\text{g/mL})$ . Hal ini menunjukkan bahwa hasil sudut putar jenis yang didapatkan melalui penelitian masih sesuai dengan nilai referensi.

### Kesimpulan dan Saran

Hasil pengujian hukum Malus dan pengujian sifat optis aktif larutan gula menggunakan sistem deteksi cahaya diperoleh kesesuaian antara eksperimen dan teori. Hasil pengujian

sifat optis aktif diperoleh perubahan sudut polarisasi yang linier terhadap konsentrasi larutan gula, dan diperoleh sudut putar jenis larutan sebesar  $(54 \pm 2) \text{ }^\circ/\text{dm}(\text{g/mL})$  yang masih dalam batas toleransi kesalahan pengukuran. Penelitian ini dapat dikembangkan untuk menguji sifat aktif optis sampel lain dan juga untuk aplikasi spektroskopi.

### Daftar Pustaka

- [1] Andreea Irina Cosutchi, Dana-Ortansa Dorohoi, *The Specific Rotation Dependence On Wavelength For Optically Active*, ANALELE ȘTIINȚIFICE ALE UNIVERSITĂȚII "AL. I. CUZA" IAȘI, Tomul III, s. Biofizică, Fizică medicală și Fizica mediului 2007.
- [2] Silvia Ioan, Andreea irina Cosutchi, Dana-Ortansa Dorohoi, *Optical Rotary Dispersion For Polymers*, Rom. Journ. Phys., Vol. 53, Nos. 1–2, P. 85–90, Bucharest, 2008.
- [3] Michael A. Vaksman and James W. Lane, *Using Guided Inquiry to Study Optical Activity and Optical Rotatory Dispersion in a Cross-Disciplinary Chemistry Lab*, Journal of Chemical Education, Vol. 78 No. 11 November 2001.
- [4] Khopkar, S. M. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press, 1990.
- [5] Kolthoff, L.M. *Textbook of Quantitative Inorganic Analysis 3<sup>rd</sup> Edition*. New York: The Macmillan Company, 1958.