

# Desain Sensor Serat Optik Sederhana untuk Mengukur Konsentrasi Larutan Gula dan Garam Berbasis Pemantulan dengan Menggunakan Konfigurasi Jarak Cermin-Fiber Optik Tetap

Arrini Nurul M, Ahmad Marzuki, Mohtar Yuniarto

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret  
arrini11@yahoo.com

Received 05-03-2013, Revised 09-04-2013, Accepted 15-04-2013, Published 13-10-2013

## ABSTRACT

A simple method to measure a solution refractive index using fixed mirror refractive optical fiber sensor has been investigated. The solution used are sugar and salt solution, with concentration varies from 1M to 5M. The diameter of polymer optical fiber used is 0.5 mm and light source used is LED ( $\lambda=676$  nm). The sensor work based on light intensity modulation, subjected to mechanical structure change of the fiber due to an applied force. The result showed that the concentration of sugar and salt linearly are related with their refractive indices ( $R^2=0,95006$ ) and ( $R^2=0,99858$ ).

Keyword : fiber optic sensor, refractive index, sugar sensor

## ABSTRAK

Sebuah metode sederhana untuk mengukur indeks bias larutan telah ditemukan. Instrumen dasarnya menggunakan desain sensor optik jarak cermin tetap ( $d=8$  mm). Pengambilan data dilakukan terhadap larutan gula dan larutan garam dengan variasi konsentrasi 1M sampai dengan 5M. Fiber optik polimer yang digunakan adalah fiber optik polimer berdiameter 0,5 mm dan sumber cahaya berupa LED ( $\lambda=676$  nm). Sensor bekerja berdasarkan modulasi amplitudo intensitas transmisi cahaya dalam serat. Adanya perubahan struktur mekanik dari serat karena gaya yang diberikan. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi gula dan garam berhubungan secara linear dengan nilai indeks biasnya ( $R^2=0,95006$ ) dan ( $R^2=0,99858$ ).

Kata kunci : sensor serat optik, indeks bias, sensor gula

## PENDAHULUAN

Sensor serat optik memiliki banyak aplikasi dalam berbagai cabang ilmu pengetahuan dan rekayasa. Dalam dunia industri pengukuran indeks bias suatu cairan sangat penting, misalnya dalam industri gula untuk mengetahui tingkat konsentrasi larutan gula<sup>[1]</sup>. Beberapa metode pengukuran indeks bias yang sudah dikembangkan adalah menggunakan serat optik sebagai sensor dengan menghilangkan *cladding* dimana ketebalan dari *cladding* dapat mempengaruhi sensitivitas sensor<sup>[2]</sup> dan sensor pergeseran serat optik dan menunjukkan bahwa posisi puncak intensitas tergantung pada indeks bias medium<sup>[3]</sup>. Pengukuran indeks bias menggunakan *interferometry* cenderung rumit dibandingkan dengan menggunakan *Abbe-Refractometer* yang lebih efisien waktu dan mudah digunakan<sup>[4]</sup>. Desain alat ini dibuat secara sederhana tetapi tidak *portable*. Dengan adanya dasar ini

dibuat desain sensor serat optik sederhana untuk mengukur indeks bias larutan gula dengan menggunakan fiber optik berdiameter 0,5 mm dengan konfigurasi jarak optik tetap. Prinsip kerja alat ini dilakukan dengan konsep cermin di desain tegak lurus terhadap *transmitter* sebagai pemantul cahaya dan *receiver* sebagai penerima pantulan cahaya yang ditangkap oleh serat optik. Intensitas cahaya yang ditangkap oleh serat optik *receiver* akan diteruskan ke dalam *photodetector* dan dibaca oleh *oscilloscope* sebagai tegangan ( $mV$ ).

## METODE

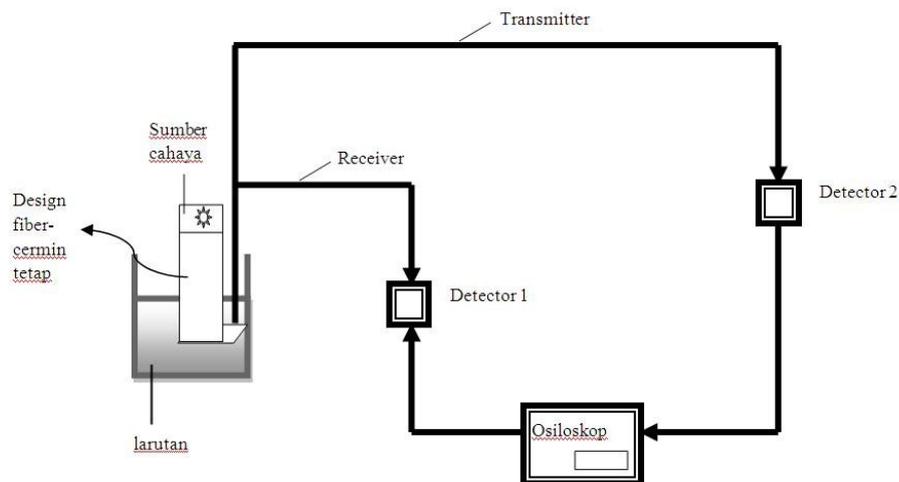
Tujuan dari penelitian ini adalah mendesain fiber sensor untuk menentukan indeks bias larutan gula dan larutan garam. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan fiber optik polimer berdiameter 0,5 mm. Sumber cahaya yang digunakan adalah LED. Pertimbangannya adalah LED tersedia secara murah di pasar. Untuk mengetahui bagaimana perubahan intensitas cahaya yang bersesuaian dengan panjang gelombang LED dilakukan uji UV-Vis. Sedangkan panjang gelombang LED sendiri diketahui dengan menggunakan metode difraksi dengan menggunakan *setup standard experiment* difraksi cahaya<sup>[6-7]</sup>. Dengan metode ini, panjang gelombang cahaya ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$= \frac{d \sin \theta}{m} \quad (1)$$

Dengan  $d$  adalah jarak antara tiap celah pada kisi sebesar 644 nm<sup>[6]</sup>,  $y$  adalah jarak terang ke- $n$  dari terang pusat,  $L$  adalah jarak celah ke layar, dan orde ( $m$ ) yang digunakan dalam percobaan ini adalah 1.

Eksperimen untuk mendesain fiber sensor di perlihatkan oleh Gambar 1. Sumber cahaya (LED) dipecah menjadi dua: melalui fiber referensi dan fiber termodulasi. Pada fiber referensi, sumber cahaya yang tertangkap oleh *photodetector* kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan dibaca oleh *oscilloscope* ( $V_{\text{reff}}$ ). Selanjutnya pada fiber termodulasi, cahaya terpantul di dalam larutan oleh cermin kemudian ditangkap oleh fiber *receiver*, cahaya yang tertangkap dalam fiber receiver disalurkan ke *photodetector* yang kemudian diubah dalam sinyal listrik sehingga dapat dibaca oleh *oscilloscope* ( $V_{\text{mod}}$ ). Dari keluaran ini berikutnya dapat dihitung besar atenuasi seperti yang diberikan oleh:

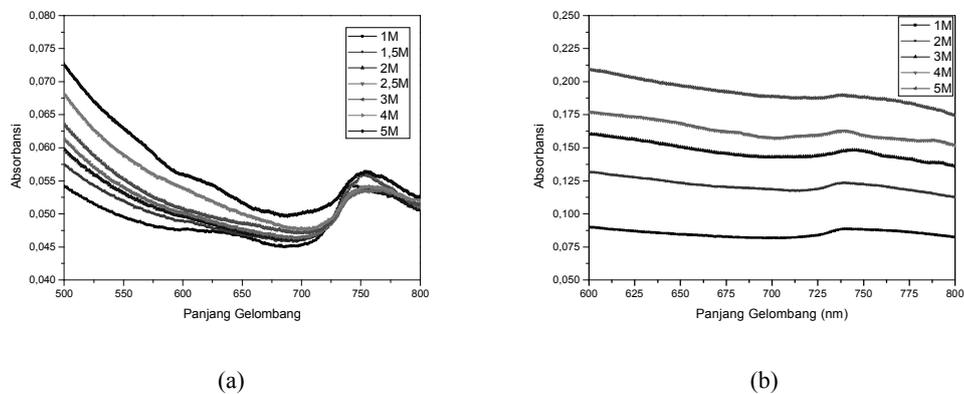
$$= 10 \frac{V_{\text{mod}}}{V_{\text{reff}}} \quad (2)$$



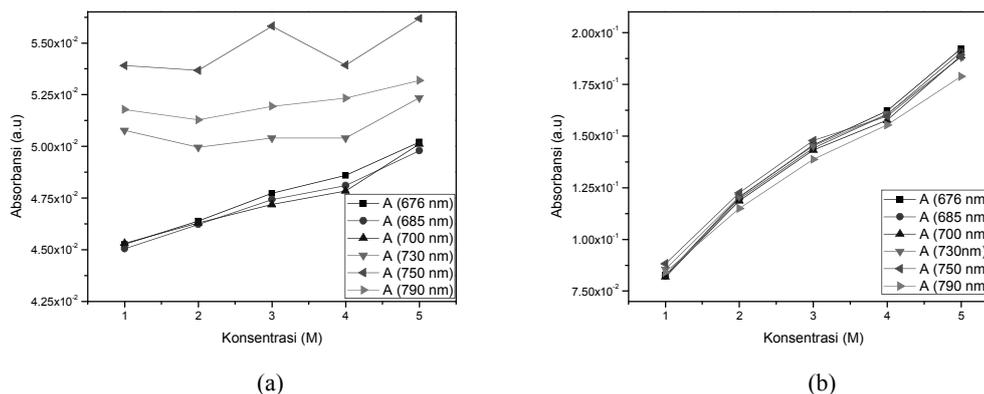
**Gambar 1.** Skema eksperimen fiber sensor untuk mengukur refraktif indeks larutan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 adalah hasil uji absorbansi cahaya untuk rentang panjang gelombang 500 nm sampai 800 nm dari larutan gula (Gambar 2a) dan larutan garam (Gambar 2b). Terlihat bahwa beda intensitas serapan antara satu konsentrasi dengan konsentrasi yang lain sangat ditentukan oleh panjang gelombang. Dari gambar 2(a) dapat ditunjukkan bahwa beda serapan cahaya antara satu larutan gula dengan larutan gula yang lain mempunyai nilai yang kecil saat  $\lambda = 750\text{-}800$  nm. Penggunaan sumber cahaya dalam rentang ini karenanya tidak disarankan. Saat mengalami pergeseran ke arah warna biru ( $\lambda < 750$  nm), beda nilai serapan untuk larutan gula ini membesar. Keteraturan perubahan absorbansi pada range ini mulai tampak. Saat konsentrasi larutan gula membesar, nilai absorbansi dari larutan ini juga membesar. Perbedaan absorbansi antara larutan gula sebagai fungsi panjang gelombang pada rentang panjang gelombang eksperimen tidak teramati pada larutan garam. Terlihat bahwa beda serapan cahaya antara satu konsentrasi dengan konsentrasi yang lain untuk larutan garam mempunyai rentang yang besar.



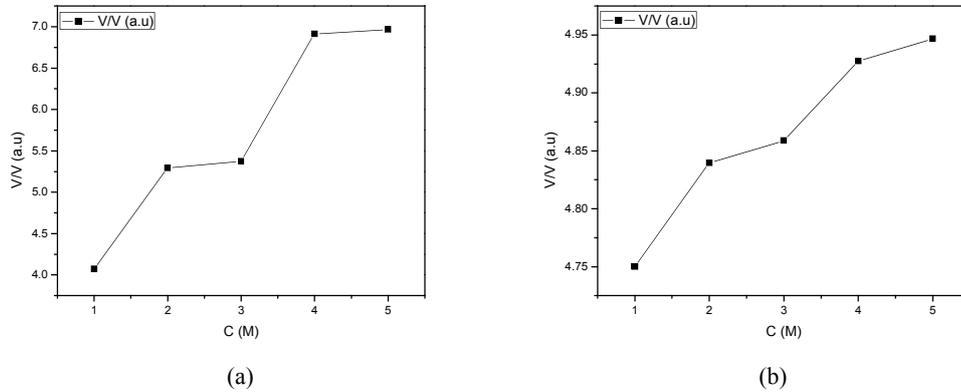
**Gambar 2.** (*color online*) Spektrum absorbansi untuk beberapa larutan (a) larutan gula dan (b) larutan garam



**Gambar 3.** (*color online*) Grafik hubungan konsentrasi dengan absorbansi (a) larutan gula dan (b) larutan garam

Gambar 3 adalah grafik hubungan konsentrasi larutan dengan absorbansi. Pada larutan gula, perubahan secara linier dapat diamati saat panjang gelombang mengecil. Tiga grafik terbawah pada Gambar 3a menunjukkan tingkat linieritas yang jauh lebih baik dari tiga grafik bagian atas. Panjang gelombang LED yang digunakan untuk sensing konsentrasi larutan gula ini ada dalam kelompok grafik bagian bawah. Ini berarti bahwa sumber cahaya  $\lambda = 676$  nm layak digunakan untuk penentuan konsentrasi larutan gula. Sebagaimana

terlihat dalam Gambar 2b, linieritas yang baik dari grafik hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi larutan garam seperti ditunjukkan oleh Gambar 3b sudah dapat diduga. Ini berarti bahwa penentuan panjang gelombang untuk sensing konsentrasi larutan garam lebih bebas dibandingkan dengan larutan gula.



Gambar 4. Grafik hubungan konsentrasi dengan intensitas (a) larutan gula dan (b) larutan garam

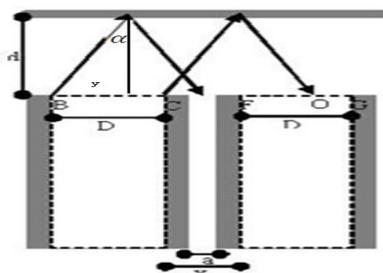
Gambar 4 merupakan grafik hubungan konsentrasi larutan gula dan larutan garam dengan intensitas cahaya yang keluar dari fiber receiver hasil eksperimen. Dalam eksperimen ini, intensitas cahaya terukur sebagai tegangan listrik yang nilainya dapat dibaca dalam osiloskop. Grafik ini menggambarkan rasio hasil pengukuran tegangan dari fiber referensi dengan fiber termodulasi sebagai fungsi jarak antara cermin fiber dengan fiber optik untuk larutan gula. Saat konsentrasi semakin besar maka semakin besar pula intensitas yang diperoleh. Kecenderungan naik yang diamati dalam hasil ini sesuai dengan hasil seperti pada Gambar 4, namun cara kenaikannya tidak linear. Hasil demikian dapat diterangkan dari kenyataan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Bila dua fiber yang masing-masingnya mempunyai core dengan diameter  $D$  dan keduanya dipisahkan sejauh  $x$  maka porsi cahaya ( $N_\alpha$ ) yang keluar dari fiber transmitter masuk ke fiber receiver adalah

$$= \frac{D}{x} = \left( \frac{D}{x} \right) \tag{3}$$

Untuk nilai  $d$  (jarak antara ujung fiber dengan cermin) yang tetap, maka bila konsentrasi larutan berubah dan karenanya indeks bias larutan berubah sudut keluaran  $\alpha$  maksimum juga akan berubah. Hubungan antara perubahan indeks bias larutan dengan sudut keluaran maximum ini diberikan oleh

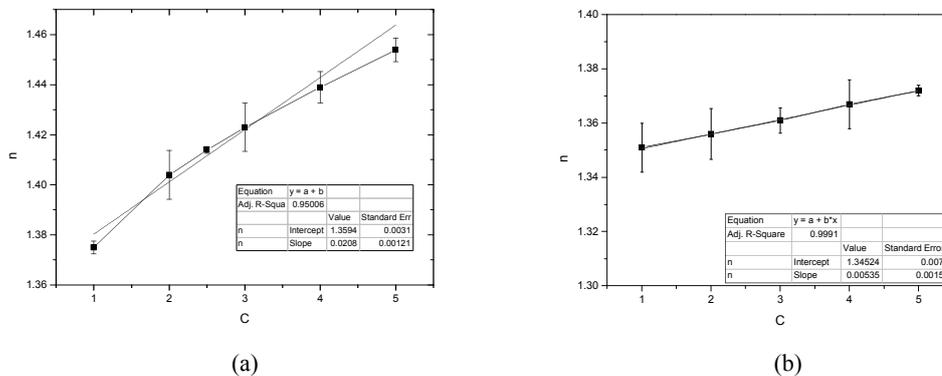
$$= \tag{4}$$

Terlihat dari persamaan (3) dan (4), porsi dari cahaya yang keluar dari fiber transmitter yang dipantulkan oleh cermin dan masuk ke fiber receiver untuk nilai jarak antara fiber dengan cermin ( $d$ ) yang tetap akan sangat bergantung pada refractive index larutan.



**Gambar 5.** Ilustrasi cahaya yang dipantulkan cermin dan diterima oleh serat optik receiver.

Gambar 6 menunjukkan bagaimana indeks bias larutan berubah ketika konsentrasi dari dua larutan (gula dan garam) yang diteliti dalam penelitian ini berubah. Indeks bias larutan meningkat saat konsentrasi larutan meningkat. Angka linieritas untuk kedua larutan cukup tinggi. Masing-masing secara berurutan adalah ( $R^2=0,95006$ ) dan ( $R^2=0,99858$ ).

**Gambar 6.** (color online) Grafik hubungan konsentrasi dengan indeks bias (a) larutan gula dan (b) larutan garam

Menggabungkan hasil eksperimen dari UV-VIS-NIR *spectroscopy* dengan *refractometer* ABBE di atas dapat diketahui bahwa banyak cahaya masuk ke *fiber receiver* sangat ditentukan oleh seberapa banyak cahaya diserap oleh larutan dan *refractive index* dari larutan itu sendiri.

## KESIMPULAN

Penelitian yang ditujukan untuk membuat fiber sensor sederhana untuk pengukuran indeks bias larutan gula dan larutan garam telah dilakukan. Porsi cahaya yang masuk ke fiber receiver meningkat dengan naiknya konsentrasi larutan. Cara kenaikan ini dipercaya merupakan gabungan antara serapan cahaya oleh larutan yang adalah fungsi panjang gelombang dan perubahan porsi cahaya masuk ke fiber receiver akibat perubahan *refractive index* larutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- 1 Kumar, J. A., Gowri, N.M., Raju, Nirmala, Bellubbi and Krishna. 2006. Study of Fiber Optic Sugar Sensor. *Pramana Journal of Physics*. Vol. 67, No.2 August 2006, pp.383-387.
- 2 Banerjee, A., Mukherjee, S., Kumar, R., Biman, J., Tapan, K., Mrinmoy, C., Rahul, D., Sandip, B., Ashutosh, S, Vadana, S., Rakesh, M., Ram, S., Paramhans, T., Setyendra, K., Vishal, S., Anjan, K, Joseph, J., Pinaki, G. 2007. Fiber Optic Sensing of Liquid Refractive Index. Indian Institute of Technology Kanpur. India. *Sensors and Actuators B* 123 (2007), pp. 594–605.
- 3 Govindan, G., Raj, S.G., Sastikumar, D. 2009. Measurement of Refractive Index of Liquids Using Fiber Optic Displacement Sensors. *Marsland Press Journal of American Science* 2009:5(2), pp. 13-17.
- 4 Nath, P. 2010. Non-intrusive Refractometer Sensor. *Pramana Journal of Physics*. Vol. 74, No.4 April 2010 pp. 661-668.
- 5 Wulansari, N., Marzuki, A., dan Yuniyanto, M. 2012. Sensor Fiber Optik dari Bahan Fiber Optic Polimer untuk Pengukuran Refractive Index Larutan Gula. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol.2, No.1 pp 29-37.

- 6 Khumaedi, Sutikno, dan Supliyadi. 2010. Percobaan Kisi Difraksi dengan Menggunakan Keping DVD dan VCD. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*. pp 26-29.
- 7 Rediansyah, H., Purwono, BS., dan Mustopa, EJ. 2011. Spektroskopi sederhana menggunakan keeping dvd. *Prosiding Seminar Kontribusi Fisika 2011 (SKF 2011)*.
- 8 Pedrotti, F.L., and Pedrotti, L.S. 1993. *Introduction to Optics*. Prentice-Hall, Inc.