

Sistem Pengukuran Kadar Gula dalam Cairan menggunakan Sensor Fotodiode Terkomputerisasi

Measurement System of Sugar Content in Liquid Sensor using Computerized Fotodiode

Misto^{*1)}, Tri Mulyono²⁾, Alex³⁾

^{1,3)}Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Jember, Jember

²⁾Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Jember, Jember

*Email: misto.fmipa@unej.ac.id

ABSTRACT

It has been made an electronic system for measurement of sugar cane in solution media. This system uses a pin photodiode as a sensor, laser source, optical fiber, an operational amplifier (Op-Amp), analog to digital converter (ADC) of the Arduino, and computers. The main operation of the measurement system is done by the sensor and controlled by computer. The the photodiode sensor sends a signal to a signal processing unit (op-amp) and converted to a digital signal by the ADC. The digital signal is then forwarded for processing and display (computer). We Concluded that the system working well because of the sugar content information can be simultaneously displayed on the monitor.

Keywords: kadar gula, pin photodiode, komputer.

PENDAHULUAN

Perangkat pengukur kadar gula secara optik menggunakan serat optik terhubung komputer dibutuhkan untuk sejumlah aplikasi, termasuk pada pengukuran kadar gula dalam cairan tebu. Pengukuran kadar gula secara optik yang bekerja pada prinsip penyerapan gelombang cepat mempunyai kelebihan yaitu murah karena tidak memerlukan zat kimia dalam proses pengukurannya, volume cairan sampel yang digunakan tidak banyak, dan hasilnya pengukurannya sangat cepat.

Pengukuran kadar gula (glukosa) dalam air destilasi menggunakan serat optik berbasis sensor pergeseran dengan *probe* bundel telah dikembangkan oleh Yasin *et al.*, (2010). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa puncak tegangan atau intensitas sinar adalah sebanding dengan konsentrasi glukosa. Sejalan dengan penelitian tersebut Aini *et al.*, (2013) juga melakukan pengujian kadar glukosa dalam air destilasi menggunakan serat optik berbasis sensor pergeseran dengan *fiber coupler*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan glukosa yang digunakan, semakin tinggi pula tegangan keluaran yang dihasilkan. Metode lain yang umum digunakan untuk mengukur kadar gula adalah dengan metode *refractometric*, *Near*

Infrared Reflectance (NIR), *polarimetric*, dan kromatografi (McCarthy, 2003) dalam (Nawi, 2012). Beberapa metode tersebut memiliki keterbatasan untuk digunakan di lapang karena membutuhkan waktu yang cukup lama, ketergantungan operator, dan membutuhkan reagen yang berbahaya (Mehrotra dan Siesler, 2003 dalam Nawi, 2012). Beberapa penelitian di laboratorium telah menunjukkan bahwa metode spektroskopi dapat berhasil digunakan untuk memprediksi kualitas tebu berdasarkan sampel cairan tebu (Valderrama *et al.*, 2007). Namun penelitian tersebut tidak mendapatkan cukup sampel cairan yang sesuai di lapang sehingga mengurangi tingkat ketelitian data yang telah didapatkan.

Pengukuran yang lebih sederhana dilakukan menggunakan alat *refractometer*, yaitu dengan meneteskan cairan tebu ke salah satu bagian *refractometer*. Pengukuran ini memanfaatkan prinsip indeks bias. Semakin tinggi kadar gula pada cairan tebu maka indeks biasnya akan semakin tinggi sehingga *refractometer* akan menunjukkan skala yang semakin besar. Kelemahan dari alat ini adalah adanya pengaruh sinar matahari ketika pengukuran dilaksanakan di lapang. Semakin tinggi intensitas sinar matahari maka semakin tinggi skala *refractometer* yang akan didapatkan.

Kelemahan dari beberapa penelitian sebelumnya antara lain belum terintegrasinya penelitian menggunakan *personal computer* (PC) untuk pengendalian alat ukur dan media penyimpanan data, serta akurasi rendah yang disebabkan oleh keterbatasan alat dan sampel yang digunakan. Beberapa kelemahan dari penelitian sebelumnya mengindikasikan perlunya perbaikan dalam melakukan kegiatan pengukuran. Sejalan dengan kondisi tersebut, prinsip optika memberikan peluang untuk mengukur cairan tebu melalui pengamatan transmisi sinar yang diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Berdasarkan gagasan di atas, maka diperlukan sebuah alat ukur berupa *prototype* yang digunakan untuk mengukur kadar gula pada cairan tebu. Alat yang akan dibuat memanfaatkan sensor cahaya berupa PIN fotodiode, *Light Emitting Diode* (LED) yang digunakan sebagai sumber cahaya, serat optik yang digunakan sebagai media transmisi dari sumber sinar, serta modul Arduino Uno yang digunakan sebagai modul mikrokontroler yang dihubungkan dengan PC. Prinsip alat ini adalah sinar dilewatkan melalui serat optik. Selanjutnya oleh serat optik, paket-paket energi dari sinar akan diteruskan ke cairan tebu. Karena sifat optik dari larutan yang berwarna agak keruh maka akan ada sinar yang diserap oleh larutan. Cairan tebu dituangkan ke wadah yang terisolasi dari sumber cahaya lain.

Sensor kadar gula dan unit pengolah sinyal

Pengukuran kadar gula menggunakan sensor fotodiode yang diletakkan di ujung kuvet sampel larutan gula. Larutan disiapkan dalam air suling untuk berbagai kadar (konsentrasi) mulai dari 2 gram hingga 20 gram per 1000 liter air suling. Dengan bantuan sinar dari sumber LED warna merah yang ditransmisikan melalui sebuah fiber optik, sinar diteruskan mengenai larutan pada kuvet. Setelah melalui

sampel larutan gula tebu kemudian sinar diterima oleh fotodiode melalui fiber optik berikutnya. Intensitas yang dimiliki sinar yang keluar dari sampel adalah berhubungan langsung dengan konsentrasi sampel gula.

Dengan memanfaatkan kalibrasi yang tepat, perangkat dapat dikonfigurasi untuk pengukuran konsentrasi gula. Hubungan intensitas sinar yang keluar sampel I terhadap intensitas sinar awal masuk sampel I_0 mengikuti prinsip transmisi seperti pada persamaan berikut;

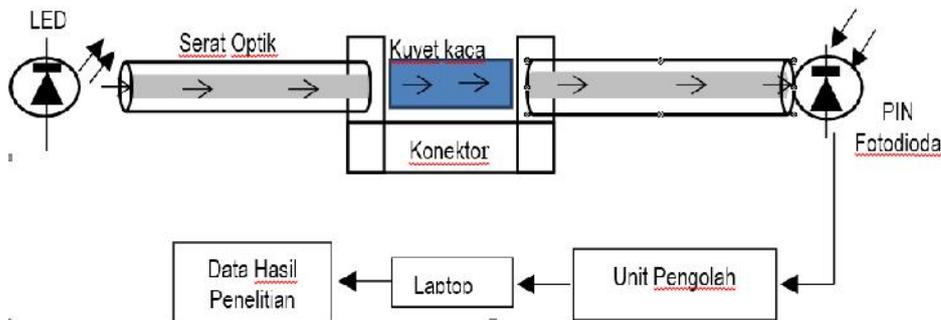
$$I = I_0 e^{-\mu X} \tag{1}$$

Dengan μ adalah koefisien serapan larutan, dan X adalah panjang larutan yang dilewati sinar.

Selanjutnya, sinar LED ditransmisikan oleh serat optik menuju sensor PIN fotodiode. Penggunaan PC akan mengendalikan nyala-mati sumber sinar, menampilkan data hasil pengukuran kadar gula dalam bentuk konsentrasi serta digunakan sebagai media penyimpan data.

Sensor kadar gula dan unit pengolah sinyal

Pengukuran kadar gula menggunakan sensor fotodiode yang diletakkan di ujung kuvet sampel larutan gula. Larutan disiapkan dalam air suling untuk berbagai kadar (konsentrasi) mulai dari 2 gram hingga 20 gram per 1000 liter air suling. Dengan bantuan sinar dari sumber LED warna merah yang ditransmisikan melalui sebuah fiber optik, sinar diteruskan mengenai larutan pada kuvet. Setelah melalui sampel larutan gula tebu kemudian sinar diterima oleh fotodiode melalui fiber optik berikutnya. Intensitas yang dimiliki sinar yang keluar dari sampel adalah berhubungan langsung dengan konsentrasi sampel gula. Dengan memanfaatkan kalibrasi



Gambar 1. Blok diagram sistem pengukuran

yang tepat, perangkat dapat dikonfigurasi untuk pengukuran konsentrasi gula. Hubungan intensitas sinar yang keluar sampel I terhadap intensitas sinar awal masuk sampel I_0 mengikuti prinsip transmitansi seperti pada persamaan berikut;

$$I = I_0 e^{-\mu X} \quad (1)$$

Dengan μ adalah koefisien serapan larutan, dan X adalah panjang larutan yang dilewati sinar.

Selanjutnya, sinar LED ditransmisikan oleh serat optik menuju sensor PIN fotodiode. Penggunaan PC akan mengendalikan nyala-mati sumber sinar, menampilkan data hasil pengukuran kadar gula dalam bentuk konsentrasi serta digunakan sebagai media penyimpanan data.

METODE

Pada penelitian ini telah dibuat sistem pengukuran kadar gula dalam cairan dengan menggunakan sensor fotodiode dan mikrokontroler dari Arduino. Diagram blok dari rancangan perangkat keras penelitian yang telah dibuat digambarkan seperti Gambar 1. Konversi intensitas sinar ke tegangan melalui rangkaian transimpedansi menggunakan IC opamp LF357. Tegangan V yang terjadi pada penguat transimpedansi dapat ditentukan dengan persamaan;

$$V = iR \quad (2)$$

Dengan R adalah hambatan yang terpasang pada penguat transimpedansi, dan kuat arus i ditentukan dengan persamaan:

$$i = \frac{\eta P \lambda A}{hc} \quad (3)$$

- Dengan η = efisiensi kuantum dari sensor fotodiode
- P = daya intensitas yang mengenai sensor fotodiode
- λ = panjang gelombang sinar
- A = luasan sensor fotodiode
- h = konstanta Planck
- c = kecepatan cahaya di ruang vakum

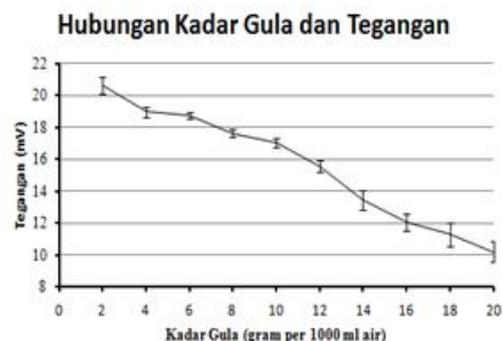
Sinyal tegangan luaran dari kemudian diteruskan ke rangkaian pengubah analog to digital (ADC) menggunakan modul Arduino UNO. Unit pengolah sinyal pada desain rangkaian tersebut memiliki dua bagian utama yaitu penguat operasional dan juga modul Arduino UNO.

Perangkat lunak (software) pemrograman

LabVIEW 2012 64 bit yang digunakan untuk membuat program perintah kerja, LabVIEW Interface for Arduino yang digunakan untuk menjalankan perintah kerja, dan Arduino IDE 1.0.4 digunakan untuk memasukkan bahasa pemrograman pada modul Arduino UNO. Selanjutnya perancangan hardware dan instalasi software Arduino IDE serta LabVIEW sebagai proses awal pembuatan alat ukur. Agar perangkat keras tersambung dengan perangkat lunak pada laptop maka diperlukan suatu bahasa pemrograman untuk menerjemahkan perintah-perintah *user*. Jika bahasa pemrograman yang dimasukkan sudah sesuai dengan hal-hal yang harus dieksekusi oleh perangkat keras, maka kegiatan selanjutnya adalah pengujian alat. Pengujian dilakukan pada larutan gula dengan variasi konsentrasi. Pengujian akan dianggap berhasil ketika tegangan keluaran yang ditampilkan pada laptop menunjukkan nilai tegangan besar ketika larutan standar gula memiliki konsentrasi rendah. Jika hasil yang didapatkan belum sesuai dengan ketentuan tersebut maka diperlukan pemrograman ulang. Pengujian alat ini dimaksudkan untuk mengetahui kinerja dan tingkat ketelitian alat. Selanjutnya alat digunakan untuk mengukur kadar gula pada cairan tebu yang belum diketahui konsentrasinya.

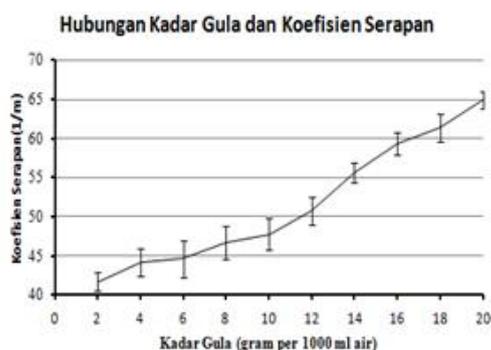
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari LED bright dengan panjang gelombang puncak 625 nm, fiber optik multimode dengan diameter core 2 mm dari bahan silika, kuvet sampel panjang 3 cm, fotodiode pin BPW34, penguat transimpedansi dengan tegangan bias 1,5 volt dan hambatan beban 100 k Ω . Setelah perangkat keras dan perangkat lunaknya terpasang kemudian diujicobakan pengukuran terhadap larutan gula yang telah dipersiapkan. Hasil pengujian pengukuran kadar gula oleh sistem yang telah dibuat dalam satuan tegangan seperti grafik pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan kadar gula dan tegangan keluaran

Peningkatan kadar gula menunjukkan penurunan tegangan keluaran. Ini menunjukkan bahwa makin besar kadar gula makin besar serapan intensitas sinar yang mengenainya sehingga intensitas sinarnya makin turun. Hal ini diamati bahwa sampel larutan dengan kadar 2 gram hingga 20 gram dalam 1000 ml air (air suling) dengan perubahan 2 gram per 1000 ml air, intensitas sinar merah (625 nm) yang merambat di dalamnya mengalami penurunan mendekati linier. Penurunan intensitas ini mengakibatkan perubahan tegangan pada penguat transimpedansi. Pemilihan angka kadar gula dalam cairan tersebut disesuaikan keadaan di lapangan bahwa kandungan gula cairan tebu (rendemen) maksimum berada di sekitar harga kadar (menggunakan brixmeter) yang telah digunakan di atas. Kemudian pengamatan dilanjutkan melalui angka serapan seperti pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Hubungan kadar gula dan koefisien serapan

Dari Gambar 3 tampak bahwa dengan meningkatnya kadar gula dalam larutan mempengaruhi besarnya koefisien serapan, karena secara umum jika kadar gula meningkat menandakan koefisien serapan juga semakin meningkat, sehingga nilai μ (dalam persamaan 1) juga akan semakin meningkat. Ini disebabkan karena meningkatnya kadar gula dalam larutan menandakan komposisi gula dalam larutan lebih besar dari konsentrasi yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa untuk medium cairan mematuhi hukum Lambert-Beer penyerapan, absorbansi cepat berlalu sepanjang medium cairan mendekati linier (Doherty, 2007).

Berdasarkan dari pembahasan di atas, dapat dimengerti bahwa sistem pengukuran kadar gula suatu larutan menggunakan spektroskopi

dengan sinar LED ini dapat digunakan untuk mengetahui kandungan gula pada cairan tebu, karena selain akurat juga tidak merusak struktur larutan yang diteliti. Secara umum, jika semakin tinggi kadar (kandungan) gula pada larutan dipastikan koefisien serapan terhadap sinar yang digunakan semakin tinggi. Namun untuk diaplikasikan secara langsung pada larutan hasil perasan dari tebu yang digiling perlu kalibrasi ulang mengingat larutan perasan tebu tersebut terdapat bahan terlarut selain gula, oleh karena itu pada tahun II dari penelitian akan dilanjutkan dengan penelitian lanjutan yang meliputi kalibrasi termasuk kalibrasi programnya. Sedangkan beberapa kelebihan pengukuran dengan metode ini adalah murah karena tidak dibutuhkan keterlibatan bahan kimia dan hasilnya cepat diperoleh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sistem brixmeter tahun I yang terdiri dari rangkaian elektronik dan sensor untuk pengukuran kadar gula (sukrosa) secara optik dapat dibangun dengan menggunakan sumber sinar, transmisi sinar (fiber optik), kuvet, dan rangkaian sensor (fotodiode, opamp, dan hambatan).
2. Rangkaian multiplexer, pengolah sinyal, dan ADC, dapat dibangun menggunakan modul Arduino untuk perancangan sebuah brixmeter. Program tambahan untuk mengaktifkan Arduino juga diperlukan pengaturan sinyal.
3. Dengan teknologi sistem ini maka brixmeter (tahun I) dapat berlangsung pada pengukuran kadar gula dapat berlangsung .

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur DP2M Dikti Kemenristekdikti sebagai penyandang dana penelitian ini melalui hibah DP2M Dikti 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, F.N., Samian, dan Yasin, M.. 2013. *Deteksi Kadar Glukosa dalam Air Destilasi Berbasis Sensor Pergeseran Menggunakan Fiber Coupler*. Jurnal Fisika dan Terapannya Volume 1, No. 1, 2013 (hal. 1-7).

- Artanto.. 2012. *Interaksi Arduino dan LabVIEW*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Bitter, Rick, Taqi Mohiuddin, Matt Nawrocki. 2007. *LabVIEW™ Advanced Program ing Techniques Second Edition*. New York: Taylor & Francis Group, LLC.
- Doherty, W. 2007. *A Preliminary Assessment Of Methods To Measure In Field Sugar Loss*, Queensland Univ. of Tech. - Project SR1141, Australia.
- Ginting, Allo, Mamahit, & Tuung. 2013. *Perancangan Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Light Dependent Resistor Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535*. Manado: Universitas Sam Ratulangi. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer.
- Johnson,. 2010. *Optical fibre, Cables and System*. Genewa: International Telecommunication Union.
- Halvorse, Hans-Petter. 2014. *Introduction to LabVIEW*. Norwegia: Telemark University College.
- Malvino, Albert Paul. 1985. *Semiconductor Circuit Approximation: An Introduction to Transistors and Integrated Circuit Fourth Edition*. McGraw-Hill, Inc.
- McCarthy, S. G. 2003. *The integration of sensory control for a sugar cane harvester*. Australia: University of Southern Queensland.
- Mehrotra, R. and Siesler, H. W. 2003. *Application of mid infrared/near infrared spectroscopy in sugar industry*. New Delhi National Physical Laboratory. Appl. Spectroscopy Reviews. Volume 38: hal 307–354.
- Nawi, N.M., Troy J., and Guangnan C. 2012. *The Application of Spectroscopic Methods to Predict Sugarcane Quality Based on Stalk Cross-sectional Scanning*. Journal American Society of Sugar Cane Technologists, Vol. 32, 2012.
- Sedra, Adel S. Kenneth C. Smith. 1987. *Microelectronc Circuits, Second Edition*. CBS College Publishing.
- Yasin M., Harun S. W., Yang H. Z. and Ahmad H. 2010. *Fiber Optic Displacement Sensor for Measurement of Glucose Concentration in Distilled Water, Optoelectronics and Advanced Materials – Rapid Communications*, Volume 4, No. 8 (page: 1063-1065).
- Valderrama, P., Braga, J. W. B. & Poppi, R. J. 2007. *Validation of multivariate calibration models in the determination of sugar cane quality parameters by Near Infrared Spectroscopy*. Brazil: Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas. J. Braz. Chem. Soc., Volume 18: 259-266.

