

PENGGUNAAN SENSOR FOTODETEKTOR UNTUK PENGUKURAN KANDUNGAN GULA DI DALAM LARUTAN NIRA TEBU

Application of Photodetector Sensor for Sugar Content Measurement in Sugar Cane Juice

Alex Taufiqurrohman Zain^{1*}, Cahyaning Nur Karimah¹, Mochamad Irwan Nari¹, dan Anni Nuraisyah²

¹ Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip No. 164, Jember 68124

² Jurusan Produksi Pertanian Politeknik Negeri Jember
Jl. Mastrip No. 164, Jember 68124

e-mail: Alextaufiqurrohman@polije.ac.id

Abstract : Cane is one of the sugar-producing plants. The quality of produced sugar is greatly influenced by main raw material, cane juice, so sugar content measurement in sugar cane is needed. In this study, measuring sugar content in cane juice is integrated with a PC system. In addition to cane juice, sugar solutions are used as an object in this study. Measuring devices are made using light propagation principle when passing through the object. The light source used is RGB bright LED, fiber optic as a propagation medium of ray, photodiode BPW 34 as a photodetector, Arduino UNO module as a microcontroller module, and digital refractometer to obtain comparable data. The results showed that the measuring instrument could be integrated with a PC system. Research on sugar solution shows that yellow light is able to provide the greatest change in the output of sensor system for each variation of solution concentration, and a calibration curve is obtained for further study on cane juice. Research on cane juice shows that there are still differences in the results of sugar content measurement from photodetectors to digital refractometers.

Keywords: photodiode, calibration curve, sugar cane juice

Abstrak : Tebu merupakan salah satu tanaman penghasil gula. Kualitas gula yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bahan baku utamanya yaitu nira tebu, sehingga diperlukan pengukuran kandungan nira pada tebu. Pada penelitian ini, dibuat alat ukur kandungan gula pada nira tebu yang terintegrasi dengan sistem PC. Selain nira tebu, digunakan larutan gula sebagai objek penelitian lainnya. Alat ukur yang dibuat memanfaatkan prinsip penjalaran sinar ketika melewati objek penelitian. Sumber sinar yang digunakan adalah RGB bright LED, fiber optic sebagai medium perambatan sinar, fotodiode BPW 34 sebagai fotodetektor, modul Arduino UNO sebagai modul mikrokontroler, dan refraktometer digital untuk mendapatkan data perbandingan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat ukur sudah bisa terintegrasi dengan sistem PC. Penelitian pada larutan gula menunjukkan bahwa sinar kuning mampu memberikan perubahan tegangan keluaran sistem sensor yang paling besar setiap variasi konsentrasi larutan, dan didapatkan kurva kalibrasi untuk penelitian pada nira tebu selanjutnya. Penelitian pada nira tebu menunjukkan bahwa masih ada perbedaan hasil pengukuran kandungan gula dari fotodetektor terhadap refraktometer digital.

Kata kunci: fotodiode, kurva kalibrasi, nira tebu.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi membawa dampak pada kemampuan industri elektronika memproduksi peralatan yang mampu menunjang aktivitas dan kreativitas manusia (Priambodo, 2013). Bidang instrumentasi optik merupakan salah satu bidang yang saat ini mengalami kemajuan teknologi.

Perangkat instrumentasi optik terdiri dari sumber sinar, media transmisi, dan sensor penerima yang digunakan untuk mengukur besaran fisis dari suatu bahan. Serat optik merupakan media transmisi sinar dari laser atau *Light Emitting Diode* (LED) menuju fotodetektor. Selain untuk transmisi data, serat optik juga dapat digunakan sebagai sensor. Pemanfaatan

serat optik sebagai sensor dapat digunakan pada pengukuran kadar gula, biomedis, dan farmasi (Fajarini, 2011). Penelitian kadar glukosa dalam air distilasi menggunakan serat optik berbasis sensor pergeseran dengan *probe* bundel menunjukkan bahwa puncak tegangan atau intensitas sinar sebanding dengan konsentrasi glukosa. Sejalan dengan penelitian tersebut, pengujian kadar glukosa dalam air distilasi menggunakan serat optik berbasis sensor pergeseran dengan *fiber coupler* menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan glukosa yang digunakan, semakin tinggi pula tegangan keluaran yang dihasilkan (Aini *et al.*, 2013). Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Binu *et al.* (2009). Penelitian tersebut menggunakan prinsip penjalaran sinar yang ditransmisikan oleh serat optik. Selanjutnya, sinar akan melalui larutan glukosa dengan variasi konsentrasi. Adanya permukaan refleksi akan berpengaruh terhadap intensitas sinar yang diterima oleh fotodetektor berdasarkan indeks bias sinar. Sinar yang diterima oleh fotodetektor akan diubah menjadi besaran listrik berupa tegangan. Berdasarkan penelitian tersebut, semakin tinggi konsentrasi larutan glukosa, maka indeks bias sinar akan semakin besar pula. Hasil lain menunjukkan bahwa tegangan keluaran yang terukur oleh multimeter digital akan naik secara linear ketika terdapat perubahan konsentrasi larutan gula.

Pada penelitian ini, dibuat alat ukur kandungan gula pada nira tebu. Alat yang 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, dan modul Arduino UNO yang digunakan sebagai modul mikrokontroler yang dihubungkan dengan PC. Prinsip alat ini adalah sinar dilewatkan melalui serat optik. Selanjutnya, paket-paket energi dari sinar akan diteruskan ke sampel nira tebu oleh serat optik. Karena sifat optik dari larutan yang berwarna agak keruh maka akan ada sinar yang diserap oleh larutan. Serat

optik yang digunakan adalah *single mode fiberoptic*. Hal ini disebabkan oleh penggunaan LED sebagai sumber sinar serta fotodiode sebagai fotodetektor. Selain itu, transmisi yang dihasilkan semakin tinggi dengan ukuran diameter yang kecil (Waluyo dan Agus, 2009). Pemilihan fotodiode sebagai fotodetektor adalah didasarkan pada tingkat kepekaannya yang sangat baik terhadap setiap perubahan intensitas sinar yang mengenainya jika dibandingkan dengan jenis fotodetektor lainnya (Sary, 2009). Penelitian ini diharapkan mampu memberikan pilihan lain untuk alat ukur kandungan gula yang tentunya sudah terkalibrasi oleh alat ukur konvensional yang selama ini digunakan yaitu refraktometer. Penelitian ini menggunakan dua spektrum sinar, yaitu sinar kuning dan sinar ungu yang selanjutnya akan dipilih spektrum warna apa yang lebih baik digunakan untuk mengukur kandungan gula pada nira tebu.

METODOLOGI

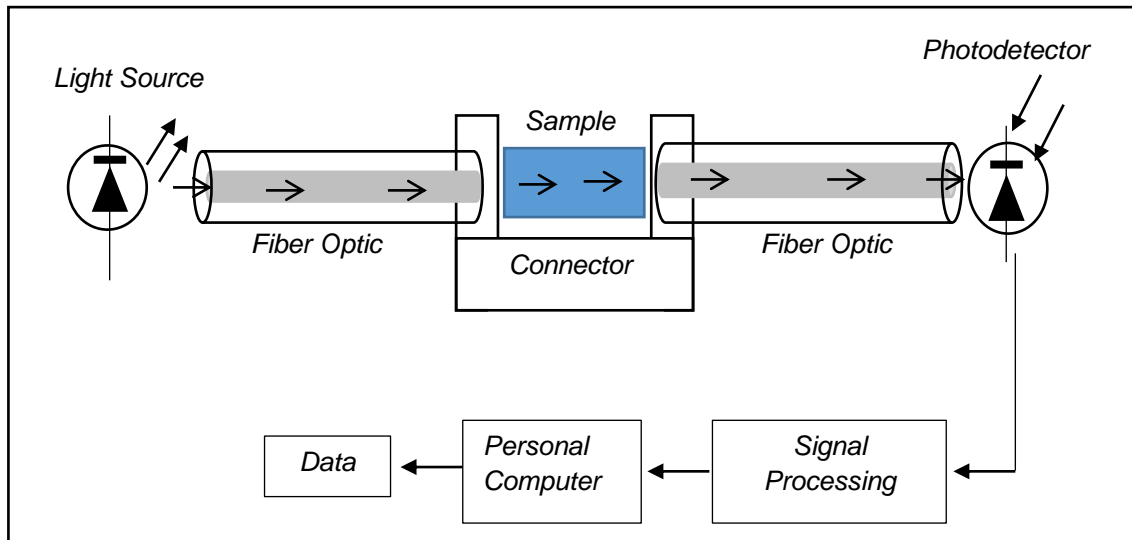
Alat yang dibuat menggunakan RGB *bright* LED sebagai sumber sinar, *fiber optic* sebagai medium perambatan sinar, fotodiode BPW 34 sebagai fotodetektor, modul Arduino UNO sebagai modul mikrokontroler, sedangkan *software* pemrograman yang digunakan adalah *LabVIEW* 2012 64 bit, *LabVIEW interface for* Arduino, serta Arduino IDE 1.0.4. Untuk mendapatkan data perbandingan maka digunakan refraktometer digital.

Bahan awal yang digunakan adalah sampel larutan gula dengan 10 variasi konsentrasi yaitu 0 gram/liter, 25 gram/liter, 50 gram/liter, 75 gram/liter, 100 gram/liter, 125 gram/liter, 150 gram/liter, 175 gram/liter, 200 gram/liter, dan 225 gram/liter serta 12 sampel nira tebu. Nira tebu didapatkan dari empat batang tebu yang masing-masing batangnya dibagi menjadi tiga bagian ruas, yaitu ruas atas, ruas tengah, dan ruas bawah dengan rentang pH sebesar 4,5 – 5,7 (Zain *et al.*, 2020).

Penelitian ini memanfaatkan

prinsip penjalaran (transmisi) sinar ketika sumber sinar (sinar RGB *bright* LED) masuk melalui serat optik, kemudian diteruskan melewati objek penelitian. Setelah melewati objek penelitian, sinar akan diteruskan melalui serat optik kembali dan ditangkap oleh PIN fotodiode (BPW 34) sebagai sinyal gelombang input. Besarnya intensitas sinar LED yang diterima akan dikonversi menjadi bentuk

tegangan oleh PIN fotodiode. Karena adanya efek atenuasi maka intensitas sinar LED yang diterima oleh PIN fotodiode akan berkurang sehingga perlu adanya rangkaian penguat operasional untuk mendapatkan tegangan yang mampu terbaca oleh alat ukur (Zain *et al.*, 2020). Adapun desain rangkaian alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Desain Rangkaian Alat Ukur (Zain *et al.*, 2020)

Adapun tegangan output rangkaian *Op Amp* yang terukur akan ditampilkan pada PC. Selain itu, warna sinar yang dipancarkan oleh RGB *bright* LED juga mampu dikendalikan melalui PC. Agar dapat melakukan hal tersebut maka diperlukan *script* pemrograman yang selanjutnya diunggah ke modul Arduino UNO melalui Arduino IDE 1.0.4. Arduino IDE 1.0.4 merupakan *software* dasar yang digunakan untuk menulis dan mengunggah *script* pemrograman ke modul Arduino UNO. Arduino tersusun dari dua bagian utama yaitu Arduino *board* dan Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Arduino *board* berupa *hardware* yang digunakan ketika menyusun rangkaian. Sedangkan Arduino IDE merupakan *software* yang digunakan untuk pengolahan pada PC. Arduino IDE digunakan untuk membuat gambaran program komputer yang diunggah ke Arduino *board*. Gambaran program digunakan untuk menentukan

pekerjaan yang harus dilakukan oleh Arduino *board* (Banzi, 2011).

Perintah pada modul Arduino UNO dapat dilakukan dengan lebih mudah. Modul Arduino UNO dapat dikendalikan dengan *software LabVIEW* 2012 seri 64 bit. Hal ini dapat dilakukan dengan mengintegrasikan antara Arduino IDE 1.0.4 dengan *LabVIEW* 201. *LabVIEW* menggunakan pemrograman aliran data (*dataflow*) yang akan menentukan perintah eksekusi berdasarkan VI. VI atau *Virtual Instrument* adalah program *LabVIEW* yang menirukan instrumen sebenarnya dalam bentuk simbol-simbol (Pratama *et al.*, 2011). Setelah integrasi berhasil, maka perintah dari modul Arduino UNO tidak lagi menggunakan *script* mirip bahasa C/C++ namun menggunakan blok-blok program *dataflow*. Adapun spesifikasi dari modul Arduino UNO yang digunakan ditampilkan pada Tabel 1.

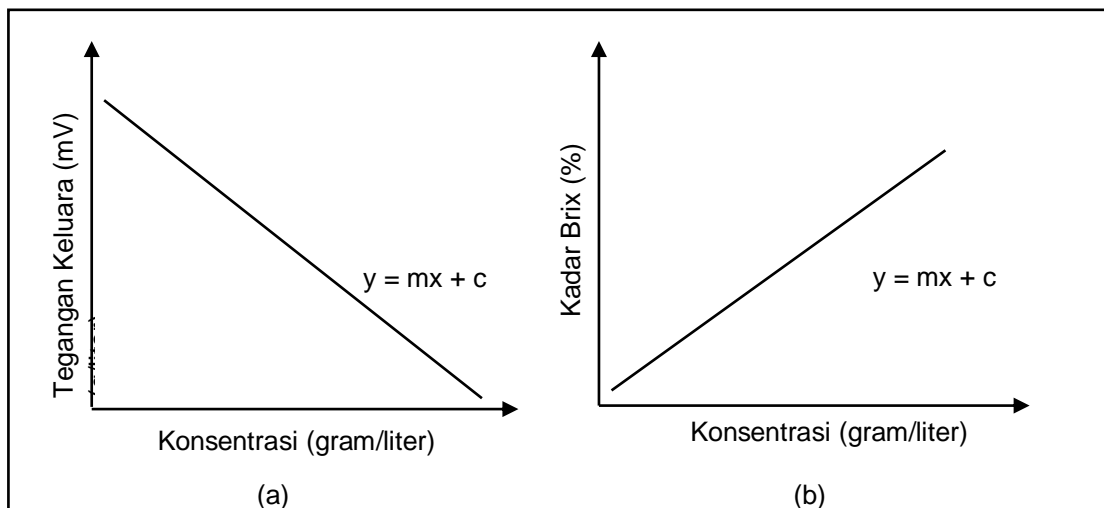
Tabel 1. Spesifikasi Modul Arduino UNO

Komponen	Spesifikasi
Microcontroler	ATMega328
Operation Voltage	5 V
Input Voltage	7 V – 12 V (rekomendasi)
Input Voltage	6 V – 20 V (limit)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Electric Current	50 mA
Flash Memory	32 KB
Bootloader	SRAM 2 KB
EEPROM	1 KB

Sumber: (Saputri *et al.*, 2014)

Data hasil penelitian yang diperoleh adalah grafik hubungan antara konsentrasi larutan gula terhadap tegangan keluaran. Hasil penelitian tersebut digunakan untuk mencari korelasi linear antara konsentrasi gula terhadap tegangan. Ketika tegangan

keluaran dari sampel nira tebu diketahui maka konsentrasinya dapat ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi yang diperoleh sebelumnya. Berikut ini merupakan kurva kalibrasi yang digunakan.



Gambar 2. Grafik Hubungan antara: a. Konsentrasi terhadap Tegangan Keluaran; b. Konsentrasi terhadap Kadar Brix

Dari kurva kalibrasi yang diperoleh akan diketahui nilai gradien grafik (m) dan konstanta grafik (c). Selanjutnya, kandungan gula pada larutan nira tebu dapat diketahui dengan memasukkan nilai yang telah diperoleh sebelumnya pada persamaan di bawah ini.

$$x = \frac{y-c}{m} \tag{1}$$

Keterangan:

x = konsentrasi nira tebu (gram/liter)

c = konstanta

y = tegangan keluaran (mV) atau kadar Brix (%)

m = gradien grafik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian alat ukur kandungan gula menggunakan fotodetektor disajikan pada Tabel 2.

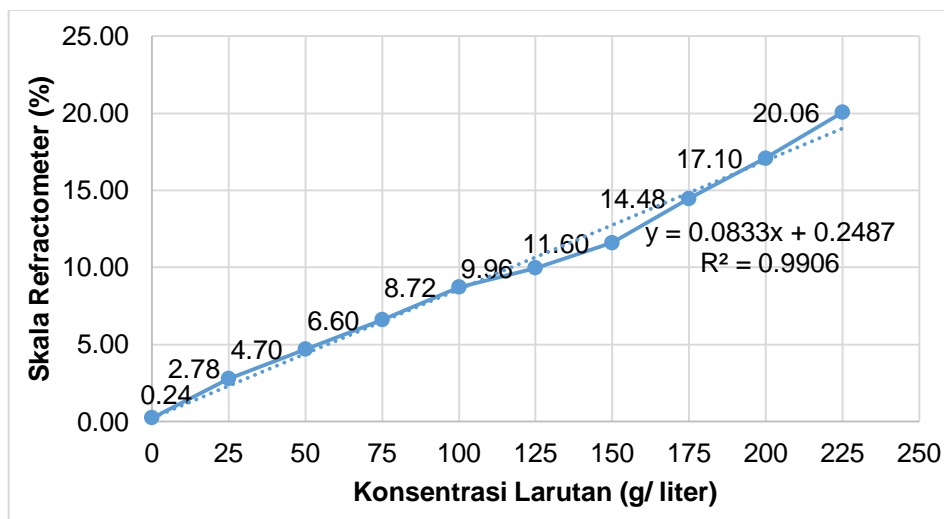
Tabel 2. Hasil Pengujian pada Kendali Warna dan Intensitas RGB *Bright* LED Menggunakan *Software LabVIEW*

No	Bit			Keadaan RGB <i>bright</i> LED
	Merah	Hijau	Biru	
1	0	0	0	LED mati
2	150	0	0	merah-redup
3	255	0	0	merah-terang
4	0	150	0	hijau-redup
5	0	255	0	hijau-terang
6	0	0	150	biru-redup
7	0	0	255	biru-terang
8	255	255	255	putih-terang

Ketiga warna dasar dari RGB *bright* LED dapat dikendalikan dengan laptop untuk keadaan hidup, mati, dan intensitasnya. Pengendalian tersebut dilakukan dengan memanfaatkan sistem bit. Semakin tinggi bit yang digunakan maka RGB *bright* LED akan menyala lebih terang untuk keadaan warna-warna dasar. Pemberian kombinasi warna-warna dari RGB *bright* LED sampai beberapa bit akan menghasilkan warna-warna sekunder selain tiga warna dasar tersebut. Pengendalian RGB *bright* LED tersebut menggunakan masukan serial berupa besaran bit dari masing-masing

komponen warna penyusun dan menghasilkan keluaran analog berupa intensitas sinar RGB *bright* LED.

Pembacaan tegangan keluaran rangkaian transimpedansi menggunakan masukan analog berupa besaran intensitas sinar yang mengenai sensor fotodiode BPW 34 dan menghasilkan keluaran serial berupa tegangan keluaran dari rangkaian transimpedansi. Alat yang telah dibuat digunakan untuk meneliti kandungan gula pada objek penelitian. Dari penelitian diperoleh kurva kalibrasi sebagai berikut.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan Gula terhadap Kadar Brix Refraktometer Digital (Misto *et al.*, 2019)

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa kadar Brix akan naik seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan gula. Pada refraktometer digital, sinar

merambat melewati prisma dengan indeks bias besar menuju sampel dengan indeks bias yang lebih kecil. Sesuai dengan peristiwa refraksi, ketika sinar

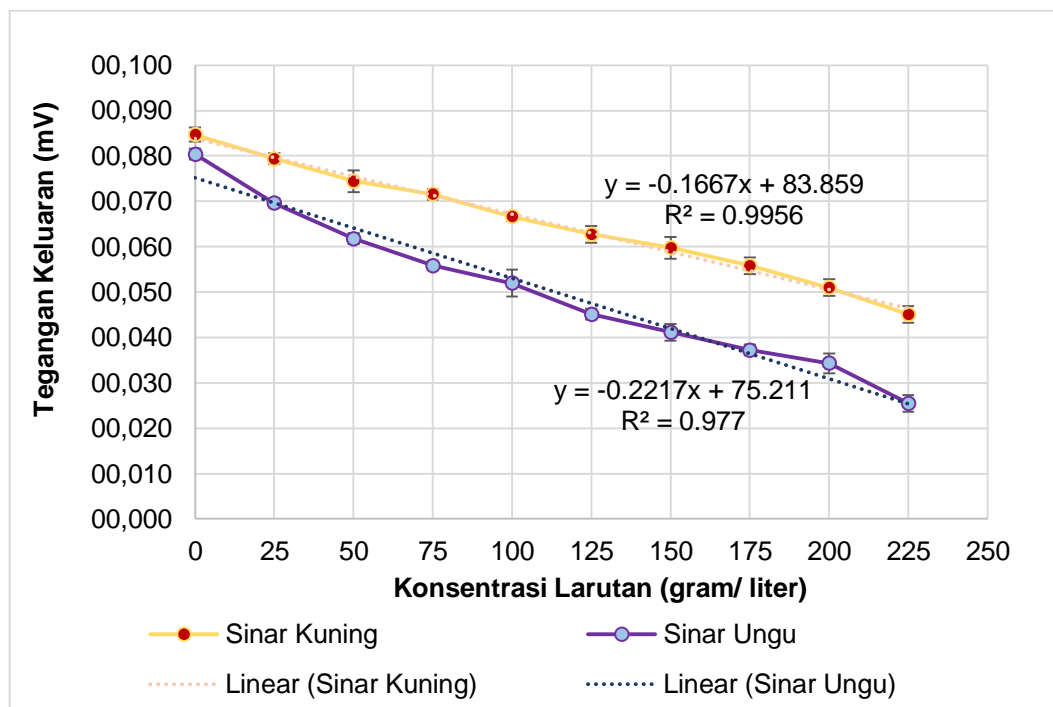
melewati medium yang lebih rapat menuju medium yang renggang maka cahaya akan dibiaskan menjauhi garis normal. kadar Brix diperoleh dari hasil perbandingan antara daerah terang dan gelap dari sensor CMOS atau CCD yang menangkap sinar hasil refraksi. Karena

kemampuannya untuk berubah warna sinar maka pada penelitian ini digunakan dua spektrum warna yaitu spektrum warna kuning dan spektrum warna ungu. Adapun pengaturan bit yang diberikan adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kendali RGB *Bright* LED Berdasarkan Besar bit R-G-B

No	Besar Bit			Keadaan RGB <i>Bright</i> LED
	Merah (R)	Hijau (G)	Biru (B)	
1	0	0	0	LED mati
2	255	0	255	kuning-terang
3	150	150	0	ungu-terang
4	255	255	255	putih-terang

Sumber: (Zain *et al.*, 2020)



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan Gula terhadap Tegangan Keluaran Rangkaian Transimpedansi

Sedangkan, Gambar 4 menunjukkan bahwa tegangan keluaran menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan gula. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya proses penyerapan sinar oleh bahan terlarut sehingga semakin tinggi konsentrasi larutan gula maka semakin berkurang intensitas sinar RGB *bright* LED yang diteruskan.

Hasil perhitungan data menunjukkan bahwa sinar kuning mampu memberikan perubahan tegangan keluaran yang lebih besar dibandingkan sinar ungu untuk setiap variasi konsentrasi larutan gula sehingga pada pengukuran menggunakan sampel nira tebu hanya sinar kuning dari RGB *bright* LED yang digunakan. Berikut ini hasil penelitian pada sampel nira tebu.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kandungan Gula pada Nira Tebu Menggunakan Refraktometer Digital dan Fotodetektor

Tebu	Bagian	Kadar Brix (%)	Vo (mV)
A	Atas	13,26 ± 0,04	41,5 ± 0,5
	Tengah	15,76 ± 0,02	35,8 ± 0,5
	Bawah	17,64 ± 0,02	32,8 ± 0,5
B	Atas	13,76 ± 0,02	40,8 ± 0,2
	Tengah	15,36 ± 0,02	37,6 ± 0,2
	Bawah	16,70 ± 0,04	34,5 ± 0,8
C	Atas	14,58 ± 0,02	38,3 ± 0,3
	Tengah	15,92 ± 0,02	35,5 ± 0,7
	Bawah	17,46 ± 0,02	32,2 ± 0,5
D	Atas	13,84 ± 0,02	36,3 ± 1,2
	Tengah	15,56 ± 0,02	37,1 ± 0,4
	Bawah	17,54 ± 0,02	32,3 ± 0,4

Selanjutnya, kadar Brix (%) serta tegangan keluaran rangkaian transimpedansi (mV) dikonversi menjadi konsentrasi nira tebu (gram/liter)

berdasarkan kurva kalibrasi yang telah diperoleh sebelumnya sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut.

Tabel 5. Persamaan Linear Kurva Kalibrasi

Persamaan Linear	Alat yang Digunakan
$y = 0,0833x + 0,2487$	Refraktometer digital
$y = -0,1667x + 83,859$	Fotodetektor

Hasil konversi berupa kandungan gula dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Konversi

Tebu	Bagian	Konsentrasi Berdasarkan		Selisih (gram/liter)
		Refraktometer Digital (gram/liter)	Fotodetektor (gram/liter)	
A	Atas	156,2 ± 0,5	130,8 ± 2,5	25,4
	Tengah	186,2 ± 0,3	160,5 ± 2,8	25,7
	Bawah	208,8 ± 0,3	175,7 ± 2,8	33,1
B	Atas	162,2 ± 0,3	134,8 ± 1,2	27,4
	Tengah	181,4 ± 0,3	151,2 ± 1,3	30,2
	Bawah	197,5 ± 0,5	166,9 ± 3,9	30,6
C	Atas	172,0 ± 0,2	147,3 ± 1,8	24,7
	Tengah	188,1 ± 0,2	161,7 ± 3,5	26,4
	Bawah	206,6 ± 0,3	178,6 ± 2,5	28,0
D	Atas	163,2 ± 0,3	157,9 ± 6,2	5,3
	Tengah	183,8 ± 0,3	153,7 ± 1,9	30,1
	Bawah	207,6 ± 0,3	178,2 ± 1,8	29,4

Tabel 6 menunjukkan bahwa masih adanya perbedaan nilai hasil pengukuran konsentrasi berdasarkan refraktometer digital terhadap fotodetektor. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh keterbatasan alat dalam

mengonversi besaran sinar setelah melalui objek uji menjadi besaran listrik oleh unit pengolah sinyal. Selain itu, perbedaan yang dihasilkan dipengaruhi oleh adanya perbedaan objek pengujian, yaitu larutan gula dan nira tebu yang

selanjutnya akan berpengaruh pada kurva kalibrasi yang dihasilkan. Jika pada objek larutan gula, material yang terlarut hanya gula saja maka pada nira tebu material terlarutnya adalah sesuai dengan Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Kandungan Nira Tebu

Parameter	Nira Tebu pH 4.5 (±0.1)		Nira Tebu pH 5.0 (±0.1)		Nira Tebu pH 5.5 (±0.1)	
	Hasil Analisis	Pustaka	Hasil Analisis	Pustaka	Hasil Analisis	Pustaka
Kadar Air (%)	80,19	-	80,26	-	80,38	-
Kadar Sukrosa (%)	15,05	15,30	16,98	17,26	18,08	18,25
Kadar Gula Reduksi (%)	1,59	1,23	0,98	0,69	0,54	0,57
Kadar Abu (%)	0,35	-	0,41	-	0,45	-

Sumber: (Erwinda dan Wahono, 2014)

Namun, berdasarkan Tabel 6 diketahui tren data hasil pengukuran baik dari refraktometer digital maupun fotodetektor menunjukkan bahwa bagian bawah tebu memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan ruas tengah dan atas. Hal tersebut disebabkan oleh proses terbentuknya rendemen gula di dalam batang tebu berjalan dari ruas ke ruas yang tingkat kemasakannya tergantung pada umur ruas. Ruas bawah (lebih tua) lebih banyak kandungan gulanya jika dibandingkan dengan ruas di atasnya (lebih muda), demikian seterusnya sampai ruas bagian pucuk (Hebrianto, 2012).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu sinar kuning dari RGB *bright* LED memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan sinar ungu dalam membedakan konsentrasi larutan gula. Hal tersebut dibuktikan dengan selisih tegangan keluaran rangkaian transimpedansi yang besar untuk setiap perubahan konsentrasi larutan gula sehingga pengukuran pada nira tebu selanjutnya menggunakan sinar kuning dari RGB *bright* LED. Hasil pengukuran kadar gula pada nira tebu yang diperoleh dari penggunaan fotodetektor memiliki nilai yang berbeda jika dibandingkan dengan refraktometer digital. Penelitian lebih lanjut diharapkan mampu memperkecil selisih hasil

pengukuran dari dua alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aini, Fina Nurul, Samian, dan Moh. Yasin. 2013. Deteksi Kadar Glukosa dalam Air Destilasi Berbasis Sensor Pergeseran Menggunakan *Fiber Coupler*. *Jurnal Fisika dan Terapannya*. 1 (1): 1-7. ISBN: 9772337-300009.
2. Banzi, Massimo. 2011. *Getting Started with Arduino*. 2nd Editions. O'reilly.
3. Binu, S., V.P. Mahadevan Pillai, V. Pradeepkumar, B.B. Padhy, C.S. Joseph, dan N. Chandrasekaran. 2009. Fibre Optic Glucose Sensor. *Materials Science and Engineering: C*. Elsevier. 29 (1): 183-186. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2008.06.007>.
4. Erwinda, Maya Dwi dan Wahono Hadi Susanto. 2014. Pengaruh pH Nira Tebu (*Saccharum Officinarum*) dan Konsentrasi Penambahan Kapur terhadap Kualitas Gula Merah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2 (3): 54-64. ISSN: 2354-7936.
5. Fajarini, Kanti. 2011. *Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kadar Gula Menggunakan Serat Optik Plastik*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
6. Hebrianto. 2012. *Proses Pengubahan Nira (Massecuite Juice) Menjadi Kristal Gula di PT. PG Gorontalo Unit Tolangohula Desa Lakeya Kecamatan Tolangohula Kabupaten Gorontalo*. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
7. Misto, Tri Mulyono, Bowo Eko Cahyono, dan T. Zain. 2019. Determining Sugar Content in Sugarcane Plants Using LED Spectrophotometer. *AIP Conference Proceedings*, 2202:020125-1-020125-6.

- <https://doi.org/10.1063/1.5141738>.
8. Pratama, Anggi, Darjat, dan Iwan Setiawan. 2011. *Aplikasi LabVIEW sebagai Pengukur Kadar Vitamin C dalam Larutan Menggunakan Metode Titrasi Iodimetri*. Semarang: Universitas Diponegoro.
 9. Priambodo, Ianuar Teguh. 2013. *Kontruksi dan Uji Akurasi Alat Otomatisasi Kran Wudhu Dengan Filtrasi 1,33 Liter Menggunakan ATmega8*. Jember: Universitas Jember.
 10. Saputri, Zaratul Nisa, Mochammad Rif'an, dan Nurussa'adah. 2014. *Aplikasi Pengenalan Suara sebagai Pengendali Peralatan Listrik Berbasis Arduino UNO*. Malang: Universitas Brawijaya.
 11. Sary, Yusnita Tanjung. 2009. *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Jenis Nira Menggunakan Deret Led dan Metode Jaringan Syaraf Tiruan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
 12. Waluyo, Tomi Budi, dan Agus Suheri. 2009. Penggunaan Serat Optik Ragam Tunggal untuk Transmisi Data Pengukuran. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia*. 9 (1): 20–28. ISSN: 0854-3046.
 13. Zain, Alex Taufiqurrohman, Cahyaning Nur Karimah, Anni Nuraisyah, dan Misto. 2020. Pengujian Sensor Fotodetektor sebagai Alat Ukur Kadar Gula Pada Larutan Gula. *Jurnal TAMBORA*. 4 (1): 39–45. <https://doi.org/10.36761/jt.v4i1.570>.

11. Sary, Yusnita Tanjung. 2009. *Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Jenis Nira*