

PENGUKURAN KONSENTRASI SUKROSA NIRA TEBU DENGAN MENGGUNAKAN POLARIMETRI OPTIK

Mutmainnah¹ Imam Rofi'i¹ Endhah Purwandari¹

¹Jurusan Fisika FMIPA-Universitas Jember

Abstrak

Untuk meningkatkan kualitas rendemen tebu yang lebih bagus diperlukan mutu tebu yang mempunyai kadar sukrosa tinggi. Sebagai salah satu faktor penentu mutu rendemen tebu, baik petani maupun pabrik tebu harus mendapatkan informasi mengenai kadar sukrosa rendemen yang akurat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian pengukuran kadar sukrosa (gula) nira tebu dengan metode yang presisi yaitu menggunakan polarimetri optik. Pengukuran konsentrasi sukrosa nira tebu telah dilakukan dengan menggunakan polariser. Sebelumnya alat tersebut dikalibrasi dengan pengukuran konsentrasi sukrosa standart sebagai fungsi sudut polariser. Setelah proses kalibrasi beberapa sampel nira tebu diuji untuk diketahui kadar sukrosanya. Gula (sukrosa) termasuk zat optis aktif yang dapat memutar bidang polarisasi dari cahaya. Dari data dianalisis hubungan antara konsentrasi sukrosa nira dengan sudut putar bidang polarisasi (θ), sudut polariser diperoleh dari intensitas maksimumnya pada tiap perubahan konsentrasi. Data standarisasi dibuat pada konsentrasi kecil (2% sampai 10%), diperoleh nilai sudut putar jenis sukrosa standart $58,80^\circ \cdot \text{cc/g} \cdot \text{dm}$. Adapun sampel perahan nira berasal dari tebu Ambulu, Kalimantan, Probolinggo, Semboro hasil pengukuran pada rentang konsentrasi nira 2% sampai 10% diperoleh sudut polariser sekitar $2^\circ - 6^\circ$ dengan besar sudut putar jenis rerata sebesar $56,69^\circ \cdot \text{cc/g} \cdot \text{dm}$.

Kata kunci: Nira Tebu, Sukrosa, Polariser, Konsentrasi, Sudut putar jenis

PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu komoditas strategis dalam perekonomian Indonesia. Gula juga merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat dan sumber kalori yang relatif murah, karena merupakan kebutuhan pokok, maka dinamika harga gula mempunyai pengaruh langsung terhadap laju inflasi. Dengan luas areal sekitar 350 ha pada periode 2000-2005, industri gula berbasis tebu merupakan salah satu sumber pendapatan bagi sekitar 900 ribu petani dengan jumlah tenaga kerja yang terlibat mencapai 1,3 juta orang (Apriyantono A, 2005). Pada saat ini dengan jumlah penduduk Indonesia sebesar 230 juta jiwa membutuhkan 4,55 juta ton gula yang terdiri dari 2,7 juta ton untuk konsumsi langsung masyarakat dan 1,85 juta ton untuk keperluan industri (Wibowo R, 2010). Tentunya, tingginya konsumsi gula tebu tersebut tetap harus memperhatikan kualitas dari rendemen tebu penghasil gula.

Salah satu faktor penentu mutu rendemen tebu adalah kadar sukrosa dalam tebu. Dengan demikian pengukuran terhadap kadar sukrosa menjadi syarat dalam sebuah kegiatan produksi gula. Metode umum yang telah dilakukan oleh pabrik gula dalam pengukuran kandungan sukrosa dalam nira tebu adalah pemanfaatan polarimeter dan Brix-meter. Namun demikian, pengukuran secara manual tersebut masih memberikan data terukur dalam rentang yang lebar, sehingga menghasilkan ketidakpastian hasil pengukuran yang cukup tinggi. Untuk itu, sebuah sistem pengukuran kadar sukrosa berbasis aplikasi polariser perlu dilakukan. Aplikasi laser pada sebuah sistem polariser dapat dimanfaatkan untuk mengukur tingkat perubahan kadar gula (sukrosa) yang sangat kecil. Hal ini dapat dipahami mengingat polaritas sebuah larutan sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) berubah terhadap konsentrasi sukrosa.

Hasil penelitian Ferlinda (2011) menunjukkan bahwa dengan memanfaatkan sebuah *Portable Brix Meter*, sudut putar pada sampel larutan sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) dalam larutan gula cair, madu, gula rendah kalori, dan gula pasir berubah pada konsentrasi 1% sampai 10%. Di dalam paper ini, sebuah desain aplikasi pengukuran kadar gula (sukrosa) dari nira tebu dengan mengembangkan sebuah sistem polariser akan dipaparkan.

Sifat aktif optik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk memutar bidang polarisasi. Dengan menggunakan sistem polariser, kemampuan putar bidang polarisasi bahan diperoleh dengan mengukur sudut polarisasi pada analisisnya. Kemudian dengan memanfaatkan nilai sifat aktif optik ini dapat diperoleh nilai kadar sukrosa. Gula (sukrosa) termasuk zat optis aktif yang dapat memutar bidang polarisasi dari cahaya yang melewatinya. Bahan tersebut tetap optik aktif dalam semua keadaan meskipun dalam larutan. Sifat aktifitas optik ini dapat dipakai untuk mengukur kadar sukrosa dalam tebu. Hal ini disebabkan ternyata sudut bidang polarisasi sebanding dengan kadar sukrosa dalam larutan tersebut. Ketergantungan sudut putar bidang polarisasi terhadap tebal bagian larutan yang dilewati sinar dan terhadap kadar larutan, mengisyaratkan bahwa gejala aktifitas optik ini terjadi pada molekul-molekul dalam larutan (Soedjojo, 1992). Sehingga dengan sistem polariser yang diaplikasikan untuk mengukur kadar sukrosa (gula) nira tebu diperoleh pengukuran berupa hubungan antara sudut putar bidang polarisasi (θ) dengan intensitasnya serta sudut putar bidang polarisasi (θ) tersebut dengan kadar sukrosanya. Selanjutnya, besar perputaran bidang polarisasi (θ) dapat digunakan untuk menentukan kadar sukrosa nira tebu.

Perputaran bidang polarisasi oleh larutan dari unsur aktif dalam bahan pelarut non-aktif adalah sebanding dengan panjang kolom lintasan (d) dan konsentrasi larutan tersebut (c). Pengukuran perputaran dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi atau kadar sukrosa dalam sebuah larutan. Menurut Giancoli (1985), sebuah cahaya terpolarisasi yang melintasi kolom larutan sukrosa akan membuat bidang polarisasinya terputar. Untuk sukrosa, bidang polarisasi akan terputar ke kanan (*dextrorotatory*) sedangkan bahan yang mengandung asam amino dan protein, bidang polarisasi akan terputar ke kiri (*levorotatory*). Besarnya sudut putar bidang polarisasi oleh larutan sukrosa, dinyatakan dengan:

$$\theta = \alpha \cdot d \cdot c \quad (1)$$

dengan: θ = sudut putar bidang polarisasi ($^{\circ}$); α = sudut putar jenis ($^{\circ} \cdot \text{cc} / \text{gr} \cdot \text{dm}$); d = panjang kolom larutan (dm); c = konsentrasi larutan (gr / cc).

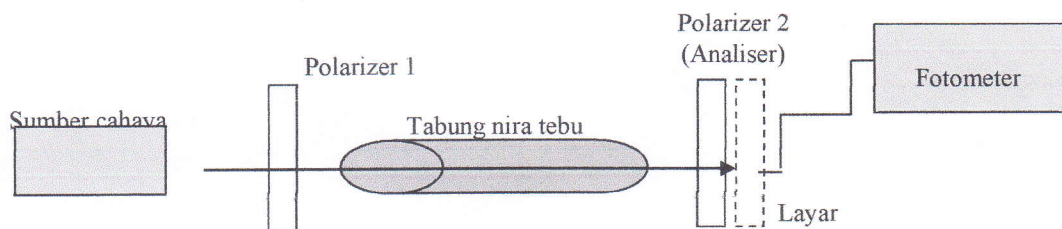
METODE PENELITIAN

Tahap pertama dilakukan penyusunan peralatan pengukuran konsentrasi sukrosa dalam nira tebu (Gambar 1), kemudian dilakukan standarisasi atau kalibrasi metode pengukuran. Untuk melaksanakan proses kalibrasi ini maka dilakukan pengukuran intensitas fotometer sebagai fungsi konsentrasi sukrosa, seperti pada Gambar 1. Sukrosa yang akan digunakan untuk proses kalibrasi diperoleh dari industri yang sudah standart. Hasil kalibrasi yang diperoleh berupa hubungan antara intensitas sebagai fungsi kadar sukrosa standart. Pengukuran pada proses kalibrasi adalah

intensitas sebagai fungsi sudut antara polarizer dan analyzer yang melewati larutan sukrosa. Data yang diambil adalah suatu sudut polariser pada intensitas maksimum pada tiap konsentrasi yang diukur. Hasilnya adalah hubungan antara sudut polariser dengan kadar sukrosa.

Setelah dilakukan kalibrasi langkah selanjutnya adalah penerapan metode pengukuran sistem polarizer untuk menentukan kadar sukrosa nira tebu yang diperoleh dari peteni. Beberapa sampel nira tebu telah diuji untuk diketahui kadar sukrosanya. Sampel larutan sukrosa diperoleh dari hasil perasan batang tebu. Untuk mendapatkan kadar sukrosa nira tebu, sampel diletakkan dalam kolom tabung nira tebu (Gambar 1) yang telah diencerkan (2% sampai 10%) agar intensitas laser terbaca oleh photodetektor. Sumber laser HeNe diletakkan pada bangku laser dengan posisi polariser tepat berada di depan laser, sehingga berkas laser dapat melewati polariser yang memiliki sudut polarisasi 0° vertikal ke atas. Kemudian analiser diletakkan pada holder dan mengarahkan sudut 0° analiser sejajar dengan polariser. Tabung kolom larutan nira tebu diletakkan diantara polariser dan analiser. *Intensitas maksimum* yang diperoleh dari hasil pengamatan selanjutnya dijadikan sebagai acuan maksimum pengukuran.

Terdapat empat variasi jenis sampel dengan beberapa konsentrasi nira tebu yang akan diamati. Setiap sampel akan terukur intensitasnya dengan memutar analiser sampai terukur intensitas maksimum, sedangkan sudut putar polariser akan dicatat bersesuaian dengan kadar sukrosa dalam nira tersebut.



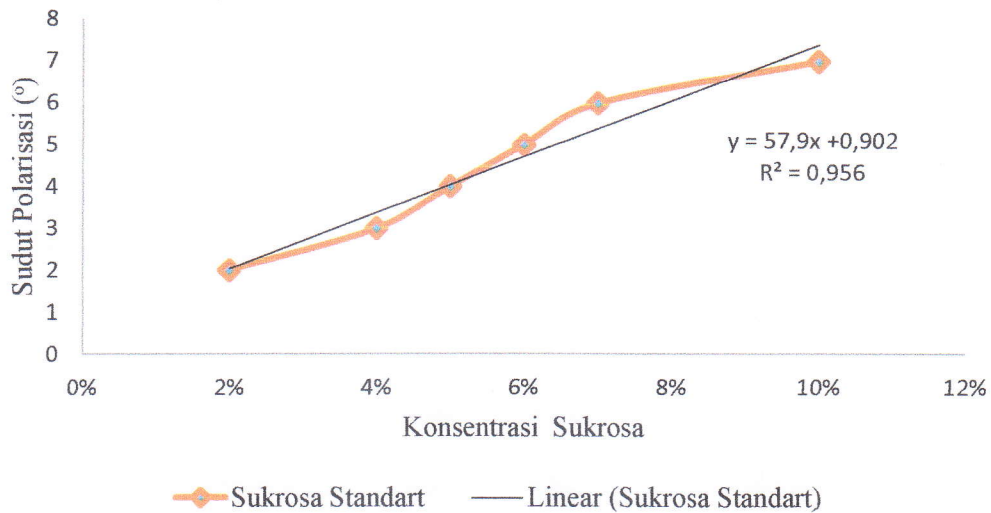
Gambar 1 Skema sistem polariser untuk aplikasi penentuan kadar gula.

Dari data yang diperoleh dianalisis hubungan antara kandungan sukrosa dalam nira dengan sudut polariser, sudut polariser diperoleh dari intensitas maksimumnya pada tiap sampel nira, sehingga diperoleh hubungan antara kadar sukrosa dalam nira (c) dengan sudut putar bidang polarisasi (θ) dengan menggunakan persamaan (1) pada pendahuluan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan penyusunan peralatan pengukuran konsentrasi sukrosa dalam nira tebu seperti Gambar 1, serta telah dilakukan standarisasi atau kalibrasi metode pengukuran pada set alat tersebut. Untuk proses kalibrasi ini dilakukan pengukuran

intensitas fotometer sebagai fungsi konsentrasi sukrosa. Sukrosa yang akan digunakan untuk proses kalibrasi diperoleh dari industri yang sudah standart yaitu dari **PT Sorini Indonesia** adapun rumus secara kimia $C_{12}H_{22}O_{11}$ dengan rincian konsentrasi $C_{12} = 42,1\%$, $H_{22} = 6,48\%$ dan $O_{11} = 51,2\%$ sehingga total $99,99\%$. Hasil kalibrasi yang diperoleh berupa hubungan antara sudut polariser sebagai fungsi kadar sukrosa standart, seperti pada Gambar 2. Dari grafik sukrosa standart diperoleh nilai sudut putar jenis yaitu $(57,9 \pm 0,902)^{\circ} \cdot \text{cc} / \text{g} \cdot \text{dm}$ hal ini mendekati dengan hasil penelitian Schmidt pada tahun 1980 yaitu bahwa sudut putar jenis dari larutan sukrosa dengan menggunakan sumber laser He Ne adalah $57,214^{\circ} \cdot \text{cc} / \text{g} \cdot \text{dm}$

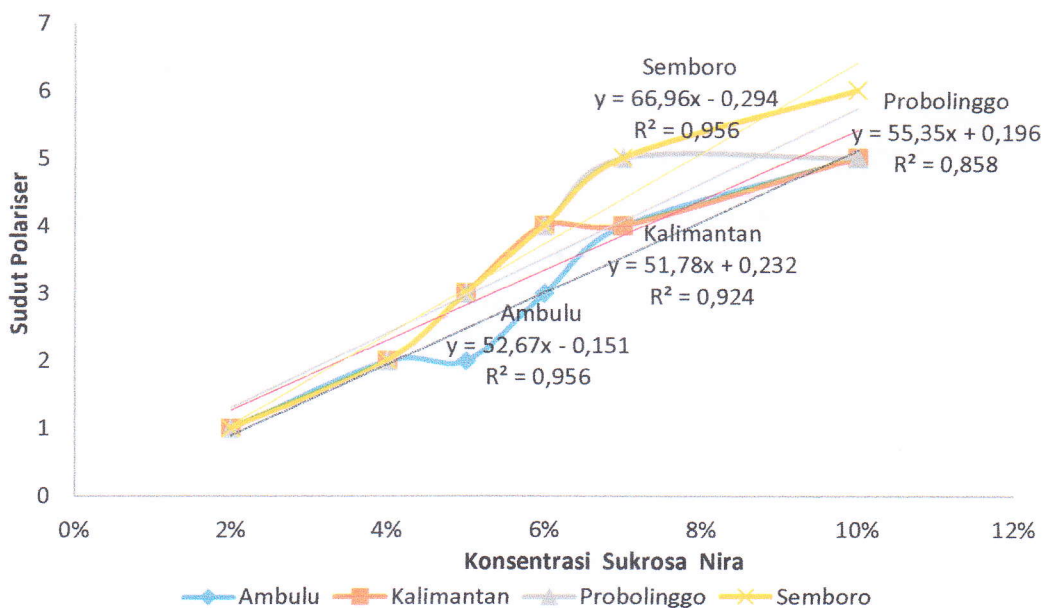


Gambar 2. Grafik hubungan kadar sukrosa standart dengan sudut polarisasi.

Pengambilan data standarisasi dilakukan pada konsentrasi kecil (2% sampai 10%) hal ini karena berhubungan dengan observasi awal intensitas cahaya laser yang melalui perahan nira pertama (sudah disaring) dari petani, dimana terdeteksinya intensitas cahaya setelah melalui larutan tersebut jika konsentrasi berada di bawah 10%.

Setelah dilakukan kalibrasi selanjutnya dilakukan pengukuran sistem polariser untuk menentukan kadar sukrosa nira tebu yang diperoleh dari beberapa daerah yaitu daerah Ambulu, Kalimantan (bibit dari kalimantan tetapi penanaman dilakukan di Ambulu), Probolinggo, dan Semboro. Beberapa sampel nira tebu diuji untuk diketahui kadar sukrosanya. Sampel

larutan sukrosa diperoleh dari hasil perasan batang tebu yang siap giling (nira tebu). Pada penelitian ini sampel telah didapatkan dari petani pada daerah tersebut, pengukuran dilakukan pada konsentrasi nira 2% sampai 10%. Pengukuran sudut polarisasi pada sampel nira dilakukan pada wadah larutan dengan ketebalan 10 cm dengan panjang gelombang laser HeNe tetap yaitu 632,99 nm. Dari hasil pengukuran intensitas maksimum diperoleh data sudut polarisasi tiap sampel nira. Data sudut polarisasi tiap sampel nira tersebut dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 Konsentrasi sukrosa nira vs sudut polariser pada berbagai jenis asal tebu

Gambar 3 menunjukkan bahwa trend grafik yang dihasilkan dari pengukuran sudut polarisasi pada berbagai variasi konsentrasi nira memberikan bentuk yang sesuai dengan data standart sukrosa (gambar 2). Pada konsentrasi 2% dan 4 %, seluruh jenis sampel memiliki keadaan optik yang sama. Intensitas laser maksimum masing-masing konsentrasi tersebut diperoleh pada sudut polarisasi yang sama, secara berurutan sebesar 1° dan 2° . Perbedaan sudut polarisasi antar jenis tebu mulai tampak saat konsentrasi nira ditingkatkan hingga 10%. Karakteristik optik yang identik ditunjukkan oleh tebu yang berasal dari daerah Kalimantan, Probolinggo dan Semboro hingga konsentrasi 6%. Adapun jenis tebu Kalimantan memiliki karakteristik optik (sudut polarisasi) yang sama pada konsentrasi 2%, 4%, 7% dan 10%. Secara umum, hasil pengukuran menggunakan sistem polariser menunjukkan bahwa perubahan konsentrasi nira pada sampel menyebabkan sudut putar dari bidang polarisasi larutan sukrosa dalam nira turut berubah. Bersesuaian pula dengan data sukrosa standart, nampak bahwa peningkatan konsentrasi nira menyebabkan kenaikan terhadap sudut polarisasi dari larutan.

Meskipun memiliki trend grafik yang sama, data ukur sudut polarisasi dari nira pada berbagai konsentrasi, untuk semua variasi jenis tebu, sedikit berbeda dengan data sukrosa standart. Adanya perbedaan diduga akibat masih terdapatnya kandungan air dari sampel nira yang diperoleh. Disamping itu, pada saat pengambilan sampel tebu masih berusia muda (8 bulan), sehingga kandungan sukrosa yang dimiliki belum optimum. Nilai kadar sukrosa juga tergantung pada umur tanam dan kondisi musim waktu tanam. Hal ini akan dilanjutkan untuk penelitian selanjutnya.

KESIMPULAN

Telah didesain aplikasi pengukuran kadar gula (sukrosa) nira tebu dengan sistem polariser. Kadar sukrosa dalam nira dapat ditentukan dengan mengukur sudut polarisasi yang diperoleh dari tiap intensitas maksimum yang terdeteksi pada photometer. Intensitas sinar laser HeNe terpolarisasi setelah melewati kolom sampel nira dan analiser. Semakin tinggi kadar sukrosa dalam nira membuat sudut pemutaran bidang polarisasi sinar laser HeNe terpolarisasi semakin besar. Kadar sukrosa yang diperoleh pada penelitian ini hampir semuanya mendekati standart sukrosa, terutama data pengukuran pada konsentrasi 2% dan konsentrasi 4%.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyantono A. 2005. *Prospek Dan Arah Pengembangan Agribisnis Tebu*, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Jakarta
- Ferlinda. F.F, 2011, *Analisis Sudut Putar Jenis Pada Sampel Larutan Sukrosa Menggunakan Portable Brix Meter* Universitas Diponegoro Semarang
- Giancoli, D. 1985. *Physics 2nd edition: Principles and Applications*. New Jersey: Prentice Hall.
- Schmidt 1980 " *Technical Basic Polarimetry*". www.schmidt-haensch.com
- Soedjojo, P. 1992. *Azas Ilmu Fisika jilid 3: Optika*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wibowo R. 2010. *Strategi Pengembangan dan Program Revitalisasi Agroindustri Tebu di Indonesia*. Univesitas Jember