



NATA DE PINA PASIR KELUD (PK1) SEBAGAI MEMBRAN IMOBILISATOR BENEDICT PADA SENSOR OPTODE PENDETEKSI GLUKOSA DARAH

NATA DE PINA KELUD SAND (PK1) AS BENEDICT'S IMMOBILIZATION MEMBRANE ON BLOOD GLUCOSE DETECTING OPTODE SENSOR

Rochmad Krissanjaya¹, Aga Adi Masyhuri^{2*}, Dhony Hermanto³, Lisa Savitri⁴, Rasyadan Taufiq Probojati⁵, Nurul Ismillayli⁶

**)Corresponding Author*

^{1,4}Department of Medical Laboratory Technology, Faculty of Healthy Science, University of Kadiri, Kediri–East Java, Indonesia 64115

²Department of Medical Laboratory Technology, Universitas dr. Soebandi, Jl. Dr. Soebandi No. 99, Jember, East Java, Indonesia, 68111

^{3,6}Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram, Mataram– West Nusa Tenggara, Indonesia 83125

⁵Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Kadiri, KediriEast Java, Indonesia 64115

^{*)} Email: aga@uds.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk pengembangan suatu metode pengukuran kadar glukosa dalam darah menggunakan sensor kimia berbasis reagen Benedict. Sensor optik ini dikembangkan dengan mengimobilisasi reagen Benedict pada selulosa nata de pina. Membran selulosa nata de pina dibuat dari kulit buah nanas kultivar pasir Kelud (PK1). Membran dari nata de pina in berperan sebagai material pendukung secara penjerapan/entrapment. Membran selulosa nata depina digunakan untuk mengimmobilisasi reagent benedict. Pengukuran menggunakan Spektrometer genesys 5 dan Spektrometer USB +2000. Penentuan glukosa memiliki kondisi optimum pengukuran pada panjang gelombang maksimum adalah 624,94 nm, konsentrasi Benedict sebesar 0,4480 M dan perbandingan massa selulosa nata de pina dengan volume Benedict yaitu 1: 3. Hasil karakterisasi sensor optik selulosa nata de pina /Benedict yaitu pada range kerja 0-5000 ppm, limit deteksi sebesar 909,21 ppm, sensitivitas sebesar 0,0009 dan reproduibilitas sebesar 0,2305%.

Kata Kunci: Benedict, Gula Darah, Membran, Nata De Pina.

ABSTRACT

This study aims to develop a method for measuring blood glucose levels using a chemical sensor based on Benedict's reagent. This optical sensor was developed by immobilizing Benedict's reagent on nata de pina cellulose. The nata de pina cellulose membrane is made from the skin of the Pasir Kelud (PK1) pineapple cultivar. The membrane from nata de pina acts as a supporting material by entrapment. The nata de pina cellulose membrane is used to immobilize the Benedict's reagent. Measurements were made using a genesys 5 Spectrometer and a USB +2000 Spectrometer. Determination of glucose has optimum measurement conditions at a maximum wavelength of 624.94 nm, Benedict concentration of 0.4480 M and a ratio of nata de pina cellulose mass to Benedict volume of 1: 3. The results of the characterization of the nata de pina / Benedict cellulose optical sensor are in the working range of 0-5000 ppm, the detection limit is 909.21 ppm, the sensitivity is 0.0009 and the reproducibility is 0.2305%.

Keywords: Benedict, Blood Sugar, Membrane, Nata De Pina.

PENDAHULUAN

Sensor glukosa merupakan sensor kimia yang banyak dikembangkan di bidang kesehatan.(Sanjaya *et al.*, 2021). Prevalensi Diabetes yang tinggi(Kementerian Kesehatan RI, 2022; International Diabetes Foundation, 2024) serta kebutuhan pemeriksaan yang real time menjadi tantangan tersendiri(International Diabetes Foundation, 2024)(Sanjaya *et al.*, 2022). Hal ini menyebabkan diperlukannya suatu alat yang dapat mendeteksi kadar glukosa di dalam tubuh dengan cepat dan akurat.

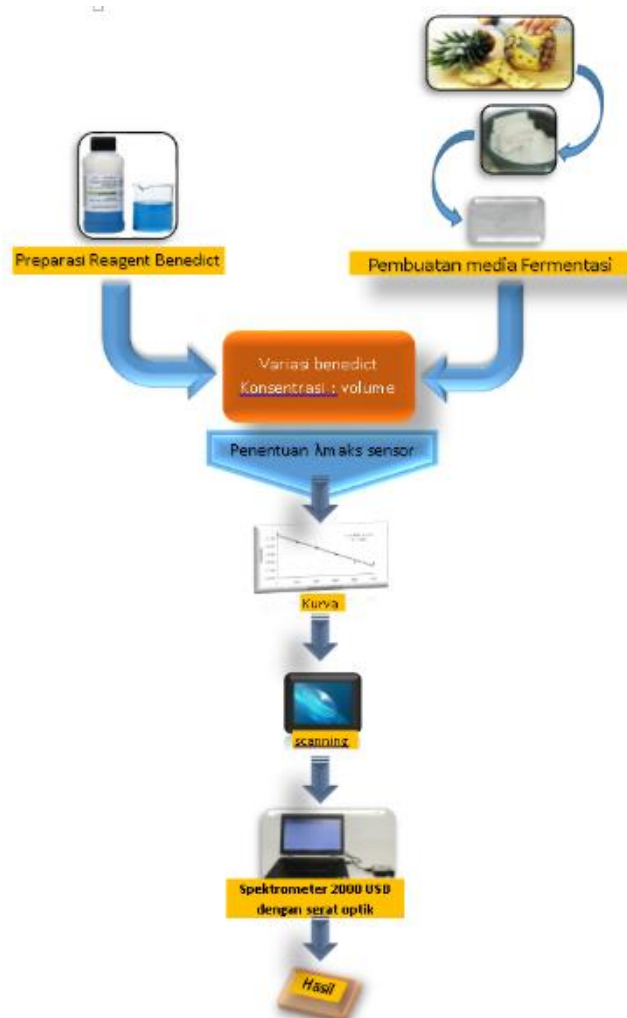
Salah satu perangkat analisis tersebut adalah sensor kimia berbasis reagen Benedict untuk mengukur kadar glukosa dalam darah dan urin (Hermanto, 2020). Penggunaannya secara kuantitatif terkadang harus dikombinasi dengan metode titrasi akan tetapi keunggulan akurasi dan ketelitiannya masih tetap menjadi pilihan.(Sanjaya *et al.*, 2022). Membran selulosa dari bahan organik banyak digunakan secara luas diantaranya sebagai fiber, plastik dan membran dalam industri. Beberapa dari turunan jenis membran ini dapat dihidrolisis untuk menghilangkan gugus fungsi tambahan untuk membentuk selulosa yang dapat diregenerasi lagi.(Wang *et al.*, 2024).

Selulosa asetat diperoleh dari sintesis selulosa. Kelebihan membran selulosa adalah harganya relatif murah, preparasi mudah(Husni, 2018), banyak kegunaannya, ramah lingkungan kemurniannya tinggi, derajat kristalinitas tinggi, kekuatan tarik tinggi, elatis, dapat diperbaharui (*renewable*) atau terbiodegradasi (Yifira *et al.*, 2024), karena itu sangat mungkin menyiapkan sensor untuk mendeteksi molekul dengan membran selulosa komersial.

Selulosa yang diregenerasi merupakan material serbaguna yang banyak digunakan dalam teknologi membran dan memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi (Wang, Lu and Zhang, 2016). Berdasarkan kelebihan tersebut maka dalam penelitian ini digunakan material pendukung berupa selulosa nata de pina untuk mengimobilisasikan reagen Benedict. Membran yang terbentuk digunakan dalam sensor optik untuk menentukan kadar glukosa(Yifira *et al.*, 2024). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk pengembangan suatu metode pengukuran kadar glukosa dalam darah menggunakan sensor kimia berbasis reagen Benedict.

METODE PENELITIAN

Preparasi reagen Benedict dilakukan dengan cara 50 g natrium sitrat dan 86,5 g natrium karbonat dilarutkan dalam air hangat sebanyak 300 mL, ditempat terpisah 8,65 g tembaga (II) sulfat dilarutkan dalam 150 mL aquades. Kedua larutan tersebut dicampur dalam labu ukur 500 mL ditambah aquades sampai mencapai batas 500 mL dalam labu ukur (Gambar 1.).



Gambar 1. Skema Kerja Optimasi Membran

Media fermentasi dalam pembuatan nata de pina terdiri dari ekstrak kulit nanas sebanyak 1L dididihkan lalu ditambahkan 10g gula pasir dan 5g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Setelah dingin, pH media diatur sehingga mencapai pH 4 dengan menambahkan asam cuka pasaran, kemudian ditambahkan *Acetobacter xylinum* (Nurul Fuadi Pratiwi Sulaiman *et al.*, 2022) dan difermentasi pada suhu ruang selama 14 hari. Bentuk nata hasil fermentasi berupa gel

selanjutnya dicuci dengan air mengalir selama 24 jam dan dicuci dengan NaOH 2% selama 1 jam pada suhu 80-90 °C. pH dinetralkan dengan perendaman nata dalam asam cuka 2% selama 1 jam dan dicuci dengan air. Membran selulosa nata de pina murni yang masih basah didegradasi secara mekanik dengan blender selama 3 jam. Selulosa nata de pina hasil pemblenderan sebanyak 10 g direndam dan diaduk dengan larutan Benedict selama 24 jam (mendekati homogen). Langkah berikutnya, selulosa nata-Benedict dicetak dengan set alat buchner yang dihubungkan dengan pompa vakum dan dikeringkan pada suhu 50°C

Teknik yang digunakan untuk mengimobilisasi reagen Benedict ke dalam selulosa nata de pina adalah entrapment/penjerapan. Keuntungan imobilisasi reagen Benedict ke dalam selulosa nata untuk meminimalkan terbentuknya endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$, berbeda dengan terbentuknya banyak endapan yang dihasilkan jika reagen Benedict direaksikan langsung dengan glukosa. Ikatan yang terbentuk disebabkan oleh gaya van der Waals. Ikatan tersebut lebih lemah dari ikatan kovalen dan ikatan ionik yang tidak mempunyai keteraturan arah. Ikatan ini menyebabkan molekul Benedict dengan selulosa dapat mengelompok. Mekanisme yang terjadi adalah elektron dari glukosa memasuki logam pusat melalui ligan jembatan berupa sitrat atau ligan jembatan lain berupa H_2O yang merupakan mekanisme inner sphere. Intensitas sinyal sebanding dengan warna pembentukan endapan Cu_2O akibat dari glukosa teroksidasi, sehingga kadar analit (glukosa) dapat ditentukan dengan reagen Benedict pada sistem sensor kimia optik tersebut. Selanjutnya pengukuran dilakukan pada sampel darah dengan langkah seperti pada Gambar 2. di bawah ini.



Gambar 2. Skema pengukuran sampel

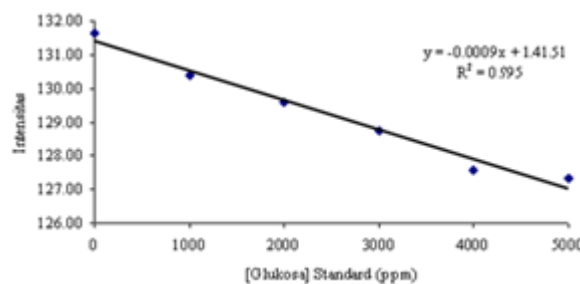
HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas selulosa nata-Benedict yang telah direaksikan dengan salah satu konsentrasi glukosa diukur menggunakan spektrometer USB 2000 "Ocean Optic" (Optics, no date) yang dihubungkan dengan serat optik dan spektrometer Genesys 5. Pemilihan panjang gelombang maksimum pada 400-800 nm karena sensor berada pada daerah visible, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Optimasi Parameter Sensor Optik Glukosa

Parameter	Nilai Optimum
λ_{maks} (nm)	624.94
Konsentrasi Benedict (M)	0,4480
Perbandingan massa selulosa nata depina dengan volume benedict	1:3

Panjang gelombang maksimum selulosa nata de pina-Benedict adalah sebesar 624.94 nm, artinya pada 624.94 terjadi refleksi maksimum selulosa nata de pina-Benedict dengan glukosa (Gambar 2.). Optimasi konsentrasi Benedict metode entrapment menghasilkan kondisi optimum 0.4480M. Kenaikan konsentrasi Benedict dari 0.0894M sampai 0.3557M menyebabkan intensitas sensor naik. Dari konsentrasi 0.3557 ke 0.4480M intensitasnya naik artinya terjadi proses penjebakan Benedict ke pori-pori selulosa nata de pina. Optimasi perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict dilakukan untuk mengetahui jumlah maksimal Benedict yang berhasil dientrapment kedalam selulosa nata de pina. Kondisi optimum pengukuran adalah pada panjang gelombang maksimum pada 624.94 nm, metode entrapment: konsentrasi Benedict optimum 0,4480M dan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict optimum 1: 3.

**Gambar 2.** Kurva Kalibrasi Intensitas vs Konsentrasi Gula Standard

Kurva kalibrasi ini dibuat pada konsentrasi glukosa standard antara 0-5000 ppm. Hubungan linier antara intensitas vs kadar glukosa standard memiliki persamaan $y = -0.0009x + 141.51$. Menurunnya intensitas disebabkan sensor yang merefleksikan sinar dihalangi oleh terbentuknya endapan Cu_2O . Koefisien regresi sebesar 0.995, artinya $\pm 99\%$ perubahan intensitas dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi glukosa standard, sedangkan $\pm 1\%$ dipengaruhi faktor lain. Perhitungan limit deteksi sebesar 909,21 ppm. Jadi konsentrasi terkecil yang bisa diukur oleh alat adalah 909.21 ppm. Sensitivitas merupakan rasio perubahan sinyal tiap unit perubahan konsentrasi analit. Sensitivitas sensor selulosa nata-Benedict ini diperoleh berdasarkan slope dari kurva kalibrasi dengan range 0-5000 ppm pada gambar 1. Sensitivitas sebesar 0.0009, artinya tiap satu satuan perubahan konsentrasi akan menghasilkan

perubahan intensitas sebesar 0.0009. KV hasil dari perhitungan sebesar 0.2305%. Hal tersebut berarti dalam 100x pengukuran dilakukan kesalahan 0.2013 kali dan 0.2305 kali. Sensor optik masih bisa digunakan pada pengukuran ke-2 karena penurunan respon terhadap arus tidak lebih dari 5% yang menunjukkan bahwa hanya perubahan konsentrasi glukosa yang mengakibatkan perubahan respon yang dideteksi dibandingkan dengan faktor lain. Pada pengukuran ke-3 respon yang terukur apabila dibandingkan dengan respon awal adalah 54%. Penurunan respon yang sangat besar yaitu sebesar 46% kemungkinan disebabkan karena leaching Benedict dari membran selulosa nata de pina sehingga respon terhadap glukosa juga menurun dan intensitas dihasilkan juga menurun.

SIMPULAN

Membran selulosa nata de pina/benedict untuk penentuan glukosa memiliki kondisi optimum pengukuran pada panjang gelombang maksimum adalah 624.94 nm, konsentrasi Benedict sebesar 0.4480 M dan perbandingan massa selulosa nata de pina dengan volume Benedict yaitu 1:3. Hasil karakterisasi sensor optik selulosa nata de pina/Benedict yaitu pada range kerja 0-5000 ppm, limit deteksi sebesar 909.21 ppm, sensitivitas sebesar 0.0009 dan reproduktibilitas sebesar 0.2305%.

DAFTAR PUSTAKA

- Hermanto, D. et al. (2020) 'A Simple and Sensitive Optode Sensor Glucose Based on Immobilization Benedict Into Nata Cellulose Membranes', *Jurnal Pijar Mipa*, 15(4), pp. 404–407. Available at: <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i4.1352>.
- Husni, D. et al (2018) 'Pembuatan Membran Selulosa Asetat Dari Selulosa Pelepah Pohon Pisang [The Production Of Cellulose Acetate Membrane From Stem Of Banana Cellulose]', *Kovalen*, 4(1), pp. 41–52.
- International Diabetes Foundation (2024) *Facts & figures*. Kementerian Kesehatan RI (2022) 'Patfinder : Diabetes', pp. 1–68.
- Nurul Fuadi Pratiwi Sulaiman *et al.* (2022) 'Studi Literatur Pemanfaatan Selulosa Asetat Limbah Kulit Nanas Sebagai Bahan Baku Pembuatan Membran Untuk Desalinasi', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, (November 2022), pp. 1–8.
- Optics, O. (no date) 'Fiber Optic Spectrometer Operating Instructions'.
- Sanjaya, R.K. *et al.* (2021) 'Determination of glucose with cellulose acetate/glucose oxidase modified carbon paste electrodes', *Molekul*, 16(3). Available at: <https://doi.org/10.20884/1.jm.2021.16.3.679>.
- Sanjaya, R.K. *et al.* (2022) *Modifikasi Biosensor untuk Diabetes*. Edited by M. Nasrudin. pekalongan Jawa Tengah: PT. Nasya expanding Management.

- Wang, J. *et al.* (2024) 'Cellulose Membranes: Synthesis and Applications for Water and Gas Separation and Purification', *Membranes*, 14(7). Available at: <https://doi.org/10.3390/membranes14070148>.
- Wang, S., Lu, A. and Zhang, L. (2016) 'Recent advances in regenerated cellulose materials', *Progress in Polymer Science*, 53, pp. 169–206. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2015.07.003>.
- Yifira, M.T. *et al.* (2024) 'Cellulose-Based Photocatalytic Membranes For Dye Degradation: A Review', *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, p. 100589. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100589>.