

## Karakterisasi Film Nata De Coco-Benedict secara Adsorpsi untuk Sensor Glukosa dalam Urine

### *Characterization of Nata De Coco-Benedict Film by Adsorption as Sensor for Glucose in Urine Sample*

Dwi Indarti & Asnawati  
Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember

#### ABSTRACT

Research on nata de coco utilization as a film to immobilize benedict reagent for glucose analysis has been conducted. Immobilization of benedict by nata de coco film was evaluated by using adsorption method and characterization i.e. physical characterization (morphology) and viability characterization of its sensors activity for glucose. Morphological characterization (SEM) showed that the benedict reagent has been absorbed by nata de coco film despite leaching activity of 14.7%, with optimum concentration of Benedict of 0.2682 M, 40 min dyeing time at maximum of 541 nm. Sensor characterization of cellulose nata-Benedict for glucose showed regression coefficient of 0.9895, the detection limit of 780 ppm with a sensitivity of 0.001 and adsorption reproducibility of 0.2013%. Glucose content measurement on urine sample by using Nata De Coco-Benedict based Film adsorption sensor was in correspondence with analysis by using Nelson-Somogyi.

Keywords : Adsorption, nata de coco, benedict, glucose, sensors

#### PENDAHULUAN

Indikator gejala awal diabetes dapat dilihat dari adanya glukosa dalam darah dan urine yang over dosis. Glukosa sebagai monosakarida paling sederhana kebanyakan bertindak sebagai gula pereduksi, yang mampu mereduksi senyawa pengoksidasi. Senyawa pengoksidasi yang selalu direduksi oleh monosakarida adalah  $\text{Fe}(\text{CN})_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan ion kupri ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Gula akan dioksidasi pada gugus karbonilnya (Lehninger 1997). Metode yang sering digunakan dalam analisa kadar gula suatu sampel, biasanya menggunakan reagen Benedict. Reagen Benedict mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$  yang akan direduksi oleh gula menjadi ion  $\text{Cu}^+$  melalui proses pemanasan sehingga menghasilkan endapan coklat atau merah bata (David & Halme 1998).

Pengembangan teknik analisa secara modern (sensor berbasis reagen kering) memungkinkan pengukuran yang lebih cepat, praktis dan akurat. Reagen diimmobilisasikan ke material support dengan bermacam teknik seperti: adsorpsi, entrapmen, cross linking, enkapsulasi dsb. Beberapa penelitian tentang pembuatan biosensor glukosa yang diimmobilisasikan ke dalam material support telah dilakukan, diantaranya : enzim glucose oxidase diimmobilisasikan pada film chitosan

pada lapisan Zhu *et al.* (2002), secara cross-linking melalui glutaraldehid pada galvanostatik untuk mensistesis film polyvinyl sulfonic acid/sodium nitrate (P(NMP)/PVS/ $\text{NaNO}_3$ ) oleh Shirale *et al.*, (2006) dan pada Film PANI oleh Gaikwad *et al.* (2006) pada elektroda the Pt/sulfonated-MWCNTs/GC oleh Wang *et al.* (2007 & 2011). Wang *et al.*, , mengimmobilisasikan glukosa oksidasi ke dalam mikrokapsul Alginate-Chitosan.

Nata de coco (*sellulosa bacterial*) sudah dikembangkan sebagai material yang bernilai tambah diantaranya: penggunaan selulosa bakterial sebagai bahan diafragma transduser, bahan pencampur dalam industri kertas, karakterisasi sifat listrik dan magnetnya (Ighuci *et al.* 2000), sebagai membran dialisis (Shibazaki 1993). Bambang (2001) menggunakan nata de coco sebagai membran ultrafiltrasi dan Tanabe (2001) membran selulosa digunakan sebagai matrik pendukung dalam fabrikasi sensor kimia dengan cyclodextran untuk mendeteksi suatu molekul. Mulyasuryani & Srihardiastutie (2011) menggunakan nata de coco sebagai material pendukung enzim uricase dalam penentuan asam urat.

Fokus penelitian ini adalah studi karakterisasi nata de coco sebagai material

pendukung reagen benedict pada sensor kimia berbasis reagen kering untuk menentukan kadar glukosa dalam urine. Diabetes mellitus merupakan suatu bentuk kelainan pada manusia yang terjadi, bila metabolisme tubuh tidak dapat menangani dan mengubah kadar gula dalam darah sehingga kadarnya dalam darah dapat mencapai tingkat yang membahayakan, tetapi tidak banyak di dalam sel-selnya dan ikut dikeluarkan melalui urine (Hans Diehl 1995).

## METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Kimia Analitik dan laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia FMIPA, serta Laboratorium Kimia dan Biosensor Program Studi Farmasi Universitas Jember.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, gula pasir,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , asam asetat glasial, NaOH, Bakteri *acetobacter xylynum* yang ditanamkan dalam *yeast extract agar* diperoleh dari laboratorium mikrobiologi Jurusan Biologi UNEJ. Larutan Benedict (Na sitrat, Na karbonat, tembaga sulfat), glukosa (pa).

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nampan plastik, blender, timbangan analitik, *hot plate*, *stirer* magnetik, plat kaca, oven, SEM (Scanning Electron Micrograph), Stop watch, spektrometer USB 2000 "Ocean Optic", pinset, mikrometer, dan peralatan gelas.

### Pembuatan nata de coco

Media fermentasi dalam pembuatan nata de coco terdiri air kelapa sebanyak 1L dididihkan lalu ditambahkan 6,7 gula pasir dan 5 g ammonium sulfat. Setelah dingin pH media diatur sehingga mencapai 4 dengan menambahkan asam asetat glasial, kemudian diinokulasi dengan starter. Air kelapa yang telah diinokulasi tersebut selanjutnya dipindahkan ke wadah (nampan plastik) (Piliharto & Cynthia 2001). Wadah tersebut diinkubasi pada suhu kamar dengan lama inkubasi 10 hari.

### Pemurnian nata de coco

Bentuk nata de coco hasil fermentasi adalah berupa gel. Masing-masing gel yang terbentuk dalam masa inkubasi tersebut dicuci dengan air mengalir selama 24 jam. Selanjutnya dicuci dengan NaOH 2% selama 1 jam pada suhu 80-90°C. Terakhir dicuci kembali dengan air sampai pH netral.

### Preparasi membran nata de coco-benedict dengan metode adsorpsi

Nata de coco yang telah dimurnikan dipres hingga mempunyai ketebalan yang sama kemudian dipotong ukuran 1x2 cm. Membran nata de coco dimasukkan dalam larutan benedict dengan variasi waktu pencelupan 30, 45, dan 60 menit. Membran

kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C sampai kering.

### Karakteristik sifat fisik dan morfologi

Uji kerapatan (*density*) dilakukan untuk mengetahui kerapatan masing-masing jenis nata de coco berdasarkan lama inkubasinya. Film kering nata de coco ditimbang, kemudian hasilnya dibagi dengan volume kering. Penentuan volume dilakukan dengan perkalian luas alas x tebal film nata de coco.

Analisis morfologi dilakukan untuk mengetahui distribusi reagen benedict pada permukaan film nata de coco. Membran nata de coco dan yang telah mengadsorpsi benedict akan dilihat struktur permukaannya dengan menggunakan mikroskop elektron (SEM).

### Pembuatan larutan induk gula standar

Larutan gula induk 10000 ppm dibuat dengan melarutkan 5 g glukosa dengan akuades sampai tepat 500 mL larutan. Selanjutnya dari larutan induk tersebut dibuat larutan standar dengan konsentrasi 1000, 2000, 30000, 4000, dan 5000 ppm.

### Preparasi reagent benedict

50 g natrium sitrat dan 86,5 g natrium karbonat dalam air hangat sebanyak 300 ml dan tembaga sulfat sebanyak 8,65 g dilarutkan dalam 150 mL akuades. Kedua larutan dicampur dalam labu ukur 500 mL ditepatkan dengan akuades sampai tanda batas.

### Penentuan film nata-Benedict

Film nata-Benedict dibuat ukuran dan ketebalan tertentu dicelupkan ke dalam larutan glukosa dengan konsentrasi tertentu dan kemudian dipanaskan selama waktu yang dibutuhkan. Didiinginkan sebentar kemudian diamati perubahan warna yang terjadi. Parameter mengamatan meliputi: parameter optimasi film nata-benedict, penentuan waktu respon film nata-benedict, waktu yang dibutuhkan mulai pemanasan sampai terjadi awal perubahan warna, penentuan volume campuran (nata-benedict) serta perubahan warna yang spesifik.

### Karakterisasi film nata-benedict

Penentuan konsentrasi glukosa dari perubahan warna dilakukan dengan pembuatan larutan gula standar dengan konsentrasi 2000, 4000, 6000, 8000 dan 10000 ppm dari larutan gula 10000 ppm. Dari film nata-benedict dengan larutan standar dapat dibuat range kerja dengan mengamati perubahan warna yang terjadi. Kemudian diujikan untuk urine.

Penentuan lama penyimpanan dilakukan dengan menyimpan film nata-benedict dalam plastik berpekerat dan diberi penyerap udara dengan silika gel dalam kemasan. Lamanya penyimpan ditentukan dari pertama kali film nata-benedict disimpan dengan kondisi di atas, sampai diketahui film nata-benedict sudah tidak layak digunakan lagi, dalam arti sudah tidak bereaksi lagi dengan sampel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi film nata de coco

Karakterisasi film nata de coco ini tentunya diawali dengan pembuatan film nata de coco yaitu dengan mencampurkan air kelapa dan gula kemudian ditambahkan starter (bakteri *acetobacter xylinum* dalam medium cair) setelah melalui pendinginan pada suhu kamar. Setelah masa fermentasi selama 10 hari akan terbentuk gel pada permukaan media cairnya. Gel yang terbentuk ini disebut *pellicle*. Pada penelitian ini digunakan masa inkubasi 10 hari.

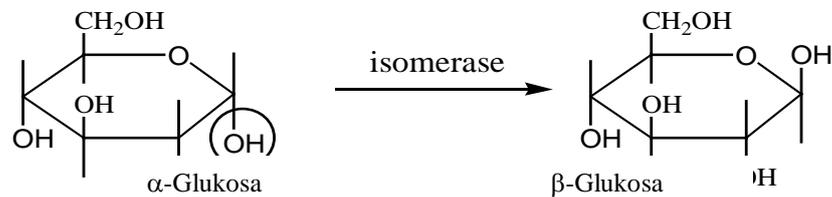
Proses terbentuknya *pellicle* merupakan rangkaian aktifitas bakteri *acetobacter xylinum* dengan nutrisi yang ada pada media cair. Dalam penelitian ini nutrisi yang mengandung glukosa adalah air kelapa dan gula pasir. Pada gula pasir, glukosa terbentuk melalui reaksi hidrolisis sukrosa dengan air.

Glukosa yang berperan dalam pembentukan selulosa adalah glukosa dalam bentuk  $\beta$

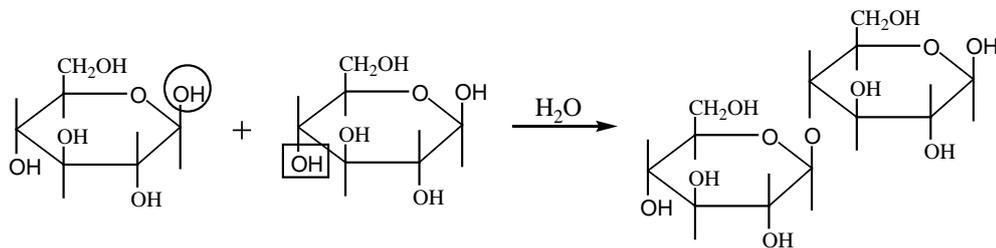
sehingga semua glukosa yang ada dalam bentuk  $\alpha$  akan diubah dalam bentuk  $\beta$  melalui enzim *isomerase* yang berada pada bakteri *acetobacter xylinum*.<sup>20</sup> Perubahan pada bentuk  $\beta$  terjadi pada gugus OH pada atom C-1 (○) Reaksi dapat dilihat pada Gambar 1.

Tahap berikutnya glukosa berikatan dengan glukosa yang lain melalui ikatan 1,4  $\beta$ -glikosida. Ikatan ini terjadi antara gugus OH pada atom C-1 (○) dari satu glukosa  $\beta$  dengan gugus OH pada atom C-4 (□) dari glukosa  $\beta$  yang lain (Gambar 2).

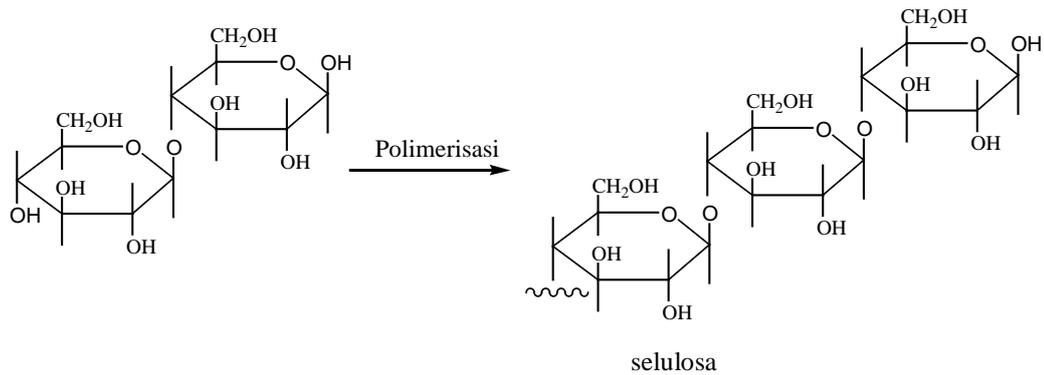
Tahap terakhir adalah tahap polimerisasi yaitu pembentukan selulosa. Polimerisasi ini terjadi melalui enzim polimerisasi yang ada pada bakteri *acetobacter xylinum*. Secara fisik pembentukan selulosa adalah terbentuknya *pellicle*. Dengan demikian ketebalan yang berbeda pada variasi waktu inkubasi berkaitan proses polimerisasi oleh aktifitas bakteri yang terus berlangsung. Reaksi polimerisasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



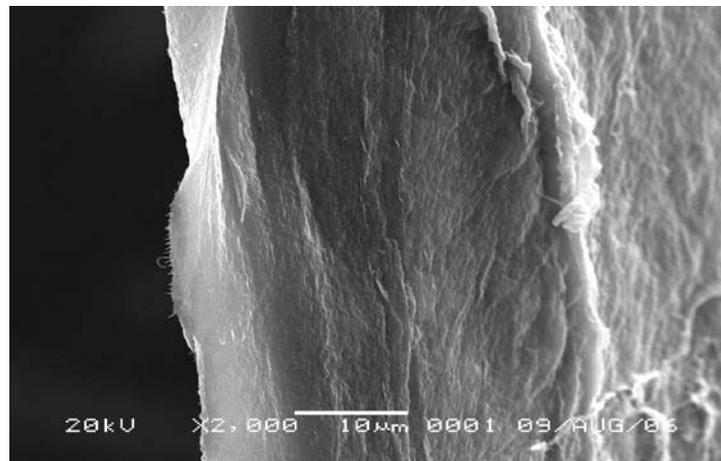
Gambar 1. Reaksi glukosa dalam bentuk  $\alpha$  diubah dalam bentuk  $\beta$  oleh enzim *isomerase*.



Gambar 2. Reaksi pembentukan disakarida dengan ikatan glikosida



Gambar 3. Reaksi polimerisasi disakarida menjadi glukosa.



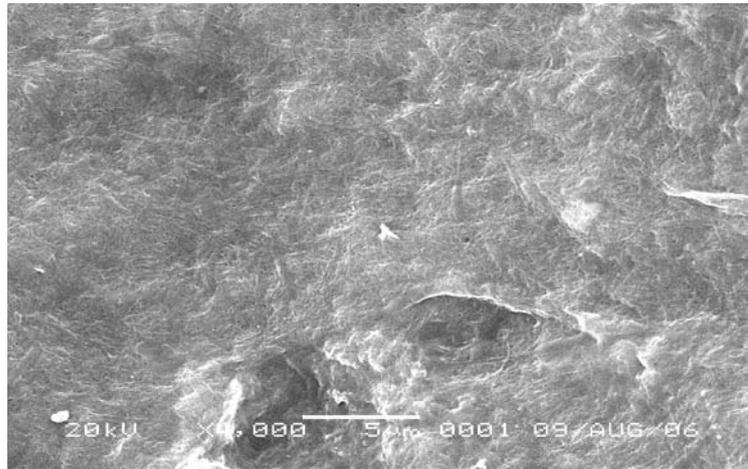
Gambar 4. SEM (Scanning Electron Micrograph) Penampang lintang film nata de coco.

Pada proses pemurnian dilakukan pencucian dengan air dan perendaman dalam NaOH 2%. Pemurnian ini bertujuan untuk menghilangkan komponen-komponen non-selulosa dan sisa bakteri yang masih ada. Komponen-komponen non-selulosa ini diperkirakan akan menghalangi ikatan hidrogen yang terjadi antar rantai molekul selulosa yang mengakibatkan terhadap menurunnya kekuatan sifat mekanis selulosa.

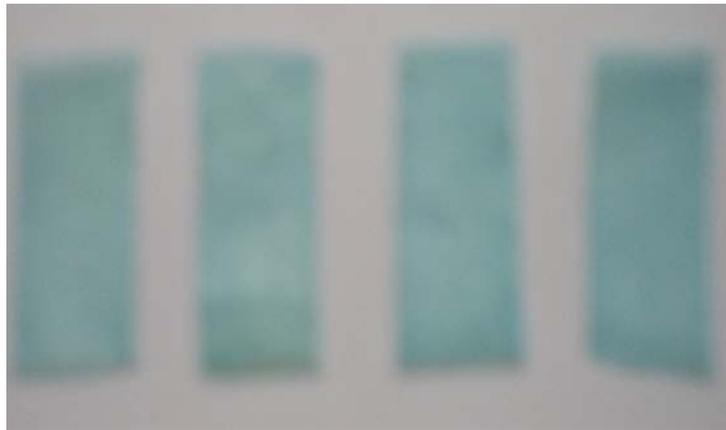
Karakterisasi morfologi dari film nata de coco yang akan digunakan untuk mengimmobilisasi reagent Benedict dilakukan dengan menggunakan SEM, seperti tampak

pada Gambar 4 yang merupakan penampang lintang film nata de coco.

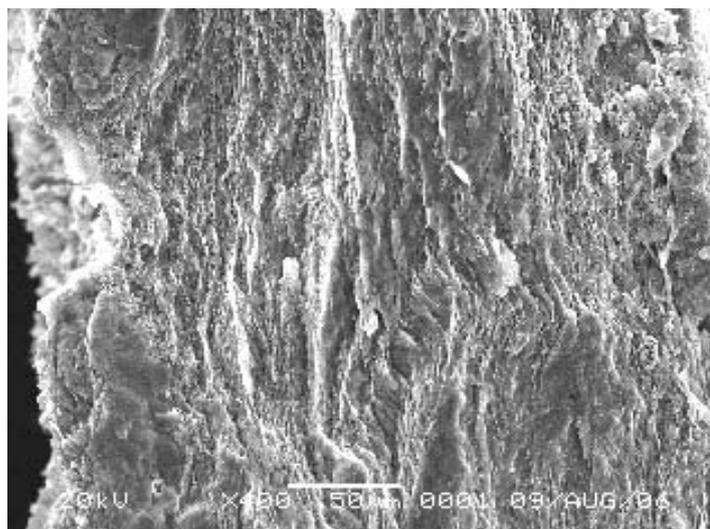
Pada Gambar 4 tampak kontur pori (celah) dari film yang cukup bersih yang memungkinkan sebagai tempat untuk immobilisasi reagent benedict. Penampang muka dari film nata de coco tampak pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar tersebut tampak bahwa permukaan film tersebut rata dengan tanpa cacat. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa meskipun pori-pori film yang tidak cukup tampak dari permukaan tapi dapat dikatakan bahwa pori film tersebut seragam.



Gambar 5. SEM (Scanning Electron Micrograph) permukaan film nata de coco



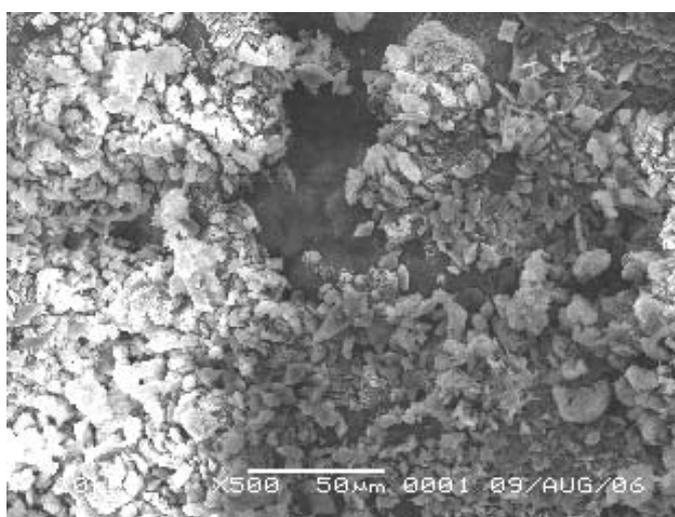
Gambar 6. Film nata de coco-benedict hasil adsorpsi.



Gambar 7. SEM penampang lintang film nata de coco-benedict.

Tabel 1. Pengaruh waktu adsorpsi terhadap  $\lambda$  maks

No	Waktu adsorpsi (menit)	$\lambda$ maks (nm)	Intensitas
1	15	590,41	123,8
2	30	590,41	122,1
3	45	590,41	114,2
4	60	590,41	112,0



Gambar 8. SEM penampang muka film nata de coco-benedict.

#### Karakterisasi film nata de coco-benedict

Pembuatan film nata de coco-benedict dilakukan dengan mengimmobilisasikan reagen benedict dalam film nata de coco. Proses immobilisasi yang dilakukan dengan metode adsorpsi. Film nata de coco-benedict hasil immobilisasi teknik adsorpsi dengan menggunakan variasi waktu adsorpsi (pencelupan) 15, 30, 45 dan 60 menit tampak pada Gambar 6. Hasil visual film nata de coco-benedict yang diperoleh tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan dari warna film.

Karakterisasi film nata de coco-benedict dengan variasi waktu adsorpsi setelah direaksikan dengan larutan glukosa 1000 ppm menghasilkan panjang gelombang maksimal yang sama meskipun intensitasnya berbeda. Panjang gelombang yang sama ini dapat dianalogikan bahwa variasi waktu adsorpsi yang digunakan tidak menunjukkan perbedaan. Hal ini diduga karena film nata de coco yang

mengadsorpsi reagen benedict cukup kecil dibandingkan jumlah/volume reagen yang digunakan, sehingga sudah jenuh.

Karakterisasi morfologi film nata de coco-benedict dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Micrograph) ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

Berdasarkan Gambar 7 dan 8 tersebut tampak jelas adanya fisik antara film nata de coco sebelum diimmobilisasi dengan benedict (4 dan 5) dan sesudahnya, yaitu pada penampang muka (Gambar 8) adanya serpihan-serpihan material di permukaan tersebut yang bisa dikatakan bahwa material tersebut adalah benedict yang menempel di permukaan film. Sedangkan dari penampang lintang juga menunjukkan adanya benedict di dalam pori nata de coco. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi telah mampu mengimmobilisasikan reagen di dalam matriks film nata de coco.

Hasil adsorpsi yang diperoleh perlu diketahui sifat leachingnya yaitu bagaimana kekuatan reagent benedict terimmobilisasi dalam film nata de coco. Dari data yang diperoleh pada Tabel 2 yaitu dengan merendam fim nata de coco benedict dalam 10 mL akuades selama 1 menit, tampak bahwa terjadinya leaching cukup besar.

Tabel. 2. Uji Leaching Film Nata De Coco-Benedict.

No	Waktu adsorpsi (menit)	A larutan rata-rata	[larutan] <sub>sisa</sub>
1	15	0,078	6,1099
2	30	0,066	4,8278
3	45	0,085	6,8425

Pada Tabel 2 tampak bahwa waktu adsorpsi 30 menit konsentrasi larutan sisa paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa leaching paling kecil sehingga kekuatan immobilisasinya paling besar.

Karakterisasi fisik lainnya untuk film nata de coco adalah penentuan kerapatan. Hasil kerapatan yang diperoleh adalah 0,21 g/cm<sup>3</sup>.

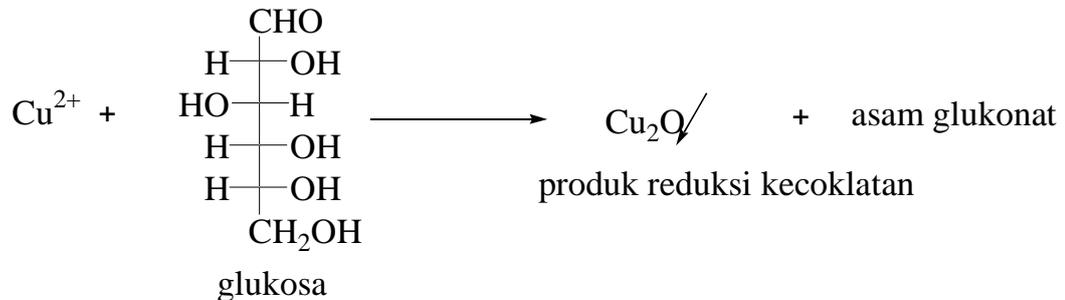
Penentuan kerapatan ini hanya dilakukan pada waktu adsorpsi 45 menit, sehingga hasil yang diperoleh tidak bisa dibandingkan dari variasi waktu adsorpsi

**Karakterisasi film nata de coco-benedict untuk sensor glukosa**

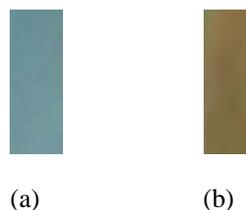
Sensor glukosa ini digunakan pada konsentrasi glukosa dari 1000 ppm sampai 5000 ppm. Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan warna setelah bereaksi dengan glukosa.

Kompleks Cu-sitrat di dalamnya terjadi ikatan kovalen koordinasi yang menyebabkan ikatan antara Cu<sup>2+</sup> dengan sitrat sangat kuat dan gugus sitrat mempunyai gugus yang besar yang mengakibatkan halangan steriknya besar sehingga kompleks Cu-sitrat yang direaksikan dengan glukosa mengalami reaksi transfer elektron. Reaksi yang terjadi dapat di lihat pada Gambar 9.

Jadi dalam reaksi reduksi oksidasi senyawa kompleks, antara reduktor dengan oksidator (antara nukleofil dengan logam pusat) tidak harus bertemu secara langsung. Perubahan fisik sebelum dan sesudah bereaksi dapat di lihat pada Gambar 10.



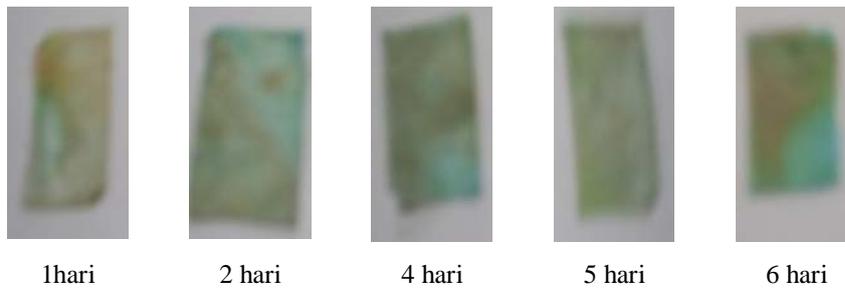
Gambar 9. Reaksi reduksi oksidasi glukosa dengan Cu<sup>2+</sup>.



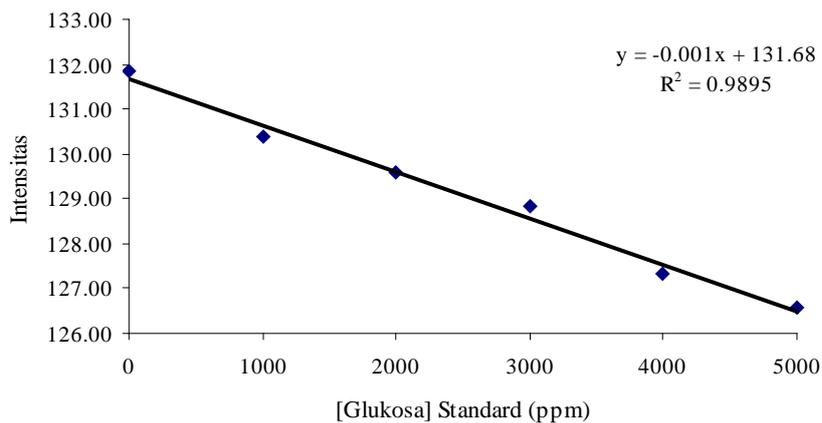
Gambar 10. Karakter fisik selulosa nata-Benedict sebelum (a) dan sesudah bereaksi dengan glukosa (b).

Tabel 3. Variasi warna sensor terhadap panjang gelombang maksimum.

No	Warna sensor glukosa	$\lambda_{max}$ (nm)	Intensitas
1	Kuning	590	1,20
2	jingga	655	4,73
3	Merah bata	530	2,50



Gambar 11. Penentuan waktu pakai sensor glukosa.



Gambar 12. Kurva kalibrasi glukosa dengan metode adsorpsi.

Warna yang dihasilkan dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu kuning, jingga, dan merah bata. Warna ini menunjukkan peningkatan konsentrasi glukosa, dari konsentrasi rendah ke tinggi. Pemisahan ini juga ditunjukkan dari penentuan panjang gelombang maksimum dari setiap perubahan warna.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari Tabel 3, untuk penentuan konsentrasi glukosa sampel dengan menggunakan spektrometer reflektan, maka panjang gelombang yang digunakan adalah panjang gelombang maksimum warna jingga. Klasifikasi warna yang dihasilkan tersebut lebih untuk analisa kualitatif, sedangkan pengukuran dengan menggunakan spektrometer untuk analisa secara kuantitatif.

Penentuan waktu pakai sensor glukosa ini dilakukan sampai waktu enam hari.

Karakterisasi yang digunakan adalah perubahan warna setelah bereaksi dengan glukosa dengan pemanasan pada konsentrasi glukosa 1000 ppm.

Berdasarkan Gambar 11 tampak bahwa perubahan warna sensor tersebut relatif tetap dari sehari sampai enam hari waktu penyimpanan. Hal ini dapat dikatakan bahwa sampai dengan waktu simpan enam hari film nata de coco-benedict masih dapat digunakan untuk sensor glukosa.

**Karakteristik sensor selulosa nata-benedict terhadap glukosa**

Karakteristik sensor selulosa nata-Benedict secara spektrofotometri dalam pengukurannya terhadap glukosa ini meliputi linier range, limit deteksi, sensitivitas, reproduibilitas.

### Linier range

Linier range ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi dengan memplotkan konsentrasi glukosa standard dengan intensitasnya pada panjang gelombang maksimum serta kondisi optimumnya. Kurva kalibrasi ini dibuat pada konsentrasi glukosa standard antara 0-5000 ppm seperti terlihat pada Gambar 12. Intensitas yang terukur pada kurva kalibrasi merupakan intensitas produk  $\text{Cu}_2\text{O}$ , sesuai reaksi pada Gambar 9.

Gambar 12 menunjukkan bahwa intensitas selulosa nata-Benedict pada kondisi optimum kedua metode diukur pada panjang gelombang 625,64 nm menurun sesuai dengan kenaikan konsentrasi glukosa. Hubungan linier ini menunjukkan bahwa konsentrasi berbanding terbalik dengan intensitas sinyal produk yang direfleksikan. Semakin tinggi konsentrasi glukosa maka semakin rendah intensitas yang direfleksikan karena produk  $\text{Cu}_2\text{O}$  yang dihasilkan makin besar. Menurunnya intensitas disebabkan sensor yang merefleksikan sinar dihalangi oleh terbentuknya endapan  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Koefisien regresi berdasarkan Gambar 12. sebesar 0,9895 artinya  $\pm 99\%$  perubahan intensitas dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi glukosa standard, sedangkan  $\pm 1\%$  dipengaruhi faktor lain.

### Limit Deteksi

Limit deteksi suatu metode pengukuran adalah konsentrasi terkecil dari analit yang dapat diukur oleh alat dengan baik. Semakin kecil konsentrasi yang bisa dideteksi maka semakin baik karakteristik sensor tersebut. Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh limit deteksi metode adsorpsi pada daerah konsentrasi 0-5000 ppm adalah 780 ppm. Jadi konsentrasi terkecil yang bisa diukur oleh alat adalah 780 ppm.

### Sensitivitas

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 11. Sensitivitas metode adsorpsi sebesar 0,001 artinya tiap satu satuan perubahan konsentrasi akan menghasilkan perubahan intensitas sebesar 0,001. Semakin kecil harga sensitivitas berarti semakin sensitif metode itu.

### Reprodusibilitas

Reprodusibilitas merupakan suatu metode pengulangan yang dilakukan agar dihasilkan limit antar pengukuran sekecil mungkin atau data yang dihasilkan harus presisi. Diharapkan hasil pengukuran memberikan nilai 95% setiap satu kali pengulangan atau lebih yang berbeda. Reprodusibilitas yang dinyatakan dengan  $K_V$  (Koefisien Variasi) menunjukkan tingkat kesalahan pengukuran akibat pengulangan.  $K_V$  hasil dari metode adsorpsi adalah 0,2013% yang berarti dalam 100x pengukuran dilakukan kesalahan 0,2013 kali.

### Pengukuran sampel urin

Sampel urin yang digunakan diambil dari Rumah Sakit Paru. Sampel diukur kadar glukosanya menggunakan sensor dalam kondisi optimum metode adsorpsi kemudian dibandingkan dengan kadar glukosa dalam urin dengan reagen Nelson-Somogyi.

Tabel 4 . Kadar glukosa dalam sampel urin.

NO	Adsorpsi (ppm)	Reagen Nelson (ppm)
1	4964,29	5060,36
2	4892,86	4967,50
3	4857,14	4952,14
4	4750,00	4921,07
5	4571,43	4364,64

Berdasarkan Tabel 4 dan hasil perhitungan dengan uji t sensor selulosa nata-Benedict metode adsorpsi yang dibandingkan dengan metode Nelson-Somogyi, diperoleh hasil t hitung < t Tabel. Hal itu berarti  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan sensor selulosa nata-Benedict bersesuaian (tidak ada perbedaan yang signifikan) dengan hasil pengukuran menggunakan metode Nelson-Somogyi.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Hasil yang diperoleh dari karakterisasi morfologi (SEM) menunjukkan bahwa reagen benedict teradsorpsi pada film nata de coco meskipun terjadi leaching 14,7% dengan lama pencelupan 5, konsentrasi Benedict optimum 0,2682 M dan lama pencelupan optimum 40 menit pada panjang gelombang maksimum 541,57 nm. Hasil karakterisasi sensor selulosa nata-Benedict terhadap glukosa: koefisien regresi

sebesar 0,9895, limit deteksi sebesar 780 ppm, sensitivitas sebesar 0,001, reproduktibilitas sebesar 0,2013% pada metode adsorpsi. Hasil pengukuran kadar gula sampel urin menggunakan sensor metode adsorpsi bersesuaian dengan data kadar gula menggunakan reagen Nelson tetapi berbeda signifikan dengan data kadar gula di darah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- David JH, Peck & Helena. 1998. *Analytical Biochemistry*. Thirt edition, logman, New York.
- Eggins, BR. 1997. *Biosensor : An Intruduction*. New York : John Wiley and Sons.
- Gaikwad PD, Shirale DJ, Gade VK, Savale PA, Kharat HJ, Kakde KP & Shirsat MD. 2006. Immobilization of GOD on Electrochemically Synthesized PANI Film by Cross-linking via Glutaraldehyde for Determination of Glucose. *Int. J. Electrochem. Sci.* **1**: 425-434.
- Hans Diehl. 1995. *Waspada! Diabetes Mellitus, Kolesterol, Hipertensi*. Indasia Publishing House Bandung.
- Iguchi M. 2000. Review Bacterial Cellulose-A Masterpiece of Nature's Arts. *J. Material Science*. **35**.
- Kiso Y, Kitao T, Nishimura K. 1999. Adsorption properties of cyclic compound on cellulose acetate. *J Appl Polym Sci*. **71**: 1657-1663.
- Kuswandi B & Naranaswamy R 1999. Capillary Optode: Determination of Mercury (II) in Aqueous Solution. *Analytical Letter*.
- Kuswandi B & Naranaswamy R. 1999. Solid State Reagen Base on Immobilised Thiazolylazo Dyes of Optical Toxid Metal Ions Sensing in Flow System, *Eurosensors*. 5A2.
- Lehninger, 1997, *Dasar-dasar Biokimia*, Jilid I, terjemahan Aloysius, Erlangga, Jakarta.
- Mulyasuryani A & Srihardiastutie A. 2011. Conductimetric Biosensor for the Detection of Uric Acid by Immobilization Uricase on Nata de Coco Membrane-Pt Electrode. *Analytical Chemistry Insights*. **6**: 47–51.
- Piluharto B. 2001. *Kajian sifat fisik Film Tipis Nata De Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi*
- Shibazaki H. 1993, Bacterial Cellulose Membrane As Separation Medium, *J. of Appied Polymer Science*. **50**.
- Shirale DJ, Gade VK, Gaikwad PD, Savale PA, Kharat HJ, Kakde KP, Pathan AJ & Shirsat MD. 2006. Studies of immobilized glucose oxidase on galvanostatically synthesized poly(N-methylpyrrole) film with PVS-NaNO<sub>3</sub> composite dopant. *Int. J. Electrochem. Sci.* **1**: 62-70.
- Soln R, Dockb E, Christenson A, Winther-Nielsen M, Carlsson C, Emn´eus J, Ruzgas T, Skl´adal P. 2005. Amperometric screen-printed biosensor arrays with co-immobilised oxidoreductases and cholinesterases. *Anal. Chim. Acta*. **528**: 9–19.
- Tanabe T, Hamasaki K & Ueno A. 2001. Immobilized Fluorescent Cyclodexteri on a Cellulose Membrane as a Chemosensor for Molecule detection. *Anal. Chem.* **73** : 3126-3130.
- Wang HJ, Zhou CM, Peng F & Yu H. 2007 Glucose biosensor based on platinum nanoparticles supported sulfonated-carbon nanotubes modified glassy carbon electrode. *Int. J. Electrochem. Sci.* **2**: 508 – 516.
- Wang X, Ke-Xue Z & Hui-Ming Z. 2011. Immobilization of Glucose Oxidase in Alginate-Chitosan Microcapsules. *Int. J. Mol. Sci.* **12**: 3042-3045
- Zhu J, Zhu Z, Lai Z, Wang R, Guo X, Wu X., Zhang G, Zhang Z, Wang Y & Chen Z. 2002. Planar Amperometric Glucose Sensor Based on Glucose Oxidase Immobilized by Chitosan Film on Prussian Blue Layer. *Sensors*. **2**: 127-136.