



**PERBANDINGAN TEKNIK IMOBILISASI ADSORPSI  
DAN ENTRAPMENT PADA FILM NATA DE COCO  
DENGAN REAGEN BENEDICT UNTUK  
DETEKSI KADAR GLUKOSA  
DALAM URIN**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Ilmu Kimia (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Asal :	Hadiah	Klass
Terima :	Penyesuaian 25 APR 2007	547.78/3
Penyusunan :		WUL
Pengkatalog :		P
Oleh :		

**Mey Liana Wulandari**  
NIM 031810301066

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2007**

**MOTTO**

Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.

(Al-Baqarah: 153)

Orang yang berpikiran optimis selalu memandang segala sesuatu itu sulit, tetapi mungkin orang yang berpikiran pesimis selalu memandang segala sesuatu itu mungkin, tetapi sulit.

(Anonim)

Orang yang paling sempurna bukanlah orang dengan otak sempurna, melainkan orang yang dapat mempergunakan sebaik-baiknya dari bagian otaknya yang kurang sempurna.

(Aristoteles)

Jenius adalah 1% inspirasi dan 99% keringat. Tidak ada yang dapat menggantikan kerja keras.

(Soichiro Honda)

Kita tidak bisa menjadi bijaksana dengan kebijaksanaan orang lain, tapi kita bisa berpengetahuan dengan pengetahuan orang lain.

(Michael De Montaigne)

*HALAMAN PERSEMBAHAN*

*Dengan segenap ketulusan hati, skripsi ini kupersembahkan untuk:*

*Ayahanda Kusnadi dan Ibunda Sumarmi tercinta, terima kasih atas doa, dukungan moril, materi, dan kesempatan yang telah diberikan padaku hingga aku meraih gelar sarjana. Semoga Allah SWT senantiasa mencurahkan rahmat dan karunia-Nya baik di dunia maupun di akhirat;*

*Adikku Alfin dan sepupuku Gladis untuk keceriaannya yang telah menghiburku serta seluruh keluarga besar di Batu terima kasih atas semuanya;*

*Sahabatku A. Diah H. S thanks for all, you are my best friend;*

*Pak Bambang Kuswandi karena telah meminjamkan Spektrofotometer USB 2000 Ocean Optic, B. In, B. Asna, Pak Agung, Pak Darko, Pak Zulfikar, Pak Antok, Pak Nyoman atas semua saran yang telah diberikan;*

*Kakak-kakakku di lab. CBG (Mas Rofix, Mbak DPA, Mas Ali), di lab. Analitik (Mas Munawir, Mas Amir), The Zeolith Group (Mas Wahid, Mas Rusman, Mas Hari, Mbak Elita, Mbak Any), Mas Iwan, Mas Ari dan Mas Irfan atas semua bantuan, diskusi, serta sarannya;*

*Teman-temanku angkatan 2003 Special thanks to Andi, Lilik, Meta, Ribut, Rizal terima kasih untuk semuanya. Mbak Rohma'02, Vi2 '05 dan Reni THP'05.*

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Mey Liana Wulandari

NIM : 031810301066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul *Perbandingan Teknik Imobilisasi Adsorpsi dan Entrapment pada Film Nata de Coco dengan Reagen Benedict untuk Deteksi Kadar Glukosa dalam Urin* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 14 April 2007

Yang menyatakan,



Mey Liana Wulandari  
NIM 031810301066

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN TEKNIK IMOBILISASI ADSORPSI  
DAN ENTRAPMENT PADA FILM NATA DE COCO  
DENGAN REAGEN BENEDICT UNTUK  
DETEKSI KADAR GLUKOSA  
DALAM URIN**

**Oleh**

**Mey Liana Wulandari  
NIM 031810301066**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama : Dwi Indarti, S.Si, M.Si.**

**Dosen Pembimbing Anggota : Asnawati, S.Si, M.Si.**

PENGESAHAN

Skripsi berjudul **Perbandingan Teknik Imobilisasi Adsorpsi dan Entrapment pada Film Nata de Coco dengan Reagen Benedict untuk Deteksi Kadar Glukosa dalam Urin** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember pada:

hari : **SENIN**  
tanggal : **23 APR 2007**  
tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,



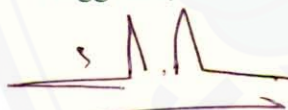
Dwi Indarti, S.Si, M.Si.  
NIP 132257934

Sekretaris,



Asnawati, S.Si, M.Si.  
NIP 132240146

Anggota I,



Drs. Sudarko, Ph.D.  
NIP 132005050

Anggota II,



Agung Budi Santoso, S.Si, M.Si.  
NIP 132207812

Mengesahkan  
Dekan,



I. Sumadi, M.S.  
NIP 130368784

## ABSTRAK

Mey Liana Wulandari (031810301066), April 2007, **Perbandingan Teknik Imobilisasi Adsorpsi dan Entrapment pada Film Nata de Coco dengan Reagen Benedict untuk Deteksi Kadar Glukosa dalam Urin**, Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Dosen Pembimbing Utama: Dwi Indarti, S.Si, M.Si., Dosen Pembimbing Anggota: Asnawati, S.Si, M.Si.

Diabetes Mellitus ditandai dengan tingginya gula dalam darah. Penderita diabetes mengalami gangguan transport glukosa di ginjal sehingga urin mengandung glukosa dengan konsentrasi tinggi. Menurut WHO, pada tahun 2000 jumlah penderita Diabetes Mellitus akan terus meningkat terutama di Amerika Selatan, benua Asia, dan Afrika. Oleh karena itu diperlukan suatu metode pengukuran kadar glukosa dalam urin yang bisa digunakan setiap saat oleh semua orang. Salah satunya menggunakan sensor kimia berbasis reagen Benedict untuk mengukur kadar glukosa dalam urin. Selulosa digunakan sebagai material pendukung untuk imobilisasi Benedict. Metode yang digunakan yaitu adsorpsi dan entrapment. Karakteristik sensor ditentukan melalui uji leaching sensor ke air, range linier, limit deteksi, reproduibilitas dan sensitivitas. Parameter yang perlu dioptimasi pada metode adsorpsi adalah lama pencelupan dan konsentrasi Benedict. Sedangkan pada metode entrapment adalah perbandingan massa selulosa dengan volume Benedict serta konsentrasi Benedict. Hasil optimasi panjang gelombang maksimum sensor selulosa nata-Benedict dengan kedua metode adalah 541,57 nm. Kondisi optimum lama pencelupan sebesar 40 menit. Sedangkan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict optimum yaitu 1: 3, konsentrasi Benedict optimum 0,2682 M pada metode adsorpsi, dan 0,4470 M pada metode entrapment. Jumlah Benedict yang leaching pada metode entrapment dibandingkan dengan metode adsorpsi adalah lebih kecil. Karakteristik sensor dengan metode adsorpsi lebih baik daripada metode entrapment. Hasil pengukuran kadar glukosa sampel urin menggunakan sensor metode adsorpsi dan entrapment bersesuaian dengan data kadar glukosa yang menggunakan metode standard Nelson-Somogyi tetapi berbeda signifikan dengan data kadar glukosa dalam darah. Metode pembuatan sensor selulosa nata-Benedict yang lebih akurat dalam penentuan kadar glukosa dalam urin adalah adsorpsi.

Kata kunci: Adsorpsi; Entrapment; Selulosa nata; Benedict; Glukosa.

## RINGKASAN

**Perbandingan Teknik Imobilisasi Adsorpsi dan Entrapment pada Film Nata de Coco dengan Reagen Benedict untuk Deteksi Kadar Glukosa dalam Urin;** Mey Liana Wulandari, 031810301066; 2007: 72 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Diabetes Mellitus (“penyakit gula”) adalah suatu penyakit metabolisme yang disebabkan kurangnya insulin atau terhambatnya sekresi insulin. Penderita Diabetes Mellitus mengalami gangguan transport glukosa di ginjal, dimana urin mengandung glukosa dengan konsentrasi tinggi. Bahaya yang akan ditimbulkan dalam jangka panjang berupa perubahan dinding pembuluh darah (angiopati diabetik) dan kerusakan ginjal (nefropati), demikian juga kerusakan sistem saraf dan mata, misalnya katarak. Oleh karena itu diperlukan suatu metode mengukur kadar glukosa dalam urin yang bisa digunakan setiap saat dan oleh semua orang. Salah satunya menggunakan imobilisasi reagen ke material pendukung padat.

Imobilisasi Benedict ke dalam material pendukung berupa selulosa nata dilakukan secara adsorpsi dan entrapment. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kadar Benedict yang leaching dalam air dari sensor selulosa nata-Benedict, mengetahui kondisi optimum (panjang gelombang, lama waktu adsorpsi, konsentrasi Benedict pada metode adsorpsi dan perbandingan massa nata dengan volume Benedict serta konsentrasi Benedict pada metode entrapment) sensor kimia untuk deteksi glukosa dalam urin, mengetahui perbandingan karakteristik antara metode adsorpsi dan entrapment yang meliputi reproduibilitas, linier range, limit deteksi, dan sensitivitas serta mengetahui hasil pengukuran sampel urin menggunakan sensor yang diperoleh dengan metode adsorpsi dan entrapment.

Penelitian ini dilakukan di Loratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia dan Biosensor Program Studi Farmasi. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, gula pasir, amonium sulfat, bakteri *Acetobacter*



*xylinum*, asam cuka pasaran, natrium hidroksida, etanol, kertas saring nilon, natrium karbonat, natrium sitrat, tembaga (II) sulfat, larutan gula induk 10.000 ppm, aquades.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebuah sensor kimia berwarna biru yang merupakan hasil imobilisasi Benedict ke selulosa nata. Sensor akan berubah menjadi kecoklatan ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) jika bereaksi dengan glukosa. Jumlah Benedict yang lepas (leaching) dengan lama pencelupan 5 detik pada metode entrapment (0,40%) lebih kecil daripada adsorpsi (14,7%). Kondisi optimum metode adsorpsi: konsentrasi Benedict optimum 0,2682 M dan lama pencelupan optimum 40 menit pada panjang gelombang maksimum 541,57 nm. Kondisi optimum metode entrapment: konsentrasi Benedict optimum 0,447 M dan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict optimum 1: 3. Karakteristik sensor meliputi: koefisien regresi sebesar 0,9895, limit deteksi sebesar 780 ppm, sensitivitas sebesar 0,001, reproduktibilitas sebesar 0,2013% pada metode adsorpsi. Pada metode entrapment koefisien regresinya 0,9795, limit deteksi sebesar 911,11 ppm, sensitivitas sebesar 0,0009, reproduktibilitas sebesar 0,2295%.

Kesimpulan yang didapat dari analisis data dan pembahasan adalah jumlah Benedict yang leaching pada metode adsorpsi lebih banyak daripada entrapment, karakteristik sensor berdasarkan kurva kalibrasi lebih bagus untuk metode adsorpsi. Hasil pengukuran kadar gula sampel urin menggunakan sensor metode adsorpsi dan entrapment bersesuaian dengan data kadar gula menggunakan reagen Nelson tetapi berbeda signifikan dengan data kadar gula di darah. Metode pembuatan sensor selulosa nata-Benedict yang lebih akurat untuk penentuan kadar glukosa dalam urin adalah adsorpsi.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Perbandingan Teknik Imobilisasi Adsorpsi dan Entrapment pada Film Nata de Coco dengan Reagen Benedict untuk Deteksi Kadar Glukosa dalam Urin*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Sumadi, MS., selaku dekan Fakultas MIPA Universitas Jember;
2. Dwi Indarti, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Asnawati, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota, Drs. Sudarko, Ph.D., selaku Dosen Penguji I, dan Agung Budi Santoso, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya penulisan skripsi ini;
3. I Nyoman Adi Winata, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah menjadi pembimbing selama menjadi mahasiswa;
4. Bapak/Ibu Kusnadi sekeluarga yang telah memberikan dorongan dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
5. Mas Budi dan seluruh teknisi laboratorium serta semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, April 2007

Penulis

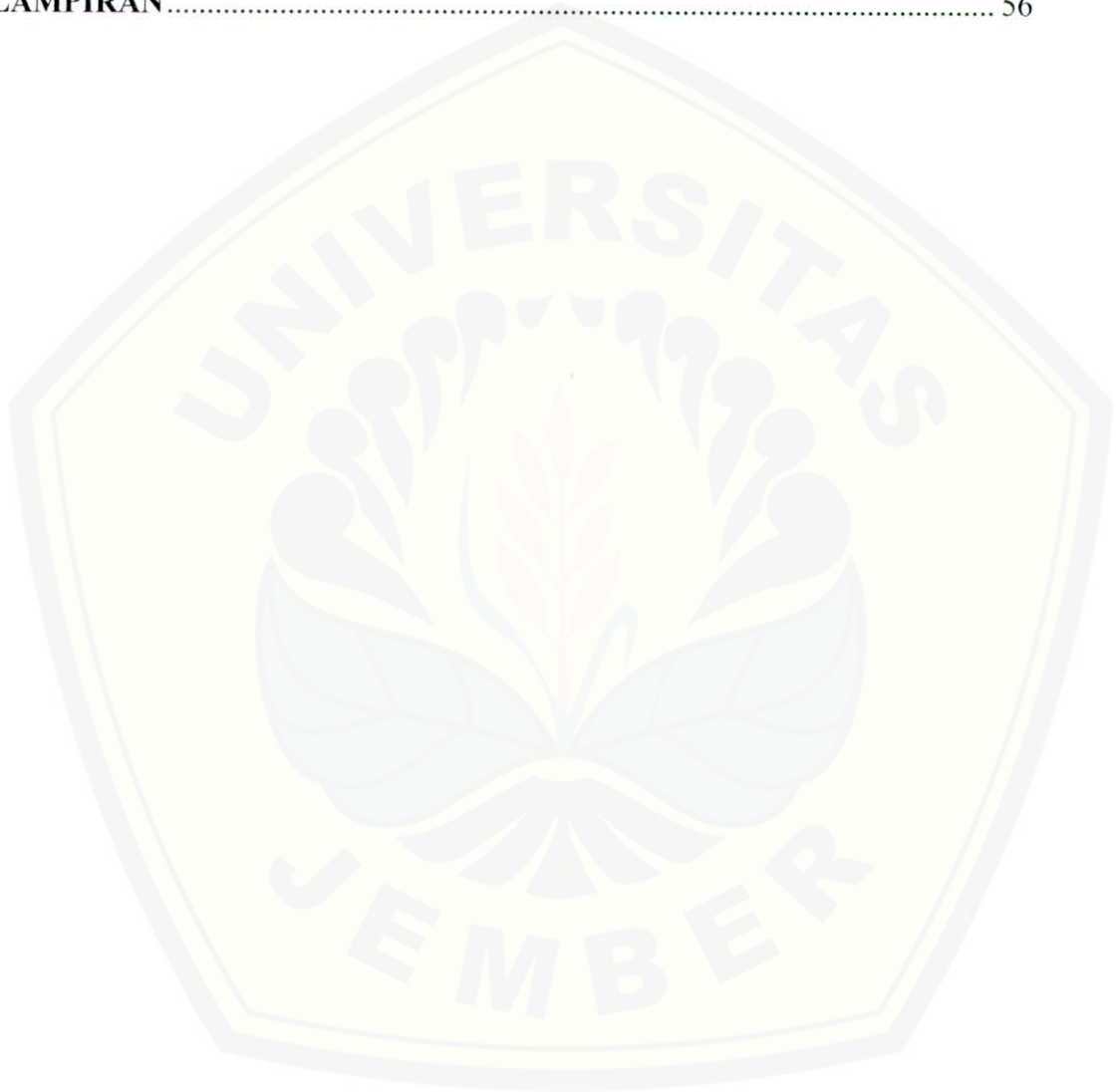
DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Diabetes melitus .....	6
2.2 Glukosa .....	7
2.3 Reagen Benedict.....	9
2.4 Nata de Coco .....	11
2.5 Selulosa .....	12

2.6 Teknik Imobilisasi.....	14
2.6.1 Adsorpsi .....	14
2.6.2 Entrapment .....	16
2.6.3 Mikroenkapsulasi .....	16
2.6.4 Cross-Linking.....	17
2.6.5 Ikatan Kovalen .....	17
2.7 Sensor Kimia.....	18
2.8 Karakterisasi Sensor.....	20
2.8.1 Daerah Linier (Linier Range).....	20
2.8.2 Reprodusibilitas.....	21
2.8.3 Limit Deteksi.....	21
2.8.4 Sensitivitas .....	22
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	23
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	23
3.2.1 Diagram Alir Pembuatan Nata de Coco.....	24
3.2.2 Diagram Alir Pembuatan Sensor.....	24
3.3 Preparasi Alat dan Bahan .....	25
3.3.1 Alat.....	25
3.3.2 Bahan.....	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1 Preparasi Bahan.....	26
3.4.2 Preparasi Sensor Selulosa Nata-Benedict .....	27
3.5 Uji Leaching Selulosa Nata-Benedict .....	28
3.6 Pencelupan Sensor ke dalam Larutan Glukosa Standard .....	29
3.7 Optimasi Parameter Sensor Selulosa Nata-Benedict .....	29
3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{maks}$ ) .....	29
3.7.2 Penentuan Konsentrasi Benedict Optimum Metode Adsorpsi dan Metode Entrapment .....	30

3.7.3	Penentuan Lama Pencelupan Optimum Metode Adsorpsi....	30
3.7.4	Penentuan Perbandingan Massa Selulosa: Volume Benedict Optimum Metode Entrapment.....	31
3.7.5	Pembuatan Kurva Kalibrasi .....	31
3.8	Karakteristik Sensor Selulosa Nata-Benedict .....	32
3.8.1	Daerah Linier .....	32
3.8.2	Limit Deteksi.....	32
3.8.3	Sensitivitas .....	32
3.8.4	Reprodusibilitas.....	32
3.9	Pengukuran Sampel.....	33
<b>BAB 4.</b>	<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>34</b>
4.1	Sensor Selulosa Nata-Benedict .....	34
4.2	Parameter Optimum Sensor Kimia Selulosa Nata-Benedict.....	37
4.2.1	Panjang Gelombang Maksimum Selulosa Nata-Benedict ....	37
4.2.2	Konsentrasi Benedict Optimum Metode Adsorpsi dan Entrapment .....	38
4.2.3	Lama Pencelupan Optimum Metode Adsorpsi .....	41
4.2.4	Perbandingan Massa Selulosa Nata dengan Volume Benedict Optimum .....	42
4.2.5	Panjang Gelombang Maksimum Selulosa Nata-Benedict yang Direaksikan dengan Glukosa.....	44
4.3	Karakteristik Sensor Selulosa nata-Benedict Terhadap Glukosa...	45
4.3.1	Linier Range.....	45
4.3.2	Limit Deteksi.....	46
4.3.3	Sensitivitas .....	47
4.3.4	Reprodusibilitas.....	47
4.4	Pengukuran Sampel Urin .....	48

<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>50</b>
5.1 Kesimpulan .....	50
5.2 Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>52</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>56</b>



DAFTAR GAMBAR

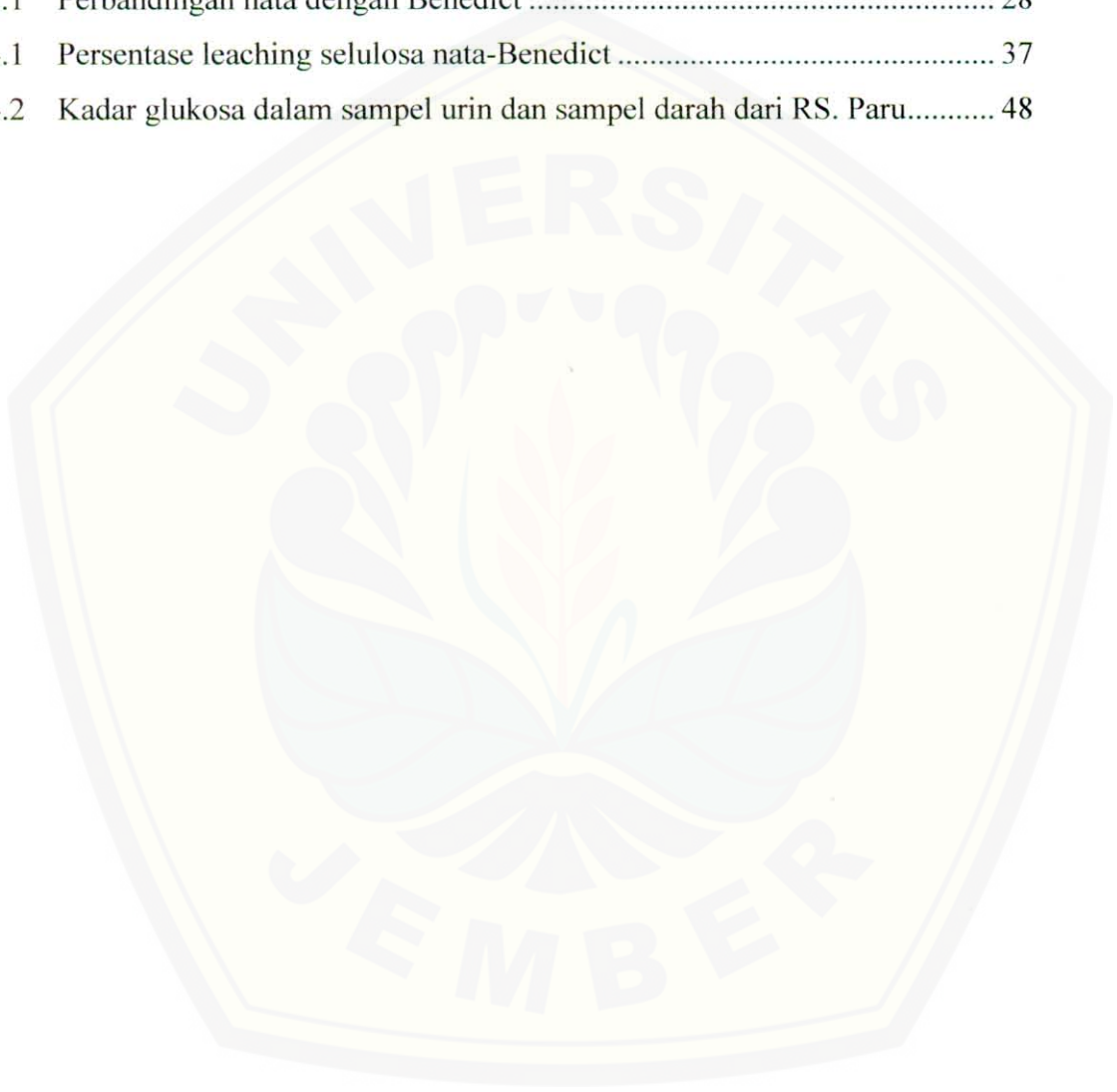
	Halaman
2.1 Tiga jenis aldoheksosa yang muncul di alam.....	8
2.2 Reaksi intramolekuler antara gugus aldehida dan hidroksil gula.....	8
2.3 Kompleks tembaga Sitrat .....	9
2.4 Reaksi reduksi $\text{Cu}^{2+}$ .....	10
2.5 Reaksi redoks aldehida dan tembaga .....	10
2.6 Struktur kimia selulosa.....	12
2.7 Ikatan hidrogen yang terbentuk dalam struktur selulosa.....	13
2.8 Sistem pengukuran refleksi .....	19
3.1 Sistem pencetakan selulosa nata-Benedict.....	28
3.2 Rancangan alat pengukuran selulosa nata-Benedict dengan glukosa .....	30
4.1 Mekanisme reaksi <i>outer sphere</i> .....	35
4.2 Mekanisme reaksi <i>inner sphere</i> .....	35
4.3 Reaksi reduksi oksidasi glukosa dengan $\text{Cu}^{2+}$ .....	36
4.4 Karakter fisik selulosa nata-Benedict sebelum dan sesudah bereaksi dengan glukosa.....	36
4.5 Kurva kalibrasi Benedict.....	37
4.6 Panjang gelombang maksimum selulosa nata-Benedict secara adsorpsi dan entrapment .....	38
4.7 Hubungan panjang gelombang dan intensitas pada optimasi konsentrasi Benedict metode adsorpsi .....	39
4.8 Hubungan konsentrasi Benedict dengan intensitas pada metode adsorpsi .....	39
4.9 Hubungan panjang gelombang dan intensitas pada optimasi konsentrasi Benedict metode entrapment.....	40

4.10 Hubungan konsentrasi Benedict dengan intensitas pada metode entrapment.....	40
4.11 Hubungan panjang gelombang dan intensitas pada optimasi lama pencelupan metode adsorpsi .....	41
4.12 Hubungan lama pencelupan dan intensitas .....	42
4.13 Hubungan panjang gelombang dan intensitas pada optimasi perbandingan selulosa nata-Benedict metode entrapment.....	43
4.14 Hubungan perbandingan volume Benedict: massa nata dan intensitas.....	43
4.15 Panjang gelombang maksimum sensor-glukosa secara adsorpsi dan entrapment .....	44
4.16 Kurva kalibrasi metode adsorpsi.....	45
4.17 Kurva kalibrasi metode entrapment .....	45



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Kadar glukosa darah normal .....	7
3.1 Perbandingan nata dengan Benedict .....	28
4.1 Persentase leaching selulosa nata-Benedict .....	37
4.2 Kadar glukosa dalam sampel urin dan sampel darah dari RS. Paru.....	48



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Uji leaching sensor selulosa nata-Benedict.....	56
B. Data intensitas panjang gelombang maksimum selulosa nata-Benedict adsorpsi dan entrapment.....	59
C. Data intensitas optimasi konsentrasi Benedict secara adsorpsi dan entrapment pada $\lambda_{maks}$ 541,57 nm.....	60
D. Data intensitas optimasi lama pencelupan secara adsorpsi pada $\lambda_{maks}$ 541,57 nm.....	61
E. Data intensitas optimasi konsentrasi Benedict metode entrapment pada $\lambda_{maks}$ 541,57 nm.....	62
F. Data intensitas optimasi perbandingan massa selulosa: volume Benedict metode entrapment pada $\lambda_{maks}$ 541,57 nm.....	63
G. Data hubungan parameter metode adsorpsi dan entrapment dengan intensitas pada intensitas tertinggi .....	64
H. Data intensitas penentuan panjang gelombang maksimum sensor-glukosa metode adsorpsi dan entrapment.....	65
I. Data kalibrasi sensor terhadap glukosa standard pada $\lambda = 529,78$ nm metode adsorpsi dan entrapment.....	66
J. Perhitungan limit deteksi metode adsorpsi .....	67
K. Perhitungan limit deteksi metode entrapment.....	68
L. Perhitungan reproduibilitas metode adsorpsi dan entrapment.....	69
M. Data penghitungan uji t sampel urin dengan metode Nelson, adsorpsi, entrapment serta uji korelasi metode Nelson dengan sampel darah .....	70
N. Scanning panjang gelombang dan kurva kalibrasi menggunakan reagen Nelson.....	72



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Diabetes Mellitus (“penyakit gula”) adalah suatu penyakit metabolisme yang disebabkan kurangnya insulin atau terhambatnya sekresi insulin. Diabetes Mellitus dapat dicurigai apabila terdapat gejala-gejala seperti polidipsi (banyak minum), polifagia (banyak makan), poliuria (banyak kencing) dengan atau tanpa disertai perubahan berat badan. Menurut WHO tahun 2000, jumlah penderita diabetes diseluruh dunia mencapai 120 juta orang, pada tahun 2025 diperkirakan jumlahnya akan meningkat hingga 300 juta orang, peningkatan ini terutama terjadi di benua Asia, Afrika dan Amerika Selatan (Hernawati, 2005).

Penderita Diabetes Mellitus mengalami gangguan transport glukosa di ginjal, dimana urin mengandung glukosa dengan konsentrasi tinggi. Penderitanya juga akan mengalami kehilangan glukosa lebih cepat akibat kegagalan proses reabsorpsi sehingga urinya banyak mengandung gula dalam bentuk D-glukosa. Diabetes Mellitus yang tidak ditangani dengan baik dalam jangka panjang dapat menimbulkan akibat yang membahayakan diantaranya perubahan dinding pembuluh darah (angiopati diabetik) dan kerusakan ginjal (nefropati), demikian juga kerusakan sistem saraf dan mata, misalnya katarak (Koolman dan Rohm, 2001). Oleh karena itu diperlukan suatu metode pengukuran kadar glukosa dalam urin yang bisa digunakan setiap saat dan oleh semua orang.

Berbagai alat dan metode deteksi glukosa dalam urin penderita Diabetes Mellitus telah dikembangkan antara lain sensor yang diperoleh dari immobilisasi suatu membran dengan enzim. Teknik immobilisasi merupakan suatu cara bagaimana mengikat reagen dalam sebuah matriks polimer dengan syarat aktifitas reagen tetap ada. Terdapat lima teknik immobilisasi yang telah dikembangkan dalam sensor kimia,

yaitu adsorpsi, mikroenkapsulasi, entrapment, crosslinking, dan ikatan kovalen (Eggins, 1997).

Metode imobilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah adsorpsi (penyerapan) dan entrapment (penjebakan). Adsorpsi digunakan karena kecepatan dan kemudahannya dalam imobilisasi. Entrapment merupakan teknik imobilisasi dimana reagen terperangkap di dalam sel-sel membran, entrapment digunakan karena sensitivitas yang dihasilkan konstan atau dapat dipertahankan (Eggins, 1997). Kedua metode tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui karakteristik sensor glukosa yang paling baik yang akan dihasilkan.

Tanabe *et al.* (2001) menggunakan membran selulosa bakterial sebagai material pendukung untuk mengimobilisasikan siklodekstran sebagai sensor kimia untuk mendeteksi molekul. Membran selulosa dipilih sebagai material pendukung untuk mengimobilisasikan siklodekstran karena selulosa harganya murah dan berguna secara luas. Karena itu, sangat mungkin menyiapkan sensor untuk mendeteksi molekul dengan membran selulosa yang dapat dikomersilkan. Berdasarkan kelebihan tersebut maka dalam penelitian ini digunakan material pendukung berupa selulosa nata untuk mengimobilisasikan reagen Benedict.

Kelebihan reagen Benedict dibandingkan dengan reagen untuk penentuan kadar glukosa yang lain misalnya reagen Nelson yaitu reagen Benedict mengandung lebih sedikit komponen penyusun (Anonim, 2002). Pada penelitian ini dilakukan optimasi berbagai parameter yang berpengaruh terhadap sensor yang akan dihasilkan. Parameter yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya, jenis zat yang diadsorpsi, konsentrasi, dan luas permukaan (Alloway, 1995). Pada metode adsorpsi akan dilakukan optimasi konsentrasi Benedict dan lama pencelupan selulosa nata ke dalam Benedict sehingga dimungkinkan akan mempengaruhi jumlah Benedict yang teradsorpsi dalam selulosa nata. Sedangkan pada metode entrapment akan dilakukan optimasi konsentrasi Benedict dan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict sehingga bisa memaksimalkan jumlah Benedict yang berhasil dientrapment

dalam selulosa nata. Sensor yang berada dalam kondisi optimum digunakan untuk membuat kurva kalibrasi glukosa dan selanjutnya dilakukan karakterisasi.

Karakterisasi sensor selulosa nata-Benedict diperoleh berdasarkan pengukuran sinar yang direfleksikan oleh analit yang ditangkap oleh detektor dalam spektrometer reflektan. Berdasarkan karakteristik sensor, dalam penelitian ini akan dipelajari linier range, reproduibilitas, limit deteksi, dan sensitivitas (Miller dan Miller, 1983). Selain dipelajari karakteristik sensor selulosa nata-Benedict, dilakukan juga uji leaching reagen Benedict dari selulosa nata untuk mengetahui jumlah Benedict yang lepas menuju air pada metode adsorpsi dan entrapment. Sensor yang telah dikarakterisasi digunakan untuk mengukur sampel.

Sampel urin digunakan karena mengandung lebih sedikit interferensi dibandingkan dengan darah sehingga tidak dibutuhkan metode pemisahan untuk bisa mendeteksi semua analit. Selain itu, urin lebih mudah bereaksi dengan sensor selulosa nata-Benedict karena viskositasnya rendah. Disamping mempunyai kelebihan, urin juga mempunyai kelemahan antara lain urin cepat mengalami kerusakan bila tidak segera dilakukan analisa dan kadar gula dalam urin tergantung pada kondisi tubuh seseorang (Thomas, 1984). Oleh karena itu untuk membuktikan keakuratan hasil pengukuran kadar glukosa dalam sampel urin, maka dilakukan uji korelasi kadar gula dalam urin dengan kadar gula dalam darah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini beberapa masalah yang muncul antara lain sebagai berikut :

- 1) berapakah kadar Benedict yang leaching dalam air dari sensor selulosa nata-Benedict?,
- 2) berapakah (panjang gelombang, konsentrasi Benedict, lama waktu pencelupan pada metode adsorpsi dan konsentrasi Benedict serta perbandingan massa nata dengan volume Benedict pada metode entrapment) optimum sensor kimia untuk deteksi glukosa?,
- 3) bagaimana perbandingan karakteristik (reproduksibilitas, linier range, limit deteksi, dan sensitivitas) sensor kimia optik untuk mendeteksi glukosa antara metode adsorpsi dengan entrapment?,
- 4) bagaimana hasil pengukuran sampel urin menggunakan sensor yang diperoleh dengan metode adsorpsi dan entrapment?.

## 1.3 Batasan Masalah

- 1) metode yang digunakan untuk mengimobilisasi selulosa nata-Benedict adalah adsorpsi dan entrapment,
- 2) parameter yang digunakan dalam metode adsorpsi adalah konsentrasi Benedict dan lama waktu adsorpsi, sedangkan pada metode entrapment parameter yang digunakan adalah konsentrasi Benedict dan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict,
- 3) konsentrasi Benedict yang digunakan 0,0894; 0,1788; 0,2682; 0,3576; dan 0,4470 M, lama pencelupan pada metode adsorpsi 10, 20, 30, 40, 50 menit, perbandingan massa nata dan volume Benedict 1: 1, 1: 2, 1: 3, 1: 4, 1: 5 pada metode entrapment,
- 4) gula yang digunakan sebagai analit adalah glukosa.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain adalah:

- 1) menentukan kadar Benedict yang leaching dalam air dari sensor selulosa nata-Benedict,
- 2) menentukan (panjang gelombang, konsentrasi Benedict, lama waktu pencelupan pada metode adsorpsi dan konsentrasi Benedict serta perbandingan massa nata dengan volume Benedict pada metode entrapment) optimum sensor kimia untuk deteksi glukosa,
- 3) mengetahui perbandingan karakteristik (reproduksibilitas, linier range, limit deteksi, dan sensitivitas) sensor kimia optik untuk mendeteksi glukosa antara metode adsorpsi dengan entrapment,
- 4) mengetahui hasil pengukuran sampel urin menggunakan sensor yang diperoleh dengan metode adsorpsi dan entrapment.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Diharapkan dari penelitian ini dapat diperoleh manfaat sebagai berikut:

- 1) memberi kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, utamanya dalam pengembangan material selulosa nata de coco,
- 2) hasil penelitian ini diharapkan selulosa bakterial bisa digunakan sebagai material pendukung reagen Benedict untuk sensor glukosa dalam urin penderita Diabetes Mellitus.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Diabetes Mellitus

Kata diabetes berasal dari ungkapan Yunani yang berarti "bocor". Kata ini mengacu pada peningkatan frekuensi berkemih dan kehausan yang sering terjadi pada orang yang baru diketahui menderita diabetes atau yang penyakitnya tidak dirawat (Hernawati, 2005). Diabetes Mellitus adalah suatu penyakit metabolisme yang tersebar luas disebabkan oleh kekurangan insulin. Insulin dapat dilukiskan sebagai bantuan untuk pengolahan glukosa dan penghambat untuk pembentukan glukosa baru. Berdasarkan hal ini maka transpor glukosa darah ke sebagian besar jaringan tergantung pada insulin (Koolman dan Rohm, 2001).

Hormon insulin mempunyai peranan pokok dalam pengaturan konsentrasi glukosa darah. Hormon ini diproduksi oleh sel  $\beta$  pulau-pulau Langerhans pankreas dan disekresikan ke dalam darah sebagai reaksi langsung terhadap hiperglikemia. Penyuntikan insulin akan menurunkan kandungan glukosa di dalam darah dan meningkatkan pemakaian serta penyimpanannya di dalam hepar serta otot sebagai glikogen. Insulin yang berlebihan dapat menyebabkan hipoglikemia berat yang menimbulkan gejala konvulsi dan bahkan kematian bila tidak segera disuntikkan glukosa (Murray, 1999).

Diabetes Mellitus tipe I atau IDDM (Diabetes Mellitus yang tergantung insulin) ditandai oleh penurunan toleransi glukosa akibat berkurangnya sekresi insulin sebagai respon terhadap pemberian glukosa. Manifestasi klinis penyakit ini berupa kenaikan kadar glukosa darah (hiperglikemia) dan glukosuria yang dapat disertai perubahan pada metabolisme lemak. Toleransi pada glukosa bukan saja menurun pada penyakit IDDM tetapi juga pada kerusakan hepar, pada sebagian infeksi serta pada Diabetes Mellitus tipe II atau NIDDM (Diabetes Mellitus tidak



tergantung insulin) yang disertai obesitas serta kenaikan kadar asam lemak bebas dalam plasma (Murray, 1999). Seseorang dikatakan menderita penyakit diabetes jika kadar gula darahnya melebihi kadar gula normal (Tabel 2.1).

Kalau glukosa darah naik hingga mencapai kadar yang relatif tinggi, ginjal juga akan melakukan pengaturan. Glukosa memang disaring oleh glomerulus secara terus menerus namun akan dikembalikan seluruhnya ke dalam darah melalui sistem reabsorpsi tubulus ginjal. Penyerapan kembali glukosa melawan gradien konsentrasinya berhubungan dengan pengadaaan ATP di dalam sel-sel tubulus. Kapasitas sistem tubulus untuk menyerap kembali glukosa terbatas hingga mencapai sekitar 350 mg/menit. Kalau kadar glukosa darah naik, filtrat glomerulus dapat mengandung glukosa lebih banyak daripada jumlah yang bisa diserap kembali; kelebihan ini akan dikeluarkan ke dalam urin sehingga menimbulkan gejala glukosuria yang mengindikasikan Diabetes Mellitus (Murray, 1999).

Tabel 2.1 Kadar Glukosa Darah Normal

Darah lengkap (puasa)	70-100 mg/dL	3,9-5,6 mmol/L
Darah vena (puasa)	50-100 mg/dL	2,8-5,6 mmol/L
Serum, plasma (puasa)	75-115 mg/dL	4,2-6,4 mmol/L
Urin	Sampai 15 mg/dL	Sampai 0,83 mmol/L

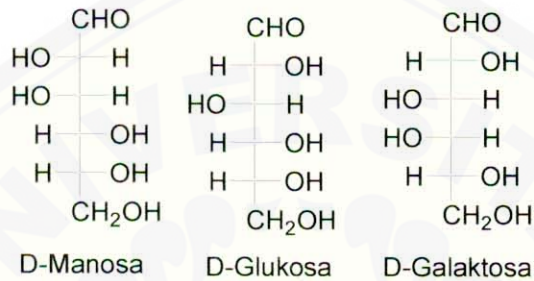
Sumber: Thomas (1984).

## 2.2 Glukosa

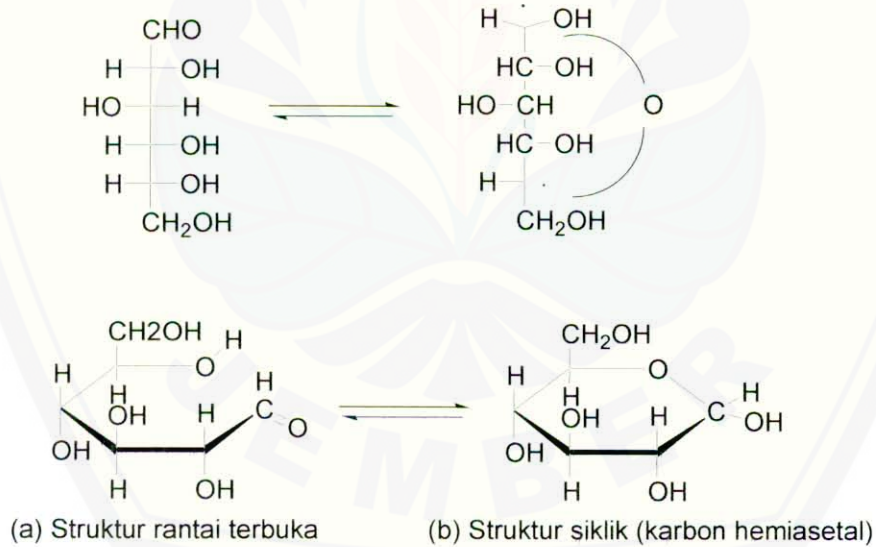
Glukosa adalah bagian dari karbohidrat yang penting yang merupakan salah satu jenis monosakarida yang mengandung gugus aldehid dan gugus hidroksil. Glukosa merupakan salah satu gula pereduksi. Salah satu cara untuk mengidentifikasi adanya glukosa yaitu dengan cara glukosa dipanaskan dengan reagen Benedict sehingga terjadi reduksi  $\text{Cu}^{2+}$  membentuk endapan merah bata yang dipengaruhi oleh banyaknya jumlah gula (Fessenden dan Fessenden, 1997).

Gula aldehida berkarbon enam (aldoheksosa) terdiri dari empat pusat asimetri. Ada 16 stereoisomer atau 8 pasang bayangan cermin, tapi yang muncul di alam hanya

tiga aldohexosa yaitu, D-manosa, D-glukosa, D-galaktosa (Gambar 2.1). D-Glukosa melimpah dalam tumbuhan dan hewan. Berdasarkan pada sumbernya, dapat dinamakan gula anggur, gula jagung, dan gula darah. Air seni mengandung sedikit D-glukosa, tetapi konsentrasinya sangat tinggi pada penderita Diabetes Mellitus. Larutan D-glukosa memutar cahaya terkutub bidang ke kanan, karena itu D-glukosa juga dikenal sebagai dekstrosa.



Gambar 2.1 Tiga jenis aldohexosa yang muncul di alam.



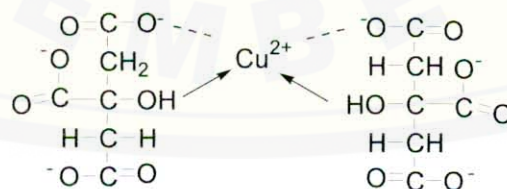
Gambar 2.2 Reaksi intramolekuler antara gugus aldehida dan hidroksil sebuah gula, dalam hal ini D-glukosa akan membentuk hemiasetal siklik.

Heksosa di alam terutama berada dalam bentuk tertutup (siklik) yang terbentuk dari rantai gula terbuka karena alkohol dari glukosa dapat beradisi dengan gugus karbonil dari aldehida atau keton untuk menghasilkan bentuk hemiasetal (Gambar 2.2) atau hemiketal, dan cincin beranggota lima atau enam lebih mantap dibandingkan cincin yang lebih kecil. Hal tersebut terjadi karena tidak terbentuk tolakan pada cincin lebih besar karena jarak bagian-bagian molekulnya terlalu jauh untuk saling bertubrukan (Wilbraham dan Matta, 1992).

### 2.3 Reagen Benedict

Reagen Benedict/kompleks tembaga sitrat (Gambar 2.3) dinamakan oleh ahli kimia Amerika, Stanley Rossiter Benedict (1884-1936) (Anonim, 2006a). Reagen Benedict (juga disebut larutan Benedict/uji Benedict) adalah reagen yang digunakan untuk menguji keberadaan gula pereduksi seperti glukosa atau lebih umumnya keberadaan aldehida dalam larutan. Uji Benedict tidak bisa digunakan untuk menguji keberadaan aldehida aromatik (Anonim, 2006b).

Reagen ini terdiri dari natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), natrium sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$ ) dan tembaga (II) sulfat.  $5\text{H}_2\text{O}$ . Ion  $\text{Cu}^{2+}$  berfungsi sebagai agen pengoksidasi dalam larutan alkali, ion sitrat berfungsi sebagai agen pengompleks untuk menjaga ion tembaga dalam larutan, tanpa ion sitrat, tembaga hidroksida akan mengendap. Ion sitrat tidak mampu mereduksi  $\text{Cu}^{2+}$  menjadi  $\text{Cu}^+$ , sehingga proses reduksi dilakukan oleh gula pereduksi (Keusch, 2003).



Gambar 2.3 Kompleks tembaga sitrat.



## 2.4 Nata de Coco

Nata adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal dari pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula. Nata yang dibuat dari air kelapa disebut nata de coco. Pembuatan nata de coco tidak sulit dan biaya yang dibutuhkan juga murah (Tarwiyah dan Kemal, 2001).

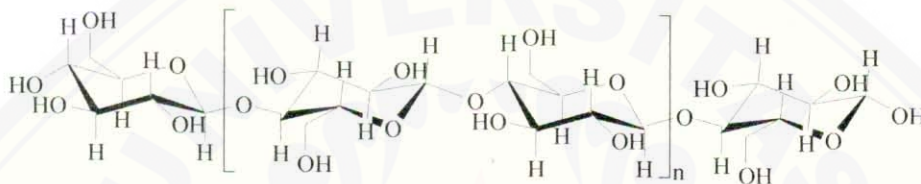
Nata de coco adalah hasil proses fermentasi air kelapa menggunakan *Acetobacter xylinum*. Kandungan utama air kelapa adalah karbohidrat termasuk di dalamnya gula sederhana glukosa, fruktosa, sukrosa maupun gula alkohol utamanya sorbitol (Piluharto, 2001). *Acetobacter xylinum* mampu mengubah gula alami yang terdapat dalam air kelapa atau yang sengaja ditambahkan ke dalam substrat menjadi selulosa berupa suatu lapisan menyerupai gel yang merupakan serat-serat bersama biomassa yang tumbuh pada permukaan kultur jaringan agak kenyal. Pada proses awal, bakteri mengeluarkan substansi yang berlendir kemudian terbentuk benang selulosa (Suranti, 1991).

Kandungan utama nata de coco adalah selulosa (Piluharto, 2001). Selulosa merupakan polimer alam yang melimpah di bumi yang dapat disintesis oleh *Acetobacter*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Sarcina* (Rezaee *et al.*, 2005). *Acetobacter xylinum* dikenal sebagai penghasil selulosa bakterial yang paling efisien. Selulosa bakterial telah banyak diaplikasikan antara lain digunakan dalam industri kertas, tekstil dan makanan serta kosmetik dan obat. Suhu optimum untuk pertumbuhan *Acetobacter xylinum* adalah 25-30°C dan pH optimumnya 5.4-6.2 (Kristinowicz *et al.*, 2005).

Keunggulan selulosa bakterial antara lain kemurniannya tinggi, derajat kristalinitas tinggi, kekuatan tarik tinggi, elatis dan terbiodegradasi (Kristinowicz *et al.*, 2005). Hal ini mendorong pada setiap orang untuk memanfaatkannya secara luas, tidak hanya terbatas pada pembuatan nata de coco sebagai bahan makanan tetapi juga untuk aplikasi lainnya, misal sebagai bahan pembuatan sensor (Tanabe *et al.*, 2001).

## 2.5 Selulosa

Selulosa adalah polisakarida yang tersusun atas satuan-satuan glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosida  $\beta$ -1,4 antar molekul glukosa penyusunnya (Fessenden, 1999). Berdasarkan struktur kimia, selulosa termasuk polimer alam paling sederhana yang tersusun atas satuan-satuan glukosa sebagai unit ulang yang tunggal dalam bentuk piranosa, yang terikat melalui ikatan glikosida (Saxena, 2001). Selulosa banyak ditemukan dalam komponen penyusun dinding sel semua jenis tanaman dengan rumus molekul  $(C_6H_5O_{10})_n$ . Struktur kimia selulosa (Cowd, 1991):



Gambar 2.6 Struktur kimia selulosa.

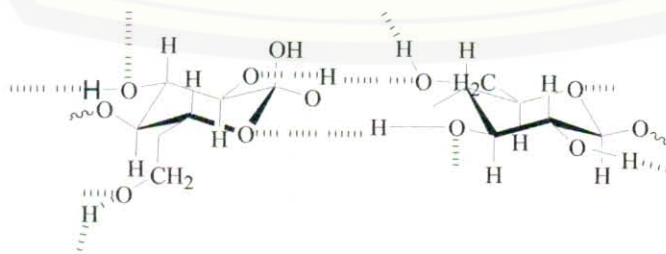
Gugus -OH bebas yang terdapat pada kedua ujung rantai polimer selulosa memiliki sifat atau perilaku yang berbeda. Gugus -OH yang terikat pada ujung atom  $C_1$  (Gambar 2.6) adalah gugus hidrat aldehida yang diturunkan dari pembentukan cincin melalui ikatan hemiasetal intramolekul. Hal ini menyebabkan gugus -OH tersebut memiliki sifat pereduksi. Gugus -OH yang terikat pada ujung atom  $C_4$  pada selulosa merupakan hidroksil alkoholat. Akibatnya gugus tersebut bersifat bukan pereduksi. Lebih lanjut dapat dinyatakan bahwa selulosa merupakan senyawa polialkohol karena setiap unit glukosa di dalam rantai molekulnya mengandung tiga gugus hidroksil (Binkley, 1988).

Model unit kristal selulosa terdiri dari selulosa I, selulosa II, selulosa III, dan selulosa IV. Selulosa I terbentuk dari rantai selulosa yang tersusun paralel memanjang. Selulosa ini terdapat dalam selulosa alam. Selulosa bakterial juga memiliki bentuk kristal selulosa I. Selulosa II terbentuk dari rantai selulosa yang tersusun secara anti paralel dengan ikatan hidrogen di dalamnya. Selulosa ini mempunyai ikatan hidrogen yang kuat (Malcolm, 1999). Selulosa I dapat diubah

menjadi selulosa II. Jika selulosa I dilarutkan dalam pelarut dan diendapkan kemudian dicuci dengan air maka selulosa ini akan mengkristal membentuk struktur selulosa II. Secara termodinamika, selulosa II lebih stabil dari selulosa I sehingga selulosa II tidak dapat diubah kembali menjadi selulosa I. Selulosa III dan selulosa IV adalah struktur selulosa hasil konversi selulosa I dan II pada suhu tinggi (Fengel dan Wegener, 1995).

Ikatan hidrogen di dalam selulosa terjadi secara intermolekuler maupun intramolekuler. Dalam hal ini pembentukan ikatan hidrogen melibatkan peranan gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul selulosa. Ikatan hidrogen intramolekul berlangsung pada gugus-gugus -OH yang terdapat pada suatu rantai molekul selulosa, sedangkan ikatan hidrogen intermolekul berlangsung pada gugus-gugus -OH dari satu rantai dengan gugus -OH dari rantai selulosa yang lain. Banyaknya gugus -OH yang membentuk ikatan hidrogen akan menentukan kekuatan dari struktur selulosa. Keberadaan gugus-gugus -OH tidak hanya menentukan struktur supramolekul selulosa tetapi juga menentukan sifat fisika dan kimia selulosa (Fengel dan Wegener, 1995).

Gugus-gugus hidroksil selulosa dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air. Ikatan ini mengakibatkan air terserap ke dalam struktur selulosa. Penyerapan air ini tergantung pada gugus-gugus hidroksil selulosa bebas. Keberadaan air dalam struktur selulosa menyebabkan pengembangan struktur selulosa (Fengel dan Wegener, 1995). Penyerapan air yang kuat mengakibatkan terisinya pori-pori dalam selulosa mulai dari pori-pori kecil sampai besar. Air dalam pori-pori kecil menyebabkan pengembangan struktur selulosa dan mempengaruhi sifat-sifatnya (Piluharto, 2001).



Gambar 2.7 Ikatan hidrogen yang terbentuk dalam struktur selulosa.

Selulosa dapat mengembang dalam pelarut maupun non pelarut. Tingkat pengembangan tergantung pada jenis pelarut dan sifat alamiah selulosa. Perubahan morfologi yang terjadi tergantung dari jenis pengembangannya. Pengembangan selulosa terdiri dari pengembangan interfibriler dan intrafibriler. Pengembangan interfibriler terjadi pada daerah mikrofibriler amorf. Pengembangan intrafibriler terjadi pada daerah kristalin (Fengel dan Wegener, 1995).

## 2.6 Teknik Imobilisasi

Teknik imobilisasi adalah suatu metode dimana material yang sesuai dilekatkan pada matriks pendukungnya. Ada 5 teknik yang digunakan: adsorpsi, entrapment, mikroenkapsulasi, cross-linking, ikatan kovalen.

### 2.6.1 Adsorpsi

Teknik imobilisasi adsorpsi ini sangat sederhana dengan persiapan yang sangat sederhana (Eggins, 1997). Interaksi yang terjadi antara reagen dengan membran sangat lemah. Interaksi itu berupa gaya Van der Waals atau ikatan ionik (Kunin, 1991). Zat yang mengadsorpsi disebut adsorben, sedangkan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat (Suwandari, 2004).

Proses adsorpsi secara umum dapat dibagi menjadi dua macam yaitu adsorpsi secara fisika (*physical adsorption: physiosorption*) dan kimia (*chemical adsorption: chemisorption*), dalam fisiosorpsi terjadi ikatan yang sangat lemah melalui gaya Van der Waals, dapat pula berupa ikatan hidrogen dan gaya elektrostatik antara reagen dengan matriks polimer. Kemosorpsi memiliki ikatan yang lebih kuat, umumnya reagen dengan matriks polimer terikat secara ikatan kovalen. Metode ini hanya sesuai untuk masa penyelidikan yang pendek (Eggins, 1997).

Energi yang dibutuhkan adsorpsi secara fisika kurang lebih 15-20 kkal/mol (63-84 kJ/mol), sedangkan untuk adsorpsi secara kimia dibutuhkan energi kurang lebih 20-30 kkal.mol (84-126 kJ/mol) (Parker, 1989). Adsorpsi fisika merupakan proses reversibel dan pada adsorpsi kimia terbentuk persenyawaan pada permukaan



namun hanya setebal satu molekul, sedang pada adsorpsi fisika dapat beberapa molekul (Handoko, 1996).

Ada tiga kemungkinan mengenai apa yang terjadi pada peristiwa adsorpsi larutan adsorben padat yaitu:

1. adsorpsi positif
2. adsorpsi negatif
3. adsorpsi yang tidak mengubah konsentrasi larutan

Adsorpsi positif adalah jika komponen zat terlarut yang teradsorpsi lebih banyak dibandingkan dengan komponen pelarut yang teradsorpsi. Adsorpsi negatif bila komponen pelarut relatif lebih banyak teradsorpsi daripada komponen zat terlarut yang terakhir, adsorpsi yang tidak mengubah konsentrasi larutan terjadi jika komponen zat terlarut dan komponen pelarut yang teradsorpsi oleh adsorben mempunyai perbandingan tertentu sehingga konsentrasi larutan tetap/konstan dari waktu ke waktu. Dari ketiga kemungkinan di atas, maka adsorpsi positif yang paling sering terjadi (Handoko, 1996).

Zat penyerap (adsorben) padat dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu polar dan nonpolar. Contoh adsorben polar adalah alumina, barium sulfat, kalsium karbonat, gelas, resin penukar ion, silika gel, titanium dioksida, pasir, dan beberapa oksida logam. Sedangkan contoh adsorben nonpolar adalah karbon hitam, grafit, resin organik dan plastik, parafin, bubuk, arang, dan beberapa sulfida logam.

Adsorpsi polar dan nonpolar lebih menyukai fase yang sejenis. Tingkat adsorptivitas adsorben polar lebih besar dibandingkan adsorben nonpolar, hal ini disebabkan oleh perbedaan potensial adsorpsi kedua adsorben tersebut. Potensial adsorpsi adsorben pada permukaan polar yang disebut hidrofilik sedangkan pada permukaan nonpolar air sulit untuk diadsorpsi yang disebut hidrofobik.

Permukaan adsorben yang terdiri dari molekul polar dan nonpolar akan menyerap larutan dimana fase polar akan terserap oleh molekul polar sedangkan fase nonpolar akan terserap oleh molekul nonpolar. Molekul sejenis itu disebut sebagai agen permukaan yang aktif.

Molekul nonpolar mempunyai rantai karbon alifatik, dimana sifat nonpolar akan meningkat dengan meningkatnya panjang rantai. Traube menyelidiki bahwa ketegangan permukaan akan menurun apabila panjang rantai meningkat setiap satu rantai hidrokarbon  $-CH_2-$ . Menurunnya ketegangan permukaan digunakan untuk mengukur secara kuantitas zat terlarut yang diadsorpsi.

Secara umum besar kecilnya peristiwa adsorpsi sangat dipengaruhi oleh jenis adsorben, jenis zat yang diadsorpsi, konsentrasi, luas permukaan, suhu dan tekanan. Untuk adsorben yang memiliki permukaan yang luas, maka adsorpsinya juga akan semakin besar. Sifat adsorpsi pada permukaan zat padat sangat aktif dan sangat selektif, artinya pada campuran zat hanya satu komponen yang diadsorpsi oleh zat padat tertentu. Makin besar konsentrasi, suhu, tekanan maka akan semakin besar pula adsorpsinya dan selanjutnya berhenti setelah seluruh bidang muka adsorben tertutup (Alloway, 1995).

### 2.6.2 Entrapment

Teknik imobilisasi dimana reagen dijerap dalam sebuah matriks polimer (Kuswandi, 2001). Pada metode ini reagen diperangkap di dalam sel-sel membran, sehingga proses preparasi membutuhkan teknik yang sangat spesifik. Membran yang paling sering digunakan adalah bentuk gel poliakrilamida, *starch* gel, nilon. Kelemahan dari teknik ini yaitu adanya hambatan difusi analit sehingga reaksi berjalan lambat dan berpengaruh pada waktu respon sensor dan juga menghambat aktivitas material karena adanya ikatan silang dengan polimernya (Eggins, 1997).

### 2.6.3 Mikroenkapsulasi

Mikroenkapsulasi adalah metode imobilisasi dimana reagen material diperangkap ke dalam membran inert yang selanjutnya dilekatkan pada transduser. Membran dapat melindungi reagen sehingga menghasilkan sensor yang tahan terhadap perubahan pH, temperatur, ionik strength, dan secara tidak langsung

membran memiliki ukuran pori-pori yang relatif kecil sehingga hanya dapat dilewati oleh molekul yang berukuran kecil gas dan ion.

Keuntungan metode ini adalah reagen yang terperangkap dalam membran berada dalam keadaan terkontak langsung dengan transduser, mudah dipreparasi, mudah dirawat, stabil dan tidak mudah terdegradasi sangat mudah dikembangkan. Beberapa jenis membran yang sering digunakan adalah selulosa asetat, polikarbonat, kolagen politetrafluoroetilen (teflon), nafion, dan poliuretan (Eggins, 1997).

#### **2.6.4 Cross-Linking**

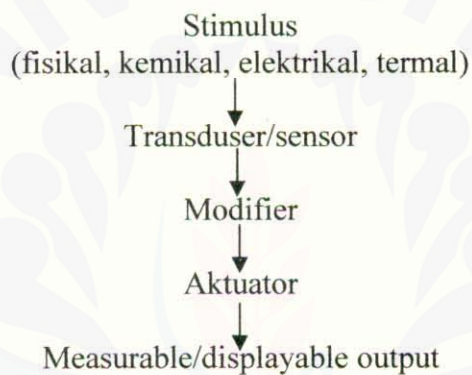
Reagen diikat secara kimia dengan membran/bahan pendukung padat lainnya. Senyawa dengan dua gugus fungsi (*bifunctional reagent*) dapat mengikat reagen dan membran atau bahan pendukung lainnya. Kekurangan dari teknik ini adanya kerusakan pada kespesifikasian reagen dan hasil ikatan merupakan senyawa yang sangat rigid (Eggins, 1997).

#### **2.6.5 Ikatan Kovalen**

Imobilisasi dimana terjadi ikatan antara gugus fungsi material pada matrik pendukungnya. Ini perlu suatu kondisi yang dapat dikontrol seperti pada temperatur rendah, memiliki kekuatan ionik yang kecil dan pH netral. Kelebihan dari teknik ini adalah ikatan yang terjadi sangat kuat sehingga tidak terjadi pelepasan material pada matriksnya (Eggins, 1997). Ikatan kovalen secara praktis adalah mengikat reagen dengan ikatan kovalen baik secara langsung dengan serat optik atau pada matriks pendukung padatan (Kuswandi, 2001).

## 2.7 Sensor Kimia

Sensor adalah alat yang mendeteksi perubahan stimulus dan merubahnya menjadi sinyal yang dapat diukur atau direkam. Sensor kimia adalah suatu alat yang merespon pada analit tertentu secara selektif melalui reaksi kimia yang dapat digunakan untuk penentuan analit secara kualitatif atau kuantitatif. Transduser (Bagan 2.1) adalah alat yang dapat mentransfer energi dari satu sistem ke sistem lain dalam bentuk yang sama atau berbeda, sedangkan aktuator adalah alat yang dapat memproduksi output yang dapat terukur dalam sistem pengukuran misalnya monitor pada komputer.



Bagan 2.1 Proses sensoran.

Sensor kimia ada bermacam-macam diantaranya sensor elektrokimia, sensor potensiometri, sensor optik dan biosensor. Respon yang diperoleh akan diterjemahkan dalam informasi secara elektrik atau sinyal optik. Sensor kimia tidak hanya digunakan untuk mendeteksi suatu analit tetapi juga untuk pengukuran beberapa parameter yang diperlukan dalam melakukan proses analisis, seperti limit deteksi, selektifitas, reproduibilitas, dan lain-lain (Kellner, 1998).

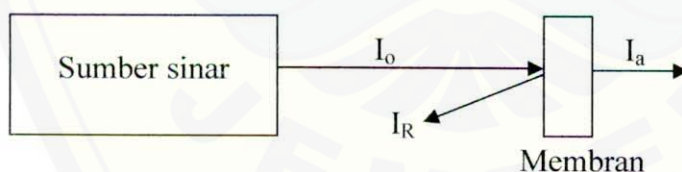
Mendeteksi analit berdasarkan interaksi analit dan reagen yang diimobilisasikan dengan serat optik salah satunya menggunakan teknik refleksi. Sifat absorpsi suatu materi yang tidak tembus cahaya tidak dapat diukur secara langsung dengan menggunakan spektrometer uv-vis, namun menggunakan teknik spektrometri refleksi. Teknik refleksi umumnya digunakan untuk cat, tekstil, plastik, tinta, dan

sebagainya yang tidak tembus cahaya. •Dari teknik ini dapat diperoleh informasi semikuantitatif tentang warna karakteristik sampel (Ingle *et al.*, 1988).

Refleksi terjadi ketika sinar membentur batas permukaan. Ada dua tipe reflektan yaitu tipe cermin (refleksi spekular) yang terjadi pada antarmuka dimana sudut datang sama dengan sudut yang direfleksikan. Tipe yang kedua adalah refleksi difusi, dimana sudut datang tidak sama dengan sudut yang direfleksikan. Kedua tipe ini saling melengkapi, tapi refleksi spekular dapat dihapuskan atau diminimumkan dengan preparasi sampel atau teknik optik yang tepat.

Teknik pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik refleksi dengan sistem refleksi difusi. Pada sistem refleksi difusi, dimana terjadinya peristiwa refleksi seperti gambar 2.8 berdasarkan interaksi antara sinar datang ( $I_o$ ) menumbuk suatu permukaan seperti membran yang tebal atau tidak tembus cahaya sehingga dihasilkan sinar yang dipantulkan kembali ( $I_R$ ) yang diikuti oleh sebagian sinar yang diabsorpsi ( $I_a$ ) dan dihamburkan dengan pergerakan sinar yang acak namun keduanya memiliki nilai yang kecil sehingga diabaikan, dan reflektan dapat dirumuskan dengan persamaan:

$$R = I_R/I_o \quad (2.1)$$



Gambar 2.8 Sistem Pengukuran Refleksi.

Refleksi dapat dinyatakan dengan sebagai suatu persen relatif (%R) terhadap refleksi dari suatu standard. Pada spektrometer USB2000 miniatur fiber optik (Ocean Optic Inc), persentase reflektansi dinyatakan dalam persamaan 2.2.

$$\%R_{\lambda} = \left( \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \right) \times 100\% \quad (2.2)$$

Di mana S adalah intensitas sampel pada  $\lambda$  tertentu, D adalah intensitas gelap pada  $\lambda$  tertentu, dan R adalah intensitas referens (blanko) pada  $\lambda$  tertentu (Ocean Optic Inc, 1999). Pada beberapa kasus nilai refleksi dapat dikonversikan menjadi suatu bentuk pendekatan nilai absorbansi atau transmitan: (Kuswandi, 2001)

$$\text{Absorbansi} = A_{\lambda} = \log \left[ \frac{1}{R} \right] \quad (2.3)$$

Di mana  $R = I_s/I_R$ , dan  $I_R$  adalah intensitas referens (blank) dan  $I_s$  adalah intensitas sampel (Forbes *et al.*, 1999). Nilai absorbansi pada spektrometer USB2000 dinyatakan:

$$A_{\lambda} = -\log_{10} \left( \frac{S_{\lambda} - D_{\lambda}}{R_{\lambda} - D_{\lambda}} \right) \quad (2.4)$$

## 2.8 Karakterisasi Sensor

Karakterisasi sensor dilakukan untuk mengetahui kemampuan suatu membran dan reagen sebagai sensor untuk mendeteksi analit. Karakterisasi sensor ini meliputi linier range, reproduibilitas, limit deteksi, dan sensitivitas.

### 2.8.1 Linier Range

Menurut Vaezi-Nejad (2000), daerah linier didefinisikan sebagai pendekatan antara kurva kalibrasi dengan garis lurus tertentu:

$$y = mx + c \quad (2.5)$$

Dimana, y = intensitas

m = slope

c = intersep

Menurut Skoog (1985), linier range merupakan daerah (range) konsentrasi analit tertentu pada grafik absorban terhadap konsentrasi yang memberikan respon linier dimana kenaikan absorban berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi.

### 2.8.2 Reprodusibilitas

Reprodusibilitas merupakan kemampuan sensor untuk menghasilkan kembali output pada temperatur ruang, kecuali bila ditentukan, ketika stimulus yang sama diterapkan pada kondisi dan arah yang sama (Vaezi-Nejad (Ed), 2000). Pengukuran yang dilakukan secara berulang dapat memperbaiki keseksamaan dan kecermatan, *random errors* yaitu kesalahan yang tidak disengaja dan kesalahan secara sistematis yang disebabkan oleh interferensi atau faktor lain (Morgan *et al.* dalam Roome, 1994). Diharapkan hasil pengukuran memberikan nilai 95 % setiap pendekatan untuk satu kali pengulangan atau lebih yang berbeda (Calcutt dan Boddy, 1983).

$$K_V = \left[ \frac{s_B}{\bar{x}} \right] \times 100\% \quad (2.6)$$

Dimana:  $s_B$  = standard deviasi

$\bar{x}$  = intensitas rata-rata

$K_V$  = koefisien variasi (RSD = *Relative Standard Deviasi*)

Hasil yang reproduibel disebut presisi yang bergantung pada konsentrasi analit, matrik sampel dan interferensi (pengganggu) (Basset *et al.*, 1994). Presisi dinyatakan sebagai koefisien variasi dari simpangan baku (persamaan 2.6).

### 2.8.3 Limit Deteksi

Limit Deteksi adalah konsentrasi terkecil yang memberikan sinyal pada sensor, dapat dirumuskan sebagai berikut: (Miller dan Miller, 1993)

$$Y_{LOD} = y_B - 3S_B \quad (2.7)$$

Dimana:  $Y_{LOD}$  = limit deteksi

$y_B = c$  = intersep kurva kalibrasi

$S_B = S_{y/x}$  = standard deviasi kurva kalibrasi

Untuk menghitung nilai  $S_B$ , digunakan rumus:

$$S_{y/x} = \left\{ \frac{\Sigma(y - \hat{y})}{n - 2} \right\}^{1/2} \quad (2.8)$$

Dimana:  $\hat{y}$  diperoleh dengan memasukkan harga  $x$  pada persamaan regresi.

#### 2.8.4 Sensitivitas

Sensitivitas merupakan rasio perubahan output sensor terhadap perubahan nilai stimulus (Vaezi-Nejad (Ed), 2000). Menurut IUPAC sensitivitas merupakan slope dari kurva kalibrasi pada konsentrasi tertentu (Skoog, 1985). Nilai sensitivitas tinggi berarti perubahan konsentrasi yang kecil dari analit dapat memberikan respon yang besar. Sensitivitas ( $m$ ) dapat diperoleh dari persamaan garis yang dapat dilihat pada persamaan 2.5.

Sensitivitas yang digunakan pada penelitian ini adalah sensitivitas kalibrasi. Pengukuran sensitivitas ini berdasarkan dari kurva kalibrasi yang dihasilkan dengan mengukur respon membran selulosa nata-Benedict pada setiap konsentrasi glukosa.



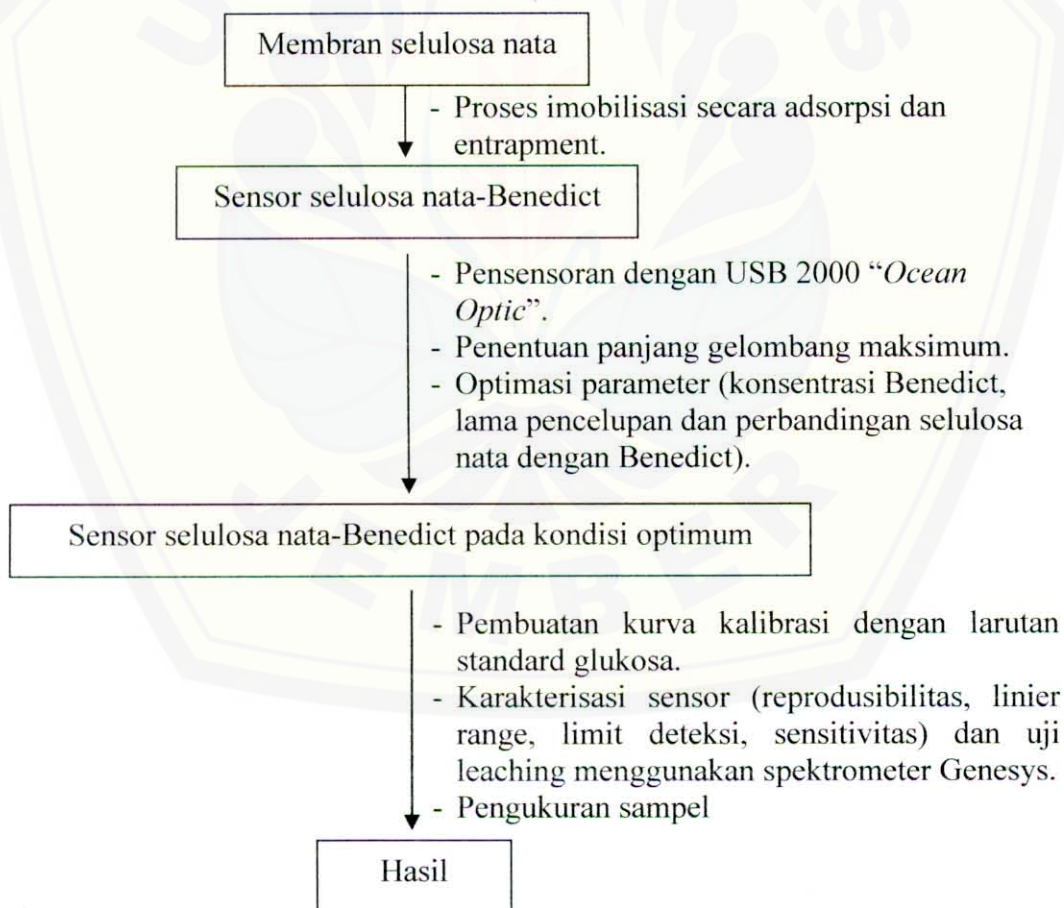


### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

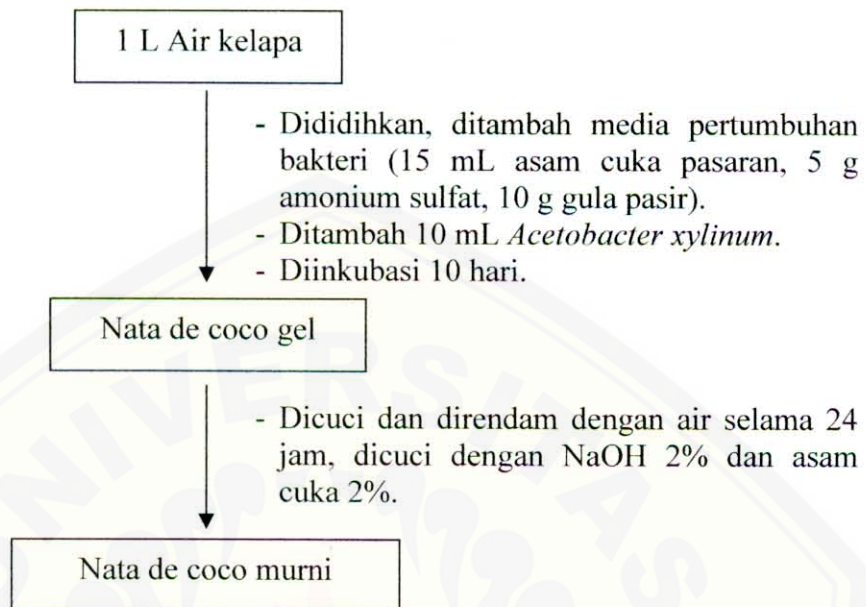
#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA dan Laboratorium *Chemo-Biosensor* Program Studi Farmasi, Universitas Jember, dimulai pada bulan November 2006 sampai Januari 2007.

#### 3.2 Diagram Alir Penelitian

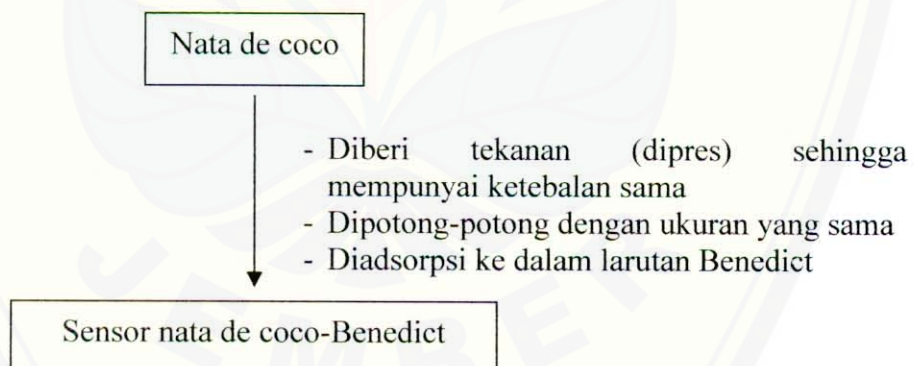


### 3.2.1 Diagram Alir Pembuatan Nata de Coco

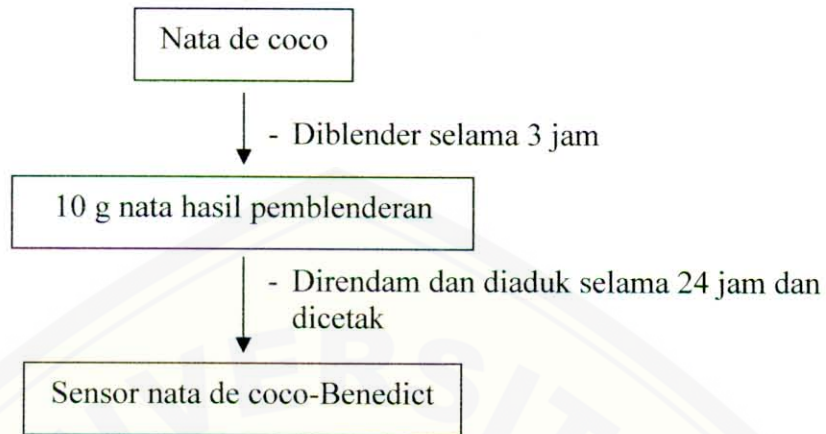


### 3.2.2 Diagram Alir Pembuatan Sensor

#### a. Metode Adsorpsi



## b. Metode Entrapment



## 3.3 Preparasi Alat dan Bahan

### 3.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain penyaring buchner, pompa vakum, beaker gelas, gelas ukur, pipet mohr, pipet volum, pipet tetes, labu ukur, labu erlenmeyer, gelas arloji, pengaduk, blender, nampan plastik, hot plate, stirer magnetik, mikrometer, stop watch, neraca analitik, oven, pH meter, spektrometer USB 2000 "Ocean Optic", spektrometer Genesys 5, dan kuvet.

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air kelapa, gula pasir, amonium sulfat  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  padat, bakteri *Acetobacter xylinum*, asam cuka pasaran, natrium hidroksida (NaOH) padat, kertas saring nilon, natrium karbonat  $(\text{Na}_2\text{CO}_3)$  padat, trinitrium sitrat dihidrat  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$  padat, tembaga (II) sulfat  $(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$  padat, glukosa  $(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$  padat, aquades.

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Preparasi Bahan

a. Preparasi Larutan / Reagen Benedict

Preparasi reagen Benedict dilakukan dengan cara melarutkan 50 g natrium sitrat dan 86,5 g natrium karbonat 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 (Bahar, 2002).

b. Preparasi Larutan Gula Induk 10.000 ppm

Larutan induk 10.000 ppm dibuat dengan melarutkan 5 g glukosa anhidrat dalam 0,5 L aquades dalam labu ukur 500 mL.

c. Preparasi Larutan Gula Standard

Preparasi larutan gula standard 5000, 4000, 3000, 2000, 1000 ppm dilakukan dengan pengenceran larutan glukosa standard 10.000 ppm.

d. Pembuatan dan Pemurnian Nata de Coco

Media fermentasi dalam pembuatan nata de coco terdiri dari air kelapa sebanyak 1 L dididihkan lalu ditambahkan 10 g gula pasir dan 5 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Setelah dingin, pH media diatur sehingga mencapai 4 dengan menambahkan asam cuka pasaran (Piluharto, 2003), kemudian ditambahkan *Acetobacter xylinum* dan difermentasi pada suhu ruang selama 10 hari (Widianto, 2003).

Bentuk nata de coco hasil fermentasi berupa gel selanjutnya dicuci dengan air mengalir selama 24 jam. Selanjutnya dicuci dengan NaOH 2% selama 1 jam pada suhu 80-90°C (Piluharto, 2003). Untuk menetralkan pH, nata de coco direndam dalam asam cuka 2% selama 1 jam dan terakhir dicuci kembali dengan air.

### 3.4.2 Preparasi Sensor Selulosa Nata-Benedict

#### a. Metode Adsorpsi

Nata de coco yang telah dimurnikan selanjutnya diberi tekanan sehingga mempunyai ketebalan yang sama dan dipotong-potong dengan ukuran 1x2 cm. Membran selulosa nata kemudian diadsorpsi ke dalam larutan Benedict dengan variasi konsentrasi Benedict. Konsentrasi Benedict yang digunakan antara lain:

- Larutan induk Benedict (konsentrasi 0,4470 M),
- Pengenceran 20 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,0894 M),
- Pengenceran 40 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,1788 M),
- Pengenceran 60 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,2682 M),
- Pengenceran 80 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,3576 M).

selulosa nata-Benedict selanjutnya dikeringkan pada suhu 50°C sampai molekul airnya hilang.

Kondisi optimum konsentrasi Benedict digunakan untuk mencari kondisi optimum parameter yang kedua. Parameter yang kedua menggunakan lama pencelupan 10, 20, 30, 40, 50 menit. Kondisi optimum kedua parameter digunakan untuk mengukur analit.

#### b. Metode Entrapment

Nata de coco murni yang masih basah didegradasi secara mekanik dengan blender selama 3 jam. Selulosa nata 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 seperti gambar 3.1 dan dikeringkan pada suhu 50°C. Parameter yang diamati adalah konsentrasi Benedict dan perbandingan massa nata dengan volume Benedict.

- Konsentrasi Benedict yang digunakan: •

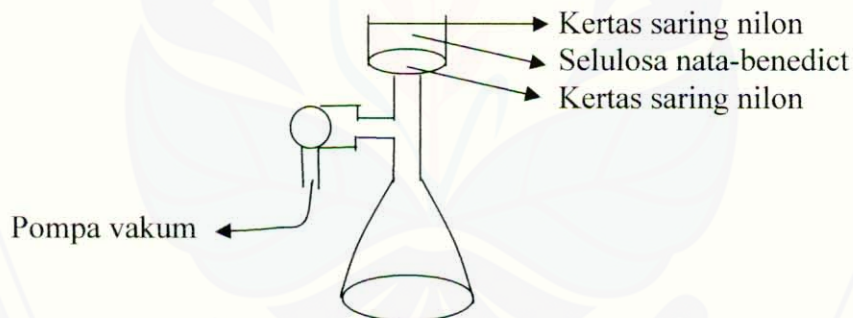
- Larutan induk Benedict (konsentrasi 0,4470 M),
- Pengenceran 20 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,0894 M),
- Pengenceran 40 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,1788 M),
- Pengenceran 60 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,2682 M),
- Pengenceran 80 mL menjadi 100 mL (konsentrasi Benedict 0,3576 M).

Konsentrasi Benedict dioptimasi sedangkan parameter lainnya dijaga konstan.

Hasil optimum konsentrasi Benedict digunakan untuk menentukan kondisi optimum parameter berikutnya (perbandingan massa selulosa nata dengan Benedict).

Tabel 3.1 Perbandingan nata dengan Benedict

	Perbandingan Nata dengan Benedict				
	1: 1	1: 2	1: 3	1: 4	1: 5
Massa selulosa nata	10 g	10 g	10 g	10 g	10 g
Volume Benedict	10 mL	20 mL	30 mL	40 mL	50 mL



Gambar 3.1 Sistem pencetakan selulosa nata-Benedict.

### 3.5 Uji Leaching Selulosa Nata-Benedict

Langkah awal adalah membuat kurva kalibrasi Benedict dari larutan induk dan dilakukan pengenceran sehingga absorbansi yang terukur dengan spektroskopi uv-visibel mendekati nol. Masing-masing membran dari kedua metode (adsorpsi dan entrapment) yang berukuran 1x2 cm direndam dalam 10 mL air selama 5 detik.

Kemudian sisa air rendaman diukur pada panjang gelombang maksimum Benedict, sisa air rendaman berfungsi sebagai jumlah Benedict yang leaching.

$$\%leaching = \frac{\text{Benedict yang leaching (g)}}{\text{Benedict yang berhasil terimobilisasi (g)}} \times 100\% \quad (3.1)$$

### 3.6 Pencelupan Sensor ke dalam Larutan Glukosa Standard

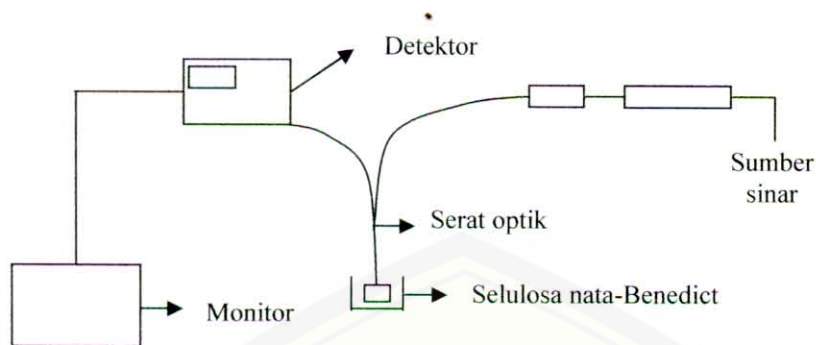
Membran selulosa nata-Benedict dalam kondisi optimum metode adsorpsi dan entrapment dicelupkan selama 5 detik ke dalam larutan glukosa standard kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 2 menit.

### 3.7 Optimasi Parameter Sensor Selulosa Nata-Benedict

#### 3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{maks}$ )

Penentuan panjang gelombang maksimum sensor ditentukan dengan mengukur intensitas selulosa nata-Benedict. Untuk penentuan panjang gelombang maksimum, sensor yang dibuat dari metode adsorpsi diperoleh dari sensor dengan salah satu konsentrasi Benedict dan lama pencelupan. Sedangkan  $\lambda_{maks}$  sensor yang dibuat dari metode entrapment diperoleh dengan salah satu konsentrasi Benedict dan perbandingan massa nata: volume Benedict. Panjang gelombang dengan intensitas tertinggi dipilih sebagai panjang gelombang maksimum sensor.

Penentuan panjang gelombang maksimum untuk pembuatan kurva kalibrasi sensor-glukosa sama dengan penentuan panjang gelombang maksimum sensor diatas. Intensitas selulosa nata-Benedict yang telah direaksikan dengan salah satu konsentrasi glukosa diukur menggunakan spektrometer USB 2000 "Ocean Optic" yang dihubungkan dengan serat optik. Proses pengukurannya dilakukan pada panjang gelombang 400-800 nm. Panjang gelombang yang mempunyai intensitas yang terbesar dipilih sebagai  $\lambda_{maks}$ . Prosedur pengukurannya seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Rancangan alat pengukuran selulosa nata-Benedict dengan glukosa.

### 3.7.2 Penentuan Konsentrasi Benedict Optimum Metode Adsorpsi dan Entrapment

Konsentrasi Benedict optimum akan ditentukan berdasarkan data *scanning* intensitas sensor selulosa nata-Benedict dengan variasi konsentrasi Benedict. Konsentrasi Benedict yang digunakan yaitu 0,4470; 0,0894; 0,1788; 0,2682 dan 0,3576 M. Pengukuran intensitas sensor selulosa nata-Benedict dilakukan pada panjang gelombang maksimum selulosa nata-Benedict menggunakan spektrometer USB 2000 *Ocean Optic*. Kondisi optimum ditandai dengan intensitas tertinggi dari sensor.

### 3.7.3 Penentuan Lama Pencelupan Optimum Metode Adsorpsi

Penentuan Lama pencelupan optimum ditentukan menggunakan konsentrasi Benedict yang telah optimum dan variasi lama pencelupan. Variasi lama pencelupan kedalam selulosa nata yang digunakan antara lain 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Pengukuran intensitas sensor selulosa nata-Benedict dilakukan pada panjang gelombang maksimum selulosa nata-Benedict menggunakan spektrometer USB 2000 *Ocean Optic*. Kondisi optimum ditandai dengan intensitas tertinggi dari sensor.



### 3.7.4 Penentuan Perbandingan Massa Selulosa Nata: Volume Benedict Optimum

#### Metode Entrapment

Penentuan perbandingan massa selulosa nata: volume Benedict optimum ditentukan menggunakan variasi konsentrasi Benedict yang telah optimum dan variasi perbandingan massa selulosa nata: volume Benedict. Variasi perbandingan massa selulosa nata: volume Benedict yang digunakan antara lain 1: 1, 1: 2, 1: 3, 1: 4, 1: 5. Pengukuran intensitas sensor selulosa nata-Benedict dilakukan pada panjang gelombang maksimum selulosa nata-Benedict menggunakan spektrometer USB 2000 *Ocean Optic*. Kondisi optimum ditandai dengan intensitas tertinggi dari sensor.

### 3.7.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pengukuran larutan standard glukosa terhadap sensor selulosa nata-Benedict dilakukan pada kondisi konsentrasi Benedict dan lama pencelupan optimum pada metode adsorpsi serta konsentrasi Benedict dan perbandingan volume nata: volume Benedict optimum pada metode entrapment. Pengukuran ini dilakukan pada panjang gelombang maksimum sensor yang telah direaksikan dengan glukosa. Variasi larutan glukosa standard yang digunakan mulai 0; 1000; 2000; 3000; 4000; dan 5000 ppm. Kurva kalibrasi dibuat dengan mengalurkan konsentrasi larutan glukosa standard terhadap sensor selulosa nata-Benedict sebagai sumbu x terhadap intensitas produk yang dihasilkan sebagai sumbu y.

### 3.8 Karakteristik Sensor Selulosa Nata-Benedict Secara Spektroskopi

#### 3.8.1 Daerah Linear (*Linear Range*)

Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh persamaan regresi, koefisien regresi menunjukkan banyaknya perubahan intensitas yang dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi analit dan sisanya merupakan faktor pengganggu.

#### 3.8.2 Limit Deteksi

Berdasarkan persamaan 2.5 akan diperoleh intersep kurva kalibrasi  $c$  ( $y_B$ ) kemudian dicari standard deviasi kurva kalibrasi (persamaan 2.8). Nilai  $S_B$  dan  $y_B$  dimasukkan ke persamaan 2.7 sehingga diperoleh nilai  $Y_{LOD}$ . Langkah terakhir adalah memasukkannya ke dalam persamaan  $x = \frac{c - Y_{LOD}}{m}$

Dimana:  $Y_{LOD}$  = intensitas LOD

$x$  = konsentrasi pada limit deteksi

$m$  = slope kurva kalibrasi

$c$  = intersep

Hasil perhitungan tersebut menentukan berapa limit deteksi pada daerah konsentrasi glukosa standard 0; 1000; 2000; 3000; 4000; dan 5000 ppm.

#### 3.8.3 Sensitivitas

Sensitivitas sensor selulosa nata-Benedict diperoleh dari slope grafik ( $m$ ) intensitas terhadap variasi konsentrasi glukosa. Semakin besar harga gradien grafik (persamaan 2.5) maka semakin baik sensitivitas sensor selulosa nata-Benedict.

#### 3.8.4 Reprodusibilitas

Reprodusibilitas membran selulosa nata-Benedict yang digunakan sebagai sensor optik untuk mendeteksi glukosa diperoleh dari rumus koefisien variasi ( $K_v$ ) seperti pada persamaan 2.6. Standard deviasi dari kurva kalibrasi dan intensitas rata-rata data kalibrasi digunakan untuk mengetahui koefisien variasi ( $K_v$ ). Semakin rendah harga koefisien variasi maka semakin baik reprodusibilitas yang diperoleh.

### 3.9 Pengukuran Sampel

Sampel urin diambil dari penderita Diabetes Mellitus di RS. Paru Jember. Sampel diukur kadar glukosanya dengan menggunakan sensor selulosa nata-Benedict yang telah optimum menggunakan dua metode (adsorpsi dan entrapment). Hasil pengukuran sampel urin dengan sensor dibandingkan dengan metode yang lebih akurat yaitu metode Nelson-Somogyi berdasarkan uji t. Dalam uji ini digunakan  $H_0$  (hipotesa 0) = tidak ada beda yang signifikan dan  $H_1$  (hipotesa 1) = ada perbedaan yang signifikan, agar dihasilkan sensor yang baik maka  $t$  hitung  $<$   $t$  tabel, artinya menerima  $H_0$  dan menolak  $H_1$ . Kadar glukosa sampel urin dibandingkan dengan data kadar gula dalam darah dari RS. Paru pada penderita yang sama dengan uji korelasi (Program *minitab*).

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

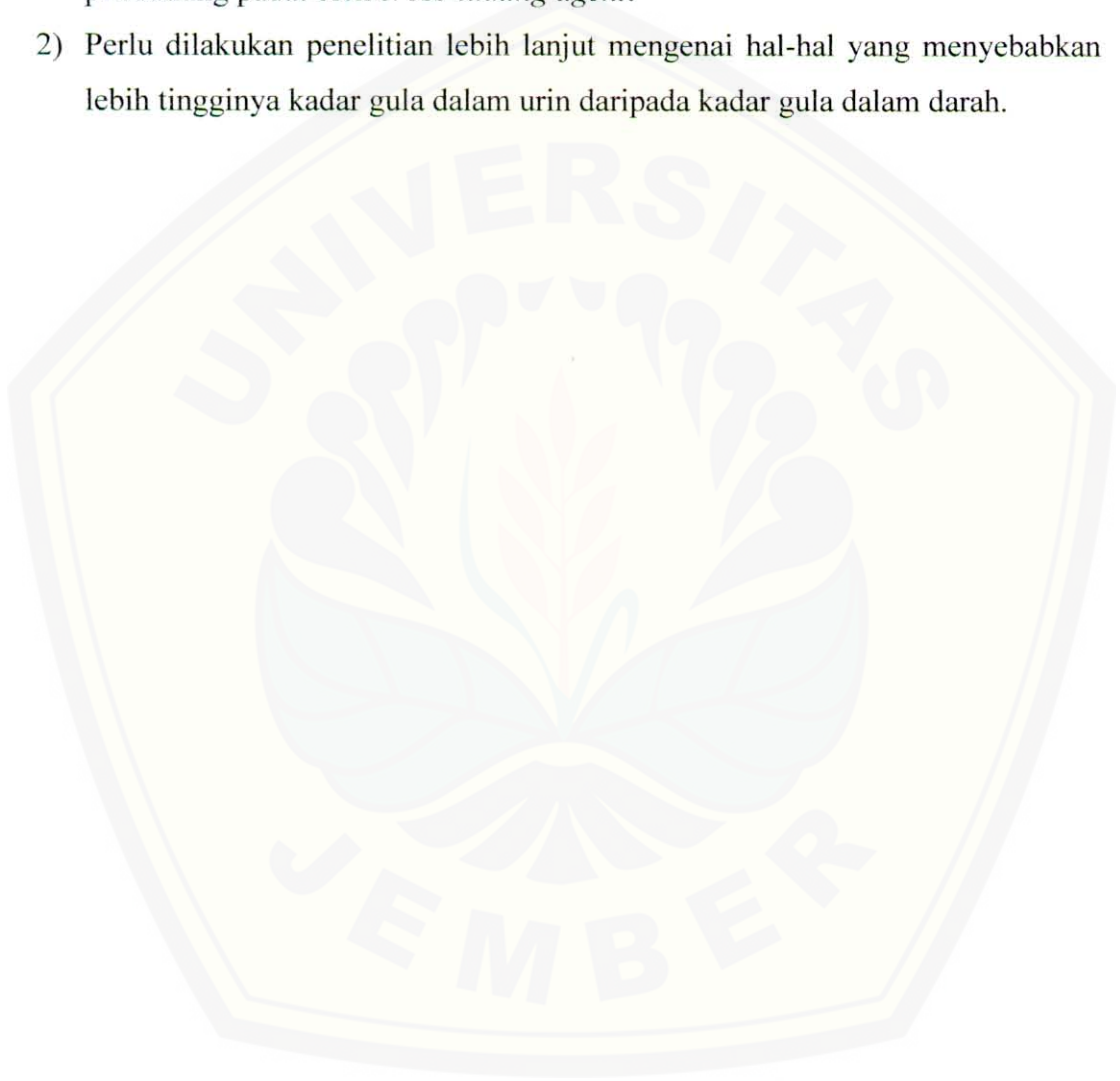
Dari penelitian yang dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Jumlah Benedict yang lepas (leaching) dengan lama pencelupan 5 detik pada metode entrapment (0,40%) lebih kecil daripada adsorpsi (14,7%).
- 2) Kondisi optimum metode adsorpsi: konsentrasi Benedict optimum 0,2682 M dan lama pencelupan optimum 40 menit pada panjang gelombang maksimum 541,57 nm. Kondisi optimum metode entrapment: konsentrasi Benedict optimum 0,447 M dan perbandingan massa selulosa nata dengan volume Benedict optimum 1: 3.
- 3) Hasil karakterisasi sensor selulosa nata-Benedict terhadap glukosa: koefisien regresi sebesar 0,9895, limit deteksi sebesar 780 ppm, sensitivitas sebesar 0,001, reproduibilitas sebesar 0,2013% pada metode adsorpsi. Pada metode entrapment koefisien regresinya 0,9795, limit deteksi sebesar 911,11 ppm, sensitivitas sebesar 0,0009, reproduibilitas sebesar 0,2295%.
- 4) Hasil pengukuran kadar gula sampel urin menggunakan sensor metode adsorpsi dan entrapment bersesuaian dengan data kadar gula menggunakan reagen Nelson tetapi berbeda signifikan dengan data kadar gula di darah. Metode pembuatan sensor selulosa nata-Benedict yang lebih akurat untuk penentuan kadar glukosa dalam urin adalah adsorpsi.



## 5.2 Saran

- 1) Penelitian ini dapat dikembangkan menggunakan teknik imobilisasi yang lain misalnya cross-linking agar meminimalkan jumlah Benedict yang leaching. Teknik ini meliputi proses pengikatan enzim secara kimia dengan bahan pendukung padat oleh *cross-linking agent*.
- 2) Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hal-hal yang menyebabkan lebih tingginya kadar gula dalam urin daripada kadar gula dalam darah.



DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B. J. 1995. *Heavy Metal in Soil*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York: Blackie Academic dan Profesional.
- Anonim. 2002. *Reducing Sugars by Nelson-Somogyi Precedure*. [www.megazyme.com](http://www.megazyme.com). [Juni 2002].
- Anonim. 2006a. *Benedict's Solution*. <http://www.answer.com>.
- Anonim. 2006b. *Reducing Sugar*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Reducing\\_Sugar](http://en.wikipedia.org/wiki/Reducing_Sugar).
- Anonim. 2007a. *Memantau Penyakit Lewat Urin*. <http://totalwellness.blogspot.com/2006/11/24/memantau-penyakit-lew>.
- Anonim. 2007b. *OOT: Tanaman Obat*. <http://www.K-Link.com>.
- Bahar, K. W. 2002. *Skripsi: Fabrikasi Sol gel Benedict Sebagai Sensor Kimia untuk Deteksi Kadar Gula dalam Urin*. Jember: FMIPA Univ. Jember.
- Basset, J. R. C. Denney G. H. Jeffery dan J. Mendham. 1994. *Buku Ajar Vogel: Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Edisi 4. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka (Ed) dan L. Setiono dari *Vogel's Textbook of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis* (1991). Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Binkley, R. W. 1988. *Modern Carbohydrate Chemistry*. New York: Marcell Dekker, Inc.
- Campaigne, E. 1962. *Elementary Organic Chemistry*. New Jersey Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Caulcutt, R. dan R. Boddy. 1995. *Statistics for Analytical Chemist*. London: Chapman and Hall.
- Cowd, M. A. 1991. *Kimia Polimer*. Terjemahan Hari Firman dari *Polimer Chemistry*. Bandung: ITB.

- Eggins, B. R. 1997. *Biosensor: An Introduction*. New York: John Wiley and Sons.
- Fengel, D. dan G. Wegener. 1995. *Kayu-Kimia, Ultrastruktur Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gajahmada University Press.
- Fessenden, Ralph J. dan Joan S. Fessenden. 1997. *Dasar-dasar Kimia Organik*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Fessenden. 1999. *Kimia Organik*. Jilid 2. Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Forbes, R. A., Mc Garver, B. M., Smith, D. R. 1999. Measurement of Residual Isopropylalcohol in Loracarbef By Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 71: 1232-1239.
- Handoko, D. S. P. 1996. *Mempelajari Secara Kuantitatif Sifat Karbon Aktif sebagai Adsorben*. Dalam Makalah Seminar Hasil Penelitian. Jember: Fakultas Ilmu Pendidikan Fisika Univ. Jember.
- Handerson, A. Richard. 1993. *The Mechanism of Reactions Transition Metal Sites*. New York: Oxford University Press.
- Hernawati, S. 2005. *Diktat Fakultas Kedokteran Gigi: Diabetes Mellitus*. Jember: Fakultas Kedokteran Gigi Univ. Jember.
- Ingle Jr., James D. dan Stanley R. Crouch. 1988. *Spectrochemical Analysis*. United States of America: Prentice-Hall International, Inc.
- Kellner, R. J. M. Marmet dan M. Otto (Ed). 1998. *Analytical chemistry*. Weinheim: Wiley – VCH.
- Keusch, P. 2003. *Fehling's Test: Objectives: Test for Reducing Sugar, Keto-Enol-Tautomerism, Copper-Tartrate-Complex*. <http://sm7.sitemeter.com/stats.asp?site=sm7keusch>. [7 Mei 2003].
- Koch, Bernd. 2004. The Role of Urine Glucose Testing in the Management of Diabetes Mellitus. *Canadian Journal of Diabetes*. 28 (1): 238-245.
- Koolman, J. & Rohm, K. H. 2001. *Atlas Berwarna dan Teks Biokimia*. Terjemahan Dr. Rer. physol dan dr. Septelia Inawati Wanandi. Jakarta: Penerbit Hipokrates.

- Kristinowicz *et al.* 2005. Molecular Basis of Cellulose Biosynthesis Disappearance in Submerged Culture of *Acetobacter xylinum*. *Jurnal Acta Biochimica Polonica*. Vol. 52. No. 3/2005: 691-698.
- Kunin, R. 1991. *Ion Exchanger*. New York: Walter de Gruyter Berlin.
- Kuswandi, B. 2001. *Sensor Kimia Serat Optik: Konsep, Desain dan Instrumentasi*. Jember: Univ. Jember.
- Thomas, L. 1984. *Labor und Diagnose: Medizinische Verlagsgesellschaft Marburg/Lahn*.
- Malcolm, B. R. 1999. Cellulose Structure and Biosynthesis. *Journal Macromolecul: Pure Application Science*. Great Britain. Vol. 71 : 767-775.
- Mayfield, J. 1998. Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus: New Criteria. *Journal American Family Physician*. Vol. 58. No. 6. Indiana University: Bowen Research Center. <http://www.aafp.com>.
- Miller, J. C. dan J. N. Miller. 1993. *Statistics for Analytical Chemistry*. England: Ellis Horward, PTR, Prentice Hall.
- Morgan, R. W. McClean dan J. Rosell. 1985. *Interfacing Your BBC Microcomputer*. Prentice-Hall International (UK) Limited. In Kathleen A. Roome (1994). *The Design and Construction of Humidistat*. Manchester: Departement of Instrumentation and Analytical Science University of Manchester Institute of Science and Technology Manchester m 60 IQD.
- Murray, R. K dkk. 1999. *Biokimia Harper: Harper's Biochemistry*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Parker, S. P. 1989. *Consice Encyclopedia of Science and Technology*. 2<sup>nd</sup> Edition.
- Piluharto, B. 2001. *Tesis: Studi Awal Penggunaan Nata de Coco sebagai Membran Ultrafiltrasi*. Bandung: ITB.
- Piluharto, B. 2003. Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata de Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 4. No. 1: 52-57.
- Rezaee *at al.* 2005. Role Plasmid in Production of *Acetobacter xylinum* Biofilms. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*. Vol. 3: 121-125.



- Saxena, I. M., Dandekar, T., dan Brown, R. M. 2001. *Mechanism in Cellulose Biosynthesis*. [http://esf.edu/ec/conferences/cell\\_pdf/saxena.pdf](http://esf.edu/ec/conferences/cell_pdf/saxena.pdf).
- Skoog, D. A. 1985. *Principles of Instrumental Analysis*, third Edition. New York: Saunders College Publishing.
- Solomons, G. T. W. 1994. *Fundamentals of Organic Chemistry*, fourth Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc
- Suranti. 1990. *Usaha Mempertinggi Hasil Nata de Coco dengan Penambahan Kecambah Kedelai*. Laporan Penelitian. Jember: Pusat Penelitian UNEJ.
- Suwandari, N. W. 2004. *Skripsi: Studi Fabrikasi Biosensor Optik Berbasis Immobilisasi Asetilkolinesterase untuk Pendeteksian Pestisida Golongan Organofosfat dan Karbamat*. Jember: FMIPA Univ. Jember.
- Syarifuddin, N. 1994. *Ikatan Kimia*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tanabe *et al.* 2001. Immobilized fluorescent Cyclodextrin on a Cellulose Membrane as a Chemosensor for Molecule Detection. *Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 73: 3126-3130.
- Tarwiyah dan Kemal. 2001. *Pengolahan Pangan*. Jakarta: Kantor Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Vaezi-Nejad, S. M (Ed). 2000. *Selected Topics in Advanced Solid State and Fibre Optic Sensors*. London: The Institution of Electrical Engineers.
- Widianto, T. 2003. *Skripsi: Studi Karakteristik Campuran (Poliblend) Selulosa Bakterial Nata de Coco/Poli Vinil Alkohol (PVA)*. Jember: FMIPA Univ. Jember.
- Wilbraham, Antony C. dan Michael S. Matta. 1992. *Pengantar Kimia Organik dan Hayati*. Bandung: ITB.

Lampiran A. Uji Leaching Sensor Selulosa Nata-Benedict

**KURVA KALIBRASI UJI LEACHING**

Konsentrasi Benedict awal:

Massa  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 17,3 \text{ g}$ , BM = 105,99 g/mol

Massa  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = 1,73 \text{ g}$ , BM = 249,68 g/mol

Massa  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 10 \text{ g}$ , BM = 294,10 g/mol

Massa total penyusun Benedict = 29,03, BM total = 649,77 g/mol

Konsentrasi awal Benedict =  $\frac{\text{massa total penyusun Benedict}}{\text{BM total}}$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Benedict} &= \frac{29,03 \text{ g}}{649,77 \text{ g/mol}} = 0,044677347 \frac{\text{mol}}{100 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{L} \\ &= 0,447 \text{ M} \end{aligned}$$

[Benedict]	Absorban			Rata-rata
	U1	U2	U3	
$0,224 \times 10^{-3}$	0,001	0,001	0,001	0,001
$0,447 \times 10^{-3}$	0,002	0,001	0,001	0,001
$0,671 \times 10^{-3}$	0,004	0,004	0,004	0,004
$0,894 \times 10^{-3}$	0,006	0,005	0,005	0,005
$1,118 \times 10^{-3}$	0,007	0,007	0,007	0,007
$1,341 \times 10^{-3}$	0,008	0,008	0,009	0,008
$1,565 \times 10^{-3}$	0,009	0,009	0,009	0,009
$1,788 \times 10^{-3}$	0,010	0,010	0,001	0,007
$2,012 \times 10^{-3}$	0,013	0,013	0,013	0,013
$2,235 \times 10^{-3}$	0,014	0,014	0,014	0,014
$2,459 \times 10^{-3}$	0,015	0,016	0,016	0,016
$2,682 \times 10^{-3}$	0,017	0,015	0,016	0,016
$2,906 \times 10^{-3}$	0,018	0,018	0,017	0,018
$3,129 \times 10^{-3}$	0,019	0,019	0,019	0,019
$3,353 \times 10^{-3}$	0,021	0,021	0,023	0,022
$3,576 \times 10^{-3}$	0,024	0,024	0,024	0,024
$3,800 \times 10^{-3}$	0,030	0,033	0,031	0,031
$4,023 \times 10^{-3}$	0,035	0,035	0,036	0,035
$4,247 \times 10^{-3}$	0,036	0,036	0,039	0,037
$4,470 \times 10^{-3}$	0,039	0,039	0,040	0,039
$2,235 \times 10^{-2}$	0,181	0,181	0,181	0,181
$0,447 \times 10^{-1}$	0,346	0,347	0,346	0,346
$0,671 \times 10^{-1}$	0,524	0,526	0,526	0,525
$0,894 \times 10^{-1}$	0,696	0,696	0,696	0,696
$1,175 \times 10^{-2}$	0,864	0,864	0,864	0,864
$1,341 \times 10^{-1}$	0,951	0,948	0,949	0,949
$1,565 \times 10^{-1}$	1,215	1,210	1,210	1,212
$1,788 \times 10^{-1}$	1,260	1,264	1,263	1,262

### UJI LEACHING ADSORPSI

Sisa yang tidak teradsorpsi diambil 2 mL kemudian diencerkan 5x menjadi 10 mL dan diukur absorbannya, absorbansi larutan Benedict yang tidak ikut teradsorpsi dalam selulosa nata:

0,652; 0,650; 0,649 maka rata-ratanya 0,650

$$y = 7,4019x + 0,0021$$

$$0,650 = 7,4019x + 0,0021$$

$$x = 0,0875 \text{ (setelah pengenceran 5x)}$$

Konsentrasi Benedict sebelum pengenceran:  $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$$2 \text{ mL} \times M_1 = 10 \text{ mL} \times 0,0875 \text{ M}, M_1 = 0,4375 \text{ M}$$

Konsentrasi Benedict yang tidak teradsorpsi = 0,4375 M

$$[\text{Benedict}] \text{ awal} = 0,4470 \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 4,47 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$4,47 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 649,77 \text{ gmol}^{-1} = 2,90 \text{ g}$$

$$[\text{Benedict}] \text{ yang tidak teradsorpsi} = 0,4375 \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 4,375 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$4,375 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 649,77 \text{ gmol}^{-1} = 2,843 \text{ g}$$

Benedict yang teradsorpsi dalam selulosa nata = massa Benedict awal – massa Benedict yang tidak teradsorpsi

$$2,90 \text{ g} - 2,843 \text{ g} = 5,70 \times 10^{-2} \text{ g}$$

Tabel B. Absorban Nata Dengan Benedict Yang Dichelupkan Dalam Air Metode Adsorpsi

Lama Pencelupan dalam Air	ABSORBAN			RATA-RATA
	I	II	III	
5 detik	0,0110	0,0120	0,0120	0,0117

Rata-rata absorban dari masing-masing pencelupan sebagai y dalam kurva kalibrasi,

$y = 7,4019x + 0,0021$  sehingga diperoleh nilai x:

$$x_1 = 1,2970 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Jadi Benedict yang leaching dalam sebuah sensor =  $1,2970 \times 10^{-3} \text{ M}$

$$1,2970 \times 10^{-3} \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 1,2970 \times 10^{-5} \text{ mol} \times 649,77 \text{ gmol}^{-1} = 8,4275 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\% \text{leaching} = \frac{\text{Benedict yang leaching (g)}}{\text{Benedict yang berhasil teradsorpsi (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{8,4275 \times 10^{-3} \text{ g}}{5,70 \times 10^{-2} \text{ g}} \times 100\% = 14,7\%$$

### UJI LEACHING ENTRAPMENT

Sisa yang tidak terentrapment diambil 2 mL kemudian diencerkan 5x menjadi 10 mL dan diukur absorbannya, absorbansi larutan Benedict yang tidak ikut terentrapment dalam selulosa nata:

0,487; 0,479; 0,487 maka rata-ratanya 0,4843

$$y = 7,4019x + 0,0021$$

$$0,4843 = 7,4019x + 0,0021$$

$$x = 0,0650 \text{ (setelah pengenceran 5x)}$$

Konsentrasi Benedict sebelum pengenceran:  $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

$$2 \text{ mL} \times M_1 = 10 \text{ mL} \times 0,0650 \text{ M}, M_1 = 0,3250 \text{ M}$$

Konsentrasi Benedict yang tidak terentrapment = 0,3250 M

$$[\text{Benedict}] \text{ awal} = 0,4470 \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 4,47 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$4,47 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 649,77 \text{ g mol}^{-1} = 2,90 \text{ g}$$

$$[\text{Benedict}] \text{ yang tidak terentrapment} = 0,3250 \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 3,25 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$3,25 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 649,77 \text{ g mol}^{-1} = 2,11 \text{ g}$$

Benedict yang terentrapment dalam selulosa nata = massa Benedict awal – massa Benedict yang tidak terentrapment

$$2,90 \text{ g} - 2,11 \text{ g} = 0,79 \text{ g}$$

Tabel C. Absorban Nata Dengan Benedict Yang Dichelupkan Dalam Air Metode Entrapment

Lama Pencelupan dalam Air	ABSORBAN			RATA-RATA
	I	II	III	
5 detik	0,0050	0,0060	0,0060	$5,6670 \times 10^{-3}$

Rata-rata absorban dari masing-masing pencelupan sebagai y dalam kurva kalibrasi,

$y = 7,4019x + 0,0021$ , sehingga diperoleh nilai x:

$$x_1 = 4,8190 \times 10^{-4} \text{ M}$$

Jadi Benedict yang leaching dalam sebuah sensor =  $4,8190 \times 10^{-4} \text{ M}$

$$4,8190 \times 10^{-4} \text{ molL}^{-1} \times 0,01 \text{ L} = 4,819 \times 10^{-6} \text{ mol} \times 649,77 \text{ g mol}^{-1} = 3,131 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\% \text{leaching} = \frac{\text{Benedict yang leaching (g)}}{\text{Benedict yang berhasil terentrapment (g)}} \times 100\%$$

$$= \frac{3,131 \times 10^{-3} \text{ g}}{0,79 \text{ g}} \times 100\% = 0,40\%$$

Lampiran B. Data Intensitas Panjang Gelombang•Maksimum Selulosa-Benedict Adsorpsi dan Entrapment

$\lambda$	Intensitas Selulosa-Benedict			
	U1	U2	U3	rata-rata
400,21	108,80	108,80	108,70	108,77
410,13	109,00	109,00	109,00	109,00
420,02	109,40	109,30	109,30	109,33
430,22	109,60	109,40	109,40	109,47
440,05	110,00	109,80	109,90	109,90
450,19	110,90	110,50	110,60	110,67
460,30	112,00	111,40	111,80	111,73
470,04	113,30	112,50	113,00	112,93
480,08	114,80	113,80	114,40	114,33
490,09	116,40	115,10	115,90	115,80
500,07	117,90	116,10	117,20	117,07
510,01	119,20	117,00	118,30	118,17
520,24	120,30	117,50	119,10	118,97
530,10	121,20	117,90	119,70	119,60
540,26	121,70	117,90	119,90	119,83
541,24	121,70	117,90	119,90	119,83
541,57	121,70	117,90	120,00	119,87*
541,89	121,70	117,80	119,90	119,80
550,05	121,60	117,40	119,60	119,53
560,12	121,40	116,90	119,10	119,13
570,15	121,20	116,50	118,60	118,77
580,14	120,70	115,80	117,90	118,13
590,09	119,80	115,10	116,80	117,23
600,30	118,80	114,30	115,80	116,30
610,16	117,80	113,60	114,80	115,40
620,28	116,90	113,00	114,10	114,67
630,04	116,20	112,60	113,50	114,10
640,07	115,50	112,10	113,00	113,53
650,04	114,80	111,80	112,50	113,03
660,28	114,30	111,40	112,10	112,60
670,14	113,70	111,00	111,60	112,10
680,26	113,00	110,60	111,10	111,57
690,02	112,10	110,10	110,50	110,90
700,03	111,20	109,70	109,90	110,27
710,27	110,40	109,10	109,30	109,60
720,16	109,80	108,90	109,10	109,27
730,28	109,30	108,60	108,70	108,87
740,03	108,80	108,40	108,40	108,53
780,14	108,40	108,20	108,40	108,33
790,13	108,40	108,20	108,40	108,33
800,05	108,30	108,20	108,40	108,30

Lampiran C. Data Intensitas Optimasi Konsentrasi Benedict Secara Adsorpsi pada  $\lambda$  maks 541,57 nm

$\lambda$	Rata-rata Intensitas Variasi konsentrasi Benedict Metode Adsorpsi				
	0,0894 M	0,1788 M	0,2682 M	0,3576 M	0,4470 M
400,21	114,77	115,20	116,30	115,57	115,47
410,13	114,83	115,30	116,40	115,67	115,57
420,02	115,00	115,50	116,65	115,91	115,83
430,22	115,03	115,50	116,70	115,93	115,97
440,05	115,20	115,73	116,95	116,28	116,27
450,19	115,57	116,13	117,45	116,83	116,87
460,30	116,07	116,73	118,15	117,53	117,63
470,04	116,63	117,40	118,90	118,34	118,47
480,08	117,33	118,20	119,85	119,36	119,53
490,09	118,03	119,03	120,75	120,41	120,57
500,07	118,60	119,70	121,55	121,30	121,40
510,01	119,17	120,27	122,15	122,01	122,17
520,24	119,53	120,73	122,60	122,60	122,67
530,10	119,93	121,13	122,90	123,04	123,13
537,97	120,10	121,30	123,00	123,19	123,30
538,30	120,10	121,33	123,00	123,23*	123,30
541,57	120,13*	121,37*	123,05*	123,22	123,30*
550,05	120,03	121,17	122,75	122,91	123,00
560,12	120,03	121,03	122,45	122,74	122,70
570,15	120,03	120,93	122,30	122,53	122,47
580,14	119,97	120,63	121,95	122,18	122,07
590,09	119,77	120,17	121,45	121,59	121,43
600,30	119,53	119,77	121,10	121,00	120,83
610,16	119,20	119,27	120,65	120,44	120,23
620,28	119,17	118,90	120,35	120,00	119,70
630,04	118,97	118,63	120,00	119,60	119,33
640,07	118,80	118,33	119,70	119,19	118,90
650,04	118,63	118,07	119,40	118,89	118,60
660,28	118,37	117,73	119,05	118,53	118,23
670,14	118,07	117,43	118,75	118,20	117,97
680,26	117,63	117,10	118,40	117,76	117,53
690,02	117,03	116,60	117,80	117,26	117,03
700,03	116,40	116,17	117,30	116,76	116,60
710,57	115,73	115,77	116,80	116,20	116,07
720,16	115,33	115,57	116,55	115,96	115,80
730,28	114,97	115,27	116,20	115,61	115,43
740,03	114,63	115,07	115,95	115,36	115,13
750,02	114,60	114,97	115,90	115,30	115,13
760,23	114,57	114,90	115,90	115,22	115,10
790,13	114,50	114,77	115,95	115,18	115,03
800,05	114,43	114,73	115,85	115,09	115,03

Lampiran D. Data Intensitas Optimasi Lama Pecetupan Secara Adsorpsi pada  $\lambda$  maks 541,57 nm

Rata-rata Intensitas pada Berbagai Variasi Lama Pencelupan					
$\lambda$	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit	50 menit
400,21	116,03	116,20	116,57	116,77	117,07
410,13	116,13	116,33	116,73	116,97	117,20
420,02	116,40	116,57	116,97	117,27	117,47
430,22	116,53	116,63	117,13	117,40	117,53
440,05	116,87	117,07	117,47	117,80	118,00
450,19	117,40	117,70	118,13	118,50	118,67
460,30	118,27	118,57	118,97	119,43	119,57
470,04	119,27	119,57	119,93	120,50	120,63
480,08	120,57	120,80	121,17	121,83	121,90
490,09	121,80	122,07	122,37	123,17	123,23
500,07	122,93	123,23	123,43	124,30	124,37
510,01	123,93	124,20	124,40	125,40	125,27
520,24	124,80	124,97	125,17	126,07	125,90
530,10	125,53	125,60	125,83	126,63	126,47
537,31	125,73	125,80	126,07	126,83	126,60
537,64	125,80	125,87	126,10	126,90	126,63
540,91	125,87	125,87	126,13	126,87	126,60
541,24	125,87	125,90	126,20	126,90*	126,63
541,57	125,90*	125,90*	126,20*	126,87	126,63*
541,89	125,87	125,87	126,13	126,87	126,60
542,22	125,87	125,83	126,13	126,83	126,53
550,05	125,70	125,67	126,03	126,60	126,30
560,12	125,53	125,33	125,83	126,20	125,90
570,15	125,27	124,97	125,60	125,77	125,53
580,14	124,77	124,40	125,10	125,17	124,93
590,09	124,00	123,60	124,40	124,30	124,10
600,30	123,23	122,77	123,60	123,43	123,27
610,16	122,40	121,93	122,80	122,57	122,40
620,28	121,80	121,33	122,10	121,90	121,77
630,04	121,23	120,80	121,57	121,30	121,17
640,07	120,70	120,33	121,03	120,73	120,60
650,04	120,23	119,90	120,60	120,27	120,23
660,28	119,87	119,47	120,20	119,87	119,87
670,14	119,47	119,13	119,80	119,50	119,50
680,26	118,97	118,73	119,37	119,00	119,17
690,02	118,33	118,13	118,77	118,47	118,60
700,03	117,67	117,57	118,20	117,90	118,10
780,14	115,87	115,90	116,30	116,40	116,67
790,13	115,87	115,90	116,30	116,37	116,67
800,05	115,80	115,87	116,17	116,33	116,60

Lampiran E. Data Optimasi Konsentrasi Benedict Metode Entrapment pada  $\lambda$  maks 541,57 nm

$\lambda$	0,0894 M	0,1788 M	0,2682 M	0,3576 M	0,4470 M
400,21	110,70	110,73	110,97	111,07	110,80
410,13	111,10	111,03	111,37	111,47	111,23
420,02	111,50	111,47	111,83	112,03	111,90
430,22	112,10	112,07	112,50	112,77	112,77
440,05	112,87	112,83	113,33	113,73	113,73
450,19	113,83	113,83	114,33	114,90	115,03
460,30	114,90	114,83	115,37	116,13	116,37
470,04	115,83	115,77	116,37	117,27	117,50
480,08	116,80	116,73	117,33	118,33	118,67
490,09	117,63	117,60	118,17	119,27	119,67
500,07	118,63	118,60	119,20	120,30	120,67
510,01	119,43	119,40	119,97	121,03	121,47
520,24	119,97	119,90	120,50	121,43	121,87
530,10	120,47	120,47	121,00	121,80	122,20
540,26	120,97	121,07	121,50	122,10	122,47
541,57	121,07	121,10	121,53	122,17	122,53*
543,20	121,10	121,17	121,60	122,20*	122,53
548,74	121,30	121,40	121,77*	122,20	122,50
553,30	121,30	121,47*	121,77	122,10	122,43
553,95	121,37*	121,47	121,77	122,10	122,43
560,12	121,23	121,40	121,63	121,87	122,10
570,15	121,03	121,20	121,40	121,40	121,57
580,14	120,63	120,83	121,03	120,77	120,83
590,09	120,53	120,73	120,80	120,37	120,37
600,30	120,33	120,57	120,53	119,97	119,90
610,16	120,00	120,23	120,20	119,43	119,37
620,28	119,67	119,83	119,83	119,00	118,90
630,04	119,23	119,47	119,43	118,47	118,37
640,07	118,70	119,03	118,90	117,97	117,87
650,04	117,90	118,13	118,10	117,17	117,00
660,28	116,60	116,87	116,77	115,97	115,73
670,14	115,30	115,60	115,47	114,73	114,53
680,26	113,97	114,20	114,13	113,53	113,23
690,02	113,00	113,27	113,20	112,73	112,43
700,03	112,13	112,37	112,30	112,00	111,57
760,23	110,60	110,60	110,67	110,50	110,20
770,08	110,50	110,47	110,53	110,47	110,10
780,14	110,30	110,30	110,30	110,30	109,90
790,13	109,90	109,93	109,93	109,93	109,80
800,05	109,73	109,77	109,77	109,77	109,67



Lampiran F. Data Intensitas Optimasi Perbandingan Massa Selulosa: Volume Benedict Metode Entrapment pada  $\lambda$  maks 541,57 nm

$\lambda$	1:01	1:02	1:03	1:04	1:05
400,21	105,20	105,43	105,33	106,27	105,90
410,13	105,27	105,53	105,43	106,40	106,03
420,02	105,47	105,80	105,77	106,70	106,33
430,22	105,83	106,30	106,43	107,20	106,93
440,05	106,30	106,93	107,13	107,87	107,53
450,19	106,97	107,70	108,10	108,67	108,33
460,30	107,73	108,57	109,10	109,57	109,23
470,04	108,47	109,43	110,10	110,43	110,20
480,08	109,17	110,20	111,07	111,23	111,03
490,09	109,90	110,93	111,93	112,03	111,87
500,07	110,70	111,73	112,80	112,90	112,73
510,01	111,37	112,40	113,50	113,57	113,47
520,24	111,87	112,87	114,00	114,03	114,00
530,10	112,20	113,10	114,30	114,30	114,33
540,26	112,67	113,50	114,70	114,63	114,70
541,57	112,67	113,53	114,73	114,67	114,77
547,11	112,83	113,63	114,80	114,77	114,87*
548,09	112,83	113,63	114,80	114,80*	114,87
549,72	112,87	113,63	114,90*	114,80	114,87
551,35	112,93	113,70*	114,90	114,80	114,87
554,93	112,97*	113,60	114,83	114,77	114,87
560,12	112,87	113,53	114,73	114,63	114,70
570,15	112,63	113,13	114,30	114,27	114,33
580,14	112,27	112,67	113,77	113,73	113,90
590,09	112,00	112,30	113,33	113,43	113,57
600,30	111,80	112,10	113,03	113,13	113,33
610,16	111,43	111,60	112,53	112,67	112,87
620,28	111,10	111,23	112,07	112,30	112,50
630,04	110,73	110,87	111,67	111,93	112,17
640,07	110,37	110,43	111,23	111,53	111,70
650,04	109,87	109,97	110,67	111,03	111,07
660,28	109,07	109,07	109,63	110,17	110,17
670,14	108,17	108,23	108,60	109,23	109,10
680,26	107,37	107,47	107,67	108,40	108,23
750,02	105,13	105,23	104,97	106,03	105,73
760,23	105,03	105,07	104,90	105,90	105,60
770,08	105,03	105,03	104,90	105,87	105,60
780,14	104,87	104,90	104,77	105,73	105,43
790,13	104,80	104,77	104,67	105,63	105,33
800,05	104,63	104,63	104,50	105,47	105,20

Lampiran G. Data Hubungan Parameter Metode Adsorpsi dan Entrapment dengan Intensitas pada Intensitas Tertinggi

Adsorpsi	
[Benedict] (M)	Intensitas
0,0894	120,13
0,1788	121,37
0,2682	123,05
0,3576	123,23
0,4470	123,30

Entrapment	
[Benedict] (M)	Intensitas
0,0894	121,37
0,1788	121,47
0,2682	121,77
0,3576	122,20
0,4470	122,53

Adsorpsi	
Lama pencelupan (menit)	Intensitas
10	125,90
20	125,90
30	126,20
40	126,90
50	126,63

Entrapment	
massa nata: volume	
Benedict	Intensitas
1: 1	112,97
1: 2	113,70
1: 3	114,90
1: 4	114,80
1: 5	114,87

Lampiran H. Data Intensitas Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Sensor-Glukosa Metode Adsorpsi dan Entrapment

Intensitas Sensor dengan Glukosa				
$\lambda$	U 1	U2	U3	Rata-rata
400,21	100,20	100,40	100,00	100,20
410,13	100,30	100,40	100,10	100,27
420,02	100,40	100,50	100,20	100,37
430,22	100,20	100,20	100,00	100,13
440,05	100,20	100,30	100,10	100,20
450,19	100,40	100,40	100,30	100,37
460,30	100,60	100,70	100,50	100,60
470,04	100,90	100,90	100,80	100,87
480,08	101,30	101,30	101,20	101,27
490,09	101,70	101,60	101,60	101,63
500,07	102,10	101,90	101,90	101,97
510,01	102,50	102,30	102,20	102,33
520,24	102,90	102,70	102,40	102,67
530,10	103,40	103,30	103,00	103,23
540,26	103,80	103,80	103,40	103,67
550,05	104,10	104,20	103,60	103,97
560,12	104,30	104,80	103,90	104,33
570,15	104,70	105,60	104,20	104,83
580,14	104,80	106,20	104,50	105,17
590,09	104,70	106,60	104,50	105,27
600,30	104,60	107,00	104,60	105,40
610,16	104,40	107,20	104,40	105,33
620,28	104,30	107,60	104,40	105,43
625,64	104,30	107,90	104,40	105,53*
630,04	104,20	107,90	104,30	105,47
640,07	104,00	107,80	104,10	105,30
650,35	103,80	107,70	103,90	105,13
660,28	103,70	107,40	103,70	104,93
670,14	103,40	106,90	103,40	104,57
680,26	103,10	106,20	103,00	104,10
690,02	102,50	105,00	102,40	103,30
700,03	101,90	103,90	101,80	102,53
710,27	101,30	102,80	101,10	101,73
720,16	101,00	102,10	100,80	101,30
730,28	100,60	101,30	100,30	100,73
740,03	100,30	100,80	100,00	100,37
750,02	100,20	100,50	99,80	100,17
770,08	100,20	100,40	99,90	100,17
780,14	100,10	100,20	99,80	100,03
790,13	100,10	100,20	99,80	100,03
800,05	100,10	100,10	99,70	99,97

Lampiran I. Data Kalibrasi Sensor Terhadap Glukosa Standard pada  $\lambda = 529,78 \text{ nm}$

Metode Adsorpsi

[Glukosa] (ppm)	Intensitas			Rata-rata	STDEV
	U1	U2	U3		
0	132,50	131,50	131,50	131,83	0,5774
1000	130,30	130,60	130,30	130,40	0,1732
2000	130,00	128,80	129,90	129,57	0,6658
3000	127,80	128,70	130,00	128,83	1,1060
4000	127,30	127,60	127,10	127,33	0,2517
5000	126,00	127,40	126,30	126,57	0,7371

Metode Entrapment

[Glukosa] (ppm)	Intensitas			Rata-rata	STDEV
	U1	U2	U3		
0	131,90	130,80	132,20	131,63	0,7371
1000	130,30	130,60	130,30	130,40	0,1732
2000	130,00	128,80	129,90	129,57	0,6658
3000	128,80	128,70	128,70	128,73	0,0577
4000	128,00	127,40	127,30	127,57	0,3786
5000	127,30	127,60	127,10	127,33	0,2517

Lampiran J. Perhitungan Limit Deteksi Metode Adsorpsi  
Diketahui data yang diperoleh dari penelitian:

Perhitungan Limit Deteksi

x (ppm)	y	$\hat{y}$	$ y - \hat{y} $	$ y - \hat{y} ^2$
0	131,83	131,68	0,1500	0,0225
1000	131,40	130,68	0,2800	0,0784
2000	129,57	129,68	0,1100	0,0121
3000	128,83	128,68	0,1500	0,0225
4000	127,33	127,68	0,3500	0,1225
5000	126,57	126,68	0,1100	0,0121
$\bar{y} = 129,09$				$\sum  y - \hat{y} ^2 = 0,2701$

dimana x = [glukosa] standard

y = intensitas glukosa standard

$\hat{y}$  diperoleh dengan memasukkan harga x ke persamaan regresi

$$S_B = S_{y/x} = \left\{ \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 2} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{0,2701}{6 - 2} \right\}^{1/2} = 0,2599$$

$Y_B$  = intersep kurva kalibrasi = c = 131,68 dimana persamaan kurva kalibrasi:  
 $y = -0,001x + 131,68$

$$Y_{LOD} = Y_B - 3S_B$$

$$131,68 - (3 \times 0,2599) = 130,90$$

$Y_{LOD}$  dimasukkan ke kurva kalibrasi sehingga diperoleh persamaan dalam menentukan limit deteksi (LOD)

$$c = mx + Y_{LOD}$$

$$x = \frac{c - Y_{LOD}}{m}$$

$$x = \frac{131,68 - 130,90}{0,001} = 780$$

y = intensitas

x = konsentrasi pada limit deteksi

m = slope kurva kalibrasi

c = intersep

Jadi limit deteksi pada daerah konsentrasi 0-5000 ppm adalah 780 ppm.

Lampiran K. Perhitungan Limit Deteksi Metode Entrapment

Diketahui data yang diperoleh dari penelitian:

Data Perhitungan Limit Deteksi

x	y	$\hat{y}$	$ y - \hat{y} $	$ y - \hat{y} ^2$
0	131,63	131,41	0,2200	0,0484
1000	131,40	130,51	0,1100	0,0121
2000	129,57	129,61	0,0400	0,0016
3000	128,73	128,71	0,0200	0,0004
4000	127,57	127,81	0,2400	0,0576
5000	127,33	126,91	0,4200	0,1764
$\bar{y} = 129,20$				$\sum  y - \hat{y} ^2 = 0,2965$

$$S_B = S_{y/x} \left\{ \frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 2} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{0,2965}{6 - 2} \right\}^{1/2} = 0,2723$$

$Y_B$  = intersep kurva kalibrasi =  $c = 131,41$  dimana persamaan kurva kalibrasi:

$$y = -0,0009x + 131,41$$

$$Y_{LOD} = Y_B - 3S_B$$

$$131,41 - (3 \times 0,2723) = 130,59$$

$Y_{LOD}$  dimasukkan kekurva kalibrasi sehingga diperoleh persamaan dalam menentukan limit deteksi (LOD)

$$c = mx + Y_{LOD}$$

$$x = \frac{c - Y_{LOD}}{m}$$

$$x = \frac{131,41 - 130,59}{0,0009} = 911,11$$

y = intensitas

x = konsentrasi pada limit deteksi

m = slope kurva kalibrasi

c = intersep

Jadi limit deteksi pada daerah konsentrasi 0-5000 ppm adalah 911,11 ppm.

Lampiran L. Perhitungan Reprodusibilitas Metode Adsorpsi dan Entrapment

$S_B$  = Standard deviasi kurva kalibrasi

$$S_B = 0,2599$$

$X$  = Intensitas rata-rata

$$X = 129,09$$

$$K_V = \left[ \frac{S_B}{x} \right] \times 100\% = \frac{0,2604}{129,088} \times 100\% = 0,2017\%$$

Jadi reprodusibilitas dengan menggunakan metode adsorpsi adalah 0,2013%

$S_B$  = Standard deviasi kurva kalibrasi

$$S_B = 0,2723$$

$X$  = Intensitas rata-rata

$$X = 129,20$$

$$K_V = \left[ \frac{S_B}{x} \right] \times 100\% = \frac{0,2965}{129,20} \times 100\% = 0,2295\%$$

Jadi reprodusibilitas dengan menggunakan metode entrapment adalah 0,2295%

Lampiran M. Data Penghitungan Uji t Sampel Urin dengan Metode Nelson, Adsorpsi, Entrapment serta Uji Korelasi Metode Nelson dengan Sampel Darah

Perbandingan Kadar Gula Penderita Diabetes Mellitus (ppm)

Adsorpsi	Entrapment	Nelson	Darah
4964,29	4881,07	5060,36	3240,00
4892,86	4484,29	4967,50	2710,00
4857,14	4444,29	4952,14	2600,00
4750,00	4325,36	4921,07	2420,00
4571,43	4087,14	4364,64	2030,00

### Pengujian Uji t Metode Adsorpsi

Two-sample T for nelson vs adsorpsi

	N	Mean	StDev
Nelson	5	4853	278
Adsorpsi	5	4807	153

Difference =  $\mu$  nelson -  $\mu$  adsorpsi

Estimate for difference: 46

95% CI for difference: (-281; 373)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 0,32 P-Value = 0,754 DF = 8

Both use Pooled StDev = 224

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Dimana  $\mu_1$  = Rata-rata sampel dengan adsorpsi dan  $\mu_2$  = Rata-rata sampel dengan Nelson

db = 8, selang kepercayaan 95% dengan t tabel pada  $\alpha_{0,025} = 2,306$

Nilai t hitung < t tabel:  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa pengukuran kadar glukosa menggunakan sensor selulosa nata-Benedict bersesuaian dengan hasil pengukuran menggunakan reagen Nelson.



### Pengujian Uji t Metode Entrapment

Two-sample T for nelson vs entrapment

	N	Mean	StDev
Nelson	5	4853	278
Entrapment	5	4444	289

Difference = mu nelson - mu entrapment

Estimate for difference: 409

95% CI for difference: (-5; 822)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 2,28 P-Value = 0,052 DF = 8

Both use Pooled StDev = 284

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$

Dimana  $\mu_1$  = Rata-rata sampel dengan adsorpsi dan  $\mu_2$  = Rata-rata sampel dengan Nelson

db = 8, selang kepercayaan 95% dengan t tabel pada  $\alpha_{0,025} = 2,306$

Nilai t hitung < t tabel:  $H_0$  diterima, yang menunjukkan bahwa pengukuran kadar glukosa menggunakan sensor selulosa nata-Benedict bersesuaian dengan hasil pengukuran menggunakan reagen Nelson.

### Uji Korelasi Pengukuran Glukosa Metode Nelson dan Sampel Darah

Correlations: Nelson, Darah

Pearson correlation of Nelson and Darah = 0.838 dengan  $\alpha = 0,05$

P-Value = 0.076

$H_0$  = tidak ada korelasi antara Nelson dan darah

$H_1$  = ada korelasi antara Nelson dan darah

P-Value >  $\alpha$  maka kesimpulannya  $H_0$  diterima (tidak ada korelasi antara Nelson dan darah).

Lampiran N. Scanning Panjang Gelombang dan Kurva Kalibrasi Menggunakan Reagen Nelson

$\lambda$	Absorban	$\lambda$	Absorban
400	1,185	630	0,322
410	0,876	640	0,344
420	0,641	650	0,369
430	0,484	660	0,394
440	0,363	670	0,422
450	0,261	680	0,455
460	0,189	690	0,483
470	0,147	700	0,524
480	0,121	710	0,551
490	0,104	720	0,578
500	0,110	730	0,594
510	0,109	740	0,608
520	0,121	750	0,616
530	0,135	752	0,625
540	0,149	754	0,629*
550	0,167	756	0,628
560	0,188	758	0,626
570	0,210	760	0,613
580	0,231	770	0,603
590	0,254	780	0,591
600	0,275	790	0,571
610	0,290	800	0,555
620	0,305		

Absorban Glukosa Standard Menggunakan Reagen Nelson

[Glukosa]/ppm	Absorban			Rata-rata
	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	
0	0,110	0,115	0,117	0,114
4	0,242	0,244	0,244	0,243
8	0,335	0,340	0,343	0,339
12	0,383	0,382	0,382	0,382
16	0,452	0,452	0,452	0,452
20	0,628	0,629	0,624	0,627

