



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

DIAGNOSA DIABETES MELLITUS MELALUI PENENTUAN KADAR ASETONNDALAM AIR LIUR DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS

SKRIPSI



**TIARA MARSAINY
06135026**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2010**

SKRIPSI

**DIAGNOSA *DIABETES MELLITUS* MELALUI PENENTUAN KADAR
ASETON DALAM AIR LIUR DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS**

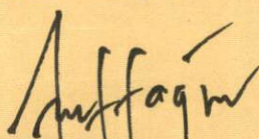
yang disusun oleh:

Tiara Marsainv
06135026

telah dipertahankan di depan dewan penguji
pada tanggal 31 Agustus 2010
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

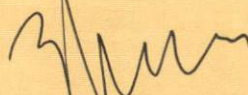
Susunan Tim Penguji:

Pembimbing Utama



Afdhal Muttaqin H.S, M.Si
NIP. 197704292005011002

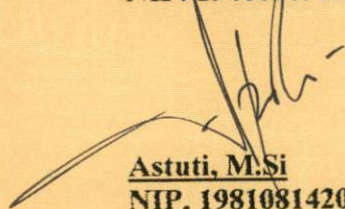
Anggota Tim Penguji Lain



Arif Budiman, M.Si
NIP. 197311141999031004

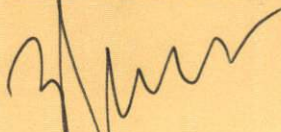


Drs. Aswir, M.Si
NIP. 194609091973031001



Astuti, M.Si
NIP. 198108142005011002

Padang, September 2010
Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Andalas



Arif Budiman, M.Si
NIP. 197311141999031004

DIAGNOSA DIABETES MELLITUS MELALUI PENENTUAN KADAR ASETON DALAM AIR LIUR DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk menganalisa hubungan antara kadar aseton dalam air liur dengan kadar gula darah. Sampel diambil dari lima orang dengan kadar gula darah normal di dua waktu, dua jam setelah makan dan setelah puasa selama dua belas jam serta dari lima orang pasien Diabetes Mellitus di RSUP Dr. M. Djamil Padang juga setelah puasa selama dua belas jam. Semua sampel dispektroskopi dengan spektrofotometer UV-Vis menggunakan lampu xenon sebagai sumber cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi tinggi antara kadar aseton dalam air liur dengan kadar gula darah dengan koefisien korelasi sebesar 0.993.

Kata kunci: Spektroskopi UV-Vis, spektrofotometer UV-Vis, Hukum Beer-Lambert

DIABETES MELLITUS DIAGNOSE WITH SALIVARY ACETONE LEVEL DETERMINATION USING UV-VIS SPECTROSCOPY

Abstract

The research for analyzing the relationship between salivary acetone level and blood sugar level has been carried out. The samples were taken from five people with normal blood sugar level twice in different time, two hours after meal and after twelve hours fasting. Samples were also taken from five diabetic mellitus patients in RSUP Dr. M. Djamil Padang after twelve hours fasting. All of these samples were spectroscoped using UV-Vis spectrophotometer with xenon spectrum lamp as the light source. The result shows that there is a good correlation between saivary acetone level and blood sugar level. It's correlation coefficient is 0.993.

Keywords: UV-Vis spectroscopy, UV-Vis spectrophotometer, The Beer-Lambert Law

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena tidak lepas dari segala rahmat dan bantuanNya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **DIAGNOSA *DIABETES MELLITUS* MELALUI PENENTUAN KADAR ASETON DALAM AIR LIUR DENGAN SPEKTROSKOPI UV-VIS**. Shalawat dan salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah SAW, keluarganya, sahabat-sahabatnya, dan semoga juga tercurah pada kita semua.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Program Studi Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas. Melalui tulisan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, dan adik-adik yang selalu memberi dukungan penuh kepada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.
2. Bapak Afdhal Muttaqin H.S, M.Si sebagai Pembimbing Akademis serta Pembimbing Tugas Akhir yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir.

3. Bapak Arif Budiman, M.Si (juga selaku Ketua Jurusan Fisika), Bapak Drs. Aswir, M.Si dan Ibu Astuti, M.Si sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan saran-saran sehingga pengerjaan penelitian dan penulisan skripsi penulis menjadi lebih baik.
4. Semua dosen di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas yang secara tidak langsung memberi motivasi kepada penulis untuk terus semangat mencari ilmu.
5. Pihak RSUP Dr. M. Djamil Padang yang telah memberi izin dan bantuan kepada penulis dalam proses pengambilan sampel.
6. Sahabat-sahabat penulis (Rizka, Pipi, Mufti, Adi, Rico, Andi, Denny, dan Firman) yang telah menemani dan memberikan bantuan kepada penulis sejak awal kuliah sampai sekarang.
7. Semua pihak yang telah membantu perjuangan penulis selama menjalankan kuliah di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilanjutkan bagi perkembangan ilmu pengetahuan ke depan dan juga bagi masyarakat.

Padang, September 2010

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Gelombang Elektromagnetik.....	5
2.1.2 Interaksi Molekul dengan Cahaya dan Sinar Ultraviolet	7
2.1.3 Kadar Aseton dalam Air Liur sebagai Diagnosa <i>Diabetes Mellitus</i>	14

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	17
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	17
3.3 Tata Laksana Penelitian	
3.3.1. Pengambilan Sampel	21
3.3.2. Pengambilan Data	22
3.3.3. Pengolahan Data.....	22

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Spektroskopi Cahaya dari Sumber	
Tanpa Melewati Sampel.....	24
4.2 Spektroskopi Cahaya dari Sumber dengan Melewati Sampel	
Air Liur 5 Orang dengan Kadar Gula Darah Normal.....	26
4.3 Spektroskopi Cahaya dari Sumber dengan Melewati Sampel	
Air Liur 5 Orang Penderita <i>Diabetes Mellitus</i>	30

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34

DAFTAR KEPUSTAKAAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spektrum gelombang elektromagnetik.....	5
Gambar 2.2. Orbital molekul ikatan σ dan anti-ikatan σ	8
Gambar 2.3. Orbital molekul ikatan π dan anti-ikatan π yang berinteraksi secara <i>end-on</i>	9
Gambar 2.4. Orbital molekul ikatan π dan anti-ikatan π yang berinteraksi secara paralel	9
Gambar 2.5. Tingkat energi orbital molekul	10
Gambar 2.6. Transisi elektron dalam orbital molekul.....	10
Gambar 2.7. Bentuk molekul aseton	14
Gambar 3.1. Spektrofotometer UV-Vis	17
Gambar 3.2. Kisi difraksi	18
Gambar 3.3. <i>Science Workshop 750 Interface</i>	18
Gambar 3.4. Lampu Xenon	18
Gambar 3.5. Kuvet	19
Gambar 3.6. <i>Glucosemeter</i> merk Nasco.....	19
Gambar 3.7. <i>Test strip</i>	20
Gambar 3.8. <i>Sterille lancet</i>	20
Gambar 3.9. <i>Lancing device</i>	20
Gambar 3.10. <i>Alcohol swab</i>	20
Gambar 4.1. Hasil spektroskopi cahaya dari lampu xenon tanpa melewati sampel	22

Gambar 4.2. Eksitasi elektron tidak terikat ke orbital anti-ikatan π	28
Gambar 4.3. Grafik hubungan antara konsentrasi aseton dalam air liur dengan kadar gula darah.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Intensitas cahaya dan konsentrasi aseton rata-rata dari lima sampel pertama.....	26
Tabel 4.2. Intensitas cahaya dan konsentrasi aseton rata-rata dari lima sampel kedua	29
Tabel 4.3. Intensitas cahaya dan konsentrasi aseton rata-rata dari lima sampel pasien <i>Diabetes mellitus</i>	31

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel A₁
- Lampiran 2.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel B₁
- Lampiran 3.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel C₁
- Lampiran 4.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel D₁
- Lampiran 5.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel E₁
- Lampiran 6.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel A₂
- Lampiran 7.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel B₂
- Lampiran 8.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel C₂
- Lampiran 9.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel D₂
- Lampiran 10.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel E₂
- Lampiran 11.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel F
- Lampiran 12.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel G
- Lampiran 13.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel H
- Lampiran 14.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel I
- Lampiran 15.* Data hasil pengukuran intensitas cahaya dan perhitungan konsentrasi aseton untuk sampel J

BAB I PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu fisika telah merambah banyak bidang dalam aplikasinya. Perkembangan teknologi komunikasi, alat-alat industri dan rumah tangga, sampai kepada bidang kedokteran dan kesehatan tidak dapat lepas dari fisika.

Penemuan sinar-X oleh Wilhelm Conrad Rontgen merupakan langkah besar dalam diagnosa dan pengobatan penyakit. Namun sinar-X memiliki energi tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan jika terlalu sering dipaparkan pada tubuh. Oleh karena itu banyak penelitian yang kemudian dilakukan untuk memperoleh suatu cara mendiagnosa penyakit dengan keakuratan lebih baik namun dengan resiko yang lebih rendah.

Suatu bahan yang dikenai salah satu gelombang elektromagnetik berinteraksi dengan gelombang tersebut dengan menyerap energi gelombang di suatu panjang gelombang yang khas dan memantulkan yang lainnya. Kekhasan interaksi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya suatu bahan dalam larutan dan konsentrasinya. Salah satu teknik terbaik untuk menentukan konsentrasi suatu bahan dalam larutan adalah spektroskopi UV-Vis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sementara itu identifikasi unsur-unsur atau senyawa khusus yang ada pada darah, urin, nafas atau air liur jika seseorang menderita suatu penyakit juga sedang dikembangkan. Gabungan kedua hal ini kemudian

dapat dijadikan cara untuk mengindikasikan adanya suatu penyakit dalam tubuh manusia.

Diabetes mellitus (DM) merupakan salah satu penyakit dengan jumlah penderita terbanyak di seluruh dunia. Menurut data dari *World Diabetes Federation*, terdapat 194 juta orang penderita DM di seluruh dunia tahun 2009 dan terdapat 8,4 juta orang menderita DM di Indonesia. Keterlambatan memeriksakan kadar gula darah menjadi salah satu penyebab tingginya angka penderita DM. Selama ini diagnosa DM memang didasarkan pada penghitungan kadar glukosa dalam darah, sementara ada satu senyawa yang juga meningkat produksinya pada penderita DM, yaitu aseton (Handayani, 2008). Pada tubuh penderita DM, aseton terakumulasi pada urin, nafas dan air liur (Ophardt, 2003). Oleh karena itu penentuan konsentrasi aseton dalam air liur diyakin dapat menentukan kadar gula darah seseorang.

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk melihat keterkaitan konsentrasi aseton dalam air liur dengan kadar glukosa dalam darah yang selanjutnya dapat mengindikasikan bahwa seseorang terkena DM atau masih memiliki kadar glukosa normal dalam darah.

1.3. MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan proses diagnosa penyakit, terutama membangun proses diagnosa dengan pengukuran yang dapat diulang tanpa membahayakan ataupun menyakitkan pasien.

1.4. BATASAN MASALAH

Penelitian ini dibatasi pada hubungan antara konsentrasi aseton dalam sampel air liur dengan kadar glukosa dalam darah seseorang. Konsentrasi aseton dalam air liur diukur menggunakan spektroskopi dengan spektrofotometer UV-Vis. Sumber cahaya yang digunakan adalah Xenon *spectrum lamp* dan intensitas cahaya diukur pada panjang gelombang 280 nm.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Banyak peneliti dari negara maju yang telah meneliti kandungan air liur manusia. Para periset di Amerika Serikat telah mengidentifikasi 1.116 protein unik pada kelenjar air liur yang dapat mengarah pada uji diagnostik kedokteran. Sebanyak 20% kandungan protein air liur juga ditemukan di dalam darah (Hagen, 2004).

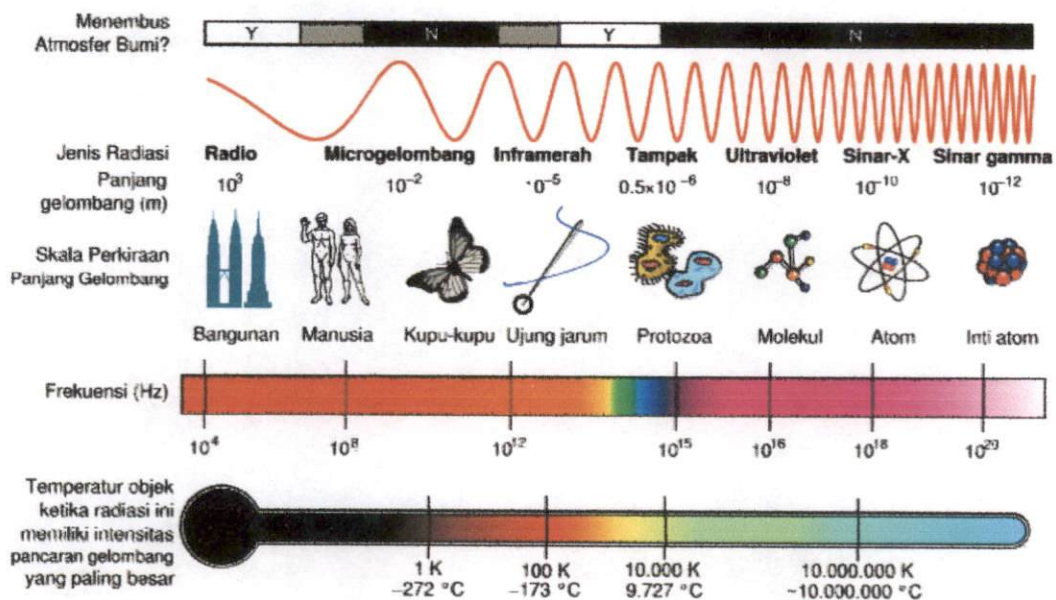
Para peneliti dari *Departments of Endocrinology and Metabolism and Medicine, Nizam's Institute of Medical Sciences University, India* telah mengkarakterisasi proteome air liur manusia penderita diabetes tipe-2 untuk mengidentifikasi tanda-tanda DM dalam tubuh pada tahun 2009. Mereka mengkarakterisasi air liur dari penderita DM dengan *Multidimensional Liquid Chromatography*. Hasilnya terdapat perbedaan kandungan saliva penderita DM yang dikontrol, penderita pradiabetes dan penderita DM.

Selain itu, penelitian tentang komposisi air liur pada penderita DM juga pernah dilakukan oleh Juli Handayani pada tahun 2009. Penelitian ini dilakukan dengan metode pewarnaan Bemfeld untuk melihat perubahan komposisi glukosa, magnesium, kalium, protein dan aseton. Kesimpulan yang didapatkan bahwa terjadi peningkatan kadar glukosa dan aseton dalam air liur penderita DM dibandingkan orang normal. Namun kadar magnesium dan kalium justru berkurang.

2.1. LANDASAN TEORI

2.2.1. Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal yang tidak memerlukan medium untuk merambat. Gelombang elektromagnetik merambat dengan suatu kecepatan dengan nilai mendekati $3 \cdot 10^8$ m/s di ruang hampa. Angka ini kemudian lebih dikenal dengan nama kecepatan cahaya, meski sebenarnya semua gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan tersebut. Nilai kecepatan gelombang elektromagnetik merupakan kecepatan tertinggi di jagat raya. Gelombang elektromagnetik disusun dalam suatu urutan berdasarkan frekuensi atau panjang gelombangnya sehingga disebut spektrum gelombang elektromagnetik.



Gambar 2.1. Spektrum gelombang elektromagnetik

Setiap bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik memiliki ciri dan fungsi tersendiri. Gelombang radio dengan panjang gelombang paling panjang mencakup $1-10^5$ m digunakan dalam telekomunikasi. Gelombang radio berjangkauan sangat luas karena bisa dipantulkan di ionosfer. Gelombang mikro dengan rentang panjang gelombang $10^{-3}-1$ m digunakan oleh para astronom untuk mempelajari galaksi Bima Sakti selain juga sifat panasnya yang diaplikasikan pada oven gelombang mikro. Sinar inframerah digunakan untuk pemetaan dan keperluan pengintaian. Sinar inframerah mencakup panjang gelombang 700 nm – 10^{-3} m. Kemudian bagian tersempit dari spektrum gelombang elektromagnetik, yaitu cahaya tampak. Cahaya tampak merupakan satu-satunya bagian gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat manusia dan hanya memiliki rentang panjang gelombang 400-700 nm. Sementara sinar ultraviolet dengan panjang gelombang yang lebih pendek dari pada cahaya tampak, yaitu 1-400 nm yang berarti memiliki energi yang lebih besar dari pada cahaya tampak digunakan dalam sterilisasi karena dapat membunuh kuman. Sinar-X dengan rentang panjang gelombang $10^{-11}-10^{-9}$ m digunakan dalam bidang kedokteran untuk diagnosa dan terapi kanker, sementara sinar gamma yang memiliki panjang gelombang terpendek, yaitu $10^{-14}-10^{-11}$ m sekaligus memiliki energi terbesar digunakan dalam mengionisasi atom (Setyawan, 2004).

Gelombang elektromagnetik terdiri dari paket-paket energi yang disebut foton. Energi yang dikandung gelombang elektromagnetik sebanding dengan frekuensi gelombang elektromagnetik tersebut:

$$E = h\nu \quad (1)$$

Dimana:

E : energi (J)

h : konstanta Planck ($6,626 \cdot 10^{-34}$ J.s)

ν : frekuensi (s^{-1})

sementara panjang gelombang berbanding terbalik dengan frekuensi gelombang elektromagnetik dengan persamaan:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (2)$$

Dimana:

c : kecepatan cahaya di ruang hampa ($3 \cdot 10^8$ m/s)

λ : panjang gelombang (nm)

sehingga:

$$E = h \frac{c}{\lambda} \quad (3)$$

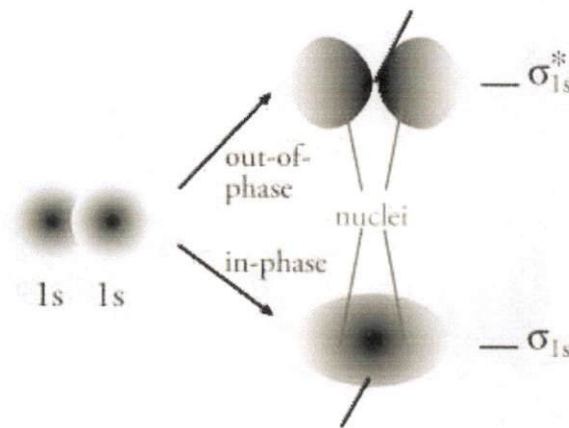
2.2.2. Interaksi Molekul dengan Cahaya dan Sinar Ultraviolet

Suatu atom atau molekul memiliki beberapa macam orbital elektron. Orbital elektron pada satu atom tunggal tentu berbeda dengan orbital elektron dalam molekul dengan beberapa atom karena beberapa elektron dari suatu atom dalam molekul berikatan dengan elektron dari atom lain. Orbital molekul terbentuk dari tumpang tindih orbital atom. Hanya orbital-orbital atom dengan energi sama yang dapat berinteraksi.

Saat dua atom atau lebih berikatan, elektron-elektronnya membentuk dua macam orbital baru, yaitu orbital ikatan dan orbital anti-ikatan, sehingga ada

beberapa macam orbital elektron dalam molekul, yaitu orbital ikatan σ (σ bonding), orbital ikatan π (π bonding), orbital tidak terikat (*non-bonding*), orbital anti-ikatan σ (σ anti-bonding/ σ^*), dan orbital anti-ikatan π (π anti-bonding/ π^*). Saat atom-atom membentuk molekul, atom-atom tersebut dapat berinteraksi secara *in-phase* ataupun *out-of-phase*.

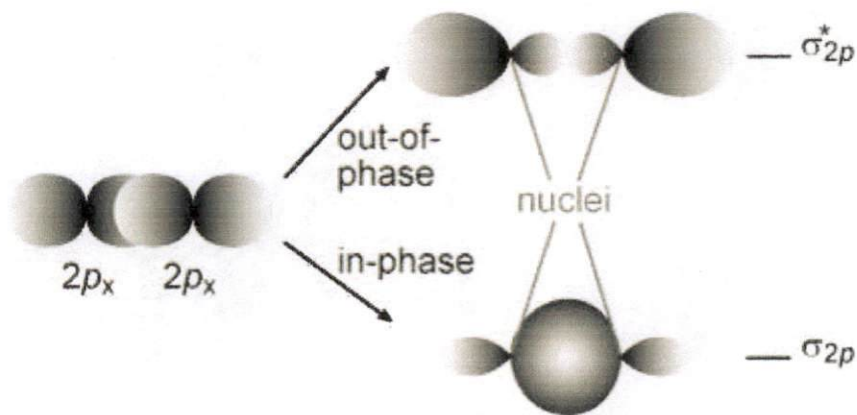
Ikatan σ terbentuk saat terjadi interaksi *in-phase* antara dua orbital atom s (Gambar 2.2). Hal ini menimbulkan gaya tarik yang lebih besar antara inti atom dan elektron. Gaya tarik yang lebih besar mengarah pada potensial yang lebih rendah. Sementara anti-ikatan σ terjadi saat dua orbital atom s berinteraksi secara *out-of-phase* (Gambar 2.2). Berkebalikan dari sebelumnya, anti-ikatan ini menyebabkan gaya tarik yang lebih lemah antara inti atom dan elektron sehingga orbital molekul ini memiliki potensial lebih besar.



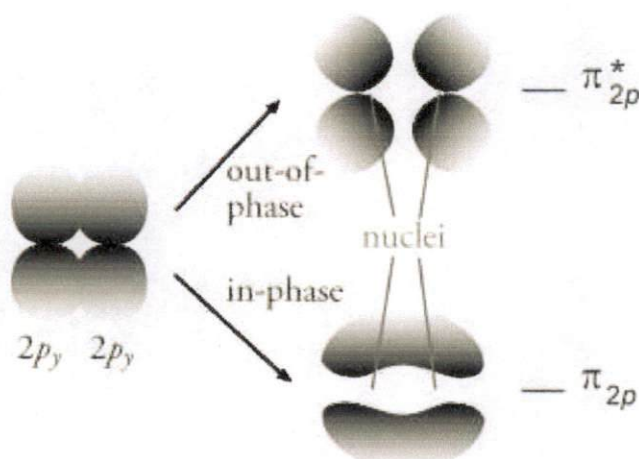
Gambar 2.2. Orbital molekul ikatan σ dan anti-ikatan σ

Dua orbital atom p dapat berinteraksi secara *end-on* maupun paralel. Seperti pada ikatan σ , kedua interaksi tersebut dapat terjadi secara *in-phase* dan *out-of-phase*. Namun terdapat lebih banyak orbital atom yang berinteraksi secara

end-on dibandingkan paralel (Kadja, 2010). Dua orbital atom p yang berinteraksi *in-phase*, baik secara *end-on* ataupun paralel akan menghasilkan orbital molekul ikatan π (Gambar 2.3 dan 2.4). Sedangkan dua orbital atom p yang berinteraksi *out-of-phase* akan menghasilkan orbital molekul anti ikatan π (Gambar 2.3 dan 2.4).

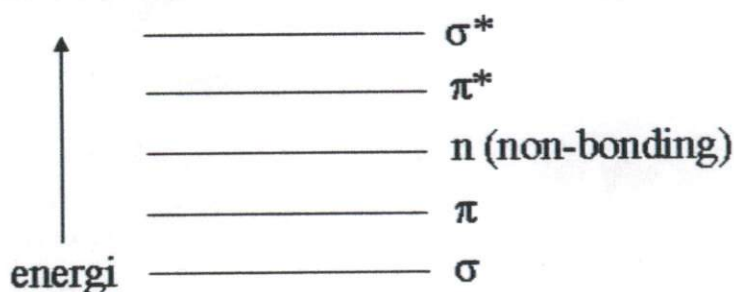


Gambar 2.3. Orbital molekul ikatan π dan anti-ikatan π yang berinteraksi secara *end-on*



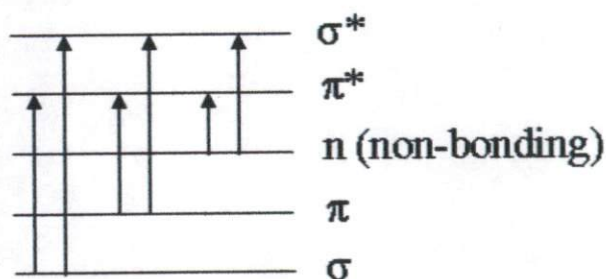
Gambar 2.4. Orbital molekul ikatan π dan anti-ikatan π yang berinteraksi secara paralel

Saat molekul dikenai gelombang elektromagnetik, sebagian energi gelombang akan diserap oleh molekul tersebut. Tingkat energi yang dimiliki oleh gelombang elektromagnetik menghasilkan perubahan yang berbeda pada molekul. Sinar inframerah yang memiliki energi relatif lebih rendah hanya mampu membuat molekul bergetar saat diserap. Akan tetapi cahaya tampak dan sinar ultraviolet yang berenergi lebih tinggi dapat menyebabkan transisi elektron dalam molekul. Sesuai dengan tingkat potensialnya, orbital molekul dapat diurutkan seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Tingkat energi orbital molekul

Transisi elektron yang mungkin terjadi karena penyerapan cahaya atau sinar ultraviolet oleh molekul ditunjukkan oleh Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Transisi elektron dalam orbital molekul

Tingkat energi untuk masing-masing orbital molekul berbeda antara satu molekul dengan molekul lainnya sehingga energi cahaya atau sinar ultraviolet yang diserap molekul bersifat khas. Hal ini merupakan dasar bagi perkembangan spektroskopi, yaitu ilmu yang mempelajari tentang metoda-metoda untuk menghasilkan dan menganalisis spektrum menggunakan spektroskop, spektrometer, spektrograf dan spektrofotometer (Alan, 2004).

Kekhasan penyerapan cahaya dan sinar ultraviolet oleh molekul diaplikasikan dalam penentuan kandungan suatu larutan. Cara ini ditempuh dengan spektroskopi menggunakan spektrofotometer. Selain dapat menentukan kandungan suatu larutan, melalui spektroskopi dengan spektrofotometer konsentrasi bahan tersebut dapat dihitung, yaitu dengan Hukum Beer-Lambert. Hukum Beer-Lambert menghubungkan antara penyerapan (absorbansi) cahaya dengan konsentrasi bahan dalam suatu larutan, absorptivitas molar bahan dan panjang lintasan yang dilalui oleh cahaya tersebut.

$$A = \epsilon lc \quad (4)$$

dimana:

A : absorbansi bahan

ϵ : absorptivitas molar bahan (l/mol.cm)

l : lebar kuvet (cm)

c : konsentrasi suatu bahan dalam sampel larutan (mol/l)

sementara absorbansi adalah perbandingan antara intensitas cahaya mula-mula dengan intensitas cahaya setelah melewati sampel.

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (5)$$

dimana:

I_0 : intensitas cahaya awal tanpa melewati sampel

I : intensitas cahaya setelah melewati sampel

sehingga:

$$\log\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon l c \quad (6)$$

dan dari turunan persamaan ini konsentrasi suatu bahan dalam larutan dapat diketahui dengan:

$$c = \frac{\log\left(\frac{I_0}{I}\right)}{\epsilon l} \quad (7)$$

Masing-masing bahan memiliki absorptivitas molar tersendiri yang berbeda di tiap-tiap panjang gelombang cahaya yang diserap. Absorptivitas molar tersebut memiliki nilai maksimum di suatu nilai panjang gelombang khas yang diserap bahan tersebut. Suatu nilai panjang gelombang dimana suatu bahan memiliki nilai koefisien absorptivitas molar terbesar disebut panjang gelombang maksimum (λ_{maks}).

Hukum Beer-Lambert hanya dapat diterapkan pada pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis. Spektrofotometer merupakan instrumen gabungan dua alat, yaitu spektrometer dan fotometer. Spektrometer merupakan alat untuk menghasilkan spektrum. Alat ini kemudian dapat mengukur lebar spektrum tersebut atau sudut penyimpangan suatu panjang gelombang yang diakibatkan oleh monokromator. Sementara fotometer adalah alat ukur intensitas cahaya.

Berdasarkan kemampuannya dalam menghitung lebar spektrum dan intensitas gelombang elektromagnetik, ada dua macam spektrofotometer, yaitu spektrofotometer UV-Vis (*UV-Vis spectrophotometer*) yang dapat bekerja pada rentang panjang gelombang 200-800 nm dan spektrofotometer infra-merah (*infra-red spectrophotometer*) yang bekerja pada rentang panjang gelombang 800 nm-1 mm..

Spektrofotometer dilengkapi dengan sebuah monokromator yang dapat berupa prisma atau kisi difraksi. Monokromator ini berfungsi mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya yang monokromatis sehingga membentuk suatu spektrum. Cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda akan memiliki sudut pembelokan yang berbeda jika cahaya tersebut melewati sebuah prisma atau kisi difraksi. Untuk spektrofotometer dengan kisi difraksi sebagai monokromatornya, hubungan antara panjang gelombang dan sudut difraksi dijelaskan dengan Hukum Bragg, yaitu:

$$m\lambda = d \sin \theta \quad (8)$$

Dimana:

m : orde spektrum (1, 2, 3, ...)

λ : panjang gelombang (nm)

d : lebar celah kisi difraksi (nm)

θ : sudut difraksi

sementara lebar celah (d) dapat dihitung dari kebalikan banyaknya jumlah celah per satuan panjang kisi (konstanta kisi), yaitu:

$$d = \frac{1}{k} \quad (9)$$

Dimana:

k : konstanta kisi (mis: 600 lines/mm)

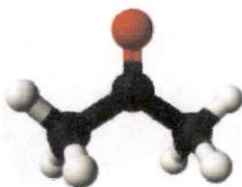
sehingga sudut difraksi yang dialami oleh cahaya dengan panjang gelombang tertentu dapat dicari dengan:

$$\theta = \text{arc sin} \frac{d}{m\lambda} \quad (10)$$

Maka dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, konsentrasi suatu bahan dalam larutan dapat dihitung dengan Hukum Beer-Lambert setelah mengukur perbandingan intensitas cahaya di sudut tertentu sesuai dengan panjang gelombang maksimum yang diserap bahan tersebut,

2.2.3. Kadar Aseton dalam Air Liur sebagai Diagnosa *Diabetes Mellitus*

Aseton dengan rumus molekul $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ merupakan senyawa yang tidak berwarna. Aseton berwujud cair di temperatur kamar (Sifniades, 2005). Senyawa ini memiliki elektron yang berada pada orbital ikatan σ , orbital ikatan π , dan elektron yang tidak berikatan.



Gambar 2.7. Bentuk molekul aseton

Aseton berinteraksi dengan sinar ultraviolet terutama pada panjang gelombang 280 nm. Aseton memiliki absorptivitas molar maksimum sebesar 12,4

l/mol.cm pada panjang gelombang 280 nm (MercIndex, 2007). Saat aseton menyerap sinar ultraviolet pada panjang gelombang ini, elektron yang tidak terikat bertransisi ke orbital anti-ikatan π (π^*).

Aseton diproduksi secara alami oleh tubuh sebagai salah satu dari zat keton (Ophardt, 2003). Zat keton dihasilkan tubuh jika asam lemak dibakar menjadi energi. Secara normal 80% energi tubuh dihasilkan dari pembakaran karbohidrat. Tidak terjadinya pembakaran karbohidrat dapat disebabkan oleh dua hal, pertama tidak adanya karbohidrat yang masuk ke dalam tubuh dalam bentuk makanan atau yang kedua tidak adanya respon tubuh terhadap hormon insulin yang dihasilkan tubuh. Hormon insulin berinteraksi dengan membran sel untuk mendistribusikan glukosa. Selain itu hormon ini juga berfungsi mengubah gula darah menjadi gula otot (glikogen) untuk disimpan, sehingga kadar gula darah tetap normal. Ketiadaan hormon insulin atau kurangnya respon tubuh terhadap hormon ini berakibat kadar glukosa dalam darah yang menjadi tinggi. Kondisi tingginya kadar glukosa dalam darah inilah yang disebut dengan *Diabetes Mellitus* (DM).

Saat asam lemak dibakar menjadi energi, asam lemak diubah terlebih dahulu menjadi asetil-CoA. Asetil-CoA ini menghasilkan zat keton, yaitu aseton, asetoasetat dan beta-hidroksibutirat. Zat keton merupakan senyawa yang dihasilkan tubuh secara alami saat asam lemak diubah menjadi energi. Ketiga senyawa zat keton tersebut bersifat asam, namun asetoasetat dan beta-hidroksibutirat dapat diubah kembali menjadi asetil-CoA dan aman disimpan di dalam tubuh, lain halnya dengan aseton yang tidak dapat diubah kembali menjadi

asetil-CoA. Oleh karena itu aseton harus dibuang oleh tubuh sehingga terakumulasi pada urin, air liur dan nafas.

Keterkaitan antara penyakit DM, kurangnya respon tubuh terhadap hormon insulin, pembakaran asam lemak menjadi energi, penumpukan glukosa dalam darah dan kadar aseton dalam air liur dapat menjadi parameter awal diagnosa DM.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

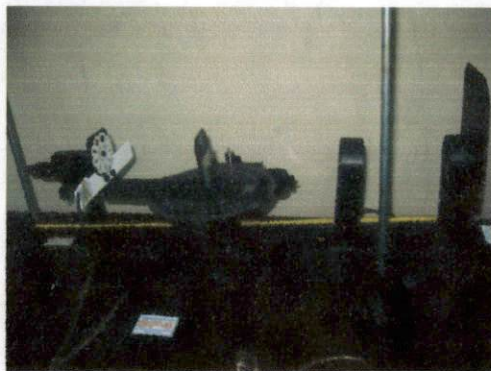
3.1. WAKTU DAN LOKASI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 7 Juli sampai dengan 27 Agustus 2010 di Laboratorium Fisika Aton dan Inti Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas dengan mengambil sampel air liur pasien DM di RSUP Dr. M. Djamil, Padang.

3.2. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Spektrofotometer UV-Vis sebagai alat spektroskopi sampel air liur.



Gambar 3.1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer ini telah dilengkapi dengan sebuah monokromator berupa kisi difraksi. Kisi difraksi yang dipakai dalam penelitian ini adalah kisi dengan konstanta 600 garis/mm.



Gambar 3.2. Kisi difraksi

Selain itu, spektrofotometer ini juga telah dihubungkan dengan komputer melalui *ScienceWorkshop 750 Interface*.



Gambar 3.3. *ScienceWorkshop 750 Interface*

2. Sumber cahaya berupa lampu Xenon karena lampu ini juga menghasilkan sinar UV selain cahaya tampak.



Gambar 3.4. Lampu Xenon

3. Kuvet dari bahan kuarsa sebagai tempat meletakkan sampel saat dispektroskopi.



Gambar 3.5. Kuvet

4. Satu set glucosemeter untuk mengukur kadar glukosa dalam darah orang tanpa keluhan DM.

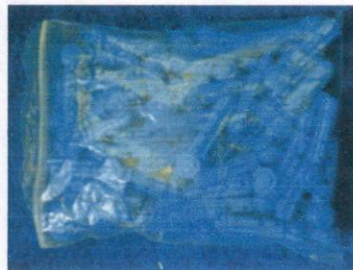


Gambar 3.6. *Glucosemeter* merk Nasco

Glucosemeter ini dilengkapi dengan *test strip*, *sterile lancet* untuk menusuk jari agar mengeluarkan sedikit darah, *lancing device* sebagai tempat meletakkan *sterile lancet*, dan *alcohol swab* untuk digunakan pada jari sebelum dan sesudah ditusuk dengan *sterile lancet*.



Gambar 3.7. *Test strip*



Gambar 3.8. *Sterile lancet*



Gambar 3.9. *Lancing device*



Gambar 3.10. *Alcohol swab*

Sementara bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. 5 sampel air liur orang dengan kadar glukosa darah normal.
2. 5 sampel air liur penderita DM dengan kadar glukosa dalam darah yang sudah ditentukan.
3. Alkohol yang diencerkan dengan air sebagai pembersih kuvet tempat meletakkan sampel.

3.3. TATA LAKSANA PENELITIAN

Penelitian ini dibagi dalam tiga tahap, yaitu pengambilan sampel, pengambilan data dan pengolahan data.

3.3.1. Pengambilan Sampel

Sampel air liur diambil sebanyak 10 sampel yang terdiri dari lima sampel air liur dari orang-orang yang berkadar gula darah normal dan lima sampel lainnya dari penderita DM. Lima sampel air liur penderita DM diambil dari pasien yang dirawat di Irna Penyakit Dalam RSUP Dr. M. Djamil, Padang. Sampel dari lima orang dengan kadar gula darah normal diambil dua kali, yaitu dua jam setelah makan dan setelah dua belas jam berpuasa. Kadar gula darah diukur pada kedua waktu pengambilan sampel dengan menggunakan glucosemeter merk Nasco. Sementara sampel dari pasien DM diambil juga setelah pasien berpuasa selama dua belas jam, sehingga data kadar gula darah yang didapatkan dari rumah sakit merupakan data kadar gula darah puasa (*fasting sugar blood*).

3.3.2. Pengambilan Data

Tahap pengambilan data diawali dengan *set-up* alat-alat yang digunakan dalam penelitian. Kabel *Rotary Motion Sensor* pada spektrofotometer dihubungkan ke *channel* 1 dan 2 pada *ScienceWorkshop 750 Interface*. Satuan pengukuran sudut diubah dari *deg (degree)* ke *rad (radian)* dan sensitivitas pengukuran diatur ke *high* dengan *1440 divisions*. Kemudian kabel *Light Sensor* pada spektrofotometer dihubungkan ke *channel A* pada *ScienceWorkshop 750 Interface*. Bentuk keluaran pengukuran diatur ke dalam bentuk *graph* (grafik), dimana besaran intensitas cahaya berada pada sumbu *y* dan besaran sudut penyimpangan berada pada sumbu *x*.

Setelah *set-up* alat selesai, spektroskopi diawali dengan mengukur intensitas cahaya dari lampu xenon (Xe) tanpa melewati sampel. Setelah itu masing-masing sampel dipindahkan dari wadah ke dalam kuvet berukuran 2,5 ml. Intensitas cahaya dari lampu xenon yang terlebih dahulu melewati sampel diukur. Spektroskopi berulang sebanyak lima kali diterapkan pada masing-masing sampel.

3.3.3. Pengolahan Data

Telah diketahui bahwa aseton terutama menyerap gelombang pada panjang gelombang 280 nm. Sesuai dengan persamaan (10), kisi dengan konstanta 600 garis/mm akan melenturkan gelombang dengan panjang 280 nm sejauh 0,168 radian. *Rotary motion sensor* pada spektrofotometer berputar 15 kali perputaran plat spektrofotometer, maka pada grafik, sinar UV dengan panjang gelombang 280 nm akan dilenturkan dengan sudut 15 kali 0,168, yaitu sebesar 2,53 radian.

Dengan menggunakan turunan Hukum Beer-Lambert pada persamaan (7), hasil pengukuran intensitas cahaya pada sudut 2.53 dari terang pusat, dan nilai koefisien absorptivitas molar aseton pada panjang gelombang 280 nm, akan didapatkan nilai konsentrasi aseton dalam air liur. Setelah nilai konsentrasi didapatkan, hubungan antara konsentrasi aseton dalam air liur dengan kadar gula darah dapat dianalisa.

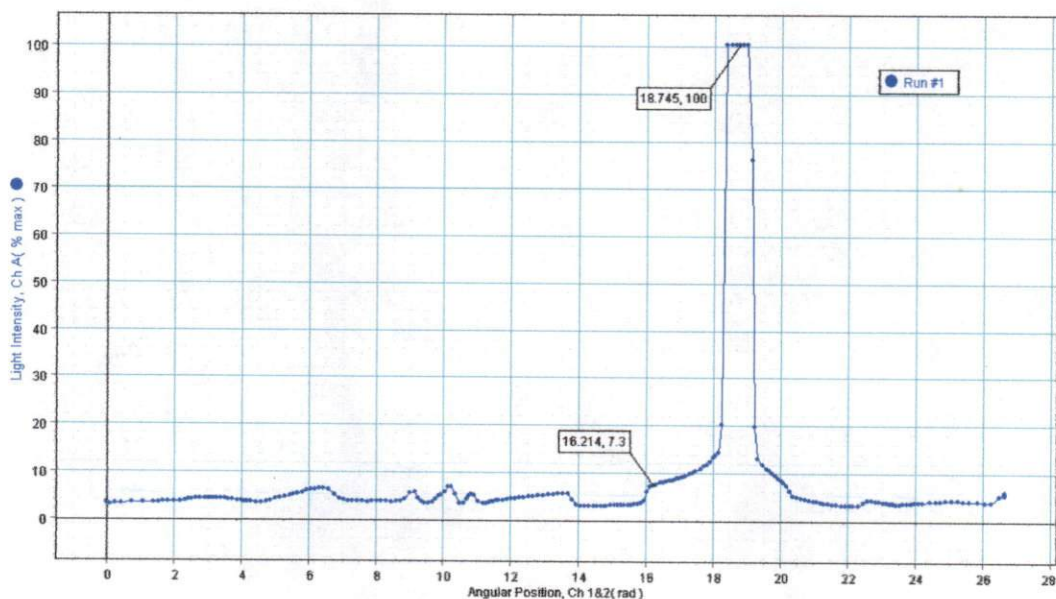
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika Universitas Andalas. Penelitian ini menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan hasil berupa grafik intensitas cahaya versus sudut. Intensitas cahaya diukur dalam persentasi terhadap intensitas cahaya maksimum, yaitu pita terang pusat, sementara sudut diukur dalam radian.

4.1. SPEKTROSKOPI CAHAYA DARI SUMBER TANPA MELEWATI SAMPEL

Grafik yang didapatkan dari spektroskopi cahaya sumber, yaitu lampu spektrum xenon tanpa melewati sampel dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil spektroskopi cahaya dari lampu xenon tanpa melewati sampel

Dari gambar dapat dilihat bahwa cahaya dari lampu spektrum xenon memiliki beberapa puncak setelah melewati monokromator. Puncak-puncak

tersebut adalah spektrum emisi xenon. Spektrum emisi ini merupakan ciri khas dari masing-masing unsur atau senyawa. Elektron dalam atom suatu unsur yang tereksitasi harus kembali ke keadaan dasarnya dengan memancarkan energi yang sesuai dengan selisih energi antar orbitalnya. Satu unsur dapat memiliki beberapa emisi dengan panjang gelombang berbeda. Saat cahaya dari unsur dilewatkan pada sebuah kisi difraksi, maka emisi dengan panjang gelombang berbeda tersebut akan dipisahkan karena sudut difraksinya juga berbeda. Sesuai dengan persamaan (8), gelombang dengan panjang gelombang lebih pendek akan dilenturkan dengan sudut yang lebih kecil. Sementara intensitas menyatakan seberapa banyak atom tereksitasi dalam unsur pada lampu yang kembali ke keadaan stabil. Semakin banyak elektron yang turun ke keadaan stabil, maka intensitas gelombang yang dihasilkan akan semakin kuat atau jika spektrum emisi yang dihasilkan berupa cahaya tampak, intensitas lebih kuat berarti cahaya yang lebih terang. Namun energi foton yang dipancarkan tetap sehingga jumlah elektron yang turun ke keadaan stabil tidak mengubah panjang gelombang atau warna garis emisi.

Demikian juga halnya dengan xenon yang menghasilkan garis emisi khas yang ditunjukkan oleh adanya puncak-puncak pada Gambar 4.1. Garis emisi ini berada dalam rentang panjang gelombang cahaya tampak sampai sinar ultraviolet. Garis emisi pada panjang gelombang sinar ultraviolet tentu saja tidak dapat dilihat oleh mata namun dapat dideteksi oleh sensor cahaya. Salah satu garis emisi xenon terdeteksi pada panjang gelombang 280 nm dengan intensitas 7,3% dari intensitas cahaya maksimum pada terang pusat.

Titik dimana intensitas cahaya sumber bernilai 7,3% dari intensitas cahaya maksimum tersebut merupakan titik dengan sudut 2.53 dari terang pusat sesuai persamaan (10). Titik ini merupakan hasil difraksi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 280 nm oleh kisi difraksi dengan konstanta 600 lines/mm pada spektrofotometer.

4.2. SPEKTROSKOPI CAHAYA DARI SUMBER DENGAN MELEWATI SAMPEL AIR LIUR 5 ORANG DENGAN KADAR GULA DARAH NORMAL

Pengambilan sampel air liur dari lima orang dengan kadar gula darah normal diambil dua kali, yaitu dua jam setelah makan dan dua belas jam setelah makan. Gula darah kelima orang tersebut diukur dengan menggunakan *glucosemeter* merk Nasco di kedua waktu pengambilan sampel.

4.2.1. Spektroskopi Cahaya dari Sumber dengan Melewati Sampel Air Liur 5 Orang dengan Kadar Gula Darah Normal Dua Jam Setelah Makan

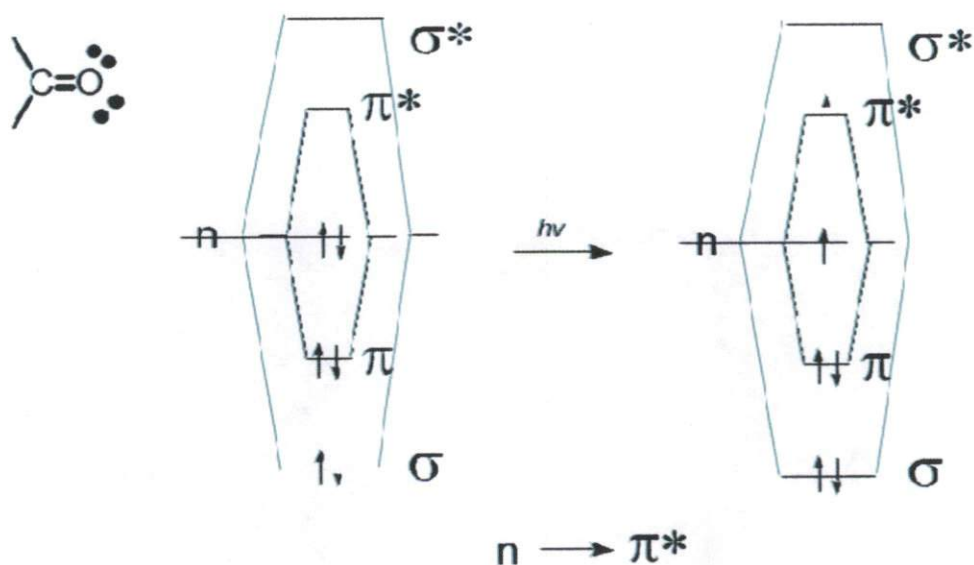
Hasil pengukuran intensitas cahaya pada sudut dimana sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 280 nm dilenturkan, serta hasil perhitungan konsentrasi aseton dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut. Indeks 1 pada nama sampel menunjukkan bahwa sampel diambil dua jam setelah makan

Tabel 4.1. Intensitas cahaya dan konsentrasi aseton rata-rata dari lima sampel pertama

Nama Sampel	I rata-rata (%)	c rata-rata (mol/l)	Gula darah (mg/100ml)
A ₁	5.58±0.62	9.48×10 ⁻³	105
B ₁	5.56±0.66	9.62×10 ⁻³	163
C ₁	5.40±0.31	1.06×10 ⁻²	267
D ₁	5.44±0.51	1.03×10 ⁻²	109
E ₁	5.54±0.68	9.75×10 ⁻³	109

Dari Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa intensitas gelombang dengan panjang gelombang 280 nm lebih kecil dari pada intensitas gelombang tersebut yang diukur dan ditampilkan pada Gambar 4.1. Penurunan intensitas ini disebabkan karena penyerapan oleh molekul aseton dalam sampel air liur yang dispektroskopi. Sebagaimana spektrum emisi yang khas, spektrum serapan (spektrum absorpsi) juga khas untuk masing-masing unsur dan senyawa. Penyerapan sinar ultraviolet atau cahaya tampak menyebabkan berpindahnya elektron ke orbital dengan tingkat energi lebih tinggi. Pada aseton terjadi perpindahan elektron yang tidak terikat (n) ke orbital anti-ikatan π (π^*). Perpindahan ini dapat terjadi pada senyawa yang menyerap sinar ultraviolet atau cahaya tampak dengan rentang 200-700 nm dengan nilai absorptivitas molar bahan di antara 10-100 l/mol.cm.

Aseton sebagai senyawa yang diidentifikasi pada penelitian ini menyerap sinar ultraviolet maksimum pada panjang gelombang 280 nm dengan absorptivitas molar sebesar 12,4 l/mol.cm. Penyerapan sinar ultraviolet pada panjang gelombang ini menyebabkan satu elektron dari atom oksigen yang tidak terikat pada molekul aseton tereksitasi ke orbital anti-ikatan π . Maka semakin besar penurunan intensitas sinar ultraviolet dari sumber pada panjang gelombang 280 nm menunjukkan bahwa ada semakin banyak elektron tidak terikat pada molekul aseton tereksitasi ke orbital anti-ikatan π (Gambar 4.3). Banyaknya elektron yang tereksitasi ini tidak mengubah panjang gelombang sinar ultraviolet yang diserap aseton, melainkan hanya menurunkan intensitasnya.



Gambar 4.3. Eksitasi elektron tidak terikat ke orbital anti-ikatan π

Dari Tabel 4.1 juga dapat dilihat bahwa konsentrasi aseton rata-rata tidak berbeda jauh antara satu sampel dengan sampel lainnya, meskipun pengukuran kadar gula darah menunjukkan hasil yang berbeda. Jika dianalisa, orang dengan kadar gula darah normal mengindikasikan bahwa tubuh orang tersebut dapat merespon hormon insulin sehingga hormon insulin dapat berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, glukosa dapat dibakar menjadi energi selama proses metabolisme yang berlangsung selama dua jam. Akibatnya tubuh tidak memerlukan pembakaran banyak asam lemak menjadi energi sehingga kadar aseton dalam air liur rendah dan sama jumlahnya pada sampel meskipun dengan kadar gula darah berbeda.

4.2.2. Spektroskopi Cahaya dari Sumber dengan Melewati Sampel Air Liur 5 Orang Tanpa Keluhan Diabetes Mellitus Dua Belas Jam Setelah Makan

Pengukuran intensitas cahaya juga dilakukan pada sudut difraksi sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 280 nm. Pengukuran yang diulang sebanyak lima kali untuk satu sampel diperlihatkan oleh Tabel 4.2 berikut. Indeks 2 pada nama sampel menunjukkan bahwa sampel diambil dua belas jam setelah makan.

Dari lima sampel hanya terdapat dua variasi kadar gula darah, yaitu 91 mg/100 ml dan 113 mg/100 ml. Konsentrasi aseton pada sampel air liur dengan gula darah 113 mg/100 ml lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi aseton pada sampel air liur dengan gula darah 91 mg/ml, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2:

Tabel 4.2. Intensitas cahaya dan konsentrasi aseton rata-rata dari lima sampel kedua

Nama Sampel	I rata-rata (%)	c rata-rata (mol/l)	Gula darah (mg/100ml)
A ₂	2.82±0.62	3.36×10 ⁻²	113
B ₂	3.54±0.61	2.55×10 ⁻²	91
C ₂	2.92±0.54	3.23×10 ⁻²	113
D ₂	3.50±0.57	2.59×10 ⁻²	91
E ₂	3.50±0.51	2.58×10 ⁻²	91

Setelah dua belas jam berpuasa yang berarti tidak ada karbohidrat yang masuk ke dalam tubuh sebagai sumber energi, tubuh mulai membakar asam lemak untuk tetap memenuhi energi tubuh. Pembakaran asam lemak ini menghasilkan aseton yang terakumulasi pada urin, nafas dan air liur. Aseton di dalam air liur menyerap sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 280 nm sehingga elektron

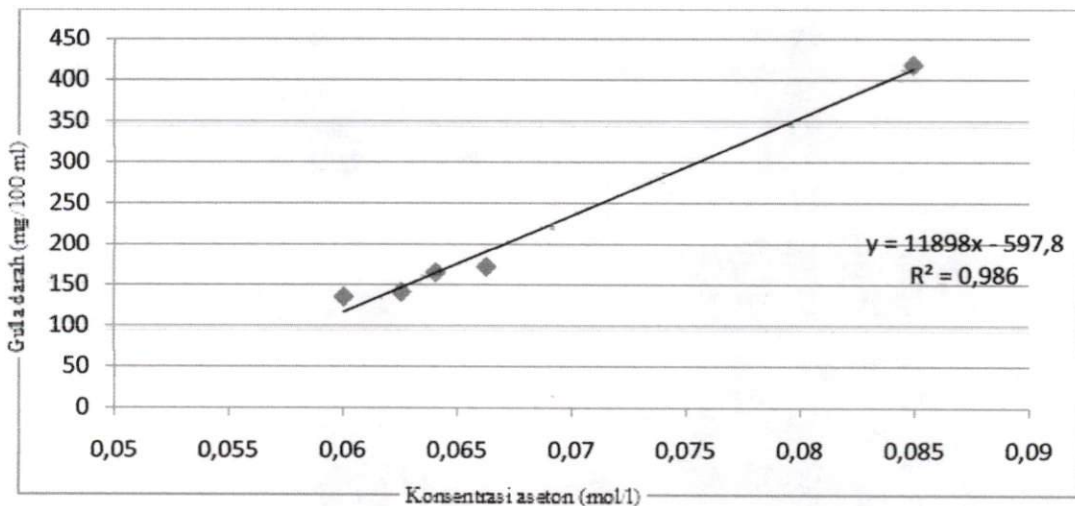
dari atom oksigen yang tidak berikatan tereksitasi ke orbital anti-ikatan π (Gambar 4.3). Dari Tabel 4.2 dapat dilihat intensitas rata-rata sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 280 nm turun sampai kurang dari setengah dibandingkan intensitas mula-mula (Gambar 4.1). Penurunan intensitas ini lebih besar dari pada penurunan intensitas yang terjadi karena penyerapan oleh aseton di dalam sampel pertama. Hal ini berarti terdapat lebih banyak elektron tidak berikatan yang tereksitasi ke orbital anti-ikatan π . Banyaknya elektron yang tereksitasi menunjukkan banyaknya molekul aseton yang terdapat di dalam sampel air liur. Jumlah molekul aseton ini dapat diekspresikan melalui perhitungan konsentrasi aseton menggunakan Hukum Beer-Lambert pada persamaan (4).

Meskipun hanya terdapat dua variasi kadar gula darah, dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa kadar gula darah dan kadar aseton dalam air liur memang memiliki hubungan. Nilai konsentrasi aseton pada sampel dari tiga orang dengan kadar gula darah 91 mg/100 ml sangat dekat satu sama lain. Kedua sampel lainnya, meskipun menunjukkan angka kadar gula darah yang sama, memiliki kadar aseton yang cukup berbeda satu sama lain. Namun meskipun demikian, tetap dapat dilihat bahwa seseorang dengan kadar gula darah lebih tinggi memiliki kadar aseton yang juga lebih tinggi dalam air liurnya.

4.3. SPEKTROSKOPI CAHAYA DARI SUMBER DENGAN MELEWATI SAMPEL AIR LIUR 5 ORANG PENDERITA *DIABETES MELLITUS*

Sampel diambil setelah semua pasien puasa selama 12 jam sehingga data kadar gula darah yang didapatkan dari rumah sakit pun merupakan kadar gula darah puasa. Tabel 4.3 memperlihatkan hasil pengukuran intensitas cahaya yang

Dari Tabel 4.3 juga dapat dilihat bahwa semakin besar nilai kadar gula darah penderita DM, maka konsentrasi aseton dalam air liurnya juga semakin tinggi. Aseton diproduksi saat asam lemak dibakar menjadi energi. Tubuh penderita DM tidak dapat merespon dengan baik keberadaan hormon insulin, sehingga pemecahan glukosa menjadi energi tidak berlangsung sebagaimana mestinya. Ditambah lagi dalam dua belas jam tanpa makanan, tubuh harus mencari alternatif sumber energi lain selain glukosa. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah asam lemak. Jadi pembakaran asam lemak menjadi sumber energi utama bagi tubuh penderita DM. Hubungan antara kenaikan konsentrasi aseton dengan kadar gula darah ditunjukkan oleh Gambar 4.2:



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara konsentrasi aseton dalam air liur dengan kadar gula darah

Kelima data yang diperoleh dari hasil spektroskopi sampel mendekati garis lurus regresi linier dengan error yang kecil. Koefisien korelasi (R) dari grafik mendekati angka 1 yang berarti terdapat korelasi tinggi antara konsentrasi aseton dalam air liur dengan kadar gula dalam darah.

gula darah seseorang maka kadar aseton dalam air liur akan semakin tinggi. Perbedaan mendasar dari kedua tabel adalah bahwa data pada Tabel 4.2 merupakan data dari orang normal sementara data pada Tabel 4.3 merupakan data dari penderita DM.

Pada orang normal dengan respon yang baik terhadap hormon insulin, pembakaran asam lemak sebagai energi tubuh hanya berlangsung saat tubuh kekurangan zat gula, salah satunya saat puasa. Berbeda dengan tubuh penderita DM yang harus membakar asam lemak menjadi energi meskipun masih menyimpan banyak gula dalam darah. Oleh karena itu produksi aseton pada orang normal meningkat saat puasa. Oleh karena pembakaran asam lemak bukanlah sumber energi utama bagi orang normal, kadar aseton maksimum yang terukur pada penelitian ini hanya bernilai 3.36×10^{-2} mol/l, sementara dengan juga berpuasa selama dua belas jam, kadar aseton minimum pada penderita DM sudah mencapai nilai $6,00 \times 10^{-2}$ mol/l. Maka seseorang dengan kadar aseton sebesar $6,00 \times 10^{-2}$ mol/l dalam air liurnya dapat diindikasikan menderita penyakit DM.

BAB V

PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan mengambil dan menspektroskopi sampel air liur dari orang normal dua jam setelah makan dan setelah puasa dua belas jam serta sampel air liur penderita DM setelah puasa dua belas jam, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat korelasi yang tinggi antara kadar aseton dalam air liur dengan kadar gula dalam darah sehingga tingginya konsentrasi aseton dalam air liur dapat mengindikasikan tingginya kadar gula darah. Pengukuran terbaik dilakukan setelah puasa selama dua belas jam.
2. Kadar aseton dalam air liur orang normal setelah berpuasa dua belas jam hanya mencapai nilai tertinggi pada angka 3.36×10^{-2} mol/l, sementara kadar aseton minimum dalam air liur penderita DM juga setelah berpuasa selama dua belas jam mencapai nilai 6.00×10^{-2} mol/l.

5.2. SARAN

Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk memperoleh hasil yang lebih baik dan pasti dengan mempertimbangkan saran-saran berikut:

1. Spektroskopi dilakukan dengan sumber cahaya berupa lampu ultraviolet agar didapatkan puncak dengan intensitas lebih besar dan perhitungan lebih akurat.
2. Sampel diperbanyak dengan mengklasifikasikan sampel menurut usia dan jenis kelamin.

3. Diharapkan adanya spektroskopi sampel air liur bersamaan dengan prosedur pengukuran *post prandial blood sugar*, yaitu pengukuran gula darah dua jam setelah pemberian 100 g glukosa kepada pasien.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Al-Attas, Savia A. dan Saliman O. Amro, 2010, *Candidal Colonization, Strain Diversity, and Antifungal Susceptibility Among Adult Diabetic Patients*, Annals of Saudi Medicine, Arab Saudi.
- Alan, Isaac, 2004, *A Concise Dictionary Of Physics*, (alih bahasa: Ir. J. Danusantoso, M.Sc), Erlangga, Jakarta.
- Hagen, Fred K., 2008, *The Proteomes of Human Parotid and Submandibular/Sublingual Gland Salivas Collected as the Ductal Secretions*, Journal Proteome Research, USA.
- Handayani, Juli, 2008, *Pemeriksaan Komposisi Saliva Pada Penderita Diabetes Mellitus*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hoyau, S., dkk, 2007, *Acetone-Water Complexes at MRCI Level Using Localized Orbitals: $n \rightarrow \pi^*$ and $\pi \rightarrow \pi^*$ Electronic Transition*, Chemical Physics Letters Vol 451, USA.
- Hunger, Michael dan Jens Weitkamp, 2001, *In Situ IR, NMR, EPR, and UV-Vis Spectroscopy: Tools for New Insight into the Mechanism of Heterogeneous Catalysis*, Angewante Chem Int. Ed. 40, 2954-2971, Weinheim.
- Jargodzki, Christoper P. dan Franklin Potter, 2005, *Mad about Physics*, (alih bahasa: Ervina Yudha Kusuma), Pakar Raya, Bandung.
- Khan, Mujeeb, 2009, *Ultraviolet/Visible Absorption Spectroscopy*, Basis Seminar, India.
- Kumar, BV., Padshetty NS dan Bai KY, 2005, *Prevalence of Candida in the Oral Cavity of Diabetic Subjects*, Journal Association Physicians 53:599-602, India.
- Merck Index, 1989, "Acetone" in *Merck Index*, United States Pharmaceutical Company Merck & Co, USA.
- Ophardt, Charles E., 2003, *Diabetes-Errors of Metabolism*, Virtual Chembook Elmhurst University, USA.
- Rao, Paturi V. dkk, 2009, *Proteomic Identification of Salivary Biomarkers of Type-2 Diabetes*, Journal Proteome Research, USA.
- Setyawan, Lilik H., 2004, *Kamus Fisika Bergambar*, Pakar Raya, Bandung.

Sifniades, Stylianos dan Alan B. Levy, 2005, "Acetone" in *Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Willey-VCH, Weinheim.

Tachikawa, Masanori, Robert J. Buenker dan Mineo Kimura, 2003, *Bound States of Positron with Urea and Acetone Molecules Configuration Using Interaction AB Initio Molecular Orbital Approach*, The Journal of Chemical Physics 119, USA.

World Health Organization, 2006, *Definition and Diagnosis of Diabetes Mellitus and Intermediate Hyperglycemia Report of a WHO/IDF Consultation*, World Health Organization, Geneva.

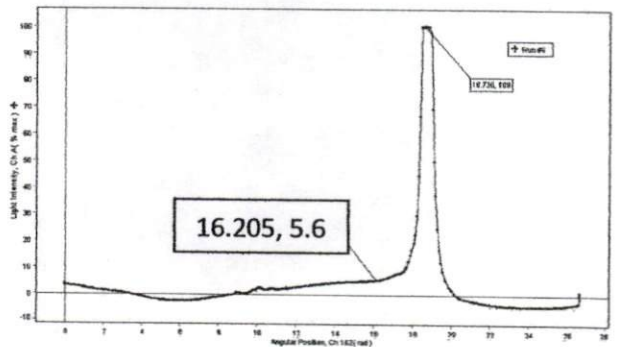
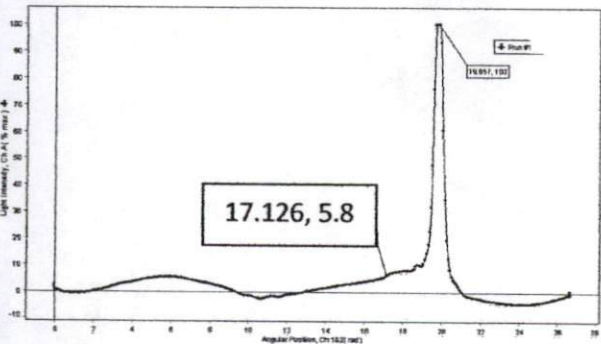
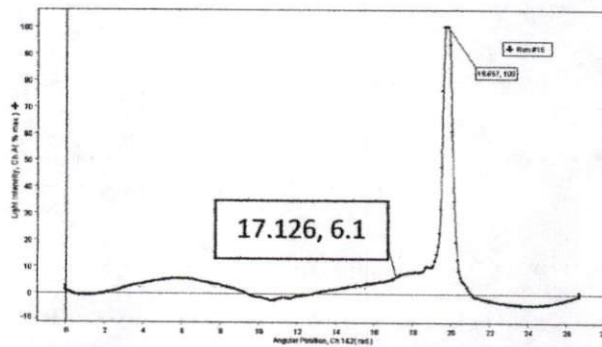
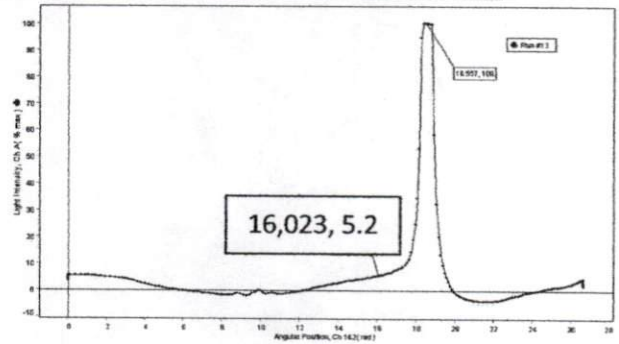
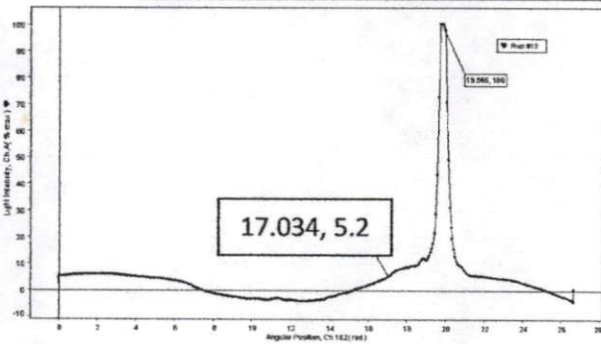
<http://diabetesmellitus-information.com>. Diakses 18 Agustus 2010.

<http://en.wikipedia.org/acetone>. Diakses 18 Agustus 2010.

http://en.wikipedia.org/ketone_bodies. Diakses 21 Agustus 2010.

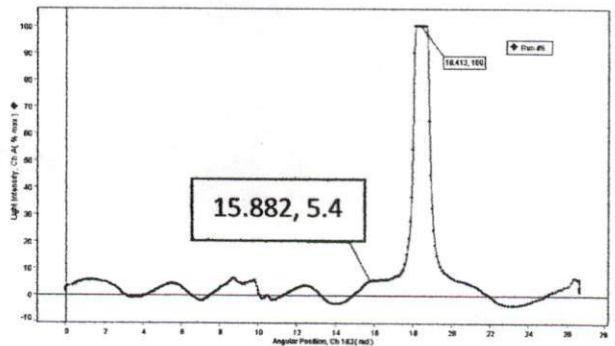
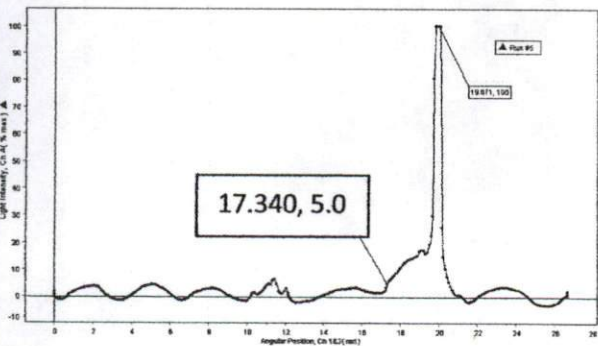
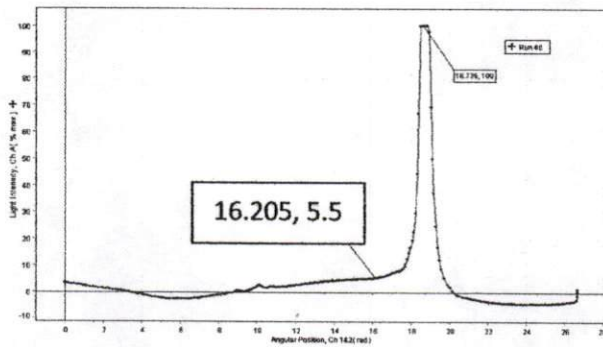
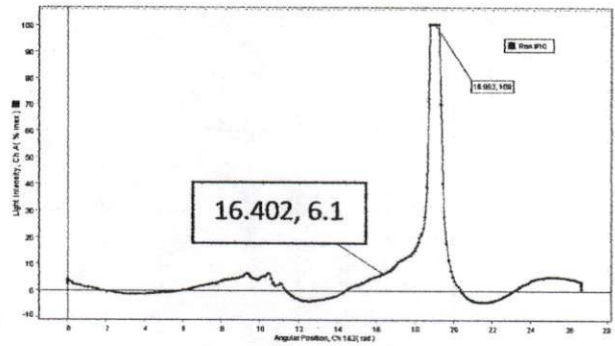
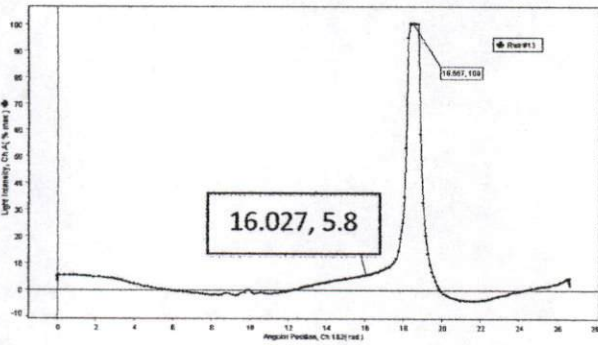
Lampiran 1

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
A ₁	1	5.20	1.19×10^{-2}	105
	2	5.20	1.19×10^{-2}	
	3	6.10	6.29×10^{-3}	
	4	5.80	8.06×10^{-3}	
	5	5.60	9.28×10^{-3}	
Intensitas rata-rata		5.58		
Standar deviasi		0.17		
Konsentrasi aseton rata-rata		9.48×10^{-3}		



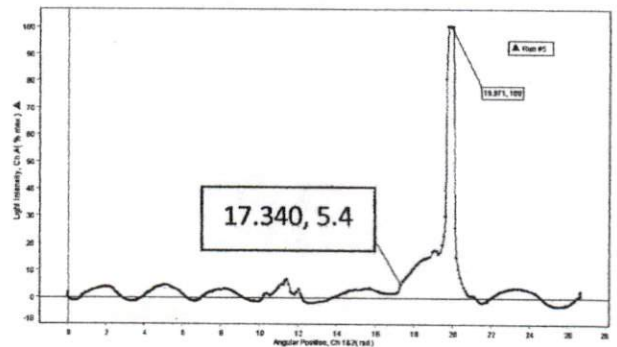
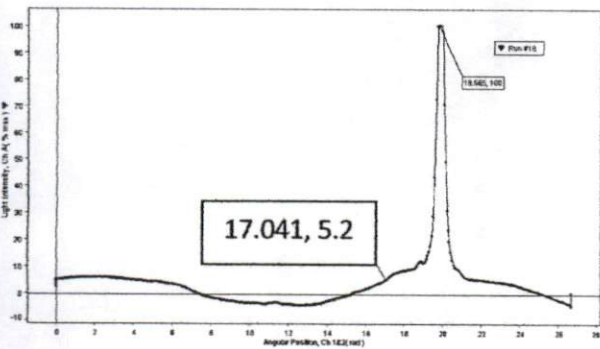
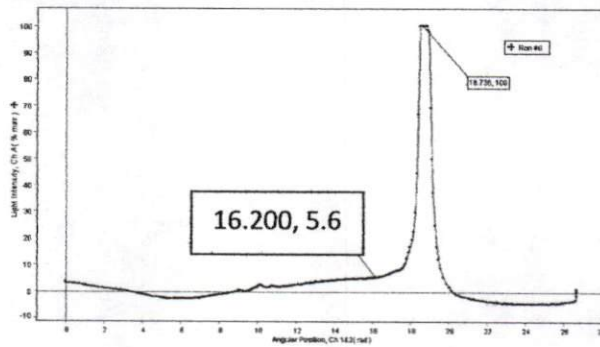
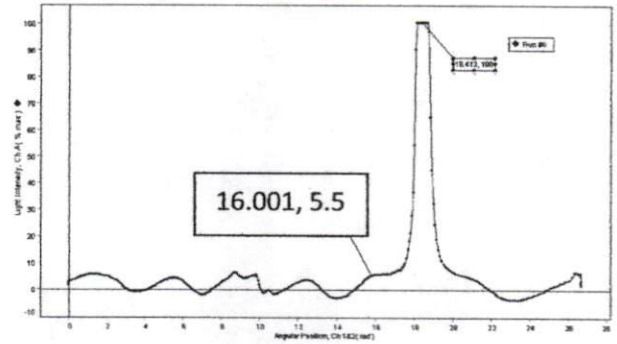
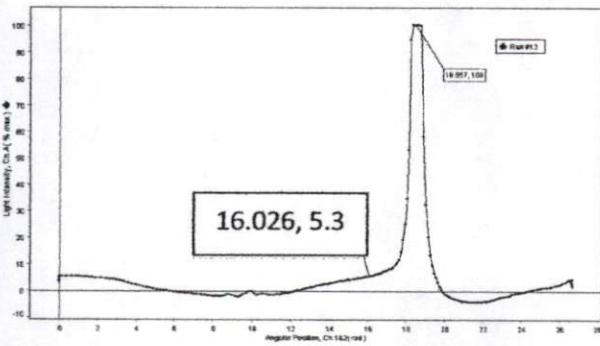
Lampiran 2

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
B ₁	1	5.80	8.06×10^{-3}	163
	2	6.10	6.29×10^{-3}	
	3	5.50	9.92×10^{-3}	
	4	5.00	1.32×10^{-2}	
	5	5.40	1.06×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		5.56		
Standar deviasi		0.19		
Konsentrasi aseton rata-rata		9.62×10^{-3}		



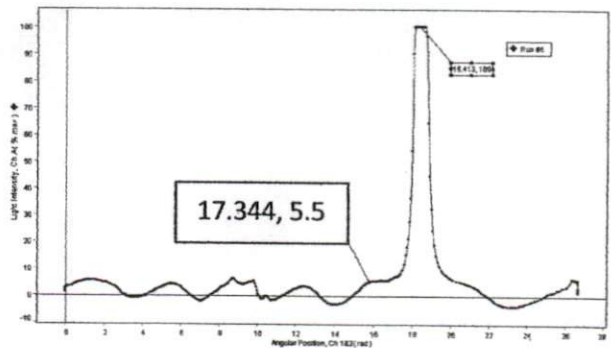
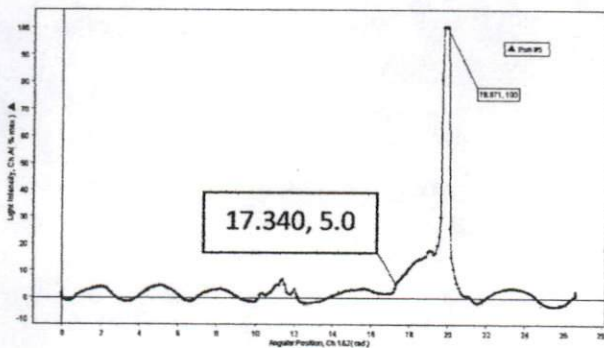
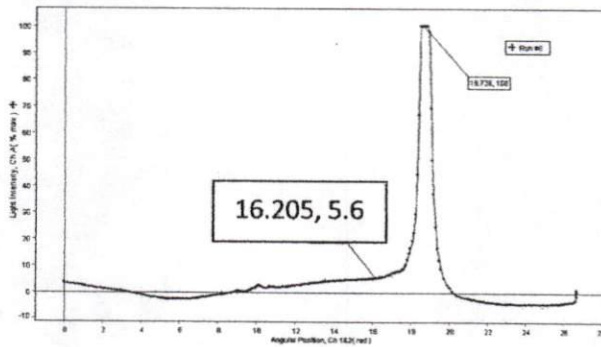
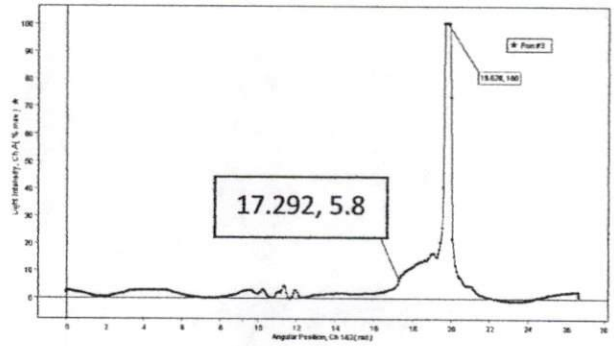
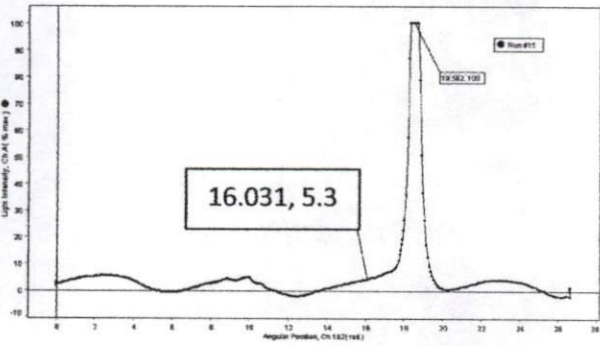
Lampiran 3

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
C ₁	1	5.30	1.12×10^{-2}	267
	2	5.50	9.92×10^{-3}	
	3	5.60	1.19×10^{-2}	
	4	5.20	1.06×10^{-2}	
	5	5.40	1.06×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		5.40		
Standar deviasi		0.07		
Konsentrasi aseton rata-rata		1.06×10^{-2}		



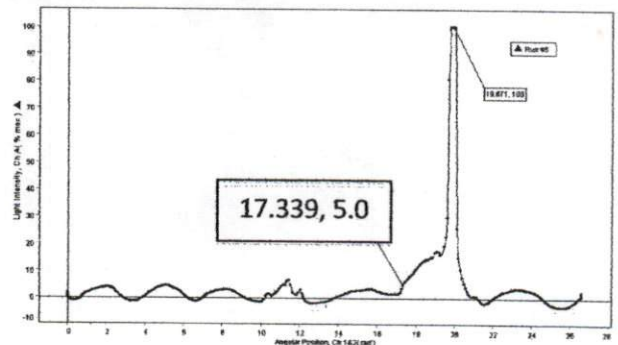
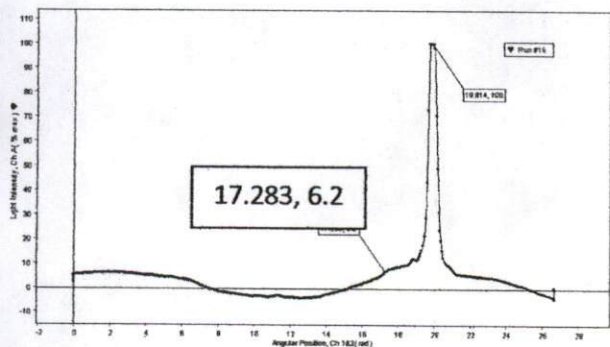
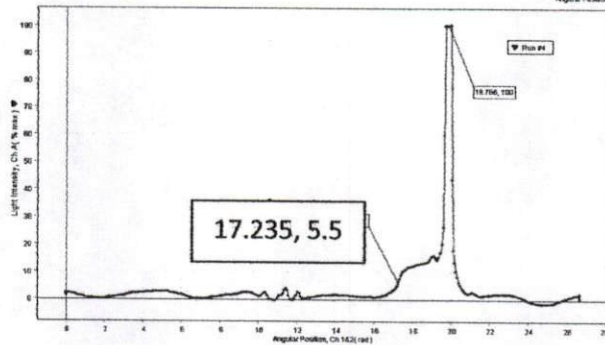
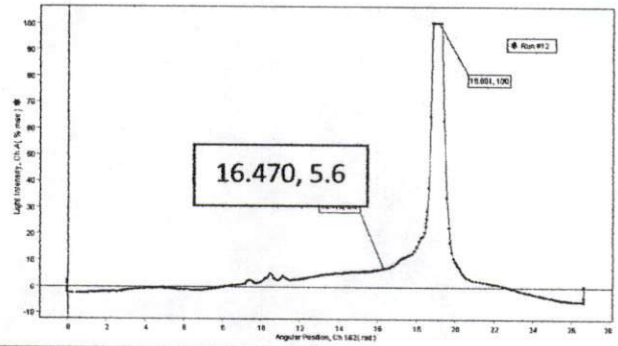
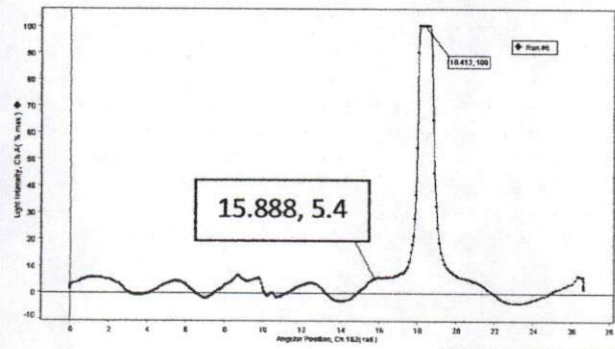
Lampiran 4

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
D ₁	1	5.30	1.12×10^{-2}	109
	2	5.80	8.06×10^{-3}	
	3	5.60	9.28×10^{-3}	
	4	5.00	1.32×10^{-2}	
	5	5.50	9.92×10^{-3}	
Intensitas rata-rata		5.44		
Standar deviasi		0.14		
Konsentrasi aseton rata-rata		1.03×10^{-2}		



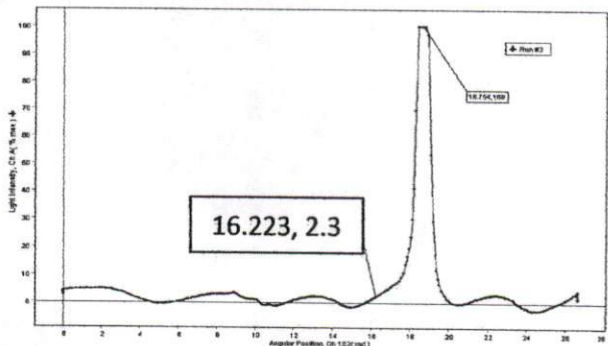
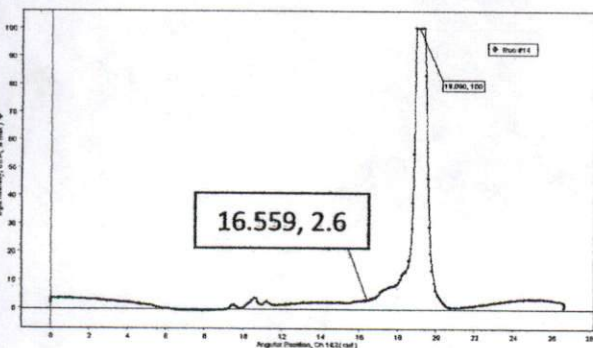
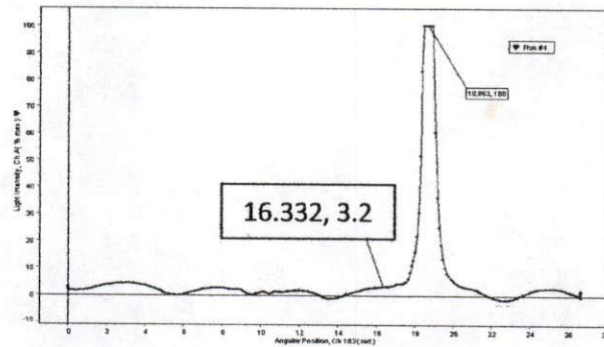
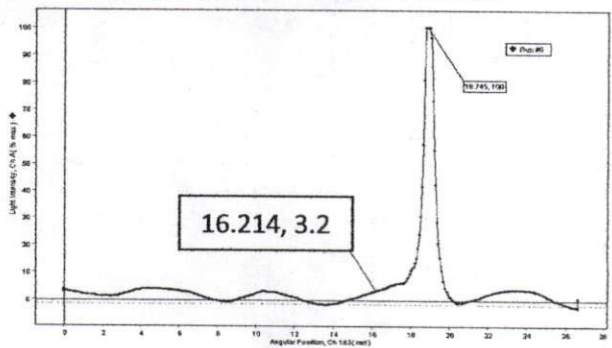
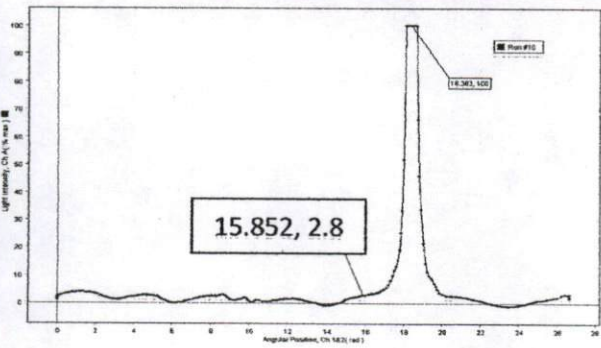
Lampiran 5

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
E ₁	1	5.40	1.06×10^{-2}	109
	2	5.60	9.28×10^{-3}	
	3	5.50	9.92×10^{-3}	
	4	6.20	5.72×10^{-3}	
	5	5.00	1.32×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		5.54		
Standar deviasi		0.19		
Konsentrasi aseton rata-rata		9.75×10^{-3}		



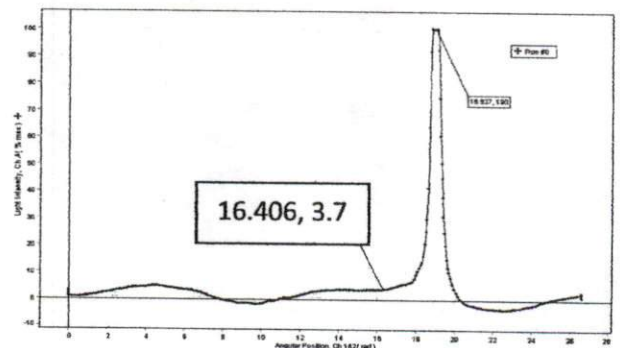
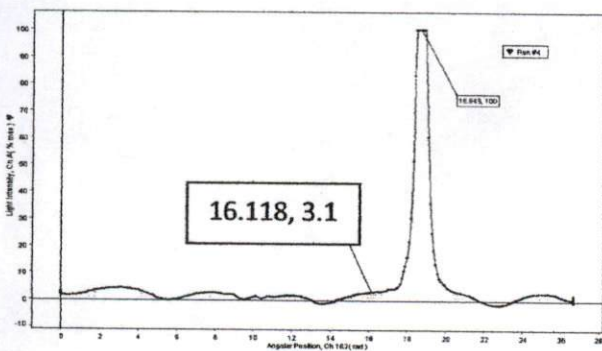
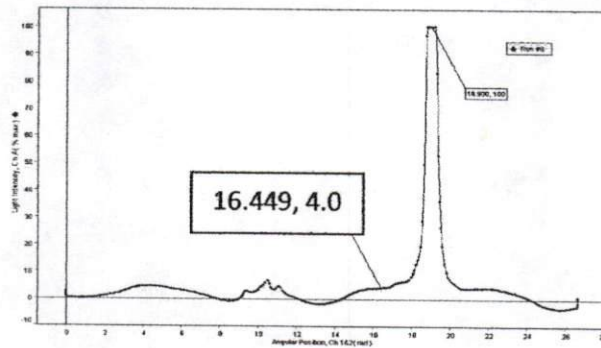
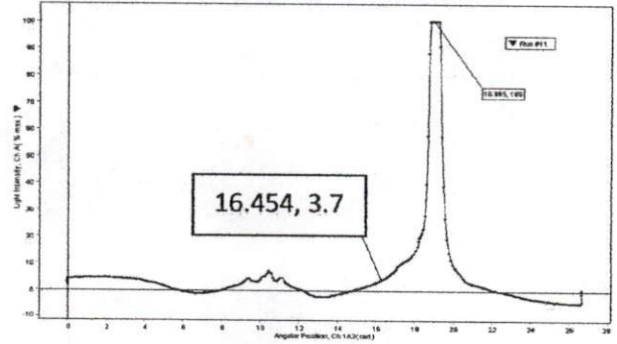
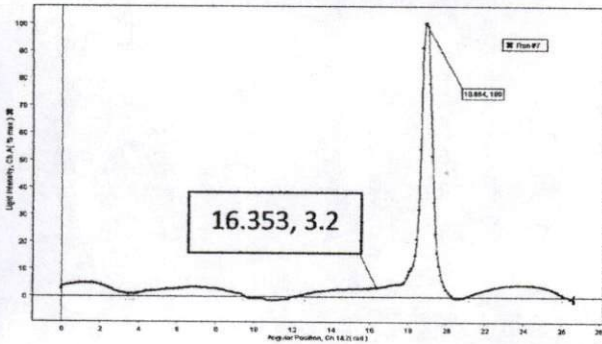
Lampiran 6

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
A ₂	1	2.80	3.36×10^{-2}	113
	2	3.20	2.89×10^{-2}	
	3	3,20	2.89×10^{-2}	
	4	2.60	3.62×10^{-2}	
	5	2.30	4.04×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		2.82		
Standar deviasi		0.17		
Konsentrasi aseton rata-rata		3.36×10^{-2}		



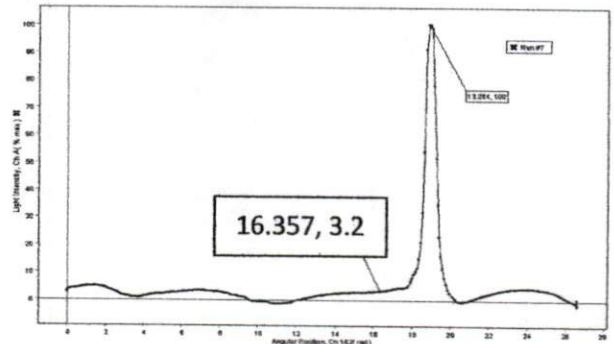
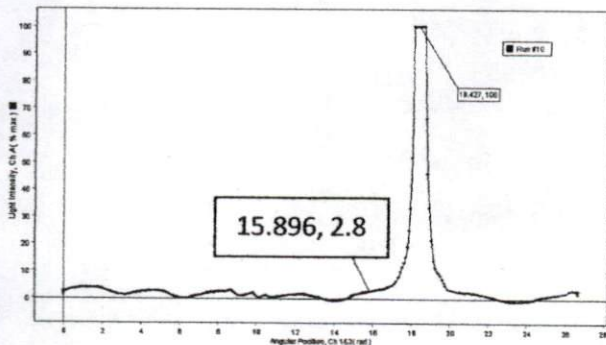
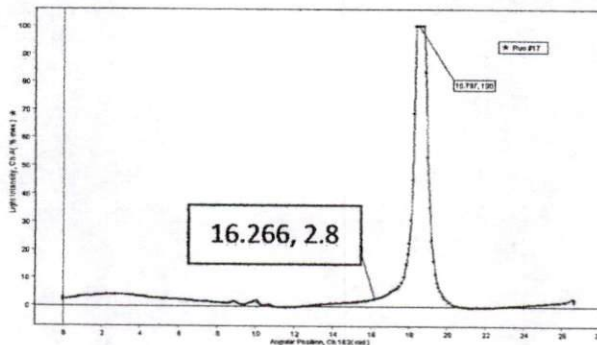
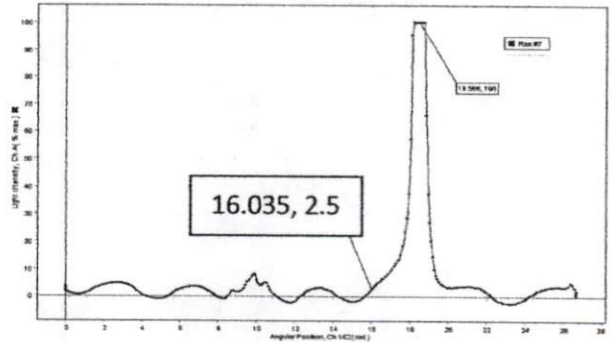
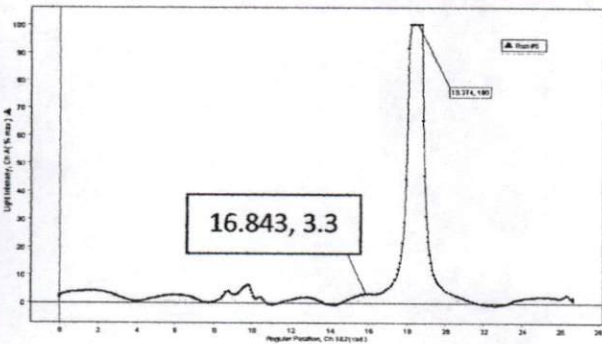
Lampiran 7

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
B ₂	1	3.20	2.89×10^{-2}	91
	2	3.70	2.38×10^{-2}	
	3	4.00	2.11×10^{-2}	
	4	3.10	3.00×10^{-2}	
	5	3.70	2.38×10^{-3}	
Intensitas rata-rata		3.54±0.05		
Standar deviasi		0.17		
Konsentrasi aseton rata-rata		2.55×10^{-2}		



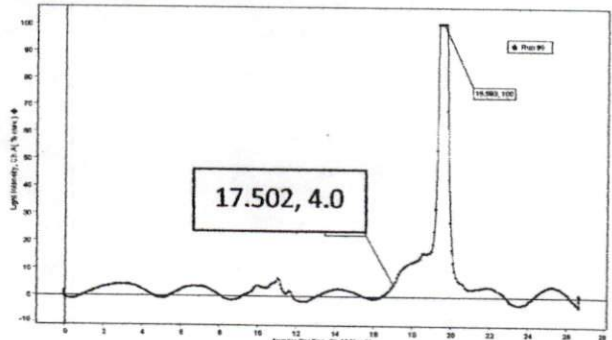
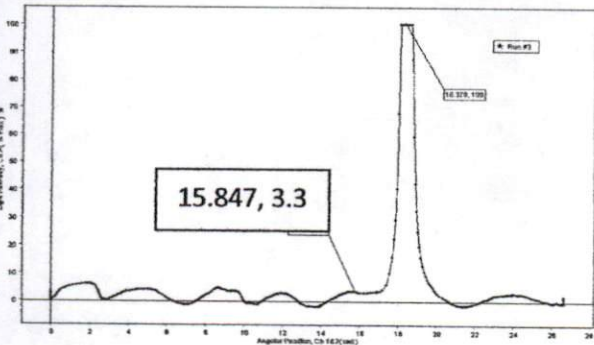
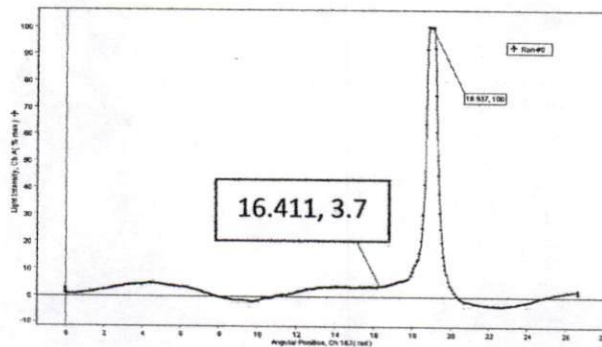
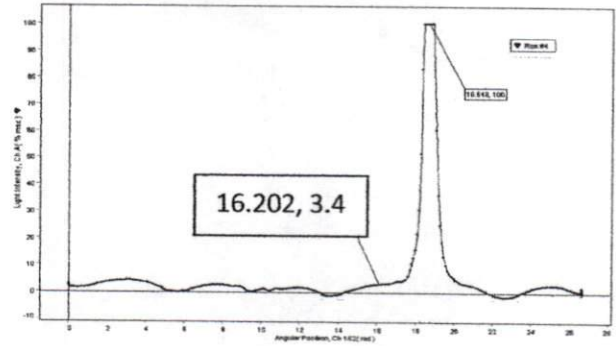
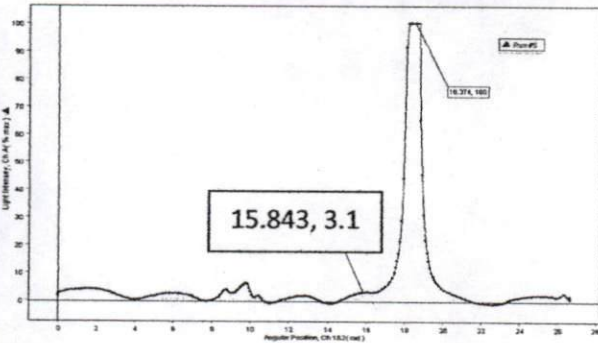
Lampiran 8

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
C ₂	1	3.30	2.78×10^{-2}	113
	2	2.50	3.75×10^{-2}	
	3	2.80	3.36×10^{-2}	
	4	2.80	3.36×10^{-2}	
	5	3.20	2.89×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		2.92±0.05		
Standar deviasi		0.15		
Konsentrasi aseton rata-rata		3.23×10^{-2}		



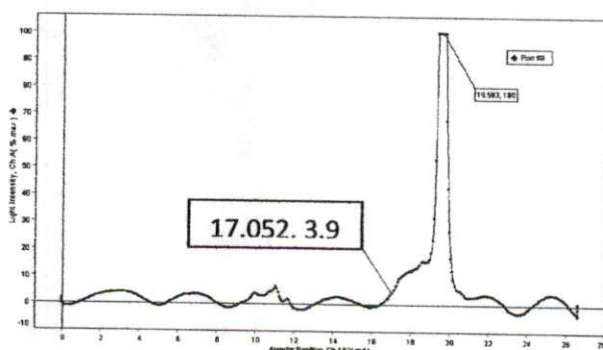
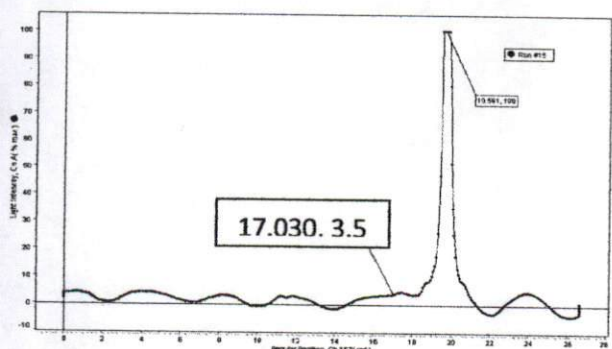
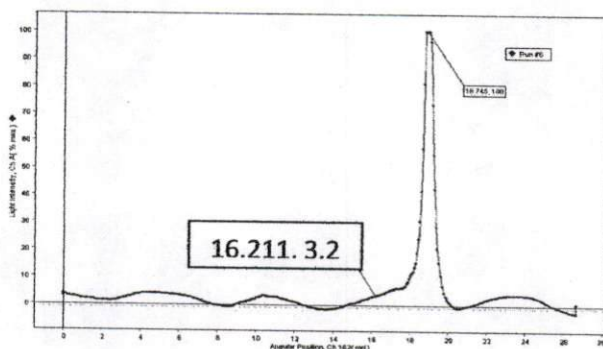
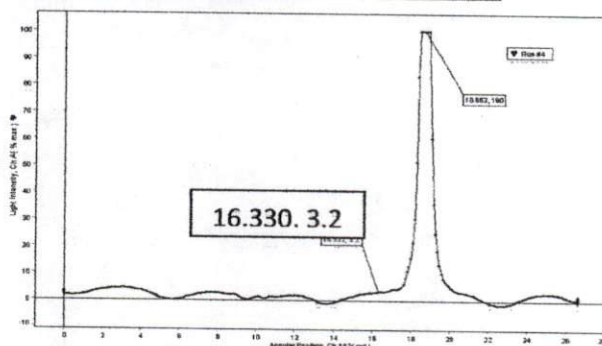
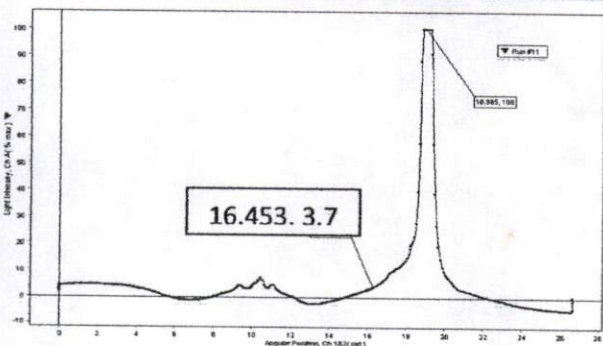
Lampiran 9

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
D ₂	1	3.10	3.00×10^{-2}	91
	2	3.40	2.68×10^{-2}	
	3	3.70	2.38×10^{-2}	
	4	3.30	2.78×10^{-2}	
	5	4.00	2.11×10^{-3}	
Intensitas rata-rata		3.50±0.05		
Standar deviasi		0.16		
Konsentrasi aseton rata-rata		2.59×10^{-2}		



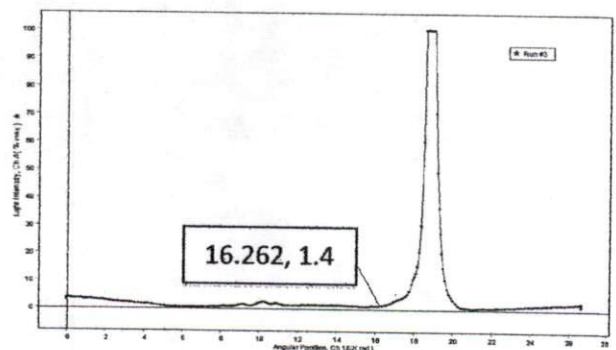
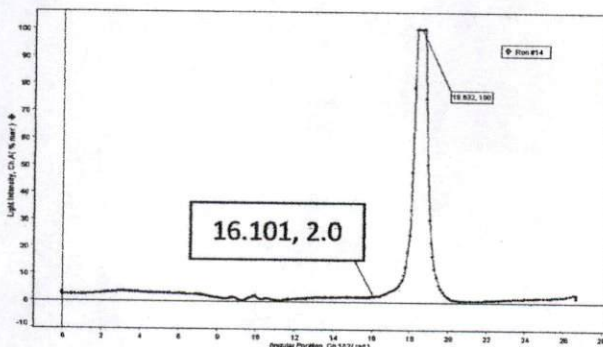
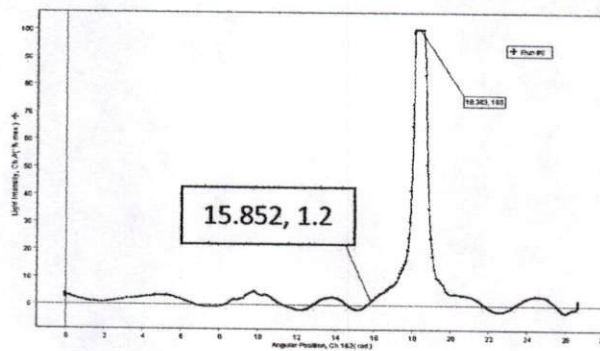
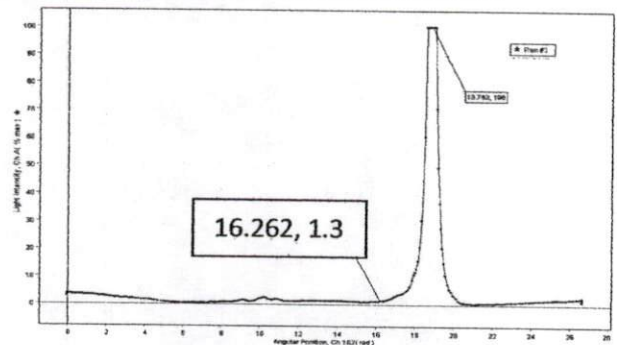
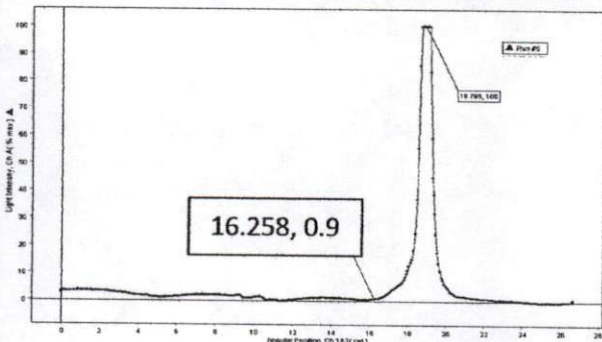
Lampiran 10

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
E ₂	1	3.70	2.38×10^{-2}	91
	2	3.20	2.89×10^{-2}	
	3	3.20	2.89×10^{-2}	
	4	3.50	2.57×10^{-2}	
	5	3.90	2.20×10^{-3}	
Intensitas rata-rata		3.50±0.05		
Standar deviasi		0.14		
Konsentrasi aseton rata-rata		2.58×10^{-2}		



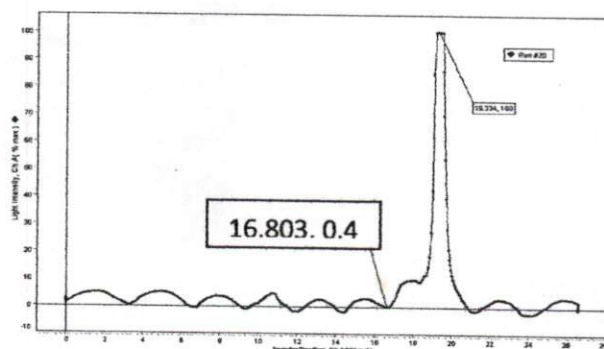
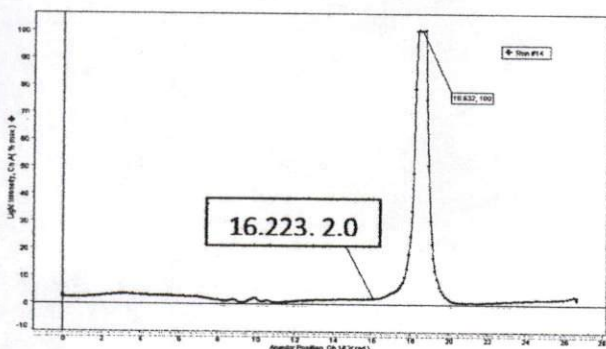
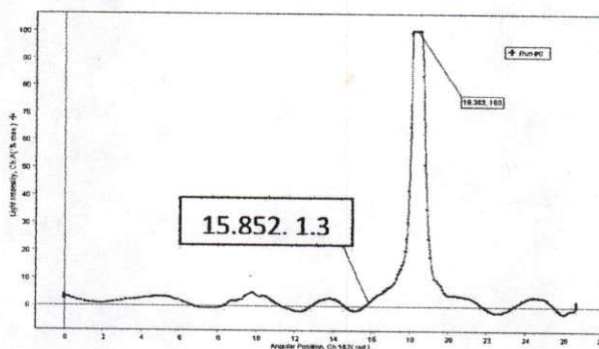
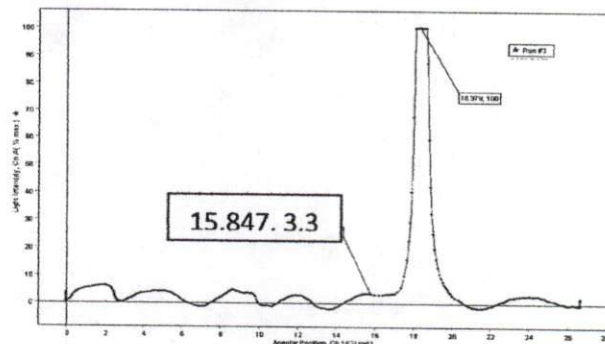
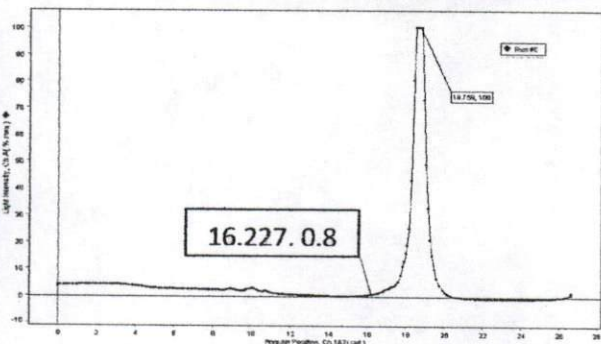
Lampiran 11

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
F	1	0.90	7.33×10^{-2}	135
	2	1.30	6.04×10^{-2}	
	3	1.20	6.32×10^{-2}	
	4	2.00	4.53×10^{-2}	
	5	1.40	5.78×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		1.36±0.05		
Standar deviasi		0.18		
Konsentrasi aseton rata-rata		6.00×10^{-2}		



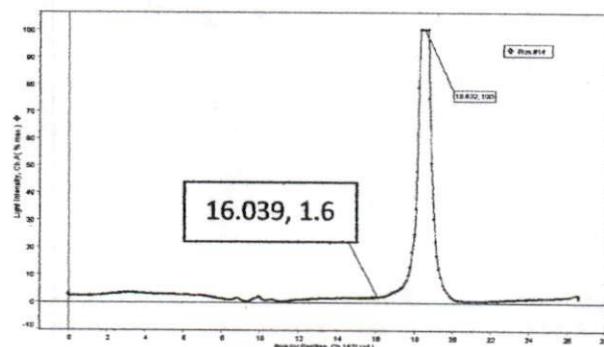
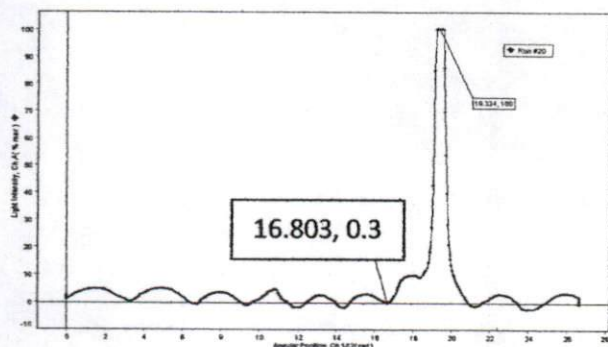
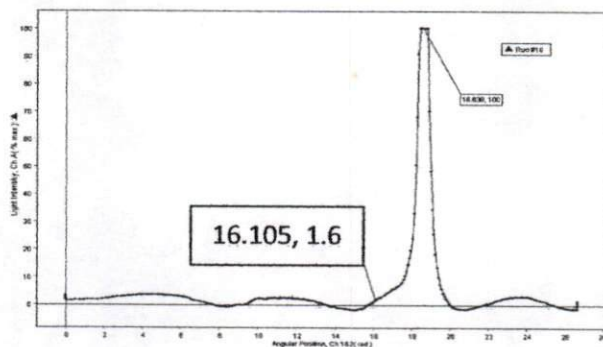
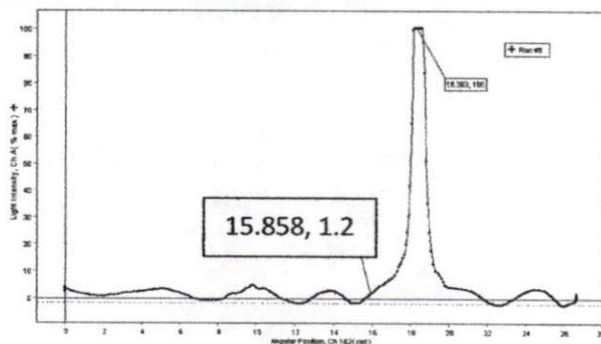
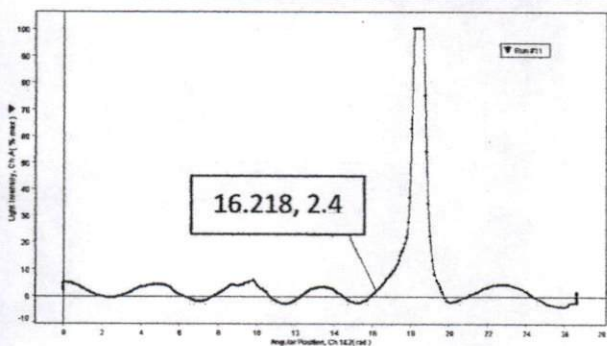
Lampiran 12

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
G	1	0.80	7.74×10^{-2}	141
	2	3.30	2.78×10^{-2}	
	3	1.30	6.04×10^{-2}	
	4	2.00	4.53×10^{-2}	
	5	0.40	1.02×10^{-1}	
Intensitas rata-rata		1.56±0.05		
Standar deviasi		0.51		
Konsentrasi aseton rata-rata		6.25×10^{-2}		



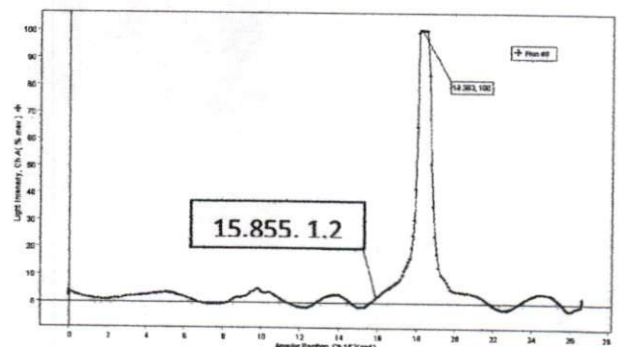
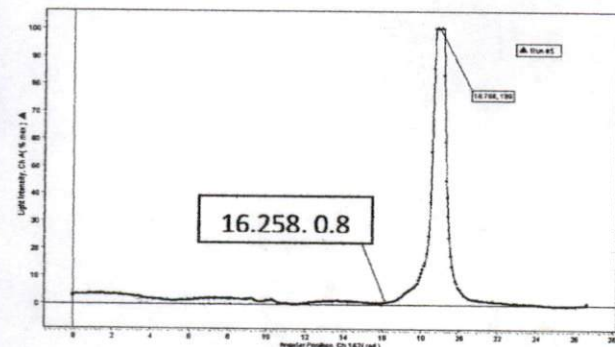
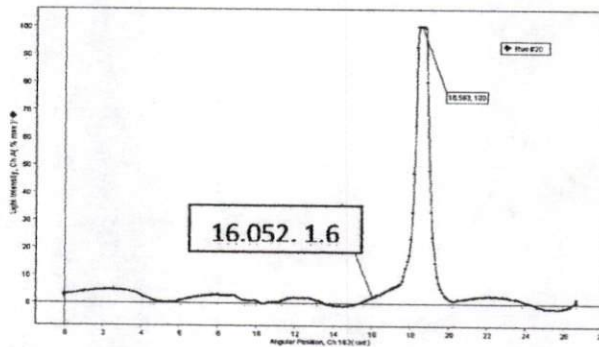
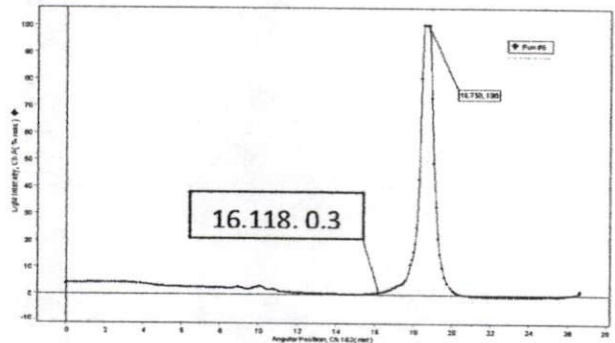
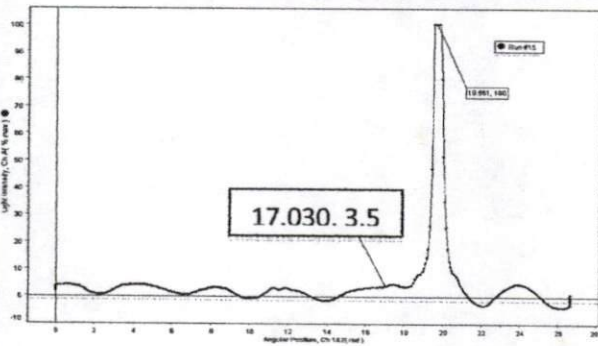
Lampiran 13

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
H	1	2.40	3.90×10^{-2}	165
	2	1.20	6.32×10^{-2}	
	3	1.60	5.32×10^{-2}	
	4	0.30	1.12×10^{-1}	
	5	1.60	5.32×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		1.42±0.05		
Standar deviasi		0.34		
Konsentrasi aseton rata-rata		6.41×10^{-2}		



Lampiran 14

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
I	1	3.50	2.57×10^{-2}	172
	2	0.30	1.12×10^{-1}	
	3	1.60	5.32×10^{-2}	
	4	0.80	7.74×10^{-2}	
	5	1.20	6.32×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		1.48±0.05		
Standar deviasi		0.55		
Konsentrasi aseton rata-rata		6.63×10^{-2}		



Lampiran 15

Nama Sampel	Spektroskopi ke-	I (%)	c (mol/l)	Gula darah (mg/100 ml)
J	1	0.40	1.02×10^{-1}	418
	2	0.90	7.33×10^{-2}	
	3	1.30	6.04×10^{-2}	
	4	0.30	1.18×10^{-1}	
	5	0.80	7.74×10^{-2}	
Intensitas rata-rata		0.74±0.05		
Standar deviasi		0.18		
Konsentrasi aseton rata-rata		8.49×10^{-2}		

