

**STUDI KOMPOSISI LIMBAH HASIL PROSES TERAPI  
PEMBALURAN DENGAN ANALISA PUNCAK SPEKTRUM  
INFRAMERAH**

**SKRIPSI**

Oleh:  
**DIENA YANUARIETA RATNANINDIA**  
**0410930010-93**



**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**MALANG**  
**2008**



**STUDI KOMPOSISI LIMBAH HASIL PROSES TERAPI  
PEMBALURAN DENGAN ANALISA PUNCAK SPEKTRUM  
INFRAMERAH**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang Fisika**

**Oleh:  
DIENA YANUARIETA RATNANINDIA  
0410930010-93**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2008**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**STUDI KOMPOSISI LIMBAH HASIL PROSES TERAPI  
PEMBALURAN DENGAN ANALISA PUNCAK SPEKTRUM  
INFRAMERAH**

Oleh :  
**DIENA YANUARIETA RATNANINDIA**  
0410930010-93

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal:  
**28 November 2008**

Pembimbing I

Pembimbing II

D.J. Djoko H.S, M.Phil., PhD.  
NIP. 131 879 032

Chomsin S. Widodo, M.Si.  
NIP. 132 135 217

**Mengetahui,**  
Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang

Drs. Adi Susilo, M.Si.,PhD.  
NIP. 131 960 447



## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DIENA YANUARIETA RATNANINDIA

NIM : 0410930010-93

Jurusan : FISIKA

Penulis Tugas Akhir Berjudul:

STUDI KOMPOSISI LIMBAH HASIL PROSES TERAPI  
PEMBALURAN DENGAN ANALISA PUNCAK SPEKTRUM  
INFRAMERAH

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah benar-benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka tugas akhir ini semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi tugas akhir saya merupakan plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 19 Oktober 2008

Yang menyatakan

Diena Yanuarieta Ratnanindia

0410930010-93



# Studi Komposisi Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran Dengan Analisa Puncak Spektrum Inframerah

## ABSTRAK

Metode balur bertujuan untuk mengeluarkan racun dari dalam tubuh. Penelitian tentang pembaluran, khususnya mengenai komposisi dari limbah yang dihasilkannya, masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu diperlukan adanya suatu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui komposisi dari limbah balur dengan menggunakan FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*). Penentuan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dilakukan dengan mendeteksi sampel obat dan limbah balur, baik yang masih dalam bentuk cair maupun setelah dikeringkan terlebih dahulu. Adapun prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengurangi hasil pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari sampel dengan hasil pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon sehingga diperoleh spektrum penyerapan inframerah asli dari sampel. Setelah itu, memperkirakan nilai puncak spektrum dengan menggunakan metode *deconvolusi*. Langkah terakhir, yaitu menganalisa data dengan cara mencocokkan nilai puncak gelombang yang sudah diperoleh dengan referensi yang berupa tabel penyerapan inframerah. Hasil dari penelitian ini adalah jenis-jenis senyawa yang terdapat pada sampel obat dan limbah balur tidak dapat diketahui secara pasti karena jenis-jenis ikatan yang terdeteksi pada sampel tidak berada dalam satu golongan senyawa yang sama. Selain itu, dalam menganalisa perbedaan komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu tidak ditemukan pola yang dapat menjelaskan adanya perbedaan komposisi karena baik obat maupun limbah balur tersebut bukan merupakan senyawa murni melainkan sudah berupa campuran dari beberapa komponen sehingga ada kemungkinan terjadi suatu reaksi yang dapat menghasilkan senyawa baru.



## Study Composition of Cesspool Which Result From Processing Of “Balur” Therapy by Analyzing Peaks of Infra Red Spectrum

### ABSTRACT

“Balur” method is developed of currycomb method or spreading sugarpalm vinegar mixed with onion. Nowadays “balur” method is most debated in medical sector. This is because most of medical experts have not accepted this method. According to Gretha, cesspool of the “balur” process could be crystalized and could be used to diagnose the kind of disease, who suffering of the patient. This case it must be question by medical experts. Study on the composition of the cesspool is necessary to clarify many phenomena about the “balur” method. This study utilized FT-IR (Fourier Transform Infra Red) spectroscopy to investigate the vibration peaks and relate them to the composition of the cesspool. The composition study is carried on by comparing the Infra Red spectra of drugs and the cesspool. The results show that the composition of the drugs and the cesspool cannot be identification clearly to their complex mixture. Other problem encountered during this study there are different peaks in the spectra of wet and dried samples. The different indicates traces of different composition or changing of molecular structure.





## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan telah dipanjatkan oleh penulis karena atas rahmat dan karunia-Nya semata, maka penyusunan skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan.

Skripsi merupakan mata kuliah wajib yang harus diambil oleh setiap Mahasiswa Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang sebagai syarat lulus meraih gelar sarjana. Laporan ini dibuat dalam rangka memenuhi syarat bahwa penulis telah melalui mata kuliah wajib Skripsi.

Selama pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan skripsi, penulis banyak mendapat tambahan pengetahuan, wawasan, dan pengalaman. Untuk itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Drs. Adi Susilo, PhD selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak D.J. Djoko H.S, M.Phil, PhD selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Chomsin S. Widodo, M.Si selaku Dosen Pembimbing II.
4. Mama, Papa, Mbak Anggia, Mbak Anggun, Adit, dan Yoga atas semua bantuan, dukungan, dan supportnya selama ini. I love you...
5. Teman-teman dari Jurusan Fisika angkatan 2004, terima kasih atas dukungan dan persahabatan yang kita alami bersama selama ini, baik dalam suka maupun duka.
6. Seluruh keluarga besar yang ada di Solo, Wonosari, Sragen, Jakarta, Bandung, Denpasar, Lawang, dan Malang atas doa restunya selama ini.
7. Serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam penulisan skripsi ini banyak melakukan kesalahan, baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja. Semoga apa yang tertulis dalam skripsi ini dapat bermanfaat. Amin.

Malang, Oktober 2008

Penulis



## DAFTAR ISI

Abstrak .....	ix
Abstract .....	xi
Kata Pengantar .....	xiii
Daftar Isi.....	xv
Daftar Gambar.....	xix
Daftar Tabel.....	xxi
Daftar Lampiran .....	xxiii

### **Bab I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penulisan .....	3
1.5 Manfaat Penulisan .....	3

### **Bab II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Fourier Transform Infra Red (FT-IR).....	5
2.1.1 Proses Terbentuknya Spektrum Inframerah ..	5
2.1.2 Bentuk Sebuah Spektrum Inframerah.....	5
2.1.3 Penyebab Beberapa Frekuensi Sinar Inframerah Terserap .....	7
2.1.4 Perubahan Energi Vibrasi.....	9
2.1.5 Sistem Optik Spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infra Red).....	11
2.1.6 Cara Kerja Alat Spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infra Red).....	12
2.1.7 Perlakuan Pada Data Spektrum .....	16
2.1.7.1 Pengumpulan Data Spektrum .....	16
2.1.7.2 Pengurangan Spektrum (Perbedaan) .....	16
2.1.7.3 Smoothing Spektrum.....	18
2.1.7.4 Koreksi Baseline.....	18
2.2 Pembaluran .....	20
2.3 Komposisi Obat-obatan dan Limbah Balur .....	21

### **Bab III METODE PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
3.2 Alat dan Bahan .....	25

3.3	Metodologi.....	25
3.3.1	Prosedur Pengambilan Sampel .....	25
3.3.2	Prosedur Eksperimen .....	26
3.3.3	Prosedur Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah.....	28
3.3.3.1	Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon.....	28
3.3.3.2	Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Suatu Sampel Dengan Menggunakan Kristal Silikon.....	29
3.3.3.3	Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Suatu Sampel.....	30
3.4	Uji Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida).....	31
3.4.1	Pengaturan Alat.....	31
3.4.2	Pengecekan Mesin FT-IR Dengan Menggunakan Kartu Sampel 1.5 mil Polystyrene.....	32
3.4.3	Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon.....	33
3.4.4	Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Alkohol Dengan Menggunakan Kristal Silikon.....	33
3.4.5	Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Alkohol.....	33
3.4.6	Penentuan Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida).....	33
3.5	Penentuan Komposisi Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran dan Obat Yang Digunakan Dalam Proses Terapi Pembaluran.....	34
3.5.1	Persiapan Sampel.....	34
3.5.2	Pendeteksian Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon.....	35
3.5.3	Pendeteksian Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Masing-Masing Jenis Limbah dan Obat Balur Dengan Menggunakan Kristal Silikon.....	35

3.5.4 Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Masing-masing Jenis Limbah dan Obat Balur.....	36
3.6 Analisis Puncak Spektrum Inframerah .....	36

**Bab IV PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Uji Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida).....	41
4.2 Komposisi Obat Yang Digunakan Dalam Proses Terapi Pembaluran dan Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran .....	45
4.2.1 Hasil Pengeringan Sampel.....	45
4.2.2 Jenis-jenis Gugus Yang Dapat Mengindikasikan Komposisi Umum Pada Masing-Masing Sampel.....	48
4.2.3 Hasil Pendeteksian Komposisi Obat dan Limbah Balur Dengan Analisa Puncak Spektrum Inframerah.....	62

**Bab V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran .....	69
Daftar Pustaka .....	71
Lampiran .....	73



## DAFTAR GAMBAR

1.	<b>Gambar 2.1</b>	Spektrum inframerah dari n-propanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .....	6
2.	<b>Gambar 2.2</b>	Pergerakan Ikatan.....	8
3.	<b>Gambar 2.3</b>	Pembelokan Ikatan.....	8
4.	<b>Gambar 2.4</b>	Penyerapan beberapa frekuensi sinar inframerah pada n-propanol, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .....	9
5.	<b>Gambar 2.5</b>	Vibrasi regangan ( <i>stretching</i> ).....	10
6.	<b>Gambar 2.6</b>	Vibrasi bengkokan ( <i>bending</i> ).....	11
7.	<b>Gambar 2.7</b>	Sistem optik spektrofotometer FT-IR .....	12
8.	<b>Gambar 2.8</b>	Skema ilustrasi dari sistem FT-IR.....	14
9.	<b>Gambar 2.9</b>	Empat basis dasar pada koreksi <i>baseline</i> .	19
10.	<b>Gambar 2.10</b>	Proses pembaluran di atas lempeng tembaga (Cu).....	20
11.	<b>Gambar 3.1</b>	Prosedur pengambilan sampel .....	26
12.	<b>Gambar 3.2</b>	Prosedur eksperimen yang dilakukan untuk menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dengan analisa puncak spektrum inframerah.....	27
13.	<b>Gambar 3.3</b>	Kristal silikon dan pemegang sampel .....	28
14.	<b>Gambar 3.4</b>	Mesin FT-IR (Nicolet IR200) yang dihubungkan ke seperangkat komputer....	31
15.	<b>Gambar 3.5</b>	Tampilan awal program EZ OMNIC .....	32
16.	<b>Gambar 3.6</b>	(a) Kartu sampel <i>1.5 mil Polystyrene</i> .....	32
		(b) Mesin FT-IR (Nicolet IR200).....	32
17.	<b>Gambar 3.7</b>	Tampilan awal program PF 4.....	36
18.	<b>Gambar 3.8</b>	Tampilan kolom yang disediakan untuk menuliskan nama spektrum serta keterangan pada sumbu X dan sumbu Y..	37
19.	<b>Gambar 3.9</b>	Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah sebelum di- <i>smoothing</i> .....	37
20.	<b>Gambar 3.10</b>	Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah di- <i>smoothing</i> .....	38

21. <b>Gambar 3.11</b>	Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah dilakukan pengaturan <i>baseline</i> .....	38
22. <b>Gambar 3.12</b>	Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah di- <i>smoothing</i> untuk kedua kalinya .....	39
23. <b>Gambar 3.13</b>	Salah satu contoh tampilan perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah yang ditentukan dengan metode <i>deconvolution</i> .....	39
24. <b>Gambar 3.14</b>	Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah yang sudah siap untuk dianalisis .....	40
25. <b>Gambar 4.1</b>	Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon sebelum dilakukan pengaturan <i>baseline</i> dan di- <i>smoothing</i> .....	42
26. <b>Gambar 4.2</b>	Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon setelah dilakukan pengaturan <i>baseline</i> dan di- <i>smoothing</i> .....	42
27. <b>Gambar 4.3</b>	Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida) sebelum dilakukan pengaturan <i>baseline</i> dan di- <i>smoothing</i> .....	43
28. <b>Gambar 4.4</b>	Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida) setelah dilakukan pengaturan <i>baseline</i> dan di- <i>smoothing</i> .....	43
29. <b>Gambar 4.5</b>	Contoh foto-foto hasil pengeringan sampel .....	45
30. <b>Gambar 4.6</b>	Struktur kimia acetosal.....	66
31. <b>Gambar 4.7</b>	Struktur kimia urea.....	67

## DAFTAR TABEL

1.	<b>Tabel 4.1</b>	Tabel Jenis Ikatan atau Gugus Yang Dimiliki Spektrum Penyerapan Inframerah Pada Alkohol .....	44
2.	<b>Tabel 4.2</b>	Tabel Hasil Pengeringan Sampel .....	46
3.	<b>Tabel 4.3</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel AC .....	52
4.	<b>Tabel 4.4</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Benzoat.....	53
5.	<b>Tabel 4.5</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Fermipan .....	54
6.	<b>Tabel 4.6</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel <i>Love</i> .....	55
7.	<b>Tabel 4.7</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Air Brambang.....	56
8.	<b>Tabel 4.8</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel HUM .....	57
9.	<b>Tabel 4.9</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel HU Panas.....	58
10.	<b>Tabel 4.10</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel PC.....	59
11.	<b>Tabel 4.11</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Vitamin C .....	60
12.	<b>Tabel 4.12</b>	Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Kopi.....	61



## DAFTAR LAMPIRAN

1. **Lampiran 1** Struktur Kimia Yang Dimiliki Oleh Setiap Komponen Yang Terdapat Pada Obat Balur ..... 73
2. **Lampiran 2** Foto-Foto Hasil Pengeringan Obat Yang Digunakan Dalam Terapi Pembaluran ..... 77
3. **Lampiran 3** Foto-Foto Hasil Pengeringan Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran Pada Pasien ..... 79
4. **Lampiran 4** Spektrum Penyerapan Inframerah Pada Obat dan Limbah Balur ..... 87
5. **Lampiran 5** Jenis-jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Masing-masing Sampel Obat dan Limbah Balur ..... 93
6. **Lampiran 6** Tabel Puncak Daerah Serapan Inframerah Pada Obat dan Limbah Balur Yang Dideteksi Dengan Menggunakan FT-IR..... 103
7. **Lampiran 7** Spektrum Inframerah Pada Alkohol Yang Dideteksi Dengan Menggunakan KBr di Ruang Instrumentasi I Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang ..... 109
8. **Lampiran 8** Tabel Spektroskopi Inframerah ..... 111



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Persoalan kehidupan yang dihadapi masyarakat modern sangat rentan akan timbulnya penyakit kronis. Kesibukan, polusi, kontaminasi, radiasi (matahari dengan lapisan ozon tipis), kelelahan, kekenyangan, kesenangan, kelaparan, stress, dan berbagai penyakit yang ditimbulkannya akan berakibat tubuh mengeluarkan oksigen radikal atau radikal bebas yang berlebihan. Akibat dari adanya radikal bebas yang berlebihan dapat menimbulkan masalah kesehatan (*Anonim, 2004*).

Metode balur adalah pengembangan dari metode kerikan, pilisan, atau baluran dengan cuka aren dicampur bawang. Balur itu bertujuan untuk detoksifikasi gas atau proses pengeluaran racun yang berupa radikal bebas dan gas merkuri melalui kulit (*Ikawati, 2007*).

Saat ini pembaluran tengah menjadi topik yang banyak diperdebatkan di kalangan dunia medis. Hal ini dikarenakan banyak ahli medis yang belum menerima teori dari metode pengobatan tersebut. Menurut Gretha (2007), limbah hasil proses pembaluran dapat dikristalkan dan kristal limbah tersebut dapat mengindikasikan jenis penyakit yang diderita oleh pasien. Hal ini tentunya menjadi tanda tanya besar bagi para ahli medis. Mereka masih meragukan komposisi dari limbah hasil proses terapi pembaluran yang diduga mengandung merkuri yang bisa dikeluarkan dari dalam tubuh dengan menggunakan metode pengobatan tersebut.

Untuk mengetahui komposisi dari limbah hasil proses pembaluran tersebut diperlukan adanya suatu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui komposisi dari limbah balur tersebut. FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan suatu alat yang sudah diketahui dapat mendeteksi gugus fungsi dari suatu senyawa yang dapat mengindikasikan komposisi suatu bahan. Selain itu, alasan lain yang mendasari dilakukannya penelitian ini dengan menggunakan FT-IR adalah untuk mengoptimalkan pemanfaatan peralatan yang ada di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Jika biasanya dalam menentukan komposisi suatu bahan dengan menggunakan FT-IR dilakukan dengan membuat pallet KBr (Kalium Bromida) sementara peralatan untuk membuat pallet tersebut tidak tersedia di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, maka diperlukan adanya alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) agar penelitian ini dapat terus dilaksanakan. Kristal silikon dipilih sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) karena silikon diketahui memiliki sifat transparan terhadap sinar inframerah.

Mengingat bahwa peralatan FT-IR yang ada di Laboratorium Mikroskopi dan Spektroskopi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang masih dalam kondisi baru dan belum pernah digunakan dalam penelitian lain, maka *library* yang ada dalam peralatan tersebut juga masih kurang lengkap. Oleh karena itu, penelitian ini juga berfungsi untuk menambah kelengkapan dari *library* yang ada pada peralatan FT-IR tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah kristal silikon dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pallet KBr?
2. Jenis-jenis gugus apa saja yang dapat mengindikasikan komposisi umum dari obat-obatan yang digunakan dalam proses pembaluran dan limbah hasil proses terapi pembaluran jika ditentukan dengan menganalisa puncak spektrum inframerah?
3. Apakah ada perbedaan antara komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar tidak terjadi perluasan masalah dalam pembahasan, maka penelitian ini dibatasi pada:

1. Penelitian ini tidak bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya kandungan merkuri di dalam limbah hasil proses terapi pembaluran, melainkan hanya bertujuan untuk

menentukan jenis-jenis ikatan yang dapat mengindikasikan komposisi dari limbah hasil proses terapi pembaluran dengan menggunakan analisa puncak spektrum inframerah.

2. Jenis-jenis gugus yang dapat terdeteksi dengan menggunakan peralatan FT-IR adalah jenis-jenis gugus organik.
3. Limbah hasil pembaluran yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan meja balur yang sama, sehingga ada kemungkinan bahwa limbah hasil pembaluran yang dihasilkan pada setiap tahapan telah terkontaminasi dengan limbah hasil pembaluran pada tahapan sebelumnya.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Menguji kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr.
2. Mengetahui jenis-jenis gugus yang dapat mengindikasikan komposisi umum dari obat-obatan yang digunakan dalam proses pembaluran dan limbah hasil proses terapi pembaluran jika ditentukan dengan menganalisa puncak spektrum inframerah.
3. Membandingkan komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari adanya penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan tentang metode pembaluran.
2. Mengetahui jenis-jenis gugus yang dapat mengindikasikan komposisi dari obat-obatan yang digunakan dalam proses pembaluran dan limbah yang dihasilkan dari proses terapi pembaluran tersebut.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Fourier Transform Infra Red (FT-IR)

##### 2.1.1 Proses Terbentuknya Spektrum Inframerah

Cahaya yang bisa kita lihat terdiri dari gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang berbeda-beda, dimana setiap frekuensi tersebut bisa dilihat sebagai warna yang berbeda. Radiasi inframerah juga merupakan gelombang dengan frekuensi yang berkesinambungan, akan tetapi mata kita tidak bisa melihatnya (*Anonim, 2007*).

Jika sebuah senyawa organik disinari dengan sinar inframerah yang mempunyai frekuensi tertentu, maka dapat diketahui bahwa beberapa frekuensi sinar inframerah akan diserap oleh senyawa organik tersebut. Sebuah detektor yang diletakkan di sisi lain senyawa organik tersebut akan menunjukkan bahwa beberapa frekuensi sinar inframerah dapat melewati senyawa organik tersebut tanpa diserap sama sekali, sedangkan frekuensi lainnya akan lebih banyak diserap. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa tersebut diukur sebagai 'persentase transmisi' (*percentage transmittance*) (*Anonim, 2007*).

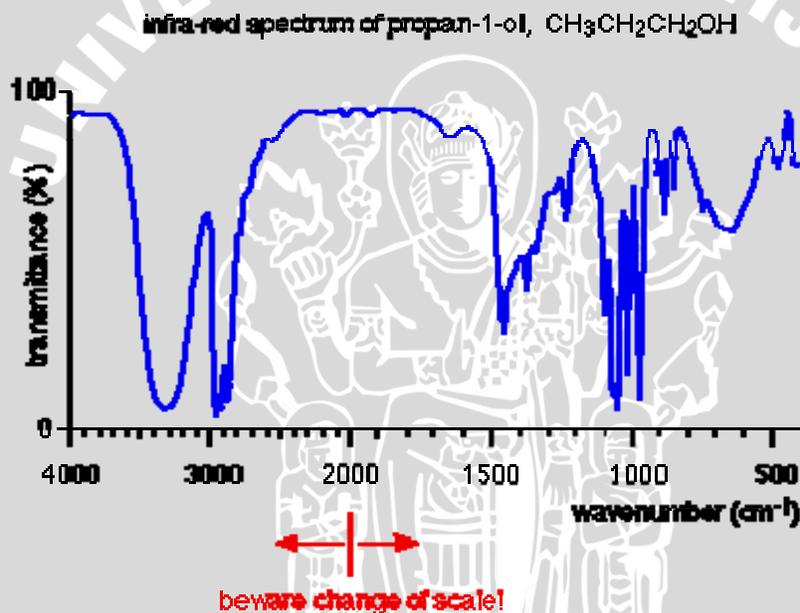
Persentase transmisi dengan nilai 100 memiliki arti bahwa semua frekuensi sinar inframerah dapat melewati senyawa tersebut tanpa diserap sama sekali. Pada kenyataannya, persentase transmisi dengan nilai 100 tidak pernah terjadi. Hal ini disebabkan karena akan selalu ada penyerapan walaupun kecil. Transmisi sebesar 95% dapat dikatakan sebagai persentase terbaik yang bisa diperoleh. Sebaliknya, transmisi sebesar 5% memiliki arti bahwa hampir semua frekuensi sinar inframerah diserap oleh senyawa organik tersebut. Tingginya penyerapan seperti ini dapat menjelaskan tentang ikatan-ikatan yang ada dalam senyawa tersebut (*Anonim, 2007*).

##### 2.1.2 Bentuk Sebuah Spektrum Inframerah

Suatu spektrum adalah grafik dari panjang gelombang dan energi yang diserap oleh suatu senyawa. Spektrum inframerah adalah grafik dari persentase transmitan atau

absorban dengan kenaikan panjang gelombang atau penurunan frekuensi. Dalam spektrofotometer inframerah, radiasi inframerah dengan panjang gelombang yang berturut-turut makin besar dialirkan melalui cuplikan, lalu persentase transmisinya diukur. Persentase transmisi merupakan kebalikan dari ukuran absorpsi radiasi inframerah. Secara teoritis bila suatu senyawa tak mengabsorpsi radiasi pada suatu panjang gelombang, berarti transmisinya 100%. Sebaliknya, bila semua radiasi diserap (absorpsi) maka transmisinya 0% (Fessenden, 1997).

Grafik di bawah ini menunjukkan perubahan nilai persentase transmisi jika frekuensi dari radiasi inframerah yang diberikan diubah (Anonim, 2007).



**Gambar 2.1** Spektrum inframerah dari n-propanol, CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH.

Salah satu hal yang perlu diperhatikan dari bentuk spektrum inframerah adalah besaran yang digunakan untuk mengukur frekuensi yang ada pada sumbu horizontal. Besaran untuk mengukur frekuensi yang ada pada sumbu horizontal adalah bilangan gelombang, yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{wavenumber} = \frac{1}{\text{wavelength in cm}} \text{ cm}^{-1}$$

Hal lain yang perlu diperhatikan dari bentuk spektrum inframerah adalah pergantian skala pada sumbu horizontal

bagian tengah. Jika diperhatikan, ada spektrum inframerah yang mempunyai skala yang sama dari awal sampai akhir, akan tetapi ada juga spektrum yang skalanya berubah pada nilai sekitar  $2000\text{ cm}^{-1}$  dan walaupun jarang, ada juga yang berubah lagi pada skala sekitar  $1000\text{ cm}^{-1}$ . Dengan demikian, ketika akan mengartikan spektrum inframerah, pembacaan skala pada sumbu horizontal harus dilakukan dengan hati-hati (*Anonim, 2007*).

Tiap lekukan yang disebut gelombang atau puncak menunjukkan absorpsi dari radiasi inframerah oleh cuplikan tersebut pada frekuensi tersebut. Frekuensi dimana terjadi suatu absorpsi diukur pada titik terendah dari lekukan. Intensitas relatif dari tiap kumpulan frekuensi adalah khas untuk suatu macam ikatan misalnya C-H atau C=O (*Fessenden, 1997*).

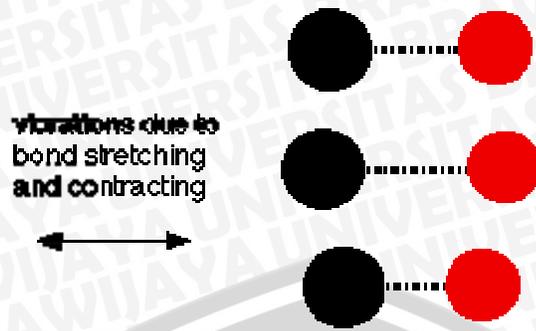
### 2.1.3 Penyebab Beberapa Frekuensi Sinar Inframerah Terserap

Setiap frekuensi sinar (termasuk inframerah) mempunyai energi tertentu. Apabila frekuensi tertentu yang diserap ketika melewati sebuah senyawa tersebut diselidiki, maka energi dari frekuensi itu pasti akan ditransfer ke senyawa tersebut. Energi pada radiasi inframerah sebanding dengan energi yang timbul pada getaran-getaran ikatan (*Anonim, 2007*).

Penyerapan beberapa frekuensi sinar inframerah dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu pergerakan ikatan dan pembelokan ikatan.

#### 1. Pergerakan ikatan

Pada ikatan kovalen, atom-atom tidak disatukan oleh ikatan yang kaku. Kedua atom berikatan karena kedua inti atom tersebut terikat pada pasangan elektron yang sama. Kedua inti atom tersebut dapat bergetar maju-mundur dan depan-belakang atau menjauhi masing-masing dalam posisi yang memungkinkan (*Anonim, 2007*).

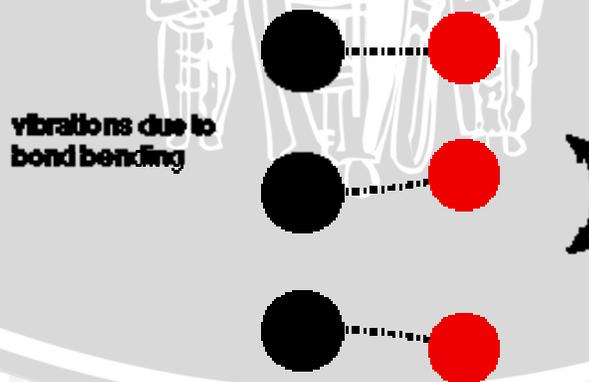


**Gambar 2.2** Pergerakan ikatan.

Energi yang terlibat pada getaran ini tergantung pada jarak ikatan tersebut dan massa kedua atom. Hal ini berarti bahwa setiap jenis ikatan akan bergetar dengan cara yang berbeda, sehingga melibatkan energi dengan jumlah yang berbeda-beda pula (*Anonim, 2007*).

Ikatan-ikatan selalu bergetar. Jika energi diberikan dengan jumlah yang tepat sama dengan yang dimiliki oleh ikatan tersebut, maka energi getarannya bisa dibuat ke tingkat yang lebih tinggi. Jumlah energi yang diperlukan untuk melakukan hal tersebut tergantung pada ikatan masing-masing. Oleh karena itu, setiap ikatan-ikatan yang berbeda, akan menyerap energi dengan frekuensi inframerah yang berbeda-beda pula (*Anonim, 2007*).

**2. Pembelokan ikatan**

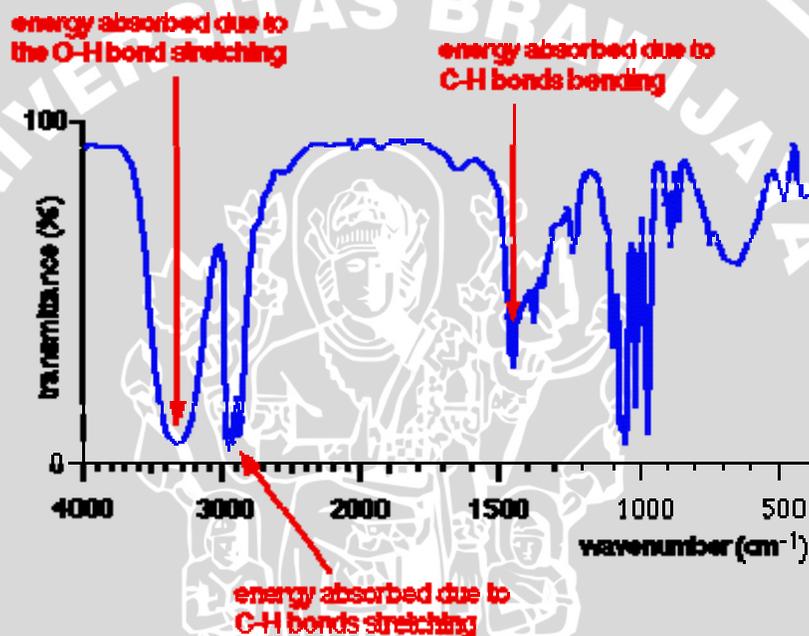


**Gambar 2.3** Pembelokan ikatan.

Tidak hanya bergerak, ikatan-ikatan atom juga dapat berbelok. Sekali lagi, ikatan-ikatan atom akan selalu bergetar seperti ini setiap saat dan apabila ikatan itu disinari dengan jumlah energi yang tepat, maka getaran itu

bisa dibuat ke tingkat yang lebih tinggi. Karena energi yang terlibat pada pembelokan ini juga berbeda-beda pada setiap jenis ikatan, maka setiap jenis ikatan akan menyerap sinar inframerah dengan frekuensi yang berbeda-beda pula untuk membuatnya meloncat ke tingkat yang lebih tinggi (Anonim, 2007).

Pada spektrum inframerah sebuah n-propanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ , di bawah ini, dapat dilihat bahwa pergerakan ikatan dan pembelokan ikatan mampu menghasilkan lembah yang berbeda dalam spektrum tersebut.



**Gambar 2.4** Penyerapan beberapa frekuensi sinar inframerah pada n-propanol,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ .

Pada diagram diatas, tiga contoh penyerapan itu dipilih untuk menunjukkan getaran-getaran ikatan yang membuat penyerapan itu terjadi (Anonim, 2007).

#### 2.1.4 Perubahan Energi Vibrasi

Atom-atom di dalam molekul tidak dalam keadaan diam, tetapi biasanya terjadi peristiwa vibrasi. Hal ini bergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya. Vibrasi molekul sangat khas untuk suatu molekul tertentu dan biasanya disebut vibrasi finger

print. Vibrasi molekul dapat digolongkan atas dua golongan besar, yaitu:

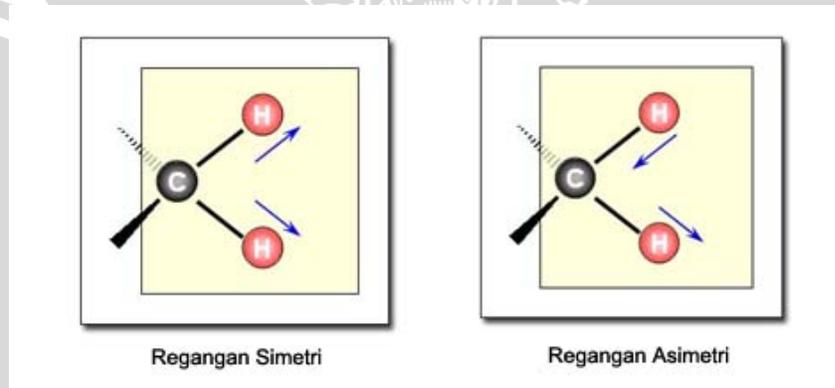
- a. vibrasi regangan (*stretching*)
- b. vibrasi bengkokan (*bending*)

(Giwangkara, 2007).

**a. Vibrasi regangan (*stretching*)**

Dalam vibrasi ini, atom bergerak terus sepanjang ikatan yang menghubungkannya sehingga akan terjadi perubahan jarak antara keduanya, walaupun sudut ikatan tidak berubah. Vibrasi regangan ada dua macam, yaitu:

1. Regangan simetri, unit struktur bergerak bersamaan dan searah dalam satu bidang datar.
2. Regangan asimetri, unit struktur bergerak bersamaan dan tidak searah tetapi masih dalam satu bidang datar.



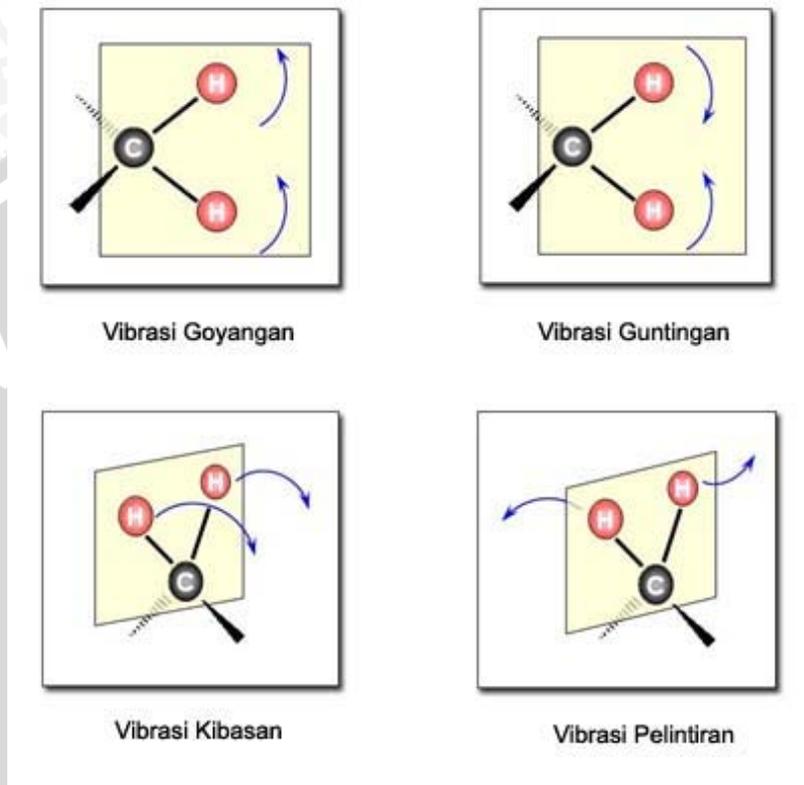
**Gambar 2.5** Vibrasi regangan (*stretching*).

**b. Vibrasi bengkokan (*bending*)**

Jika sistem tiga atom merupakan bagian dari sebuah molekul yang lebih besar, maka dapat menimbulkan vibrasi bengkokan atau vibrasi deformasi yang mempengaruhi osilasi atom atau molekul secara keseluruhan. Vibrasi bengkokan ini terbagi menjadi empat jenis, yaitu:

1. Vibrasi goyangan (*rocking*), unit struktur bergerak mengayun asimetri tetapi masih dalam bidang datar.
2. Vibrasi guntingan (*scissoring*), unit struktur bergerak mengayun simetri dan masih dalam bidang datar.

3. Vibrasi kibasan (*wagging*), unit struktur bergerak mengibas keluar dari bidang datar.
4. Vibrasi pelintiran (*twisting*), unit struktur berputar mengelilingi ikatan yang menghubungkan dengan molekul induk dan berada di dalam bidang datar.



**Gambar 2.6** Vibrasi bengkokan (*bending*).

(Giwangkara, 2007).

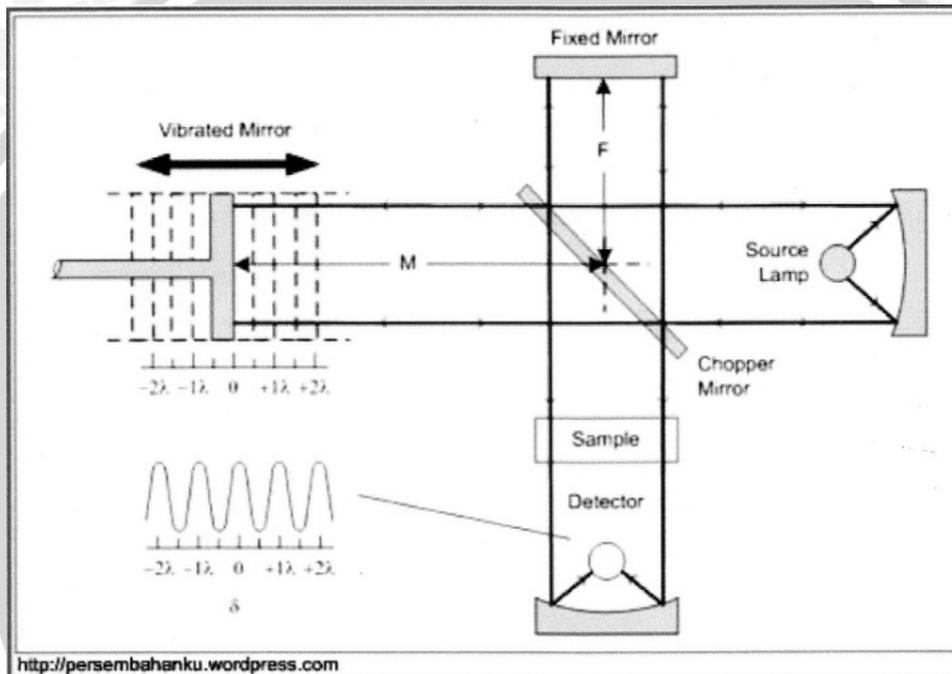
### 2.1.5 Sistem Optik Spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infra Red)

Pada dasarnya spektrofotometer FT-IR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah sama dengan spektrofotometer inframerah dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar inframerah melewati sampel. Dasar pemikiran dari spektrofotometer FT-IR adalah dari persamaan gelombang yang dirumuskan oleh Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), seorang ahli matematika dari Perancis (Giwangkara, 2007).

Dari deret Fourier tersebut, intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah

frekuensi. Perubahan gambaran intensitas gelombang radiasi elektromagnetik dari daerah waktu ke daerah frekuensi atau sebaliknya disebut Transformasi Fourier (*Fourier Transform*) (Anonim, 2007).

Selanjutnya, pada sistem optik peralatan instrumen FT-IR dipakai dasar daerah waktu yang non dispersif. Sebagai contoh, aplikasi pemakaian gelombang radiasi elektromagnetik yang berdasarkan daerah waktu adalah interferometer yang dikemukakan oleh Albert Abraham Michelson (Jerman, 1831) (Giwangkara, 2007).



**Gambar 2.7** Sistem optik spektrofotometer FT-IR.

### 2.1.6 Cara Kerja Alat Spektrofotometer FT-IR (Fourier Transform Infra Red)

Sistem optik spektrofotometer FT-IR seperti pada Gambar 2.7 ini dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin yang diam. Dengan demikian radiasi inframerah akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak ( $M$ ) dan jarak cermin yang diam ( $F$ ). Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut selanjutnya disebut sebagai retardasi ( $\delta$ ). Hubungan antara intensitas radiasi inframerah yang diterima detektor terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan

sistem optik dari spektrofotometer inframerah yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistem optik FT-IR (Giwangkara, 2007).

Pada sistem optik FT-IR digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emmission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi inframerah agar sinyal radiasi inframerah dapat diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik (Anonim, 2007).

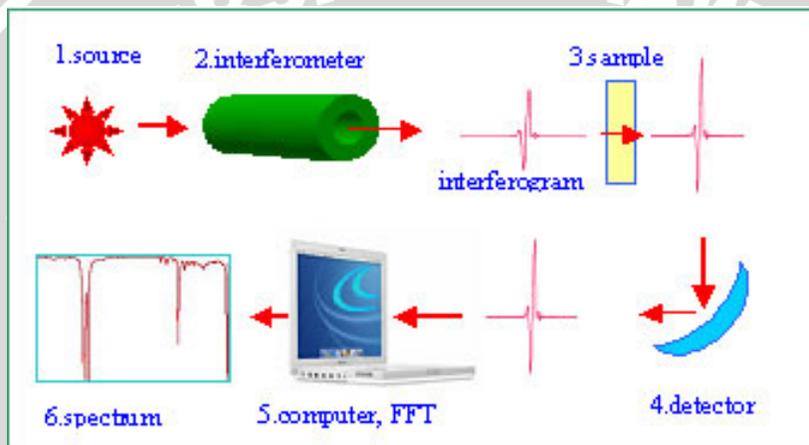
Detektor yang digunakan dalam spektrofotometer FT-IR adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (disingkat TGS) atau *Mercury Cadmium Telluride* (disingkat MCT). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat, tidak dipengaruhi oleh temperatur, dan sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi inframerah (Giwangkara, 2007).

Spektroskopi inframerah dapat mendeteksi karakteristik getaran dari suatu gugus fungsional kimia yang berada di dalam suatu sampel. Ketika suatu inframerah berinteraksi dengan suatu bahan (sampel), maka ikatan kimia akan meregang dan menekuk. Sebagai hasilnya, suatu golongan fungsional bahan kimia cenderung untuk menyerap penyinaran inframerah di dalam suatu bilangan gelombang (*wavenumber*) yang spesifik (Smith, 1996).

Sebagai contoh, peregangan C=O dari kelompok *carbonyl* nampak pada rentang  $1700\text{ cm}^{-1}$ . Karenanya, hubungan dari keadaan nilai gelombang dengan keadaan struktur kimia digunakan untuk mengidentifikasi suatu gugus fungsional di dalam suatu sampel. Posisi bilangan gelombang pada penyerapan gugus fungsional adalah konsisten, di samping efek suhu, tekanan, sampling, atau perubahan struktur molekul. Hal tersebut menunjukkan sekelompok gugus fungsional yang dapat dimonitor menurut jenis inframerah, yang disebut kelompok nilai gelombang (Anonim, 2007).

Tahap awal dari instrumen inframerah adalah jenis dispersif, yang menggunakan suatu prisma atau suatu

monokromator. Instrumen dispersif adalah karakteristik dari suatu spektrum inframerah yang dikumpulkan melalui suatu interferogram yang dijadikan sampel sinyal pada interferometer. Spektrofotometer FT-IR memperoleh spektrum inframerah dari pengumpulan pertama suatu interferogram sebagai suatu sampel dengan suatu interferensi yang mengukur semua frekuensi inframerah secara serempak. Data yang diperoleh oleh spektrofotometer FT-IR menunjukkan interferogram, sedangkan bentuk keluaran yang dihasilkan berupa bentuk spektrum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini (Anonim, 2007).



**Gambar 2.8** Skema ilustrasi dari sistem FT-IR.

Interferometer menggunakan beamsplitter untuk memisahkan cahaya inframerah yang masuk ke dalam dua sistem optik. Cahaya atau berkas sinar dicerminkan dari cermin datar yang diletakkan pada tempat yang tepat. Pencerminkan cahaya yang lain dari cermin datar menempuh jarak yang sangat pendek (kira-kira setengah milimeter) dari beamsplitter. Dua berkas cahaya mencerminkan masing-masing dari pencerminkan cahaya dan bergabung ketika kedua cahaya yang dicerminkan tersebut bertemu pada beamsplitter. Sinyal hasil interfering antara satu dengan yang lainnya saling bergabung. Akibatnya, sinyal yang dihasilkan disebut interferogram, yang mana setiap frekuensi inframerah ditandai di dalamnya. Ketika sinyal interferogram dipancarkan pada permukaan sampel, maka energi dengan frekuensi tertentu diserap oleh sampel. Setelah berinteraksi dengan sampel, sinyal inframerah menunjukkan

karakter yang unik. Sinar akhirnya sampai pada detektor dan diukur oleh detektor. Pendeteksian interferogram tidak dapat ditampilkan secara langsung, akan tetapi harus ditandai dengan teknik matematika dalam teorema transformasi Fourier. Komputer dapat menunjukkan perhitungan transformasi Fourier dan memberikan spektrum inframerah, dimana garis penyerapannya berupa bilangan gelombang (*Smith, 1996*).

Ketika sebuah interferogram berupa transformasi Fourier, maka akan dihasilkan spektrum cahaya tunggal. Spektrum cahaya tunggal merupakan alur dari detektor dalam menanggapi bilangan gelombang. Spektrum cahaya tunggal yang diperoleh tanpa sampel disebut juga latar belakang spektrum. Latar belakang spektrum ini dipengaruhi oleh alat dan lingkungan. Karakteristik dari ikatan yang berkisar antara  $3500 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1630 \text{ cm}^{-1}$  berasal dari uap air di atmosfer, sedangkan nilai  $2350 \text{ cm}^{-1}$  dan  $667 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan karbon dioksida. Terbentuknya spektrum selalu berjalan ketika analisis sampel oleh FT-IR berlangsung. Ketika interferogram diukur dengan sampel dan transformasi Fourier, maka akan diperoleh sampel spektrum cahaya tunggal. Hal itu terlihat sama dengan latar belakang terbentuknya spektrum, kecuali jika sampel mencapai puncak lapisan alat dan keadaan kontribusi pada spektrum. Untuk membatasi kontribusi tersebut, sampel dengan spektrum cahaya tunggal harus dinormalisasi lagi pada latar belakang spektrum. Akibatnya, transmisi spektrum ditunjukkan mengikuti:

$$\% T(\sigma) = \frac{I}{I_0}$$

dimana:

$\% T(\sigma)$  = persentase transmisi

$I$  = intensitas pengukuran dengan sampel pada sinar (dari sampel spektrum cahaya tunggal)

$I_0$  = intensitas pengukuran dari latar belakang spektrum

(*Anonim, 2007*).

Akhir dari transmisi atau penyerapan spektrum tidak harus bergantung pada peralatan maupun kontribusi lingkungan sekitar, akan tetapi hanya dipengaruhi oleh jenis

sampel. Jika konsentrasi gas seperti penguapan air dan karbondioksida dalam peralatan sama dengan ketika asal sampel spektra dibentuk, maka kontribusi spektrum akan tepat dan tidak akan terjadi pengelompokan. Jika konsentrasi gas berbeda dengan awal terbentuknya spektra, maka akan nampak pengelompokan pada sampel spektrum (Anonim, 2007).

## **2.1.7 Perlakuan Pada Data Spektrum**

### **2.1.7.1 Pengumpulan Data Spektrum**

Ada bermacam-macam teknik pengambilan sampel yang digunakan untuk berbagai bahan dalam percobaan FTIR, dimana salah satunya adalah dengan menggunakan teknik ATR Spektroskopi. Akan tetapi apabila sampel tersebut tebal dan buram, dapat memantulkan cahaya dengan baik, atau bahkan tidak cocok untuk analisa transmisi, maka pengambilan sampel dapat dilakukan dengan menggunakan teknik lain, misalnya Spektroskopi Pemantulan dan Penyerapan (*Reflection-Absorption Spectroscopy / RAS*), Spektroskopi Pantulan Internal (*Internal Reflection Spectroscopy / IRS*), Spektroskopi Pantulan Baur (*Diffuse Reflection Spectroscopy / DRIFT*), atau Spektroskopi Transmisi Inframerah (*Transmission Infrared Spectroscopy / TIR*) (Santjojo, 1995).

### **2.1.7.2 Pengurangan Spektrum (Perbedaan)**

Pengurangan spektrum dilakukan untuk menghilangkan penyerapan yang bertentangan dengan latar belakang, misalnya pita spektrum substrat atau wadah (kristal silikon). Hal tersebut pertama kali dipopulerkan oleh Jack Koenig dari Case Western University USA pada pertengahan 1970an. Gagasan yang diberikannya, yaitu: “*Spektrum sampel dapat diperoleh dengan cara spektrum pertama yang merupakan latar belakang atau substrat data spektrum dikurangkan dari spektrum kedua, yang mana spektrum kedua ini mengandung spektrum sampel dan spektrum latar belakang*”. Pengurangan spektrum tersebut dapat dikatakan valid apabila substrat tidak memperlihatkan interaksi apapun dengan sampel.

Pengurangan spektrum yang biasa disebut sebagai perbedaan perangkat lunak komputer mungkin dapat digunakan sebagai suatu alat kuantitatif dengan keadaan yang harus dikendalikan secara hati-hati (*Santjojo, 1995*).

Istilah "perbedaan" digunakan karena spektrum yang dihasilkan diperoleh dari perbedaan dua spektrum penyerapan. Spektrum penyerapan suatu sampel merupakan logaritma yang negatif dari spektrum transmisi. Hal ini dapat dirumuskan dengan:

$$A(\sigma) = -\log[T(\sigma)]$$

Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan melalui suatu bahan akan diserap secara parsial. Ketika radiasi melewati material kedua, maka radiasi tersebut akan diserap lebih lanjut. Hal ini mengakibatkan spektrum transmisi merupakan produk dari dua spektrum individu.

$$T(\sigma) = T_1(\sigma)T_2(\sigma)$$

Jika  $T_1(\sigma)$  adalah spektrum pertama yang merupakan latar belakang dan  $T_2(\sigma)$  adalah spektrum kedua yang mengandung spektrum sampel dan spektrum latar belakang, maka untuk menghilangkan spektrum latar belakang dari spektrum kedua dapat dilakukan dengan membagi  $T(\sigma)$  dengan spektrum latar belakang  $T_1(\sigma)$ .

$$T_2(\sigma) = \frac{T(\sigma)}{T_1(\sigma)}$$

Dalam hal penyerapan,

$$\begin{aligned} A_2(\sigma) &= -\log [T_2(\sigma)] \\ &= -\log \left[ \frac{T(\sigma)}{T_1(\sigma)} \right] \\ &= -\log [T(\sigma)] - (-\log [T_1(\sigma)]) \\ &= A(\sigma) - A_1(\sigma) \end{aligned}$$

Efek dari perbedaan konsentrasi latar belakang dapat dihilangkan dengan melakukan penyekalaan latar belakang menggunakan sebuah konstanta  $k$  sebelum proses pengurangan dilakukan.

$$A_2(\sigma) = A(\sigma) - k A_1(\sigma)$$

(*Santjojo, 1995*).

### 2.1.7.3 Smoothing Spektrum

Tidak ada spektrum yang seluruhnya bebas dari *noise*. *Noise* mungkin berkaitan dengan lingkungan pengukuran, misalnya penampilan uap air dan gas karbondioksida pada spektrum dari suatu instrumen yang sedang dibersihkan. Selain itu, *noise* juga dapat berupa komponen yang tidak diinginkan di dalam spektrum, dimana hal tersebut dapat berkaitan dengan suara gaduh dalam pengukuran (*Santjojo, 1995*).

*Smoothing* spektrum merupakan suatu proses matematika yang mungkin digunakan untuk mengurangi intensitas *noise* dengan merespon informasi yang ada dalam spektrum tersebut. Proses ini umumnya menggunakan fungsi *smoothing* Savitzky-Golay. Faktor *smoothing* yang sesuai dapat mudah dipilih dengan menggunakan komputer yang memiliki fasilitas *smoothing* spektrum yang interaktif. Perangkat lunak yang interaktif ini dapat menghindari *smoothing* yang berlebihan yang dapat mempengaruhi kemantapan bentuk pita dan posisi puncak. Masih ada bermacam-macam prosedur *smoothing* matematika dan algoritma lain yang dapat digunakan dalam *smoothing* spektrum (*Santjojo, 1995*).

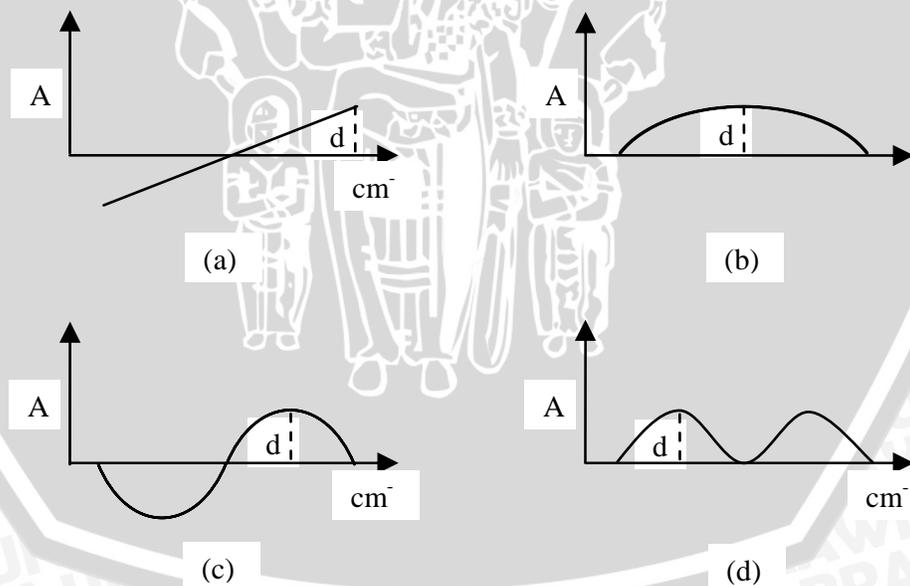
Bagaimanapun juga, jika pada spektrum tersebut terdapat *noise* yang cukup besar, fasilitas *smoothing* bukanlah suatu pilihan yang baik terutama untuk pengukuran kuantitatif. Seperti diuraikan sebelumnya, *scanning* spektrum dengan menggunakan resolusi yang rendah dan jumlah *scanning* yang besar merupakan cara terbaik untuk meningkatkan ratio S/N dan dapat mengurangi *noise* (*Santjojo, 1995*).

### 2.1.7.4 Koreksi Baseline

Ketika radiasi inframerah menjangkau detektor di dalam spektrometer, hal itu mungkin dapat menyebabkan spektrum tersebut menjadi miring. Suatu sample yang permukaannya kasar kemungkinan dapat menyebarkan cahaya kemana-mana. Kemiringan spektrum yang berkaitan dengan karakteristik permukaan dan bukan

karena penyerapan sampel akan memperlihatkan kesalahan ketika analisis kuantitatif dilaksanakan (Santjojo, 1995).

Koreksi *baseline* merupakan salah satu dari fasilitas yang terdapat pada perangkat lunak komputer dan berisi empat masukan klasifikasi yang mewakili bentuk yang dapat meratakan atau mengoreksi *baseline* dari suatu spektrum. Keempat basis dasar yang umum tersedia, yaitu serong, busur, miring, dan gelombang, dapat terpilih dan disesuaikan dengan menggunakan bantuan data yang interaktif. Penyesuaian keempat basis tersebut dapat diterapkan dengan memasukkan angka-angka yang sebanding dengan 'd'. Penyesuaian tersebut harus dilakukan dengan sangat hati-hati. Hal ini dikarenakan bentuk spektrum yang telah di-*baseline* masih harus benar-benar berisi informasi yang dapat menghubungkannya kepada konsentrasi suatu komponen. Koreksi *baseline* tidak dapat dilakukan pada suatu spektrum dalam format peresentase transmisi sebelum dikonversikan menjadi format absorbansi. Hal tersebut dikarenakan faktor nonlinear diperkenalkan oleh fungsi yang logaritmis (Santjojo, 1995).



**Gambar 2.9** Empat basis dasar pada koreksi *baseline*

- (a) serong
- (b) busur
- (c) miring
- (d) gelombang

## 2.2 Pembaluran

Metode balur adalah pengembangan dari metode kerikan, pilisan, atau baluran dengan cuka aren dicampur bawang. Balur itu bertujuan untuk detoksifikasi gas atau proses pengeluaran racun yang berupa radikal bebas dan gas merkuri melalui kulit (*Ikawati, 2007*).

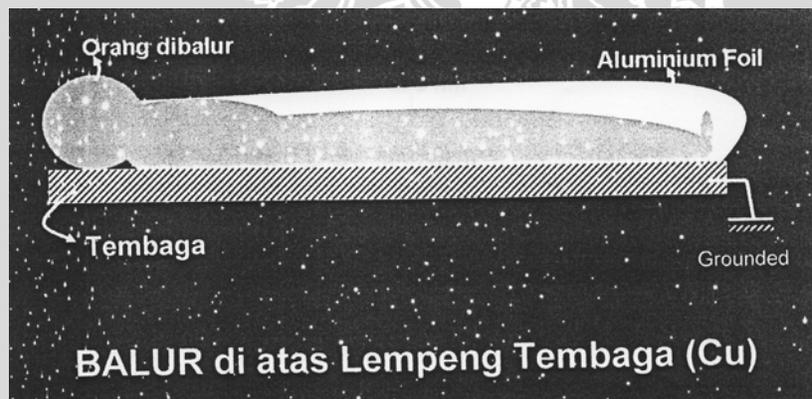
Prinsip dasar dari pengobatan menggunakan metode balur ini ada dua, yaitu:

1. logam merkuri atau zat radikal dapat larut pada protein atau asam amino /  $\text{NH}_2$  (amida)
2. zat radikal mengandung muatan listrik (+)

(*Zahar, 2007*).

Adapun cara-cara yang harus dilakukan pada saat melakukan proses pengobatan dengan menggunakan metode balur dapat diurutkan sebagai berikut:

1. minum asam amino agar zat radikal terserap dan “floating”
2. tidur di lempeng logam (tembaga, Cu) yang dibumikan (*grounding*)



**Gambar 2.10** Proses pembaluran di atas lempeng tembaga (Cu).

3. kulit dibalur dengan cairan yang kuat menarik “zat radikal floating” ke luar kulit

(*Zahar, 2007*).

Setelah dibalur, tubuh pasien dibaringkan di atas lempeng tembaga lalu ditutup dengan pembungkus aluminium. Karena itu, ketika radikal bebas keluar dari tubuh karena “ditarik” oleh bahan pembalur, maka unsur ini akan menumbuk lempeng tembaga. Muatan energinya kemudian mengalir sebagai arus listrik ke bumi. Loncatan radikal bebas ini bersifat diskrit, menghasilkan medan elektromagnet kejut. Sedangkan

partikel netral radikal ini akan menempel pada lempeng tembaga membentuk endapan membulir atau mengkristal (Ikawati, 2007).

Proses pembaluran dilakukan berlawanan arah dengan arah jarum jam. Alumunium yang digunakan untuk menutup atau membungkus pasien berfungsi untuk memberikan panas ke tubuh pasien sehingga merkuri dapat dikeluarkan (ditarik) lebih cepat. Sedangkan grounding berfungsi untuk membuang kelebihan massa (Dany, 2008).

Pada metode balur Gretha, Hg amalgam (uap) dapat dikeluarkan secara cepat dan dalam jumlah banyak. Tujuan balur pada anak autis untuk mengurangi radikal bebas yang berlebihan dan menghambat terbentuknya *oxidative stress*. Banyaknya jenis gas dan sensitizer (senyawa yang bisa menyerap cahaya dengan cepat dan menyimpannya) dalam tubuh diluluhkan dengan berbagai larutan peluluh. Gunanya untuk mendetoksifikasi logam maupun sensitizer (Messwati, 2007).

Keuntungan yang diperoleh dari metode balur ini adalah selain anak akan membaik, limbahnya juga terbukti sebagai nanomaterial (Zahar, 2007).

### 2.3 Komposisi Obat-obatan dan Limbah Balur

Komposisi limbah balur bergantung pada jenis obat-obatan yang digunakan dalam proses pembaluran. Adapun jenis obat-obatan yang biasa digunakan dalam proses pembaluran secara lengkap ada sepuluh macam, yaitu:

1. AC (didiamkan selama  $\pm 15 - 30$  menit)  
➔ Acetosal + alkohol + air panas mendidih
2. Benzoquinon (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)  
➔ Benzoquinon + air panas
3. Fermipan (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)  
➔ Fermipan + air kelapa
4. Love (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)  
➔ Limbah hasil proses pembaluran (dicari yang mengandung banyak merkuri, mis: limbah hasil proses pembaluran pada anak autis) di meja balur yang dikeringkan selama 1 hari dengan cara dijemur + bir

5. Air brambang (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)
  - ➔ Air kelapa + irisan bawang merah + manitol
6. HUM (didiamkan selama  $\pm 10$  menit)
  - ➔ Huggen / urea + alkohol dan dimasak hingga mendidih kemudian dijemur hingga membeku. Ketika akan digunakan untuk membalur pasien, HUM dimasak dengan aquabides hingga mendidih
7. HU panas (didiamkan selama  $\pm 15$  menit)
  - ➔ Huggen / urea + glukosa + air panas mendidih dan dimasak hingga mendidih
8. PC (didiamkan selama  $\pm 15$  menit)
  - ➔ Parasetamol + vitamin C + air panas
9. Vitamin C (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)
  - ➔ Vitamin C + air panas
10. Kopi (didiamkan selama  $\pm 5$  menit)
  - ➔ Kopi 1 (Nescafe + acetosal)  $\Rightarrow$  untuk malam hari
  - ➔ Kopi 3 (Nescafe + glicin + taurin + prolin)  $\Rightarrow$  untuk pagi hari (sambil dijemur)

(Dany, 2008).

Penggunaan obat-obatan tersebut tidak boleh dilakukan secara acak, melainkan harus dilakukan secara berurutan. Hal ini dikarenakan masing-masing obat balur tersebut memiliki manfaat yang berbeda-beda bagi tubuh pasien yang sedang dibalur. Adapun manfaat dari masing-masing obat balur tersebut, yaitu:

1. AC
  - ➔ untuk menurunkan panas dan menangkap logam berat (merkuri)
2. Benzoquinon
  - ➔ untuk mengeringkan luka (lebih bagus untuk membalur anak yang memiliki penyakit asma)
3. Fermipan
  - ➔ untuk kecantikan (membuang lemak)
4. Love
  - ➔ untuk menghilangkan rasa sakit
5. Air brambang
  - ➔ untuk mengeluarkan racun dari tubuh pasien

6. HUM
  - ➔ untuk mengeluarkan racun dari tubuh pasien lewat mulut (air liur)
7. HU panas
  - ➔ untuk menangkap logam berat (merkuri) lebih cepat
8. PC
  - ➔ untuk menurunkan panas
9. Vitamin C
  - ➔ untuk kecantikan (membuang lemak)
10. Kopi
  - ➔ untuk mengkatalisir atau menghilangkan bau
  - ➔ untuk menghilangkan rasa sakit ⇒ kopi 1
  - ➔ untuk menangkap logam berat (merkuri) lebih cepat ⇒ kopi 3

(Dany, 2008).





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikroskopi dan Spektroskopi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang, dimulai pada bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2008.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini, antara lain mesin FT-IR (Nicolet IR200), seperangkat komputer, pemegang sampel, 2 buah kristal silikon, cawan petri, gelas ukur, pipet, cawan penumbuk, mortir (ulekan), kertas saring, sarung tangan, lidi kapas (*cotton buds*), kapas, dan lap. Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain adalah limbah hasil proses terapi pembaluran, obat-obatan yang digunakan dalam proses terapi pembaluran, kartu sampel *1.5 mil Polystyrene*, aquades, alkohol 70%, dan EDTA.

### 3.3 Metodologi

Secara umum, metodologi yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu prosedur pengambilan sampel, prosedur eksperimen, dan prosedur pengukuran spektrum penyerapan inframerah.

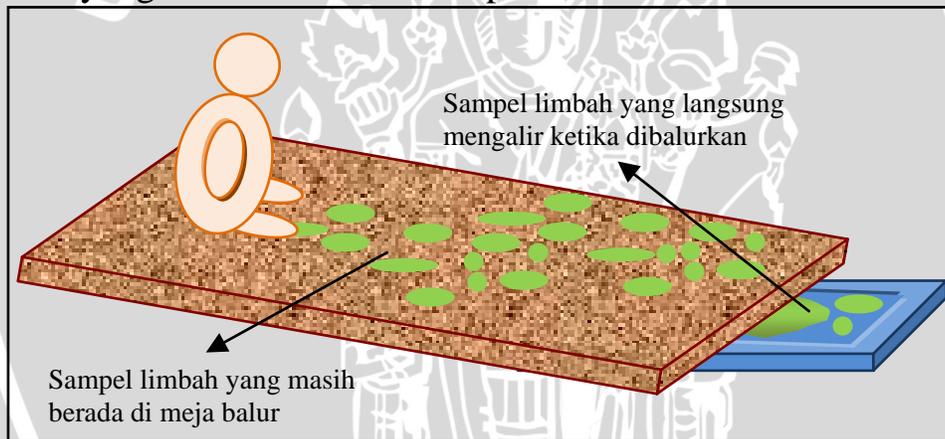
#### 3.3.1 Prosedur Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel yang berupa limbah hasil proses terapi pembaluran dilakukan di Yayasan Pendidikan Anak Cacat (YPAC) yang berada di Jalan Tumenggung Suryo Malang. Proses pengambilan sampel ini dilakukan dalam 10 tahap. Tahapan-tahapan tersebut mengacu kepada jenis-jenis obat yang digunakan dalam proses terapi pembaluran.

Tahap pertama merupakan tahap pengambilan sampel yang berupa limbah hasil proses terapi pembaluran dengan menggunakan obat yang pertama. Tahap kedua merupakan tahap pengambilan sampel yang berupa limbah hasil proses terapi pembaluran dengan menggunakan obat yang kedua. Tahapan tersebut terus berlangsung hingga didapatkan

sampel yang berupa limbah hasil proses terapi pembaluran dengan menggunakan obat yang kesepuluh.

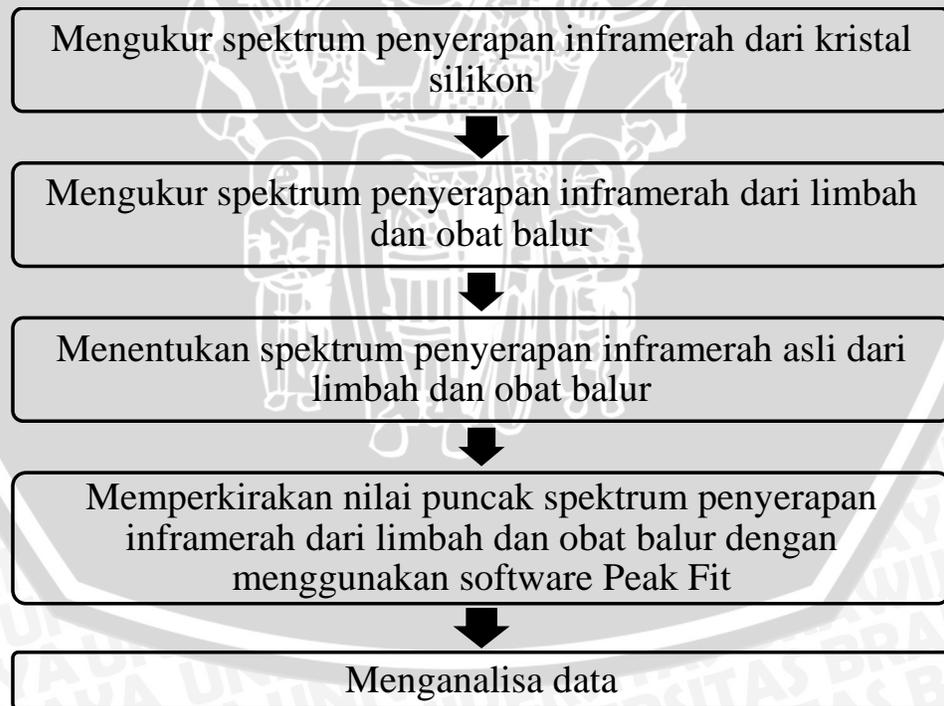
Pada masing-masing tahapan, prosedur pengambilan sampel dilakukan dengan dua cara, yaitu mengambil sampel limbah yang langsung mengalir ketika dibalurkan dan mengambil sampel limbah yang masih berada di meja balur. Yang dimaksud dengan sampel limbah yang langsung mengalir ketika dibalurkan adalah cairan yang langsung mengalir dari tubuh pasien menuju ke tempat penampungan limbah setelah pasien tersebut dibalur dengan obat dan didiamkan selama beberapa saat. Sedangkan yang dimaksud dengan sampel limbah yang masih berada di meja balur adalah cairan yang mengalir dari tubuh pasien dan mengendap di meja balur setelah pasien tersebut dibalur dengan obat dan didiamkan selama beberapa saat. Waktu pengendapan sampel di meja balur bergantung kepada jenis obat yang dibalurkan ke tubuh pasien.



**Gambar 3.1** Prosedur pengambilan sampel.

### 3.3.2 Prosedur Eksperimen

Dalam penelitian untuk menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran ini terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Prosedur eksperimen menjelaskan secara garis besar tentang langkah-langkah yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Skema dari langkah-langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



**Gambar 3.2** Prosedur eksperimen yang dilakukan untuk menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dengan analisa puncak spektrum inframerah.

### 3.3.3 Prosedur Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah

Prosedur pengukuran spektrum penyerapan inframerah menjelaskan secara rinci tentang langkah-langkah yang dilakukan ketika mengukur spektrum penyerapan inframerah. Ada tiga tahap yang harus dilakukan untuk mengukur spektrum penyerapan inframerah. Tahap yang pertama adalah mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon, tahap yang kedua adalah mengukur spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel dengan menggunakan kristal silikon, dan tahap yang ketiga adalah menentukan spektrum penyerapan inframerah asli dari suatu sampel.



**Gambar 3.3** Kristal silikon dan pemegang sampel.

#### 3.3.3.1 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon

Pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kepekaan kristal silikon tersebut dalam menyerap sinar inframerah. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon adalah sebagai berikut:

1. Mengukur spektrum latar belakang
  - Pemegang sampel yang kosong dimasukkan ke dalam lubang pemegang sampel.
  - Untuk mengukur spektrum latar belakang (udara), maka pada program EZ OMNIC diklik ikon



2. Mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon

- Kristal silikon diletakkan pada pemegang sampel dan dimasukkan ke dalam lubang pemegang sampel.
- Untuk mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon, maka pada program EZ OMNIC diklik ikon



- Rasio yang dihasilkan oleh spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon telah memperhitungkan spektrum latar belakang (udara) yang sudah diperoleh sebelumnya.

3. Menyimpan spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon

- Spektrum penyerapan inframerah yang dihasilkan oleh kristal silikon kemudian disimpan dalam format CSV (*Comma Separated Value*).

### 3.3.3.2 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Suatu Sampel Dengan Menggunakan Kristal Silikon

Pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel dengan menggunakan kristal silikon dilakukan untuk mengetahui bagaimana bentuk spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel dengan menggunakan kristal silikon adalah sebagai berikut:

1. Mengukur spektrum latar belakang

- Pemegang sampel yang kosong dimasukkan ke dalam lubang pemegang sampel.
- Untuk mengukur spektrum latar belakang (udara), maka pada program EZ OMNIC diklik ikon



2. Meletakkan sampel cair atau sampel yang sudah dikeringkan diantara dua buah kristal silikon
  - Sampel cair atau sampel yang sudah dikeringkan diletakkan diantara dua buah kristal silikon, yang mana kedua buah kristal silikon tersebut kemudian diletakkan pada pemegang sampel dan dimasukkan ke dalam lubang pemegang sampel.
3. Mengukur spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel
  - Untuk mengukur spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel, maka pada program EZ OMNIC diklik ikon 
  - Spektrum penyerapan inframerah dari sampel tersebut mengandung spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon.
4. Menyimpan spektrum penyerapan inframerah dari suatu sampel
  - Spektrum penyerapan inframerah yang dihasilkan oleh suatu sampel kemudian disimpan dalam format CSV (*Comma Separated Value*).
5. Membersihkan pemegang sampel dan kristal silikon
  - Sampel cair atau sampel yang sudah dikeringkan dihilangkan dari permukaan kristal silikon dengan menggunakan kapas yang sudah dibasahi dengan aquades.
  - Pemegang sampel dan kristal silikon dibersihkan dengan menggunakan cairan pembersih yang berupa larutan EDTA, alkohol 70%, dan aquades.
  - Pemegang sampel dan kristal silikon dikeringkan dengan menggunakan lap.

### 3.3.3.3 Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Suatu Sampel

Penentuan spektrum penyerapan inframerah asli dari suatu sampel dilakukan untuk mengetahui bentuk spektrum inframerah asli dari suatu sampel tanpa adanya pengaruh dari kristal silikon. Hal ini dilakukan dengan cara mengurangi nilai intensitas spektrum penyerapan

inframerah yang dihasilkan oleh suatu sampel dengan nilai intensitas spektrum inframerah yang dihasilkan oleh kristal silikon. Pengurangan ini dilakukan secara manual dengan menggunakan software Microsoft Excel dan disimpan dalam format text agar dapat dianalisis.

### 3.4 Uji Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida)

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam uji kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) adalah pengaturan alat, pengecekan mesin FT-IR dengan menggunakan kartu sampel *1.5 mil Polystyrene*, pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon, pengukuran spektrum penyerapan inframerah dari alkohol dengan menggunakan kristal silikon, penentuan spektrum penyerapan inframerah asli dari alkohol, dan penentuan kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida).

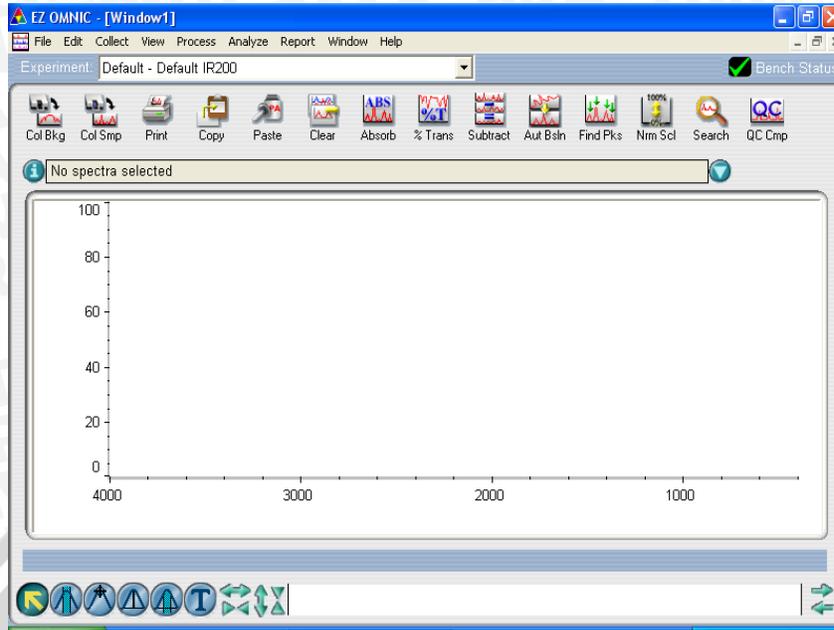
#### 3.4.1 Pengaturan Alat

Mesin FT-IR (Nicolet IR200) dihubungkan ke seperangkat komputer.



**Gambar 3.4** Mesin FT-IR (Nicolet IR200) yang dihubungkan ke seperangkat komputer.

Untuk menjalankan rangkaian tersebut digunakan program EZ OMNIC.



**Gambar 3.5** Tampilan awal program EZ OMNIC.

### 3.4.2 Pengecekan Mesin FT-IR Dengan Menggunakan Kartu Sampel 1.5 mil Polystyrene

Sebelum dilakukan penelitian, mesin FT-IR (Nicolet IR200) dicek terlebih dahulu dengan menggunakan kartu sampel 1.5 mil Polystyrene. Pengecekan dilakukan dengan memasukkan kartu sampel 1.5 mil Polystyrene ke dalam lubang pemegang sampel yang terdapat pada bagian atas mesin FT-IR (Nicolet IR200). Spektrum penyerapan inframerah dari 1.5 mil Polystyrene dapat diperoleh dengan menggunakan program EZ OMNIC yang sebelumnya sudah diinstal ke dalam komputer yang terhubung dengan mesin FT-IR (Nicolet IR200).



(a)



(b)

**Gambar 3.6** (a) Kartu sampel 1.5 mil Polystyrene.  
(b) Mesin FT-IR (Nicolet IR200).

Setelah diperoleh spektrum penyerapan inframerah dari kartu sampel *1.5 mil Polystyrene*, kisaran nilai frekuensi puncak dan bentuk spektrum dari kartu sampel tersebut kemudian dicocokkan dengan *library* yang ada pada program EZ OMNIC. Jika hasilnya sama atau mendekati nilai tersebut, maka mesin FT-IR (Nicolet IR200) ini dapat digunakan dalam penelitian.

#### **3.4.3 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon dapat dilihat pada subbab 3.3.3.1.

#### **3.4.4 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Alkohol Dengan Menggunakan Kristal Silikon**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari alkohol dengan menggunakan kristal silikon dapat dilihat pada subbab 3.3.3.2.

#### **3.4.5 Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Alkohol**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan spektrum penyerapan inframerah asli dari alkohol dapat dilihat pada subbab 3.3.3.3.

#### **3.4.6 Penentuan Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida)**

Penentuan kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) dilakukan untuk mengetahui apakah kristal silikon dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida). Hal ini dapat dilakukan dengan cara membandingkan bentuk spektrum penyerapan inframerah asli dari alkohol yang sudah dianalisis dengan bentuk spektrum penyerapan inframerah dari alkohol yang dideteksi di Ruang Instrumentasi I Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Jika kedua spektrum penyerapan

inframerah tersebut memiliki bentuk yang hampir sama, maka kristal silikon dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida). Hal ini dikarenakan pendeteksian spektrum penyerapan inframerah di Ruang Instrumentasi I Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang dilakukan dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida).

### **3.5 Penentuan Komposisi Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran dan Obat Yang Digunakan Dalam Proses Terapi Pembaluran**

Tahapan penelitian yang dilakukan dalam menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dan obat yang digunakan dalam proses terapi pembaluran adalah persiapan sampel, pendeteksian spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon, pendeteksian spektrum penyerapan inframerah dari masing-masing jenis limbah dan obat balur dengan menggunakan kristal silikon, dan penentuan spektrum penyerapan inframerah asli dari masing-masing jenis limbah dan obat balur.

#### **3.5.1 Persiapan Sampel**

Penentuan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dilakukan dengan mendeteksi limbah hasil proses terapi pembaluran, baik yang masih dalam bentuk cair maupun setelah dikeringkan terlebih dahulu. Sedangkan penentuan komposisi obat yang digunakan dalam proses terapi pembaluran dilakukan dengan mendeteksi obat yang digunakan dalam proses terapi pembaluran, baik yang masih dalam bentuk cair maupun setelah dikeringkan terlebih dahulu. Perbedaan perlakuan ini bertujuan untuk membandingkan apakah bentuk limbah dan obat balur nantinya akan berpengaruh pada komposisi yang dimiliki oleh limbah dan obat tersebut.

Untuk penelitian yang menggunakan limbah dan obat balur dalam bentuk cair, maka limbah dan obat balur tersebut dapat langsung dideteksi dengan menggunakan inframerah. Akan tetapi, untuk penelitian yang menggunakan limbah dan

obat balur yang sudah dikeringkan terlebih dahulu, maka ada beberapa langkah yang harus dilakukan terlebih dahulu.

Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan ketika mengeringkan limbah dan obat balur adalah sebagai berikut:

1. Masing-masing jenis limbah dan obat balur yang masih berbentuk cair disaring dengan menggunakan kertas saring dan dimasukkan ke dalam gelas ukur hingga volumenya mencapai 10 ml.
2. Limbah dan obat balur yang sudah disaring dan diukur tersebut kemudian dituangkan ke dalam cawan petri dan didiamkan selama 1 minggu.
3. Setelah 1 minggu, limbah dan obat balur yang sudah didiamkan tersebut lalu dikeruk dan diletakkan di atas kertas saring selama 3 hari agar kandungan cairan yang dimilikinya semakin berkurang.
4. Setelah 3 hari, limbah dan obat balur tersebut kemudian diambil dan diletakkan di dalam cawan penumbuk untuk ditumbuk sampai halus.
5. Limbah dan obat balur yang sudah dikeringkan dan dihaluskan ini siap untuk dideteksi dengan menggunakan inframerah.

### **3.5.2 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Kristal Silikon**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari kristal silikon dapat dilihat pada subbab 3.3.3.1.

### **3.5.3 Pengukuran Spektrum Penyerapan Inframerah Dari Masing-Masing Jenis Limbah dan Obat Balur Dengan Menggunakan Kristal Silikon**

Langkah-langkah yang dilakukan dalam mengukur spektrum penyerapan inframerah dari masing-masing jenis limbah dan obat balur dengan menggunakan kristal silikon dapat dilihat pada subbab 3.3.3.2.

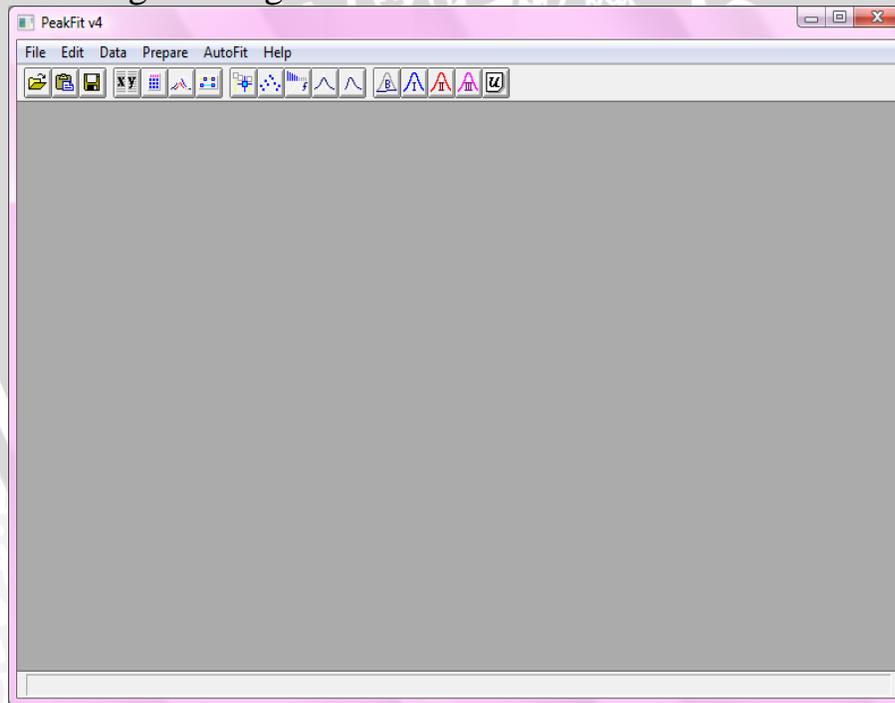
### 3.5.4 Penentuan Spektrum Penyerapan Inframerah Asli Dari Masing-masing Jenis Limbah dan Obat Balur

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan spektrum penyerapan inframerah asli dari masing-masing jenis limbah dan obat balur dapat dilihat pada subbab 3.3.3.3.

### 3.6 Analisis Puncak Spektrum Inframerah

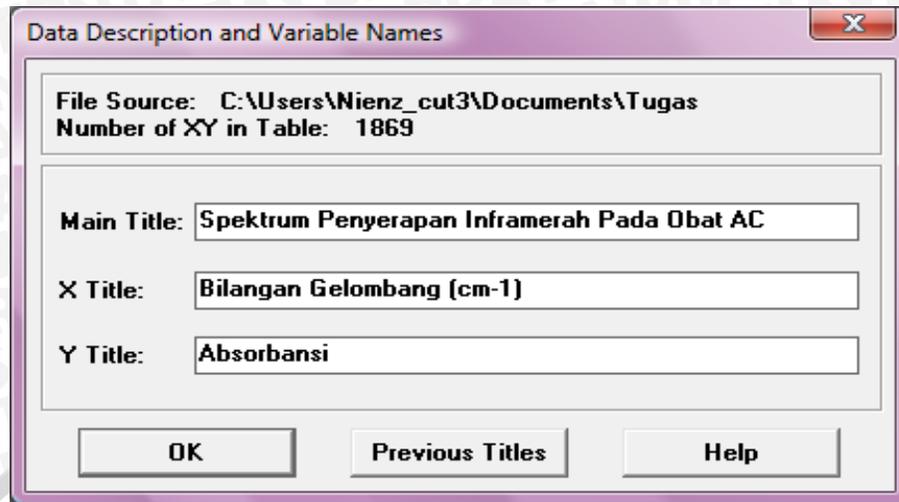
Untuk menganalisis puncak spektrum inframerah ada beberapa hal yang harus dilakukan. Pertama-tama, perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah harus ditentukan terlebih dahulu. Adapun langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah adalah sebagai berikut:

1. Data berupa bilangan gelombang dan nilai absorbansi yang sebelumnya sudah disimpan dalam format text dibuka dengan menggunakan program PF 4 (*Peak Fit versi 4*) yang berisi langkah-langkah *deconvolusi*.



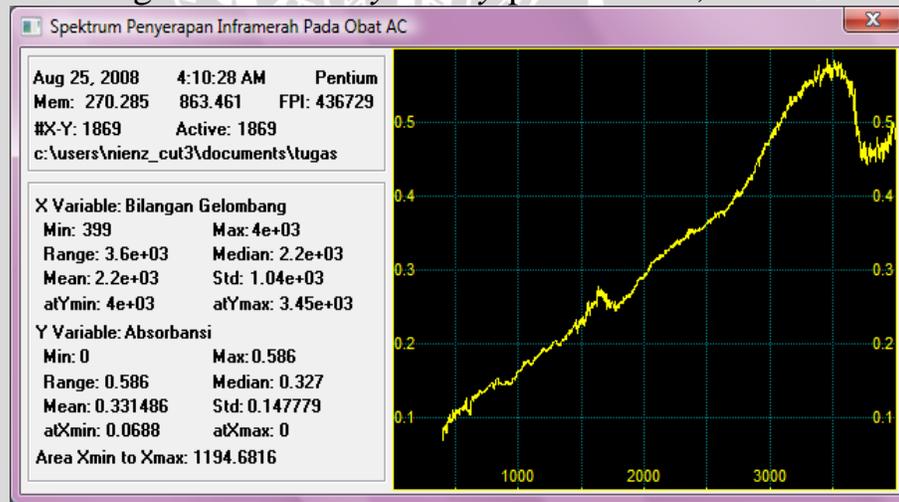
**Gambar 3.7** Tampilan awal program PF 4.

2. Nama spektrum dan keterangan yang terdapat pada sumbu X dan sumbu Y dapat dituliskan pada kolom yang disediakan.

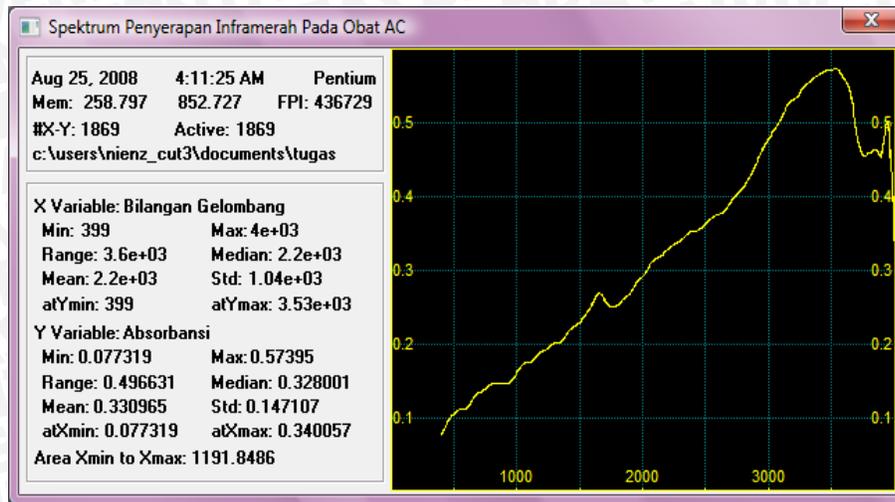


**Gambar 3.8** Tampilan kolom yang disediakan untuk menuliskan nama spektrum serta keterangan pada sumbu X dan sumbu Y.

3. Bentuk spektrum penyerapan inframerah yang dihasilkan dapat dihaluskan (*di-smoothing*) dengan menggunakan pilihan algoritma *Savitzky-Golay* pada level 4,5%.

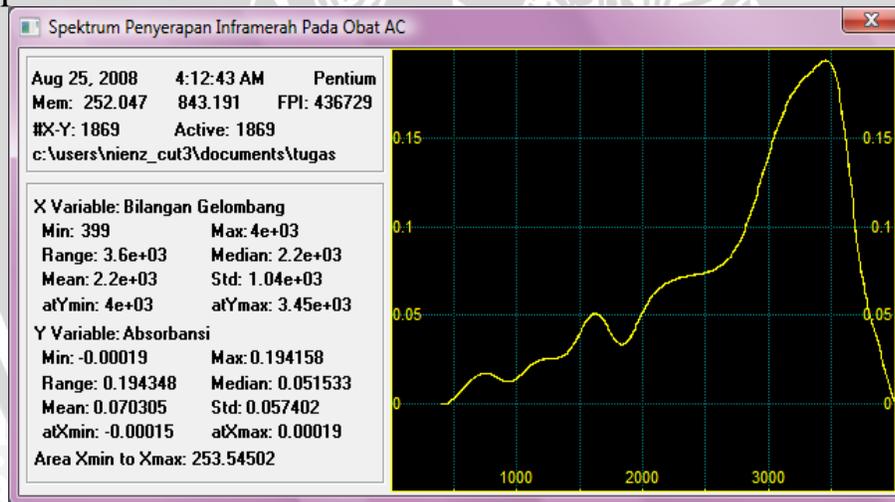


**Gambar 3.9** Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah sebelum *di-smoothing*.



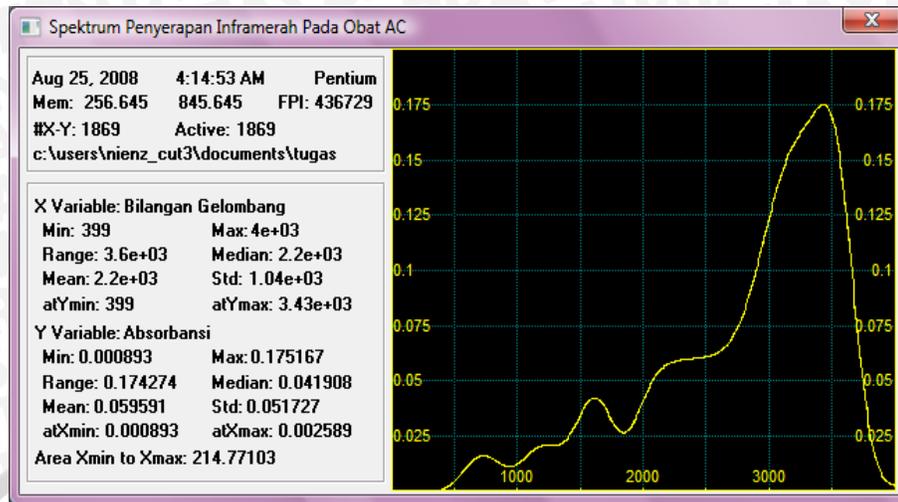
**Gambar 3.10** Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah di-*smoothing*.

4. Jika spektrum penyerapan inframerah yang dihasilkan memiliki tingkat kemiringan yang cukup besar, maka perlu dilakukan koreksi *baseline* terlebih dahulu. Jenis *baseline* yang digunakan disesuaikan dengan bentuk kemiringan dari spektrum tersebut.



**Gambar 3.11** Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah dilakukan pengaturan *baseline*.

5. Setelah dilakukan koreksi *baseline*, bentuk spektrum inframerah yang dihasilkan perlu dihaluskan (di-*smoothing*) lagi dengan menggunakan pilihan algoritma *Savitzky-Golay* pada level 15%.



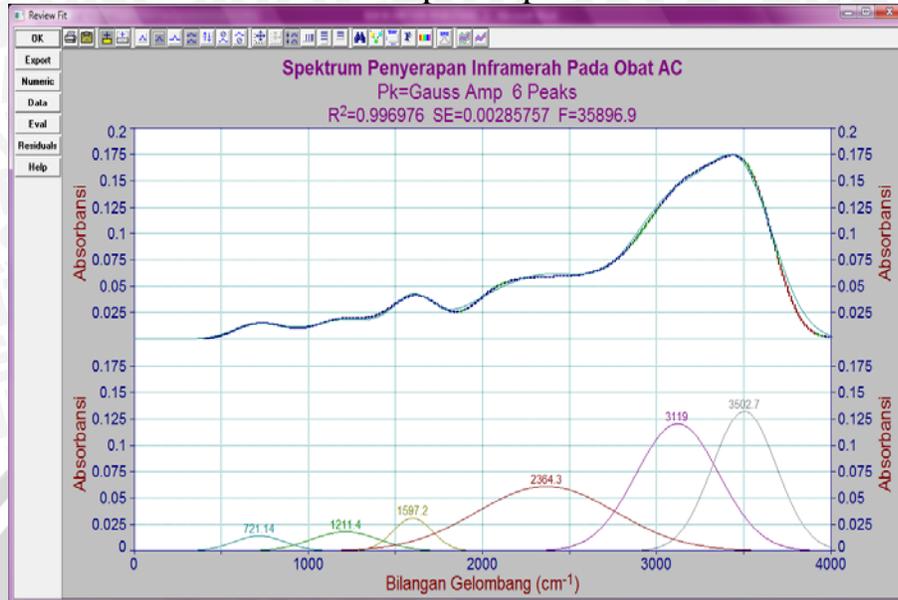
**Gambar 3.12** Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah setelah di-*smoothing* untuk kedua kalinya.

- Perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah dapat ditentukan dengan metode ketiga yang ada pada software PF 4, yaitu *deconvolution*. Pada metode ini, perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah ditentukan dengan membentuk spektrum baru yang memiliki tingkat kemiripan yang hampir sama dengan spektrum sebelumnya.



**Gambar 3.13** Salah satu contoh tampilan perkiraan nilai puncak spektrum penyerapan inframerah yang ditentukan dengan metode *deconvolution*.

- Data yang berupa nilai puncak spektrum penyerapan inframerah dari seluruh sampel siap untuk dianalisis.



**Gambar 3.14** Salah satu contoh tampilan bentuk spektrum penyerapan inframerah yang sudah siap untuk dianalisis.

Setelah data yang berupa nilai puncak spektrum penyerapan inframerah dari seluruh sampel siap untuk dianalisis, langkah selanjutnya adalah mencocokkan data tersebut dengan referensi yang ada. Referensi yang digunakan berupa tabel penyerapan inframerah yang menunjukkan jenis ikatan yang dapat dihasilkan pada rentang bilangan gelombang tertentu. Dengan demikian, dapat diketahui bahwa spektrum inframerah dari bahan yang dideteksi mengandung beberapa jenis ikatan. Ikatan-ikatan tersebut nantinya akan menentukan jenis komposisi dari masing-masing jenis limbah dan obat balur yang telah dideteksi.

## BAB IV PEMBAHASAN

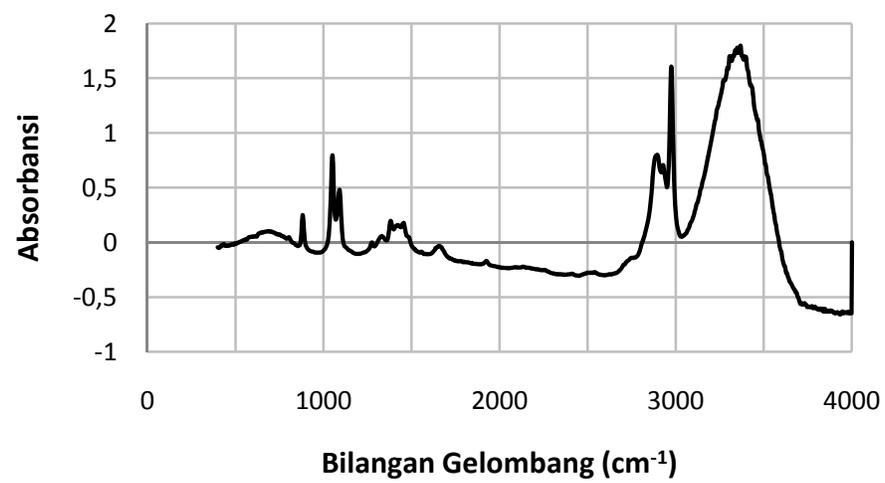
### 4.1 Hasil Uji Kelayakan Kristal Silikon Sebagai Alternatif Pengganti Pallet KBr (Kalium Bromida)

Uji kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) diperlukan untuk membuktikan kelayakan kristal silikon jika dipergunakan sebagai media dalam menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran dengan analisa puncak spektrum inframerah. Hal tersebut dikarenakan media yang digunakan dalam penelitian ini telah diubah dan disesuaikan dengan kondisi peralatan yang ada di Laboratorium Mikroskopi dan Spektroskopi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Pada umumnya, pendeteksian komposisi suatu bahan dengan menggunakan FT-IR dapat dilakukan dengan membuat pallet dari suatu bahan yang akan dideteksi spektrumnya. Pembuatan pallet ini biasanya dilakukan dengan penambahan KBr pada suatu bahan yang akan dideteksi kemudian bahan tersebut ditekan atau dipadatkan hingga bentuknya menyerupai sebuah tablet. Akan tetapi, pada penelitian ini metode tersebut tidak digunakan. Hal ini dikarenakan peralatan untuk membuat pallet KBr tidak tersedia di Laboratorium Mikroskopi dan Spektroskopi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida). Kristal silikon dipilih sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) karena silikon diketahui memiliki sifat transparan terhadap sinar inframerah. Meskipun demikian, dalam kenyataannya kristal silikon tetap mempunyai spektrum penyerapan inframerah. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengurangan nilai intensitas spektrum penyerapan inframerah yang dihasilkan oleh alkohol dengan nilai intensitas spektrum inframerah yang dihasilkan oleh kristal silikon yang digunakan dalam penelitian. Hasil pengurangan nilai intensitas penyerapan dari kedua spektrum tersebut inilah yang dapat dianggap sebagai spektrum penyerapan inframerah asli dari sampel yang dideteksi.

**Spektrum Penyerapan Inframerah Pada Alkohol Dengan Menggunakan Kristal Silikon**



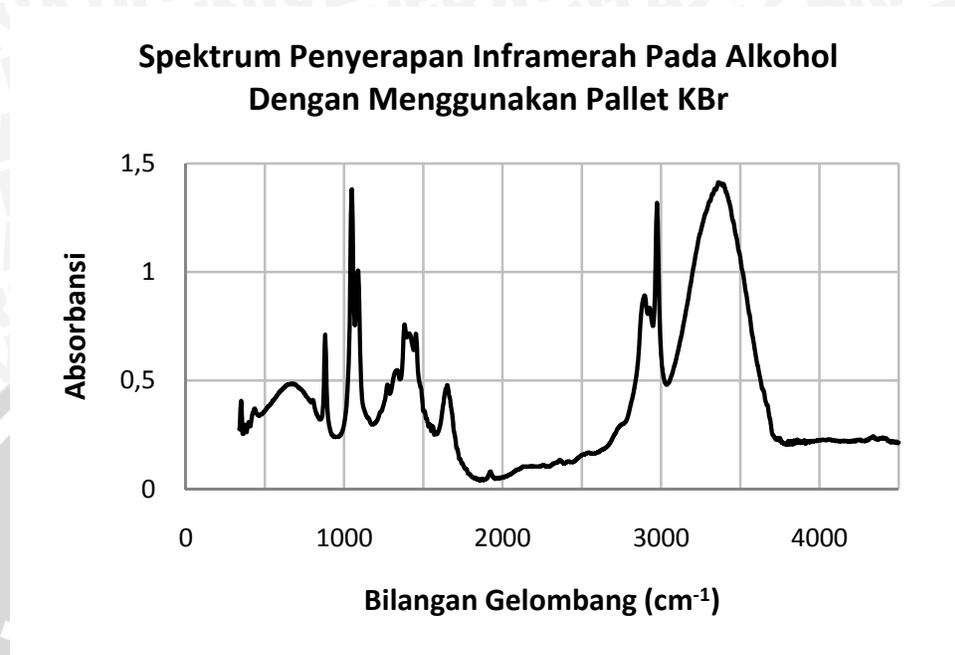
**Gambar 4.1** Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon sebelum dilakukan pengaturan *baseline* dan *di-smoothing*.



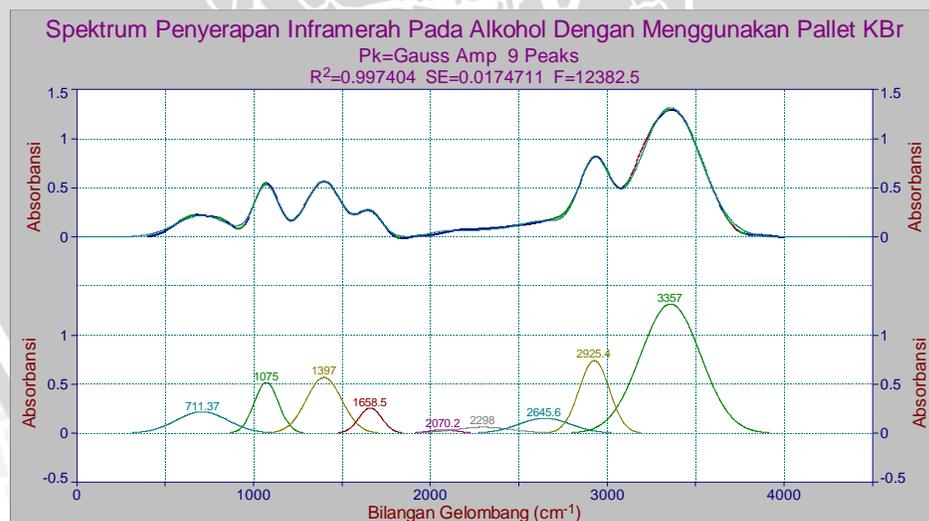
**Gambar 4.2** Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon setelah dilakukan pengaturan *baseline* dan *di-smoothing*.

Spektrum penyerapan inframerah asli dari alkohol yang dihasilkan dengan menggunakan kristal silikon dibandingkan dengan spektrum penyerapan inframerah dari alkohol yang dihasilkan oleh peralatan FT-IR yang berada di Ruang

Instrumentasi I Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang untuk mengetahui kebenaran dari spektrum tersebut.



**Gambar 4.3** Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida) sebelum dilakukan pengaturan *baseline* dan *di-smoothing*.



**Gambar 4.4** Spektrum penyerapan inframerah pada alkohol yang dideteksi dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida) setelah dilakukan pengaturan *baseline* dan *di-smoothing*.

Setelah kedua spektrum penyerapan inframerah tersebut diamati dan dianalisa, hasilnya pada kedua spektrum tersebut

terdapat kesamaan jenis ikatan atau gugus yang dimiliki oleh alkohol. Hal ini dikarenakan banyaknya kemiripan rentang nilai daerah serapan yang terdapat pada kedua spektrum penyerapan inframerah pada alkohol, baik yang dideteksi dengan menggunakan kristal silikon maupun yang dideteksi dengan menggunakan pallet KBr (Kalium Bromida). Adapun jenis-jenis ikatan atau gugus yang dimiliki oleh alkohol dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

**Tabel 4.1** Tabel Jenis Ikatan atau Gugus Yang Dimiliki Spektrum Penyerapan Inframerah Pada Alkohol

No.	Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )		Rentang Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus
	Memakai Kristal Silikon	Memakai Pallet KBr		
1	710,48	711,37	650 – 1000	C-H (bengkokan / <i>bending</i> )
2	1076,40	1075,00	1050 - 1350	C-H (regangan / <i>stretching</i> )
3	1399,60	1397,00	1330 - 1420	O-H (bengkokan / <i>bending</i> )
4	1673,20 1953,80	1658,50 2070,20	1667 - 2000	Pita kombinasi
5	2198,90 2586,10	2298,00 2645,60	-	Dapat diabaikan
6	2927,20	2925,40	2800 – 3000	C-H (regangan / <i>stretching</i> )
7	3346,40	3357,00	3200 – 3550	O-H (regangan / <i>stretching</i> )

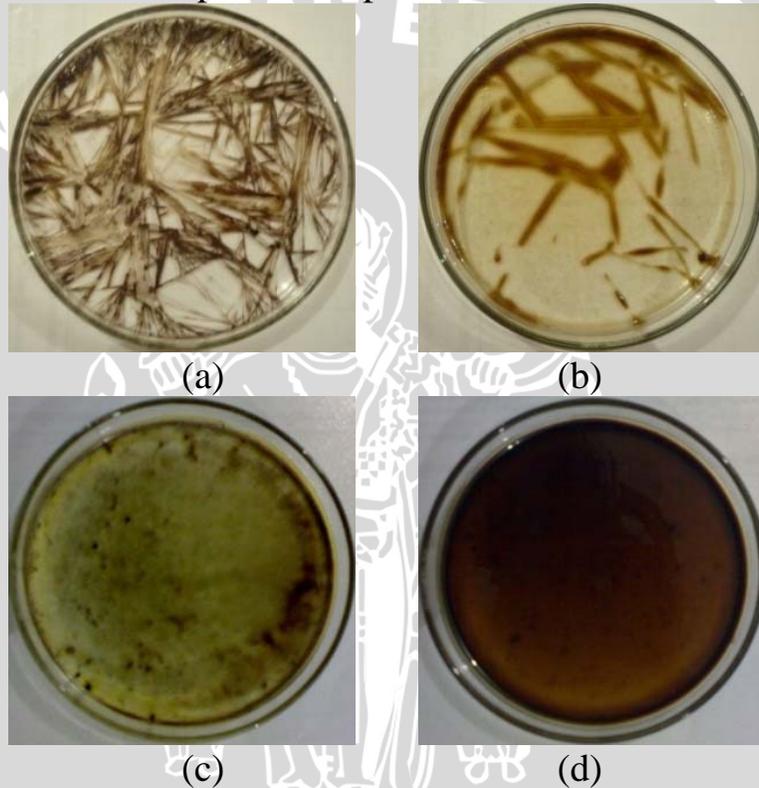
(Silverstein, 1986).

Dengan demikian, uji kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) ini dapat membuktikan bahwa kristal silikon layak digunakan sebagai pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) dalam menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran organik dengan analisa puncak spektrum inframerah.

#### 4.2 Komposisi Obat Yang Digunakan Dalam Proses Terapi Pembaluran dan Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran

#### 4.2.1 Hasil Pengeringan Sampel

Pengeringan sampel adalah mendinginkan limbah dan obat balur dalam cawan petri selama 10 hari pada suhu 18 °C. Adapun tujuan dari pengeringan sampel ini adalah untuk mengkristalkan obat dan limbah balur. Hasil pengeringan sampel dapat dikelompokkan menjadi empat, yaitu (1) dapat mengkristal dan benar-benar kering, (2) dapat mengkristal namun tidak benar-benar kering, (3) hanya mengendap dan dapat benar-benar kering, dan (4) hanya mengendap dan tidak benar-benar kering. Hasil pengeringan sampel tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.



**Gambar 4.5** Contoh foto-foto hasil pengeringan sampel  
(a) Dapat mengkristal dan benar-benar kering,  
(b) Dapat mengkristal namun tidak benar-benar kering,  
(c) Hanya mengendap dan dapat benar-benar kering, dan  
(d) Hanya mengendap dan tidak benar-benar kering.

Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengeringan Sampel

No.	Hasil Pengeringan Sampel	Jenis Sampel		
		Obat Balur	Limbah Pembaluran I	Limbah Pembaluran II
1	Dapat mengkristal dan benar-benar kering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Love (OKLV)</li> <li>- HUM (OKHUM)</li> <li>- HU panas (OKHUP)</li> <li>- PC (OKPC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- HUM yang langsung mengalir (LKLHUM1)</li> <li>- HUM yang diambil di meja balur (LKM(HUM1))</li> <li>- HU panas yang langsung mengalir (LKLHUP1)</li> <li>- HU panas yang diambil di meja balur (LKM(HUP1))</li> <li>- PC yang langsung mengalir (LKLPC1)</li> <li>- PC yang diambil di meja balur (LKM(PC1))</li> <li>- Vitamin C yang langsung mengalir (LLVC1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Love yang diambil di meja balur (LKM(LV2))</li> <li>- HUM yang langsung mengalir (LKLHUM2)</li> <li>- HUM yang diambil di meja balur (LKM(HUM2))</li> <li>- HU panas yang langsung mengalir (LKLHUP2)</li> <li>- HU panas yang diambil di meja balur (LKM(HUP2))</li> <li>- PC yang langsung mengalir (LKLPC2)</li> <li>- PC yang diambil di meja balur (LKM(PC2))</li> </ul>
2	Dapat mengkristal namun tidak benar-benar kering	(tidak ada)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Love yang langsung mengalir (LKL(LV1))</li> <li>- Love yang diambil di meja balur (LKM(LV1))</li> <li>- Vitamin C yang diambil di meja balur (LKM(VC1))</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Love yang langsung mengalir (LKL(LV2))</li> </ul>

3	Hanya mengendap dan dapat benar-benar kering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC (OKAC)</li> <li>- Benzoquinon (OKBQ)</li> <li>- Vitamin C (OKVC)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC yang langsung mengalir (LKLAC1)</li> <li>- AC yang diambil di meja balur (LKMAC1)</li> <li>- Benzoquinon yang langsung mengalir (LKLBOQ1)</li> <li>- Benzoquinon yang diambil di meja balur (LKMBOQ1)</li> <li>- Fermipan yang langsung mengalir (LKLFM1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AC yang langsung mengalir (LKLAC2)</li> <li>- AC yang diambil di meja balur (LKMAC2)</li> <li>- Benzoquinon yang langsung mengalir (LKLBOQ2)</li> <li>- Benzoquinon yang diambil di meja balur (LKMBOQ2)</li> </ul>
4	Hanya mengendap dan tidak benar-benar kering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermipan (OKFM)</li> <li>- Air brambang (OKAB)</li> <li>- Kopi (OKKP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermipan yang diambil di meja balur (LKMFM1)</li> <li>- Air brambang yang langsung mengalir (LKLAB1)</li> <li>- Air brambang yang diambil di meja balur (LKMAB1)</li> <li>- Kopi yang langsung mengalir (LKLKP1)</li> <li>- Kopi yang diambil di meja balur (LKMKP1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fermipan yang langsung mengalir (LKLFM2)</li> <li>- Fermipan yang diambil di meja balur (LKMFM2)</li> <li>- Air brambang yang langsung mengalir (LKLAB2)</li> <li>- Air brambang yang diambil di meja balur (LKMAB2)</li> <li>- Vitamin C yang langsung mengalir (LKLVC2)</li> <li>- Vitamin C yang diambil di meja balur (LKMVC2)</li> <li>- Kopi yang langsung mengalir (LKLKP2)</li> <li>- Kopi yang diambil di meja balur (LKMKP2)</li> </ul>

Dengan demikian, jenis sampel yang selalu dapat mengkristal ketika dikeringkan adalah love, HUM, HU panas, dan PC. Jenis sampel yang selalu mengendap ketika dikeringkan adalah AC, benzoat, fermipan, air brambang, dan kopi. Sedangkan vitamin C terkadang dapat mengkristal dan terkadang hanya mengendap saja.

#### **4.2.2 Jenis-jenis Gugus Yang Dapat Mengindikasikan Komposisi Umum Pada Masing-Masing Sampel**

Penentuan jenis-jenis gugus yang dapat mengindikasikan komposisi umum pada masing-masing sampel dilakukan dengan membandingkan jenis-jenis gugus yang terdeteksi pada masing-masing jenis sampel dengan sepuluh kondisi yang berbeda. Jenis-jenis gugus yang menjadi komposisi umum pada masing-masing sampel adalah gugus-gugus yang terdeteksi pada sepuluh kondisi masing-masing sampel. Jenis-jenis gugus tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.12.

Gugus  $C=C$  menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkena. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1600 - 1680 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus  $C=C$  merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel kopi.

Salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel HUM adalah gugus  $C\equiv C$ . Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkina. Gugus  $C\equiv C$  dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $2100 - 2250 \text{ cm}^{-1}$ .

Gugus  $C=O$  yang menjadi komposisi umum pada sampel dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1630 - 1680 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa amida. Gugus  $C=O$  merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel kopi.

Puncak yang terletak pada bilangan gelombang 1000 – 1300  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus C-O. Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkohol, eter, ester, karboksilat acid, dan anhidrida. Hal ini dikarenakan pada komposisi sampel tersebut terdapat campuran alkohol. Gugus C-O merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, air brambang, PC, dan kopi.

Gugus O-H yang menjadi komposisi umum pada sampel ada dua macam. Gugus O-H yang pertama menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa karboksilat acid, sedangkan gugus O-H yang kedua menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkohol dan fenol yang berikatan dengan hidrogen. Gugus O-H yang pertama dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 2400 – 3400  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus ini merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, benzoat, fermipan, love, air brambang, HUM, HU panas, PC, vitamin C, dan kopi. Sedangkan gugus O-H yang kedua dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 3200 – 3400  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus ini merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel HUM, HU panas, dan PC.

Salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, benzoat, *love*, air brambang, HUM, HU panas, PC, vitamin C, dan kopi adalah gugus N-H. Gugus N-H yang menjadi komposisi umum pada sampel menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi regangan (*stretch*) yang biasa terdapat pada senyawa amina dan amida primer dan sekunder. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 3100 – 3500  $\text{cm}^{-1}$ .

Gugus C-N menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa amina. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada

bilangan gelombang 1000 – 1350  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-N merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, benzoat, air brambang, HUM, PC, vitamin C, dan kopi.

Puncak yang terletak pada bilangan gelombang 1940 – 2270  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus  $\text{N}=\text{C}=\text{O}$  dan  $\text{N}=\text{C}=\text{S}$ . Gugus ini merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel benzoat, HUM, dan PC. Gugus  $\text{N}=\text{C}=\text{O}$  dan  $\text{N}=\text{C}=\text{S}$  menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa allena, ketena, isosianata, dan isotiosinata.

Gugus  $\text{S}=\text{O}$  menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa sulfon, sulfonil klorida, sulfat, dan sulfonamida. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 1140 – 1350  $\text{cm}^{-1}$  dan 1300 – 1375  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus  $\text{S}=\text{O}$  merupakan salah satu jenis ikatan yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, benzoat, *love*, air brambang, HUM, PC, vitamin C, dan kopi.

Salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel AC, benzoat, *love*, air brambang, HUM, PC, vitamin C, dan kopi adalah gugus C-F. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 1000 – 1400  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-F menandakan bahwa sampel tersebut mengandung fluorin.

Puncak yang terletak pada bilangan gelombang 540 – 785  $\text{cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus C-Cl. Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut mengandung klorin. Gugus C-Cl merupakan salah satu jenis gugus yang dapat mengindikasikan jenis komposisi umum yang terdapat pada sampel *love*, air brambang, vitamin C, dan kopi.

Jika ditinjau dari jenis senyawanya, maka gugus-gugus diatas tidak berada dalam satu golongan senyawa yang sama karena jenis-jenis senyawa yang terdapat pada sampel limbah dan obat balur tidak dapat diketahui secara pasti.

Kondisi tersebut sangat berbeda dengan ketika menganalisa sampel yang berupa alkohol, seperti yang telah dibahas pada subbab 4.1.

Ketika menganalisa sampel yang berupa alkohol, jenis senyawa yang terdapat pada sampel tersebut telah diketahui sebelumnya. Oleh karena itu, untuk mengetahui jenis-jenis gugus yang terdapat pada sampel tersebut dapat langsung dilakukan dengan mencocokkan besarnya nilai bilangan gelombang yang terdeteksi pada puncak-puncak spektrum dengan menggunakan tabel korelasi antara jenis ikatan organik dan besarnya nilai bilangan gelombang pada senyawa alkohol. Dengan demikian, jenis-jenis gugus yang biasa terdapat pada senyawa alkohol sudah dapat dipastikan ada pada sampel alkohol.

Hal tersebut sangat berbeda dengan ketika sampel yang dianalisa berupa obat dan limbah balur. Untuk mengetahui jenis-jenis gugus yang terdapat pada sampel obat dan limbah balur tidak dapat langsung dilakukan dengan mencocokkan besarnya nilai bilangan gelombang yang terdeteksi pada puncak-puncak spektrum dengan menggunakan tabel korelasi antara jenis ikatan organik dan besarnya nilai bilangan gelombang pada satu senyawa. Bisa jadi dalam satu sampel terdapat beberapa gugus yang biasanya terdapat pada beberapa senyawa yang berbeda. Dengan demikian, jenis-jenis gugus yang biasa terdapat pada suatu senyawa yang sama belum tentu seluruhnya terdapat pada satu sampel.

Tabel 4.3 Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel AC

No.	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	Jenis Sampel															
			OAC	LL AC1	LM AC1	LL AC2	LM AC2	OK AC	LKL AC1	LKM AC1	LKL AC2	LKM AC2	LKM AC2					
1		Alkana (regangan / stretch)																
2		Alkana (regangan / stretch)																
3	C-H	Alkana (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	-	-													
4		Aromatik (regangan / stretch)	+															
5		Aromatik (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	-	-													
6		Aldehida																
7	C=C	Alkena	-	-	-													
8	C≡C	Alkuna	+	+	+													
9		Keton																
10	C=O	Karboksilat Acid																
11		Amida																
12	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida	-	-	-													
13		Alkohol, Fenol (bebas / free)																
14	O-H	Alkohol, Fenol (terikat H / H-bonded)																
15		Karboksilat Acid	-	-	-	+++												
16	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)	-	-	-													
17		Amida dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / bend)	+															
18	C-N	Amina	-	-	-													
19	C=N	Imina dan Oksima																
20	N=C=O dan N=C=S	Alena, Kena, Isosianat, Isotiosinat																
21	S=O	Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfonamida	+	+	+													
22	C-F	Fluorin	-	-	-													
23	C-Cl	Klorin	-	-	-													
24	C-Br	Bromin	-	-	-													
25	C-I	Iodin																



Tabel 4.5 Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel Fermpipan

No.	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	Jenis Sampel															
			OFM	LL FM1	LM FM1	LL FM2	LM FM2	LK FM1	OK FM	LK FM1	LKL FM2	LKM FM2	LKM FM1					
1		Alkana (regangan / stretch)	+															
2		Alkena (regangan / stretch)	+															
3	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4		Aromatik (regangan / stretch)	+															
5		Aromatik (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6		Aldehida																
7	C=C	Alkena	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
8	C≡C	Alkuna	+															
9		Keton																
10	C=O	Karboksilat Acid																
11		Amida	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
12	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
13		Alkohol, Fenol (bebas / free)																
14	O-H	Alkohol, Fenol (benkatan H / H-bonded)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15		Karboksilat Acid	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
16	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)																
17		Amina dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / bend)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
18	C-N	Amina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
19	C=N	Imina dan Oksima																
20	N=C=O dan N=C=S	Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat	+															
21		S=O	Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfar, Sulfonamida	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
22	C-F	Fluorin	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
23	C-Cl	Klorin		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
24	C-Br	Bromin																
25	C-I	Iodin																





Tabel 4.8 Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel HUM

No.	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	Jenis Sampel																	
			O HUM	LL HUM 1	LM HUM 1	LL HUM 2	LM HUM 2	OK HUM	LRL HUM 1	LM HUM 1	LRL HUM 2	LM HUM 2								
1		Alkana (regangan / stretch)																		
2		Alkana (regangan / stretch)																		
3	C-H	Alkana (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	+	+	+	+	+	+											
4		Aromatik (regangan / stretch)																		
5		Aromatik (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	+	+	+	+	+	+	+											
6		Aldehida																		
7	C=C	Alkena	+	+	+	+	+	+	+											
8	C≡C	Alkuna	+	+	+	+	+	+	+											
9		Keton																		
10	C=O	Karboksilat Acid																		
11		Amida																		
12	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida	+	+	+	+	+	+	+											
13		Alkohol, Fenol (bebas / free)																		
14	O-H	Alkohol, Fenol (berikatan H / H-bonded)	+	+	+	+	+	+	+											
15		Karboksilat Acid	+	+	+	+	+	+	+											
16	N-H	Amida dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)	+	+	+	+	+	+	+											
17		Amida dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / bend)	+	+	+	+	+	+	+											
18	C-N	Amina	+	+	+	+	+	+	+											
19	C=N	Imina dan Oksima																		
20	N=C=O dan N=C=S	Allena, Keten, Isoisianat, Isoisiotinat	+	+	+	+	+	+	+											
21	S=O	Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida	+	+	+	+	+	+	+											
22	C-F	Fluorin	+	+	+	+	+	+	+											
23	C-Cl	Klorin	+	+	+	+	+	+	+											
24	C-Br	Bromin																		
25	C-I	Iodin																		

Tabel 4.9 Tabel Jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Sampel HU Panas

No.	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	Jenis Sampel														
			O HUP	LL HUP	LM HUP	LL HUP	LM HUP	OK HUP	LKL HUP	LOKL HUP	LKL HUP	LOKL HUP	LM HUP	LOKL HUP			
1		Alkena (regangan / stretch)															
2		Alkena (regangan / stretch)															
3	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		Aromatik (regangan / stretch)															
5		Aromatik (bengkokan keluar bidang / out-of-plane bend)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6		Aldehida															
7	C=C	Alkena	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	C≡C	Alkuna	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9		Keton															
10	C=O	Karboksilat Acid															
11		Amida															
12	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13		Alkohol, Fenol (bebas / free)															
14	O-H	Alkohol, Fenol (berikatan H / H-bonded)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15		Karboksilat Acid	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)															
17	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / bend)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	C-N	Amina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	C=N	Imina dan Oksima															
20	N=C=O dan N=C=S	Alkena, Kena, Isosianat, Isonitrat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	S=O	Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfur, Sulfonamida															
22	C-F	Fluorin															
23	C-Cl	Klorin															
24	C-Br	Bromin															
25	C-I	Iodin															







#### 4.2.3 Hasil Pendeteksian Komposisi Obat dan Limbah Balur Dengan Analisa Puncak Spektrum Inframerah

Pendeteksian komposisi obat dan limbah balur dilakukan dengan cara menganalisa puncak spektrum inframerah dari obat dan limbah balur dalam dua kondisi yang berbeda. Kondisi yang pertama adalah mendeteksi spektrum dari obat dan limbah balur yang masih berbentuk cair, sedangkan kondisi yang kedua adalah mendeteksi spektrum dari obat dan limbah balur yang sudah dikeringkan sebelumnya. Adanya perbedaan kondisi ini bertujuan untuk membandingkan jenis-jenis gugus yang terdeteksi pada obat dan limbah balur jika dideteksi dalam kondisi yang berbeda.

Selain jenis-jenis gugus yang menjadi komposisi umum pada masing-masing sampel, masih ada beberapa jenis gugus lain yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur. Jenis-jenis gugus yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur, yaitu C-H, C=C, C≡C, C=O, C-O, O-H, N-H, C-N, C=N, N=C=O dan N=C=S, S=O, C-F, C-Cl, C-Br, dan C-I.

Gugus C-H yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur ada enam macam. Gugus C-H yang pertama menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi regangan (*stretch*) yang biasa terdapat pada senyawa alkana. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 2850 – 3000  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-H yang kedua menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi regangan (*stretch*) yang biasa terdapat pada senyawa alkena. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 3000 – 3100  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-H yang ketiga menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi bengkokan keluar bidang (*out-of-plane bend*) yang biasa terdapat pada senyawa alkena. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 650 – 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-H yang keempat menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi regangan (*stretch*) yang biasa terdapat pada senyawa aromatik. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang 3050 – 3150  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus C-H yang kelima menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi bengkokan keluar bidang (*out-*

*of-plane bend*) yang biasa terdapat pada senyawa aromatik. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $690 - 900 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus C-H yang keenam menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa aldehida. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $2700 - 2800 \text{ cm}^{-1}$  dan  $2800 - 2900 \text{ cm}^{-1}$ .

Gugus C=C dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1600 - 1680 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus ini terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur untuk menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkena.

Puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $2100 - 2250 \text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus  $\text{C}\equiv\text{C}$ . Gugus tersebut terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur untuk menandakan bahwa sampel memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkuna.

Ada tiga macam gugus C=O yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur. Gugus C=O yang pertama menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa keton. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1705 - 1725 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus C=O yang kedua menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa karboksilat acid. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1700 - 1725 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus C=O yang ketiga menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa amida. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1630 - 1680 \text{ cm}^{-1}$ .

Gugus yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur untuk menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkohol, eter, ester, karboksilat acid, dan anhidrida adalah gugus C-O. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1000 - 1300 \text{ cm}^{-1}$ .

Gugus O-H yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur ada tiga macam. Gugus O-H yang pertama menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi

yang biasa terdapat pada senyawa alkohol dan fenol yang bebas. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $3600 - 3650 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus O-H yang kedua menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa alkohol dan fenol yang berikatan dengan hidrogen. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $3200 - 3400 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus O-H yang ketiga menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa karboksilat acid. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $2400 - 3400 \text{ cm}^{-1}$ .

Ada dua macam gugus N-H yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur. Gugus N-H yang pertama dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $3100 - 3500 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi regangan (*stretch*) yang biasa terdapat pada senyawa amina dan amida primer dan sekunder. Sedangkan gugus N-H yang kedua dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1550 - 1640 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus ini menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi bengkokan (*bend*) yang biasa terdapat pada senyawa amina dan amida primer dan sekunder.

Puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1000 - 1350 \text{ cm}^{-1}$  menandakan adanya gugus C-N. Gugus tersebut terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur untuk menandakan bahwa sampel memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa amina.

Gugus C=N yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa imina dan oksima. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1640 - 1690 \text{ cm}^{-1}$ .

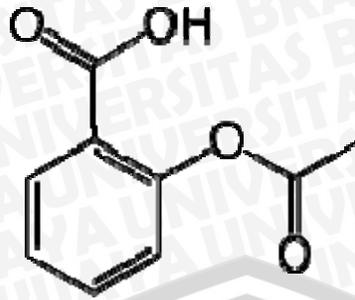
Gugus yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa allena, ketena, isosianat, dan isotiosinat adalah ikatan  $\text{N}=\text{C}=\text{O}$  dan  $\text{N}=\text{C}=\text{S}$ . Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1940 - 2270 \text{ cm}^{-1}$ .

Gugus S=O dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1140 - 1350 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1300 - 1375 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus ini terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur untuk menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa sulfon, sulfonil klorida, sulfat, dan sulfonamida.

Gugus C-F, C-Cl, C-Br, dan C-I yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur menandakan bahwa sampel tersebut memiliki tipe vibrasi yang biasa terdapat pada senyawa hidrokarbon terhalogenasi. Adanya senyawa hidrokarbon yang terhalogenasi terjadi karena getaran ulur dari ikatan karbon dengan halogen. Gugus C-F menunjukkan bahwa sampel obat dan limbah balur tersebut mengandung fluorin. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $1000 - 1400 \text{ cm}^{-1}$ . Gugus C-Cl menunjukkan bahwa sampel obat dan limbah balur tersebut mengandung klorin. Gugus ini dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang  $540 - 785 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan gugus C-Br dan C-I masing-masing menunjukkan bahwa sampel obat dan limbah balur tersebut mengandung bromin dan iodin. Kedua jenis gugus tersebut dimiliki oleh puncak yang terletak pada bilangan gelombang yang kurang dari  $667 \text{ cm}^{-1}$  (*Silverstein et. al., 1986*).

Setelah mengetahui jenis-jenis gugus yang terdeteksi pada sampel obat dan limbah balur, ternyata terdapat beberapa kendala dalam menganalisa perbedaan komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan tidak ditemukannya pola yang dapat menjelaskan adanya perbedaan tersebut. Tidak ditemukannya pola ini dikarenakan komposisi obat dan limbah balur tersebut bukan merupakan senyawa murni melainkan sudah berupa campuran dari beberapa komponen sehingga ada kemungkinan terjadi suatu reaksi yang dapat menghasilkan senyawa baru.

Sebagai contoh, obat AC merupakan campuran dari acetosal + alkohol + air panas mendidih. Struktur kimia dari acetosal murni dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 4.6** Struktur kimia acetosal.

Jika dilihat dari Gambar 4.6, seharusnya pada sampel AC terdapat seluruh gugus yang menjadi komponen penyusun acetosal, yaitu C-O, C=O, C-O-H, C-C, dan C=C. Akan tetapi, pada kenyataannya tidak semua jenis gugus tersebut terdapat pada sampel AC. Hal ini dikarenakan komposisi penyusun sampel AC, baik yang masih berupa obat balur maupun yang sudah berupa limbah balur, tidak berupa senyawa acetosal murni tetapi sudah dicampur dengan alkohol dan air panas mendidih, sehingga mengakibatkan hilangnya beberapa jenis gugus dan munculnya beberapa jenis gugus baru.

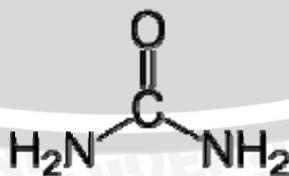
Salah satu contoh jenis gugus yang hilang pada sampel AC adalah gugus C=O yang biasa terdapat pada senyawa amida. Dari sepuluh jenis sampel AC yang telah dideteksi dengan menggunakan FT-IR, gugus C=O tersebut hanya terdapat pada limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran I dan limbah AC yang diambil di meja pada pembaluran I. Padahal gugus C=O tersebut merupakan salah satu jenis ikatan yang menjadi komposisi penyusun acetosal. Akan tetapi, karena sampel AC ini bukan berupa senyawa acetosal murni, maka gugus tersebut hanya terdeteksi pada kedua jenis sampel AC.

Sedangkan salah satu contoh jenis gugus baru yang muncul pada sampel AC adalah gugus C-H yang memiliki tipe vibrasi bengkokan keluar bidang yang biasa terdapat pada senyawa aromatik. Dari sepuluh jenis sampel AC, gugus C-H tersebut terdeteksi pada delapan sampel AC, baik yang dalam bentuk cair maupun yang sebelumnya sudah dikeringkan terlebih dahulu. Akan tetapi, terdeteksinya gugus C-H tersebut pada sampel AC tidak memiliki pola yang baku. Dua dari sepuluh sampel AC yang

tidak memiliki gugus C-H tersebut adalah limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran II (LLAC2) dan obat AC setelah dikeringkan (OKAC). Dengan demikian terdapat perbedaan komposisi dari sampel AC yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari sampel AC yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu.

Perbedaan tersebut dapat diketahui apabila kita membandingkan ada tidaknya gugus C-H tersebut pada sampel obat AC yang berbentuk cair (OAC) dengan sampel obat AC setelah dikeringkan (OKAC) dan sampel limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran II (LLAC2) dengan limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran II setelah dikeringkan (LKLAC2). Pada sampel obat AC yang setelah dikeringkan (OKAC), gugus C-H tersebut tidak ada. Padahal pada sampel obat AC yang berbentuk cair (OAC), gugus C-H tersebut ada. Sebaliknya pada sampel limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran II (LLAC2), gugus C-H tersebut tidak ada. Namun pada sampel limbah AC yang langsung mengalir pada pembaluran II setelah dikeringkan (LKLAC2), gugus C-H tersebut justru ada. Kondisi ini yang membuat timbulnya kesulitan dalam menganalisa perbedaan komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu.

Contoh yang lain lagi dapat dilihat pada sampel HU panas. Obat HU panas merupakan campuran dari huggen / urea + glukosa + air panas mendidih dan dimasak hingga mendidih. Struktur kimia dari urea murni dapat digambarkan sebagai berikut:

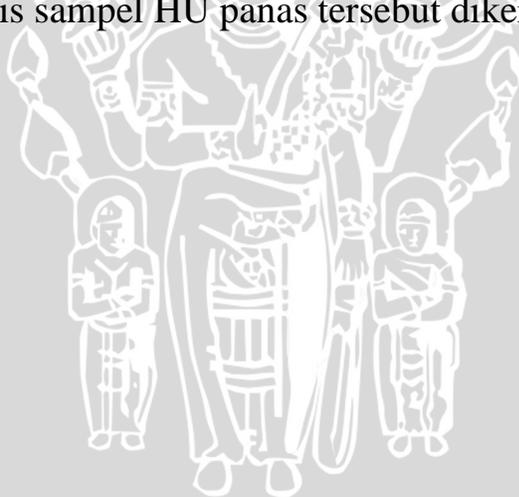


**Gambar 4.7** Struktur kimia urea.

Jika dilihat dari Gambar 4.7, seharusnya pada sampel HU panas terdapat seluruh gugus yang menjadi komponen

penyusun urea, yaitu C=O, C-N, dan N-H. Akan tetapi, pada kenyataannya tidak semua jenis gugus tersebut terdapat pada sampel HU panas.

Salah satu contoh jenis gugus yang hilang pada sampel HU panas adalah gugus C-N yang biasa terdapat pada senyawa amina. Dari sepuluh jenis sampel HU panas yang telah dideteksi dengan menggunakan FT-IR, gugus C-N tersebut terdeteksi pada delapan sampel HU panas, baik yang dalam bentuk cair maupun yang sebelumnya sudah dikeringkan terlebih dahulu. Dua dari sepuluh sampel HU panas yang tidak memiliki gugus C-N tersebut adalah limbah HU panas yang langsung mengalir pada pembaluran II setelah dikeringkan (LKLHUP2) dan limbah HU panas yang diambil di meja pada pembaluran II setelah dikeringkan (LKMHP2). Padahal gugus C-N tersebut merupakan salah satu jenis gugus yang menjadi komposisi penyusun urea. Akan tetapi, karena sampel HU panas ini bukan berupa senyawa urea murni, maka gugus tersebut justru hilang setelah kedua jenis sampel HU panas tersebut dikeringkan.



## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Uji kelayakan kristal silikon sebagai alternatif pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) dapat membuktikan bahwa kristal silikon layak digunakan sebagai pengganti pallet KBr (Kalium Bromida) dalam menentukan komposisi limbah hasil proses terapi pembaluran organik dengan analisa puncak spektrum inframerah.

Jenis-jenis ikatan yang terdapat pada sampel limbah dan obat balur tidak dapat diketahui secara pasti karena jenis-jenis ikatan yang terdeteksi pada sampel tidak berada dalam satu golongan senyawa yang sama. Bisa jadi dalam satu sampel terdapat beberapa ikatan yang biasanya terdapat pada beberapa senyawa yang berbeda. Dengan demikian, jenis-jenis ikatan yang biasa terdapat pada suatu senyawa yang sama belum tentu seluruhnya terdapat pada satu sampel.

Dalam menganalisa perbedaan komposisi dari masing-masing jenis sampel yang langsung dideteksi dalam bentuk cair dengan komposisi dari masing-masing sampel yang dideteksi setelah sebelumnya dikeringkan terlebih dahulu tidak ditemukan pola yang dapat menjelaskan adanya perbedaan komposisi karena baik obat maupun limbah balur tersebut bukan merupakan senyawa murni melainkan sudah berupa campuran dari beberapa komponen sehingga ada kemungkinan terjadi suatu reaksi yang dapat menghasilkan senyawa baru.

### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya ada beberapa hal yang sebaiknya perlu diperhatikan, antara lain:

1. Setiap komposisi murni dari obat-obatan yang digunakan dalam proses terapi pembaluran sebaiknya diteliti terlebih dahulu.
2. Untuk melakukan studi atau perhitungan secara teoritis tentang vibrasi atau rotasi dari senyawa yang terkait.



## DAFTAR PUSTAKA

Anonim. “*Apa Yang Dimaksud Dengan ‘Spektrum Infra-merah’.*”  
<http://www.chem-is-try.org>. 29 Oktober 2007.

\_\_\_\_\_. “*Spektrofotometer Infra Merah Transformasi Fourier.*”  
<http://id.wikipedia.org>. 17 November 2007.

\_\_\_\_\_. “*What is FT-IR?*” [www.nuance.northwestern](http://www.nuance.northwestern). 16 November 2007.

Dany. “*Hasil wawancara di YPAC Malang.*” 15 Februari 2008.

\_\_\_\_\_. “*Hasil wawancara di YPAC Malang.*” 29 Februari 2008.

Fessenden, Ralph and Joan. *Dasar-dasar Kimia Organik*, terjemahan Dra. Sukmariah Maun, et. al. Jakarta: Binarupa Aksara, 1997.

Giwangkara. “*Spektrofotometer Infra Merah Transformasi Fourier.*”  
<http://persembahanku.wordpress.com>. 17 November 2007.

\_\_\_\_\_. “*Spektrofotometri Infra Merah.*” <http://www.chem-is-try.org>. 29 Oktober 2007.

Ikawati, Yuni. “*Merkuri, Kian Ancam Kehidupan di Bumi.*”  
<http://www.depkes.go.id>. 29 Oktober 2007.

\_\_\_\_\_. “*Messwati, Elok Dyah. ‘Mereka Perlu Perhatian Khusus.’*”  
<http://www.balur.com>. 29 Oktober 2007.

Santjojo, Djoko Herry. 1995. *Infrared And Temperature Programmed Desorption Spectroscopy Analysis Of Glow Discharge Hydrogenated Amorphous Silicon (a-Si:H) Thin Film*. Universitas Murdoch Australia Barat.

Silverstein, Bassler and Morrill. *Penyidikan Spektrometrik Senyawa Organik*, terjemahan Drs. A.J. Haartomo dan Dra. Anny Victor Purba, M.Sc. Jakarta: Erlangga, 1986.

Smith, Brian. 1996. *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Boca Raton: CRC Press.

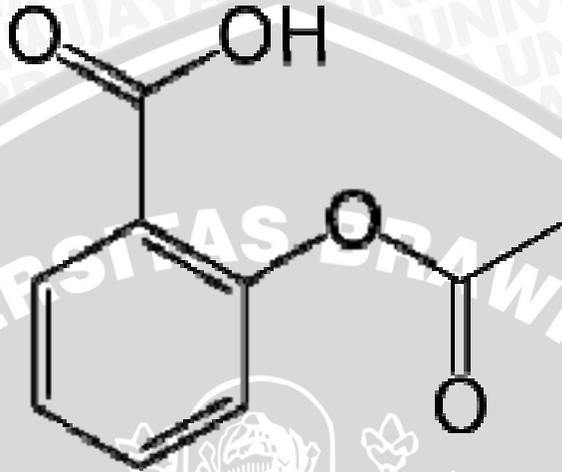
Zahar, Gretha. "Hasil Seminar Konsep Fisika Partikel Untuk Antisipasi Dampak Kemanusiaan dan Kesehatan Akibat Perubahan Jaman Yang Terkait Dengan Lubang Ozon dan Pemanasan Global di Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang." 9 November 2007.



Lampiran 1

Struktur Kimia Yang Dimiliki Oleh Setiap Komponen Yang Terdapat Pada Obat Balur

1. Struktur kimia acetosal



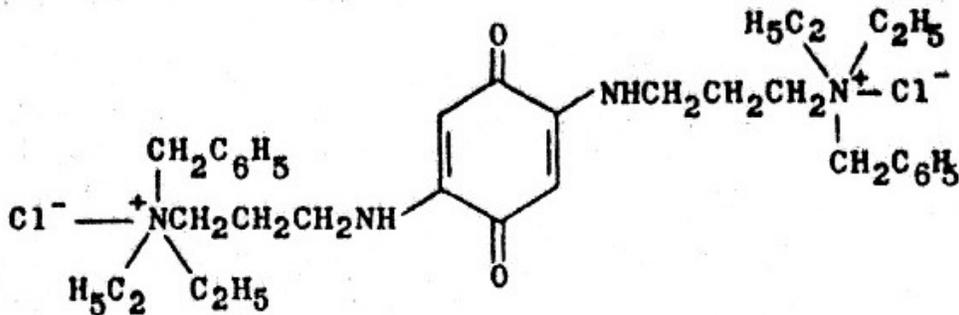
2. Struktur kimia etanol (alkohol)



3. Struktur kimia air



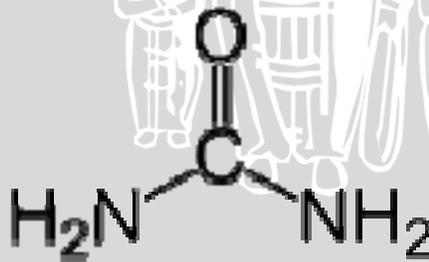
4. Struktur kimia benzoquinon



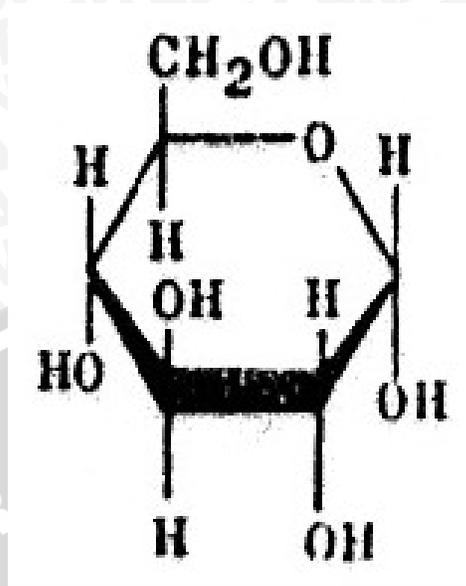
5. Struktur kimia manitol



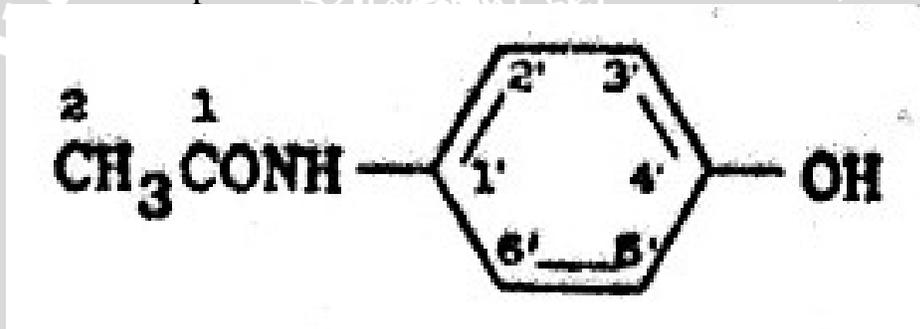
6. Struktur kimia urea



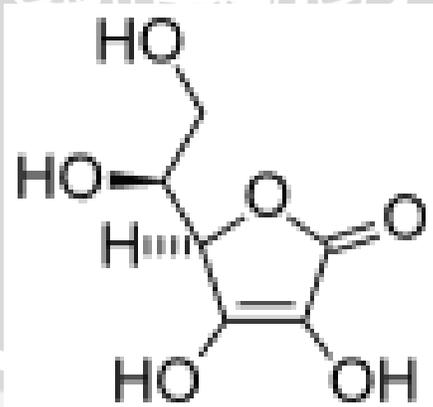
7. Struktur kimia glukosa



8. Struktur kimia parasetamol



9. Struktur kimia vitamin C



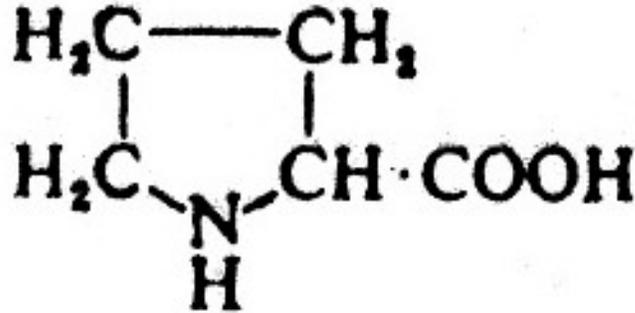
10. Struktur kimia glicin



11. Struktur kimia taurin



12. Struktur kimia prolin



## Lampiran 2

### Foto-Foto Hasil Pengeringan Obat Yang Digunakan Dalam Terapi Pembaluran

1. AC



2. Benzoquinon



3. Fermipan



4. Love



5. Air Brambang



6. HUM



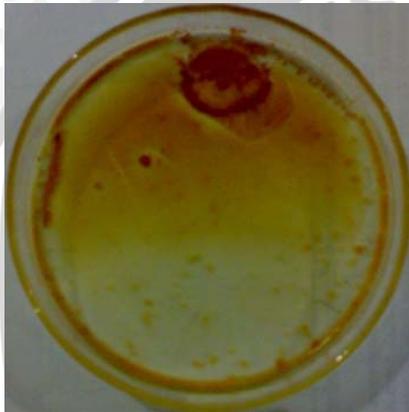
7. HU Panas



8. PC



9. Vitamin C



10. Kopi

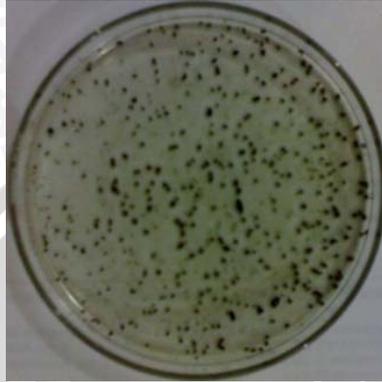


### Lampiran 3

#### Foto-Foto Hasil Pengeringan Limbah Hasil Proses Terapi Pembaluran Pada Pasien

➤ **Pembaluran I**

1. AC



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

2. Benzoquinon



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

3. Fermipan



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

4. *Love*



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

5. Air Brambang



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

6. HUM



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

7. HU Panas



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

8. PC



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

9. Vitamin C



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

10. Kopi



Langsung mengalir



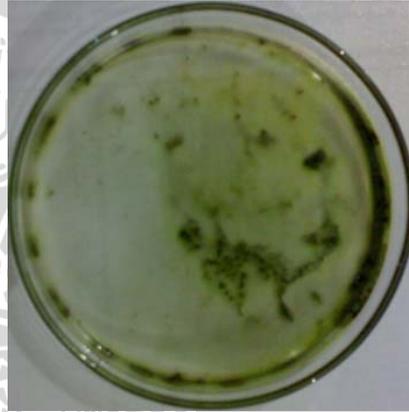
Diambil di meja balur

➤ **Pembaluran II**

1. AC



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

2. Benzoquinon



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

3. Fermipan

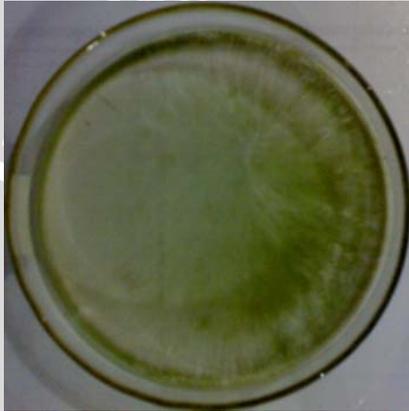


Langsung mengalir



Diambil di meja balur

4. Love



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

5. Air Brambang



Langsung mengalir

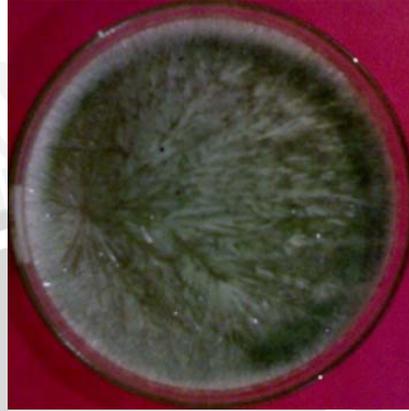


Diambil di meja balur

6. HUM



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

7. HU Panas



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

8. PC



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

9. Vitamin C



Langsung mengalir



Diambil di meja balur

10. Kopi



Langsung mengalir

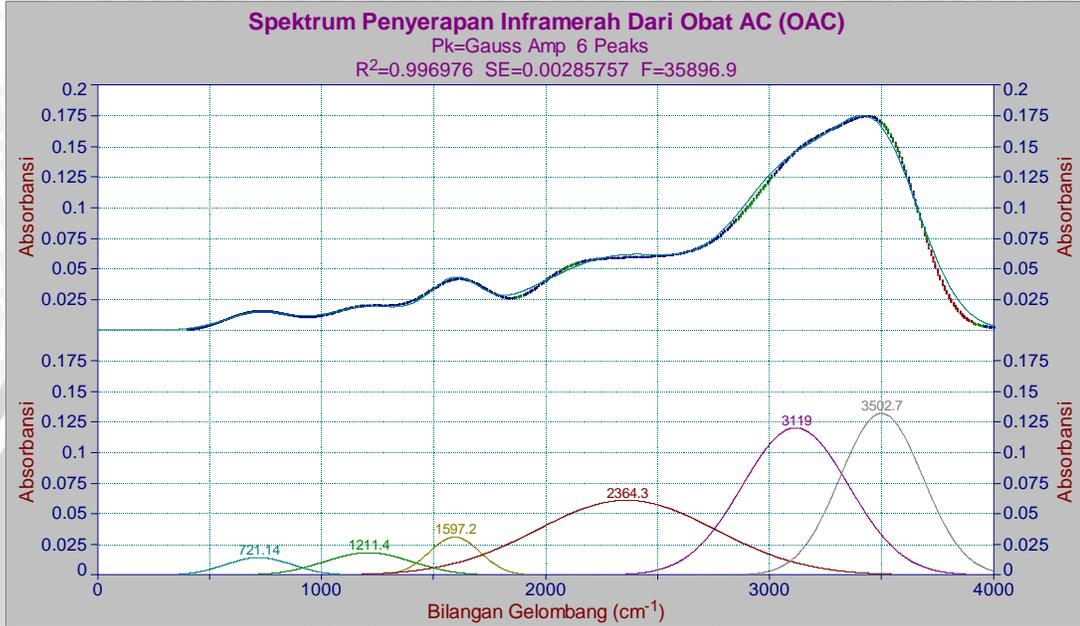


Diambil di meja balur

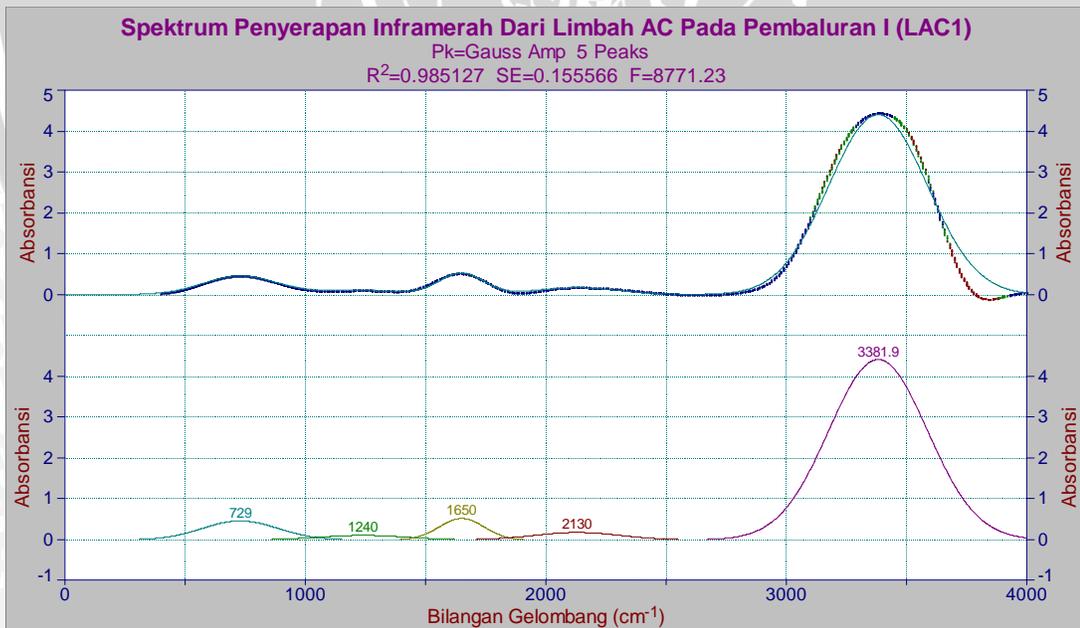


## Lampiran 4

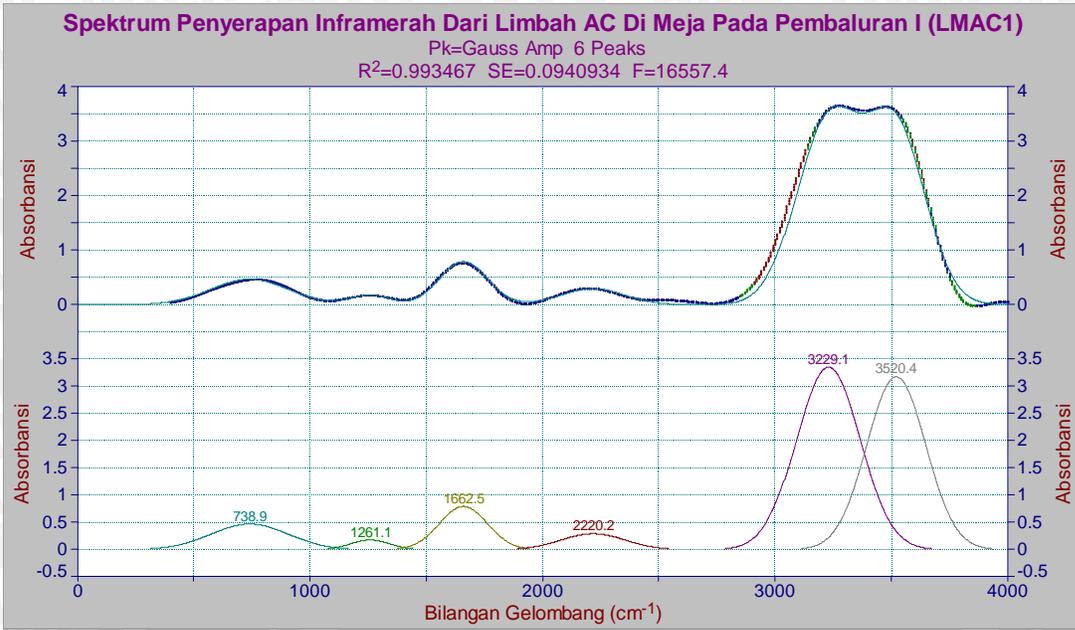
### Spektrum Penyerapan Inframerah Pada Obat dan Limbah Balur



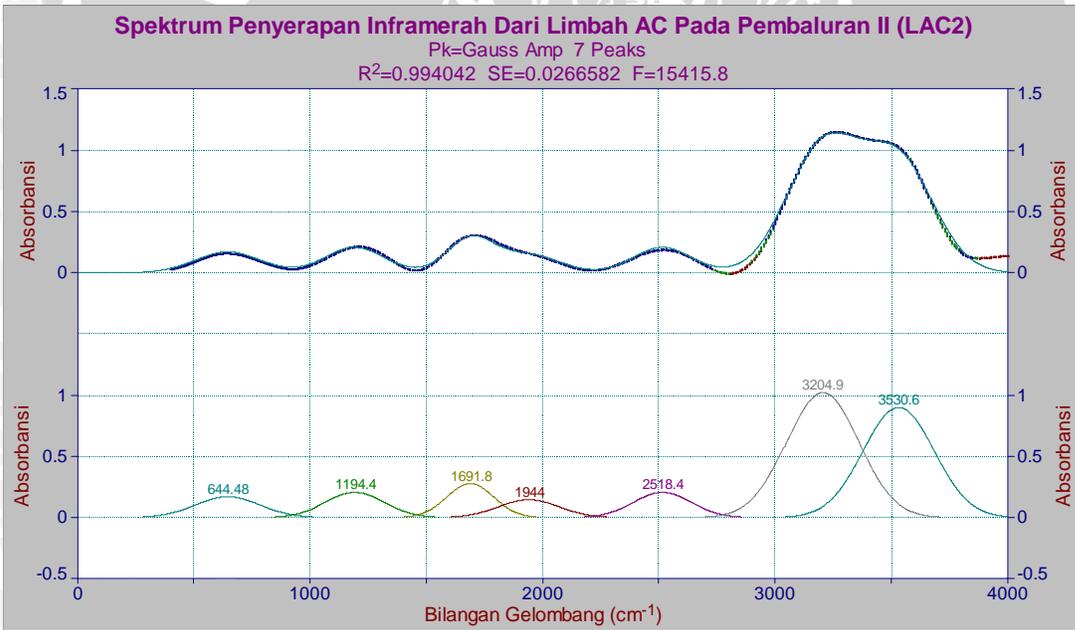
Spektrum penyerapan inframerah dari obat AC (OAC)



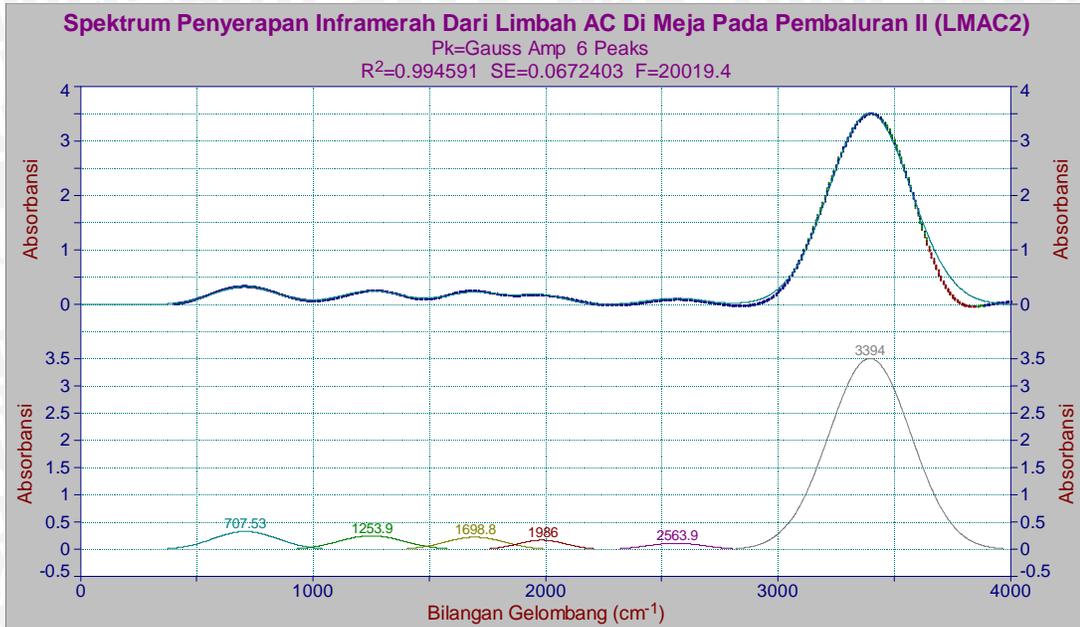
Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC pada pembaluran I (LAC1)



Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC di meja pada pembaluran I (LMAC1)



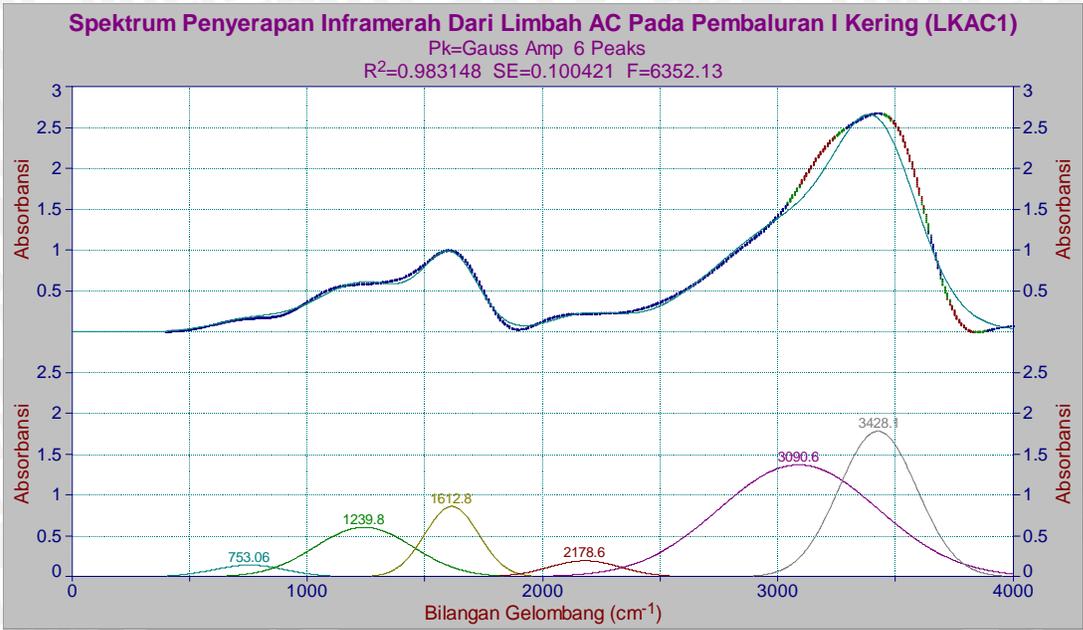
Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC pada pembaluran II (LAC2)



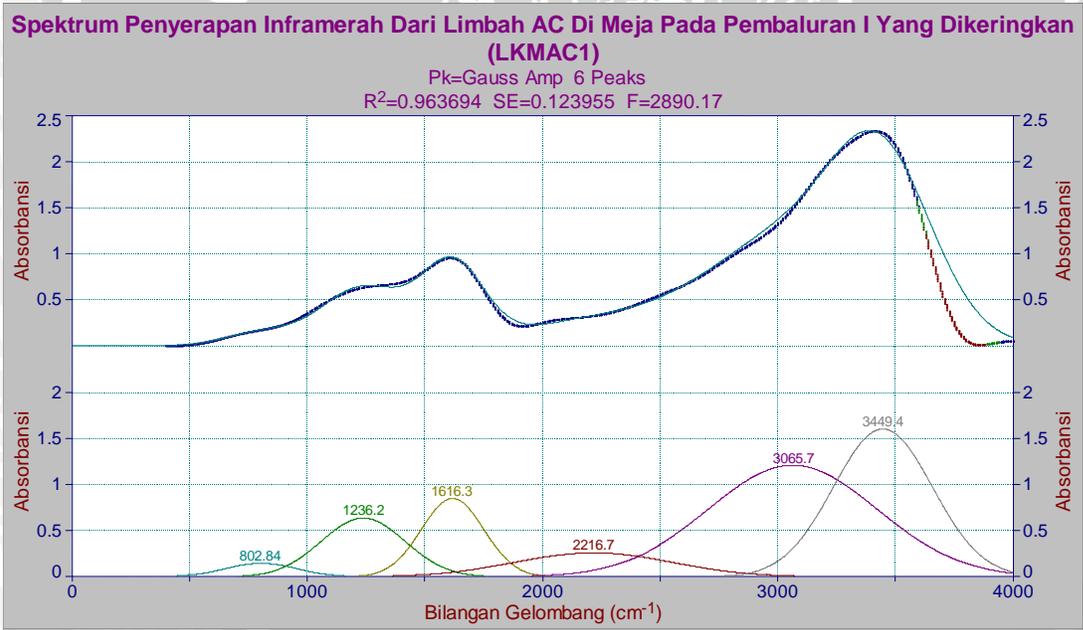
Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC di meja pada pembaluran II (LMAC2)



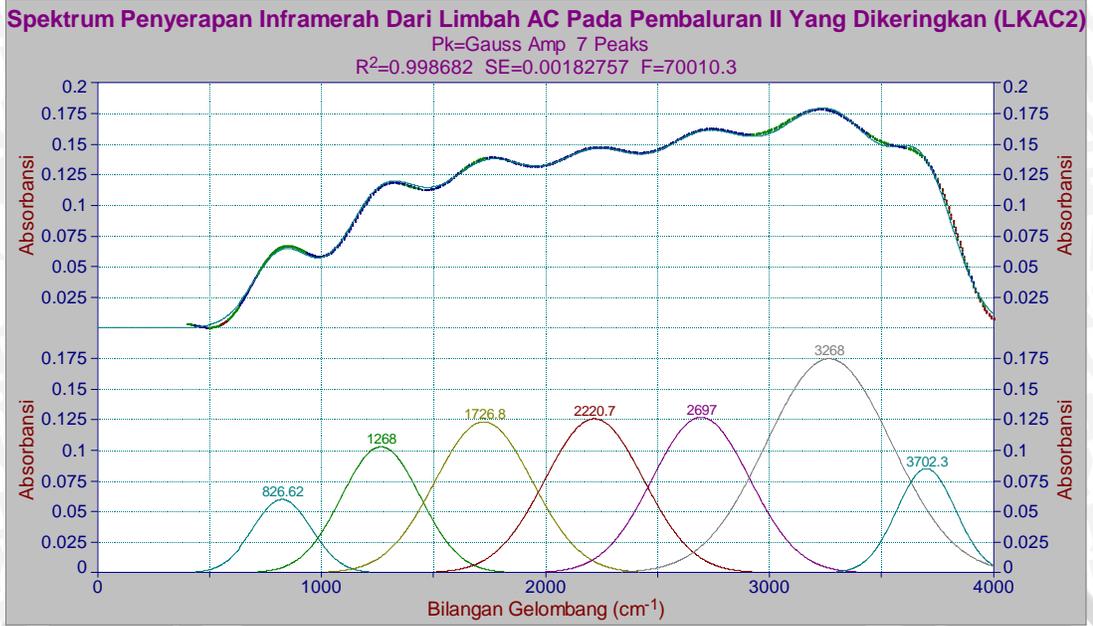
Spektrum penyerapan inframerah dari obat AC yang dikeringkan (OKAC)



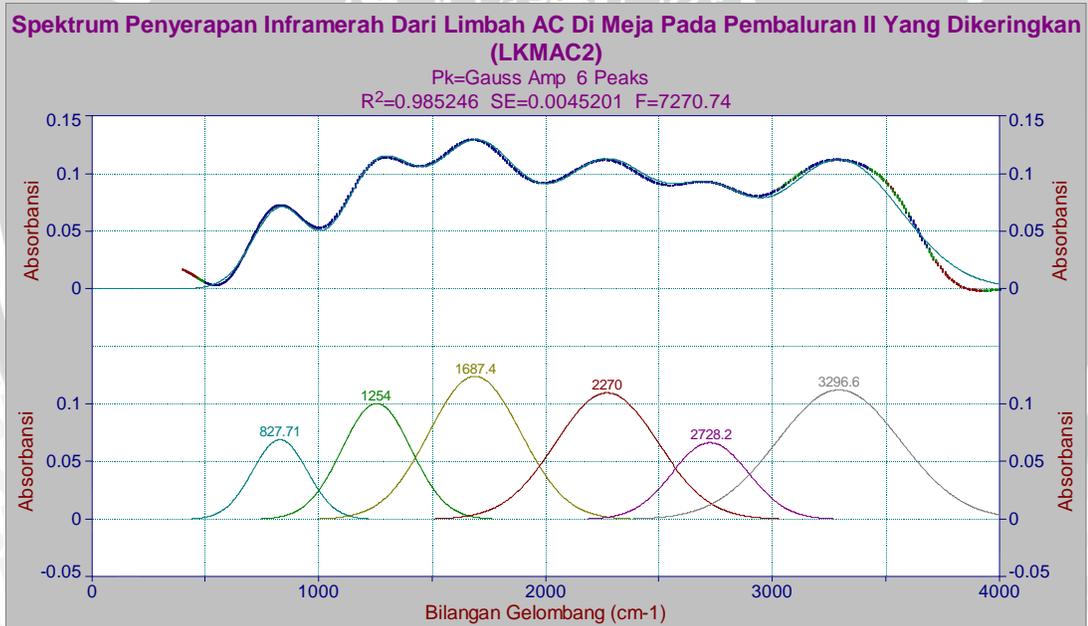
Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC pada pembaluran I yang dikeringkan (LKAC1)



Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMAC1)



Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC pada pembaluran II yang dikeringkan (LKAC2)



Spektrum penyerapan inframerah dari limbah AC di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMALC2)



## Lampiran 5

## Jenis-jenis Gugus Yang Terdeteksi Pada Masing-masing Sampel Obat dan Limbah Balur

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Rentang Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	
1	Obat AC (OAC)	721,14	650 – 1000	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )	
			690 – 900	C-H	Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )	
			540 – 785	C-Cl	Klorin	
		1211,40	1000 – 1300	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida	
			1000 – 1350	C-N	Amnia	
			1140 – 1350 dan 1300 – 1375	S=O	Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfonamida	
		1597,20	1000 – 1400	C-F	Fluorin	
			1550 – 1640	N-H	Amnia dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>bengkokan / bend</i> )	
		3119,00	2364,30	-	-	(Belum dapat ditentukan)
			3100 – 3500	3050 – 3150	C-H	Aromatik ( <i>regangan / stretch</i> )
2400 – 3400	O-H			Karboksilat Acid		
3502,70	-	N-H	Amnia dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>regangan / stretch</i> )			
			-	(Belum dapat ditentukan)		

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Rentang Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
2	Limbah AC pada pembaluran I (LAC1)	729,00	650 – 1000 690 – 900 540 – 785	C-H C-H C-Cl	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Klorin
		1240,00	1000 – 1300 1000 – 1350 1140 – 1350 dan 1300 – 1375	C-O C-N S=O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida Amina Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfonamida
		1650,00	1000 – 1400 1600 – 1680 1630 – 1680 1640 – 1690	C-F C=C C=O C=N	Fluorin Alkena Amida Imina dan Oksima
		2130,00	2100 – 2250 1940 – 2270	C≡C X=C=Y	Alkuna Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat
		3381,90	3200 – 3400 2400 – 3400 3100 – 3500	O-H O-H N-H	Alkohol, Fenol (berikatan H / <i>H-bonded</i> ) Karboksilat Acid Amina dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>regangan / stretch</i> )

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Rentang Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
3	Limbah AC di meja pada pembaluran I (LMAC1)	738,90	650 – 1000	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Klorin
			690 – 900	C-H	
			540 – 785	C-Cl	
		1261,10	1000 – 1300	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida Amina Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida
			1000 – 1350	C-N	
			1140 – 1350 dan 1300 – 1375	S=O	
			1000 – 1400	C-F	
		1662,50	1600 – 1680	C=C	Alkena Amida Imina dan Oksima
			1630 – 1680	C=O	
			1640 – 1690	C=N	
2220,20	2100 – 2250	C≡C	Alkuna Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat		
	1940 – 2270	X=C=Y			
3229,10	3200 – 3400	O-H	Alkohol, Fenol (berikatan H / <i>H-bonded</i> ) Karboksilat Acid Amina dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>regangan / stretch</i> ) (Belum dapat ditentukan)		
	2400 – 3400	O-H			
	3100 – 3500	N-H			
3520,40	-	-	-	-	

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Rentang Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi	
4	Limbah AC pada pembaluran II (LAC2)	644,48	540 – 785 < 667 < 667	C-Cl C-Br C-I	Klorin Bromin Iodin	
		1194,40	1000 – 1300 1000 – 1350 1140 – 1350 dan 1300 – 1375 1000 – 1400	C-O C-N S=O C-F	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida Amina Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida Fluorin	
		1691,80	-	-	(Belum dapat ditentukan)	
		1944,00	1940 – 2270	X=C=Y	Allena, Ketenena, Isosianat, Isotiosinat	
		2518,40	2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid	
		3204,90		3200 – 3400	O-H	Alkohol, Fenol (bertikatan H / H-bonded)
				2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid
				3100 – 3500	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)
		3530,60		-	-	(Belum dapat ditentukan)



No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Rentang Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
5	Limbah AC di meja pada pembaluran II (LMAC2)	707,53	650 – 1000 690 – 900 540 – 785	C-H C-H C-Cl	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Klorin
		1253,90	1000 – 1300 1000 – 1350	C-O C-N	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat, Acid, Anhidrida Amina
		1698,80	1140 – 1350 dan 1300 – 1375	S=O	Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida
		1986,00	1000 – 1400	C-F	Fluorin
		2563,90	-	-	(Belum dapat ditentukan)
		3394,00	1940 – 2270 2400 – 3400 3200 – 3400 2400 – 3400 3100 – 3500	X=C=Y O-H O-H O-H N-H	Allena, Keten, Isosianat, Isotiosinat Karboksilat Acid Alkohol, Fenol (berikatan H / <i>H-bonded</i> ) Karboksilat Acid Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / <i>stretch</i> )

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Rentang Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
6	Obat AC yang dikeringkan (OKAC)	624,62	540 – 785	C-Cl	Klorin
			< 667	C-Br	Bromin
		1165,20	< 667	C-I	Iodin
			1000 – 1300	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida
			1000 – 1350	C-N	Amina
			1140 – 1350 dan 1300 – 1375	S=O	Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfonamida
		1680,30	1000 – 1400	C-F	Fluorin
		2184,70	1640 – 1690	C=N	Imina dan Oksima
			2100 - 2250	C≡C	Alkuna
		2657,20	1940 – 2270	X=C=Y	Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat
2400 – 3400	O-H		Karboksilat Acid		
3140,30	3050 – 3150	C-H	Aromatik (regangan / stretch)		
	2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid		
3683,80	3100 – 3500	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / stretch)		
		-	-	(Belum dapat ditentukan)	

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Rentang Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
7	Limbah AC pada pembaluran I yang dikeringkan (LKAC1)	753,06	650 – 1000	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
			690 – 900	C-H	Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
			540 – 785	C-Cl	Klorin
		1239,80	1000 – 1300	C=O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida
			1000 – 1350	C-N	Amida
		1612,80	1140 – 1350 dan	S=O	Sulfon, Sulfonyl Klorida, Sulfat, Sulfonamida
			1300 – 1375		
			1000 – 1400	C-F	Fluorin
			1600 – 1680	C=C	Alkena
		2178,60	1550 – 1640	N-H	Amida dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / <i>bend</i> )
2100 – 2250	C≡C		Alkuna		
3090,60	1940 – 2270	X=C=Y	Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat		
	3000 – 3100	C-H	Alkena (regangan / <i>stretch</i> )		
	3050 – 3150	C-H	Aromatik (regangan / <i>stretch</i> )		
3428,10	2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid		
	3100 – 3500	N-H	Amida dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / <i>stretch</i> )		

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Rentang Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
8	Limbah AC di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKM/AC1)	802,84	650 – 1000 690 – 900	C-H C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
		1236,20	1000 – 1300 1000 – 1350 1140 – 1350 dan 1300 – 1375	C-O C-N S=O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida Amina Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida
		1616,30	1600 – 1680 1550 – 1640	C=C N-H	Alkena Amina dan Amida Primer dan Sekunder (bengkokan / <i>bend</i> )
		2216,70	2100 – 2250 1940 – 2270	C≡C X=C=Y	Alkuna Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat
		3065,70	3000 – 3100 3050 – 3150 2400 – 3400	C-H C-H O-H	Alkena (regangan / <i>stretch</i> ) Aromatik (regangan / <i>stretch</i> ) Karboksilat Acid
		3449,40	3100 – 3500	N-H	Amina dan Amida Primer dan Sekunder (regangan / <i>stretch</i> )

No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Rentang Puncak Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
9	Limbah AC pada pembaluran II yang dikeringkan (LKAC2)	826,62	650 – 1000	C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
			690 – 900	C-H	Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
		1268,00	1000 – 1300	C-O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida
			1000 – 1350	C-N	Amida
			1140 – 1350 dan	S=O	Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida
			1300 – 1375		
		1726,80	1000 – 1400	C-F	Fluorin
			1720 – 1740	C=O	Aldehida
		2220,70	2100 – 2250	C≡C	Alkuna
			1940 – 2270	X=C=Y	Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat
2697,00	2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid		
	3200 – 3400	O-H	Alkohol, Fenol (berikatan H / <i>H-bonded</i> )		
3268,00	2400 – 3400	O-H	Karboksilat Acid		
	3100 – 3500	N-H	Amida dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>regangan / stretch</i> )		



No.	Jenis Sampel	Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Rentang Puncak Daerah Serapan (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Gugus	Tipe Vibrasi
10	Limbah AC di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMAC2)	827,71	650 – 1000 690 – 900	C-H C-H	Alkena (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> ) Aromatik (bengkokan keluar bidang / <i>out-of-plane bend</i> )
		1254,00	1000 – 1300 1000 – 1350 1140 – 1350 dan 1300 – 1375	C-O C-N S=O	Alkohol, Eter, Ester, Karboksilat Acid, Anhidrida Amina Sulfon, Sulfonil Klorida, Sulfat, Sulfonamida
		1687,40	1000 – 1400	C-F	Fluorin
		2270,00	-	-	(Belum dapat ditentukan)
		2728,20	1940 – 2270 2700 – 2800 2800 – 2900 2400 – 3400	X=C=Y C-H O-H	Allena, Ketena, Isosianat, Isotiosinat Aldehida Karboksilat Acid
		3296,80	3200 – 3400 2400 – 3400 3100 – 3500	O-H O-H N-H	Alkohol, Fenol (berkaitan H / <i>H-bonded</i> ) Karboksilat Acid Amina dan Amida Primer dan Sekunder ( <i>regangan / stretch</i> )



## Lampiran 6

Tabel Puneak Dacrah Serapan Inframerah Pada Obat dan Limbah Balur Yang Dideteksi Dengan Menggunakan FT-IR

No.	Jenis sampel	Jumlah Puneak	Puncak Daerah Serapan (cm-1)									
			400-1000	1000,01-1500	1500,01-2000	2000,01-2500	2500,01-3000	3000,01-3400	3400-4000			
1	Obat AC (OAC)	6	721,14	1211,40	1597,20	2364,30		3119,00	3502,70			
2	Timbah AC pada pembalran I (LAC1)	5	729,00	1240,00	1650,00	2130,00		3381,90				
3	Limbah AC di meja pada pembalran I (LMAC1)	6	738,90	1261,10	1662,50	2220,20		3229,10	3520,40			
4	Limbah AC pada pembalran II (LAC2)	7	644,48	1194,40	1691,80	1944,00	2518,40	3204,90	3530,60			
5	Timbah AC di meja pada pembalran II (LMAC2)	6	707,53	1253,90	1698,80	1986,00	2563,90	3394,00				
6	Obat AC Yang Dikeringkan (OKAC)	7	624,62	1165,20	1680,30	2184,70	2657,20	3140,30	3683,80			
7	Limbah AC pada pembalran I yang dikeringkan (LKAC1)	6	753,06	1239,80	1612,80	2178,60		3090,60	3428,10			
8	Limbah AC di meja pada pembalran I yang dikeringkan	6	802,84	1256,20	1616,30	2216,70		3065,70	3449,40			
9	Limbah AC pada pembalran II yang dikeringkan (LKAC2)	7	826,62	1268,00	1726,80	2220,70	2697,00	3268,00	3702,30			
10	Limbah AC di meja pada pembalran II yang dikerinkan (LKMAL2)	6	827,71	1254,00	1687,40	2270,00	2728,20	3296,80				
11	Obat Benzoquinon (OBQ)	6	774,42	1286,00	1637,70	2159,90		3175,80	3531,10			
12	Limbah Benzoquinon pada pembalran I (LBQ1)	6	733,00	1232,70	1641,20	2159,90		3214,90	3513,30			
13	Limbah Benzoquinon di meja pada pembalran I (LMBQ1)	6	749,56	1268,20	1651,90	2167,00		3200,70	3531,10			
14	Limbah Benzoquinon pada pembalran II (LBQ2)	6	669,00	1285,30	1695,30	1986,00	2560,40	3390,50				
15	Limbah Benzoquinon di meja pada pembalran II (LMBQ2)	6	679,31	1264,40	1670,80	1979,00	2560,40	3387,00				
16	Obat Benzoquinon Yang Dikeringkan (OKBQ)	6	607,46	1168,70	1687,40	2188,30	2657,20	3246,90				
17	Limbah Benzoquinon pada pembalran I yang dikeringkan (LKBQ1)	8	455,34	1229,40	1586,70	2063,00	2833,60	3383,50				
			914,19		2486,90							
18	Limbah Benzoquinon di meja pada pembalran I yang dikerinkan (LKMBO1)	6	820,60	1303,70	1627,00	2074,60	2973,40	3403,20				
19	Limbah Benzoquinon pada pembalran II yang dikerinkan (LKBQ2)	7	816,11	1253,90	1681,30	2206,70	2708,00	3180,40	3527,10			
20	Timbah Benzoquinon di meja pada pembalran II yang dikerinkan (LKMBO2)	6	760,21	1261,10	1623,40	2120,80	2944,90	3378,30				

No.	Jenis sampel	Jumlah Puncak	Puncak Daerah Serapan (cm-1)											
			400	1000,01	1500,01	1500,01	2000,01	2500,01	2500,01	3000,01	3000,01	3400,01	3400,01	
			1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	
21	Obat Fermipan (OFM)	6	799,29	1250,40	1637,70	2174,10			3094,10				3520,40	
22	Limbah Fermipan pada pembaluran I (LFM1)	5	712,00	1168,70	1669,60	2380,00			3381,90					
23	Limbah Fermipan di meja pada pembaluran I (LMFM1)	6	777,98	1323,00	1630,60	2156,30			3204,30				3516,90	
24	Limbah Fermipan pada pembaluran II (LFM2)	6	690,02	1246,90	1712,80	2003,50	2556,90						3418,60	
25	Limbah Fermipan di meja pada pembaluran II (LMFM2)	4	686,51	1278,50		1912,40			3239,90					
26	Obat Fermipan Yang Dikeringkan (OKFM)	6	560,56	1190,10	1751,30			2554,20	3286,00	3630,60				
27	Limbah Fermipan pada pembaluran I yang dikeringkan	6	973,36	1545,30		2071,00	2593,30	3197,20	3637,70					
28	Limbah Fermipan di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMFM1)	6	728,24	1218,50	1623,40	2081,70	2966,30						3467,10	
29	Limbah Fermipan pada pembaluran II yang dikeringkan	6	697,02	1239,90	1611,20	2161,10			3008,80	3401,10				
30	Limbah Fermipan di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMFM2)	6	755,55	1254,00	1609,20	2223,80	2916,50	3378,30						
31	Obat Love (OLV)	5	729,00	1250,00	1640,00	2140,00			3364,10					
32	Limbah Love pada pembaluran I (LLV1)	6	756,66	1374,80	1641,20	2103,00			3278,90	3545,30				
33	Limbah Love di meja pada pembaluran I (LMLV1)	6	746,00	1310,80	1655,40	2173,50			3239,80	3520,40				
34	Limbah Love pada pembaluran II (LLV2)	7	644,48	1268,00	1646,20	1986,00	2563,90	3271,50	3548,20					
35	Limbah Love di meja pada pembaluran II (LMLV2)	6	607,02	1246,90	1674,30	2007,00	2511,40	3397,50						
36	Obat Love Yang Dikeringkan (OKLV)	6	579,04	1165,20	1612,80	2198,90	2815,50	3360,60						
37	Limbah Love pada pembaluran I yang dikeringkan (KLV1)	6	633,98	1218,90	1611,20	2322,20	2959,70	3355,50						
38	Limbah Love di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMVL1)	6	683,00	1151,00	1580,80	2131,40			3129,70	3424,50				
39	Limbah Love pada pembaluran II yang dikeringkan (KLV2)	6	669,00	1180,40	1611,20	2178,60	2942,20	3380,00						
40	Limbah Love di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMVL2)	6	717,58	1172,50	1612,80	2230,90	2895,20	3374,80						

No.	Jenis sampel	Jumlah Puncak	Puncak Daerah Serapan (cm-1)											
			1000	1600	1500,00 - 1600	2000	2000,00 - 2100,00	2500	2500,00 - 3000,00	3000,00 - 3400	3400,00 - 4000			
41	Obat Air Drambane (OAD)	5	725,00	1270,00	1640,00	2160,00	2160,00	3070,00						
42	Limbah Air Brambang pada pembaluran I (LAB1)	5	760,00	1254,00	1644,80	2184,70	2184,70	3389,00						
43	Limbah Air Brambang di meja pada pembaluran I (LMAB1)	6	729,00	1214,90	1630,60	2174,10	2174,10	3197,20	3513,30					
44	Limbah Air Brambang pada pembaluran II (LAB2)	6	686,51	1268,00	1649,70	2031,50	2504,40	3562,50						
45	Limbah Air Brambang di meja pada pembaluran II (LMAB2)	5	647,99	1275,00		1929,90	2556,90	3373,00						
46	Obat Air Brambang Yang Dikeringkan (OKAB)	5	642,98	1161,60	1609,20			3104,80	3406,70					
47	Limbah Air Brambang pada pembaluran I yang dikeringkan	6	718,04	1235,90	1607,70	2164,60	2164,60	2987,70						
48	Limbah Air Drambane di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMAB1)	6	710,48	1193,60	1595,00	2174,10	2174,10	3044,40	3424,50					
49	Limbah Air Brambang pada pembaluran II yang dikeringkan (LKAB2)	6	770,58	1250,40	1611,20	2150,60	2150,60	3001,80	3450,10					
50	Limbah Air Brambang di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMAD2)	5	614,56	1182,90	1598,60			2909,40	3321,50					
51	Obat HUM (OHUM)	6	716,00	1168,70	1609,20	2160,00	2160,00	3204,30	3524,00					
52	Limbah HUM pada pembaluran I (LHUM1)	6	725,00	1197,20	1619,90	2174,10	2174,10	3222,00	3506,20					
53	Limbah HUM di meja pada pembaluran I (LMHUM1)	6	733,00	1200,00	1623,40	2167,00	2167,00	3246,90	3520,40					
54	Limbah HUM pada pembaluran II (LHUM2)	5	697,02	1218,90	1625,20	2175,10	2175,10	3383,50						
55	Limbah HUM di meja pada pembaluran II (LMHUM2)	6	676,01	1159,40	1625,20	2154,10	2154,10	2756,60	3369,50					
56	Obat HUM Yang Dikeringkan (OKHUM)	6	614,56	1165,20	1680,30	2191,80	2191,80	2678,50	3271,80					
57	Limbah HUM pada pembaluran I yang dikeringkan	6	728,55	1243,40	1635,70	2178,60	2178,60	2756,60	3090,50					
58	Limbah HUM di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMHTUM1)	5		1182,90	1637,70	2177,60	2177,60	2735,30	3371,20					
59	Limbah HUM pada pembaluran II yang dikeringkan	6	802,84	1257,50	1644,80	2167,00	2167,00	2749,60	3074,80					
60	Limbah HUM di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMHTUM2)	7	806,39	1254,00	1659,00	2177,60	2177,60	2724,70	3222,00	3502,70				

No.	Jenis sampel	Jumlah Puncak	Puncak Daerah Serapan (cm-1)									
			400 - 1000	1000,01 - 1500	1500,01 - 2000	2000,01 - 2500	2500,01 - 3000	3000,01 - 3400	3400,01 - 4000			
61	Obat HU Panas (OHUP)	5	714,03	1182,90	1630,60	2191,80		3392,50				
62	Limbah HU Panas pada pembaluran I (LHUP1)	6	767,32	1129,70	1616,30	2149,20		3211,40	3524,00			
63	Limbah HU Panas di meja pada pembaluran I (LMHUP1)	5	710,00	1210,00	1630,00	2070,00		3381,90				
64	Limbah HU Panas pada pembaluran II (LHUP2)	5	690,02	1208,40	1628,70	2171,60		3362,50				
65	Limbah HU Panas di meja pada pembaluran II (LMHUP2)	6	721,54	1215,40	1618,20	2161,10		3183,90	3516,60			
66	Obat HU Panas Yang Dikeringkan (OKHUP)	6	601,60	1175,80	1641,60	2191,80	2710,50	3353,50				
67	Limbah HU Panas pada pembaluran I yang dikeringkan	5	991,24		1531,70	2189,10	2700,50	3345,00				
68	Limbah HU Panas di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMHUP1)	6	969,80		1580,80	2209,60	2714,00	3172,50	3488,50			
69	Limbah HU Panas pada pembaluran II yang dikeringkan	6	809,95	1246,90	1651,90	2195,40	2703,40	3374,80				
70	Limbah HU Panas di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMHUP2)	7	792,18	1261,10	1676,70	2227,40	2717,60	3158,10	3488,50			
71	Obat PC (OPC)	5	746,00	1246,90	1637,70	2142,10		3385,40				
72	Limbah PC pada pembaluran I (LPC1)	6	758,00	1230,00	1630,00	2159,90		3214,90	3506,20			
73	Limbah PC di meja pada pembaluran I (LMPC1)	6	696,00	1122,60	1637,70	2220,00		3229,10	3509,80			
74	Limbah PC pada pembaluran II (LPC2)	6	707,53	1285,50	1642,70	2185,60	2816,10	3387,00				
75	Limbah PC di meja pada pembaluran II (LMPC2)	6	686,51	1260,90	1635,70	2126,10	2781,10	3394,00				
76	Obat PC Yang Dikeringkan (OKPC)	7	646,54	1165,20	1698,00	2184,70	2664,30	3225,60	3683,80			
77	Limbah PC pada pembaluran I yang dikeringkan (LKPC1)	6	690,02	1282,00	1628,70	2185,60	2896,70	3383,50				
78	Limbah PC di meja pada pembaluran I yang dikeringkan	6	674,96	1218,50	1609,20	2206,00	2920,10	3367,70				
79	Limbah PC pada pembaluran II yang dikeringkan (LKPC2)	7	849,02	1278,90	1701,60	2198,90	2763,80	3307,50	3683,80			
80	Limbah PC di meja pada pembaluran II yang dikeringkan	7	795,74	1271,80	1687,40	2195,40	2749,60	3278,90	3630,60			

No.	Jenis sampel	Jumlah Puwak	Puncak Daerah Serapan. (em. I)									
			400 - 1000	1000,01 - 1500,01	1500,01 - 2000,01	2000,01 - 2500,01	2500,01 - 3000,01	3000,01 - 3400,01	3400,01 - 4000			
81	Obat Vitamin C (OVC)	6	770,87	1321,50	1634,10	2120,80		3193,60	3531,10			
82	Limbah Vitamin C pada pembaluran I (LVC1)	6	763,77	1254,00	1634,10	2167,00		3161,60	3531,10			
83	Limbah Vitamin C di meja pada pembaluran I (LMVC1)	5	735,89	1205,40	1656,90	2180,60		3395,00				
84	Limbah Vitamin C pada pembaluran II (LVC2)	6	714,54	1225,90	1639,20	2175,10		3218,90	3502,60			
85	Limbah Vitamin C di meja pada pembaluran II (LMVC2)	5	704,03	1320,50	1646,20	2318,70		3394,00				
86	Obat Vitamin C Yang Dikeringkan (OKVC)	7	625,22	1186,30	1680,90	2206,00	2721,10	3328,60	3797,10			
87	Limbah Vitamin C pada pembaluran I yang dikeringkan	6	766,00	1211,90	1628,70	2168,10		3005,30	3415,10			
88	Limbah Vitamin C di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMVC1)	6	674,96	1261,10	1644,80	2252,20	2998,20	3385,40				
89	Limbah Vitamin C pada pembaluran II yang dikeringkan	6	706,93	1332,10	1666,10	2209,60	2930,70		3413,90			
90	Limbah Vitamin C di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMVC2)	6	753,11	1339,30	1666,10	2184,70	2966,30	3399,60				
91	Obat Kopi (OKP)	6	756,66	1278,90	1641,20	2145,60		3204,30	3516,90			
92	Limbah Kopi pada pembaluran I (LKP1)	6	749,56	1232,70	1634,10	2156,30		3214,90	3524,00			
93	Limbah Kopi di meja pada pembaluran I (LMKP1)	5	719,00	1168,70	1630,60	2149,20		3378,30				
94	Limbah Kopi pada pembaluran II (LKP2)	5	683,01	1211,90	1670,80	2476,40		3394,00	3425,60			
95	Limbah Kopi di meja pada pembaluran II (LMKP2)	5	714,54	1257,10	1616,20	2220,70						
96	Obat Kopi Yang Dikeringkan (OKKP)	6	620,62	1175,80	1627,00	2170,50	2998,20		3438,70			
97	Limbah Kopi pada pembaluran I yang dikeringkan (LKKP1)	6	679,51	1218,90	1607,70	2150,60		3036,80	3478,10			
98	Limbah Kopi di meja pada pembaluran I yang dikeringkan (LKMKP1)	6	703,37	1254,00	1634,10	2174,10	2891,70	3392,50				
99	Limbah Kopi pada pembaluran II yang dikeringkan (LKKP2)	6	660,75	1218,50	1634,10	2170,50		3072,80	3410,30			
100	Limbah Kopi di meja pada pembaluran II yang dikeringkan (LKMKP2)	6	635,88	1222,00	1619,90	2152,80		3026,60	3403,20			