



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

**PEMBUATAN, KARAKTERISASI DAN UJI AKTIVITAS  
ANTIMIKROBA SERTA ANTIOKSIDAN ASAP CAIR DARI  
CANGKANG SAWIT (*Elaeis gueneensis* jack)**

**SKRIPSI**



**IRMA YANTI SIREGAR  
07132045**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG 2011**

## ABSTRAK

Pembuatan, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antimikroba serta Antioksidan Asap Cair dari Cangkang Sawit (*Elaeis gueneensis jack*)

Oleh  
Irma Yanti Siregar (07132045), Yefrida, M.Si\* dan Dr.Refilda\*\*  
\*Pembimbing I, \*\*Pembimbing II

Pembuatan, karakterisasi, dan uji aktivitas antimikroba serta antioksidan asap cair dari cangkang sawit (*Elaeis gueneensis jack*), dilakukan dengan tujuan utama untuk memanfaatkan cangkang sawit dan melihat kualitas asap cair yang dihasilkan. Metoda yang digunakan untuk pembuatan asap cair ini adalah pirolisis sederhana. Berdasarkan karakterisasi asap cair dengan GC/MS diperoleh bahwa asap cair mengandung senyawa utama berupa asam karboksilat dan derivat fenol. Dari hasil pengujian antimikroba terhadap bakteri *salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp* diketahui bahwa asap cair cangkang sawit ini memiliki aktivitas antibakteri dan antijamur. Selain itu asap cair cangkang sawit juga memiliki aktivitas antioksidan yang baik. Sedangkan dari hasil penentuan kandungan logam menggunakan AAS, asap cair ini mengandung mineral-mineral esensial.

Kata kunci : *asap cair, pirolisis, antibakteri, antijamur, dan antioksidan.*

## ABSTRACT

### Synthesis, Characterization, Antimicrobial and Antioxidant Activity Test Liquid Smoke from The Palm Kernel Shell

By

Irma Yanti Siregar (07132037), Yefrida, M.Si\* dan Dr. Refilda\*\*

\*Advisor I, \*\*Advisor II

Synthesis, characterization, antimicrobial and antioxidant activity test liquid smoke from the palm kernel shell had purpose to taked advantage palm kernel shell and showed it quality. Pyrolisis method was used in this research to make liquid smoke. Characterization of liquid smoke palm kernel shell using GC/MS showed that this liquid smoke contained acid grup and fenol as main compound. The result of Antimicrobial test show liquid smoke of palm kernel shell had an antibacterial and antifungal activity. This liquid smoke proved to inhibit *Salmonella sp* and *Rhizopus sp*. On the other hand, antioxidant activity test show that liquid smoke of palm kernel shell has a great antioxidant activity, whereas from the analysis results of metal content using AAS show liquid smoke contained essential minerals.

Keyword : *liquid smoke, pyrolisis, antimicrobial and antioxidant.*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas limpahan berkah, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Skripsi yang berjudul **“Pembuatan, Karakterisasi, dan Uji Aktivitas Antimikroba serta Antioksidan Asap Cair dari Cangkang Sawit (*Elaeis gueneensis jack*)”** ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis Lingkungan Jurusan Kimia dan Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas.

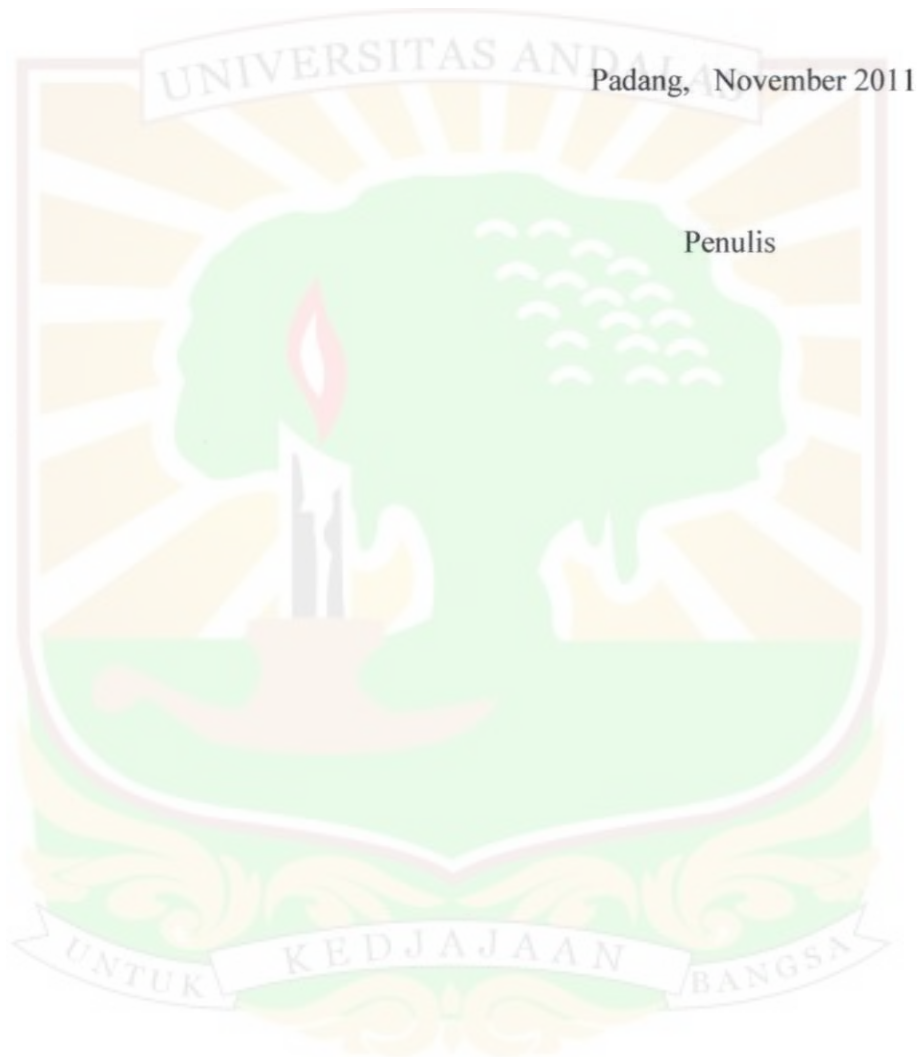
Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Yefrida, M.Si selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Refilda selaku pembimbing II, atas arahan dan bimbingan yang telah diberikan selama penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Mai Efdi yang telah banyak membantu selama menjadi pembimbing akademik sekaligus selaku koordinator pendidikan Jurusan Kimia FMIPA UNAND.
3. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA UNAND.
4. Semua staf pengajar di Jurusan Kimia yang telah bersedia membagi ilmunya dan membimbing selama menjadi mahasiswa di Jurusan Kimia UNAND.
5. Bapak Adi Kepala Laboratorium Kesehatan Padang, yang telah membantu kelancaran penelitian dan atas bimbingannya.
6. Semua Analis laboratorium Kimia FMIPA yang telah mendukung kelancaran penelitian ini.
7. Ibu Sofni selaku Analis Laboratorium Kimia Lingkungan Fakultas Teknik UNAND.
8. Semua pegawai tata usaha yang telah membantu kelancaran dalam urusan administrasi dan kelengkapan selama ini.
9. Kedua orang tua, dan seluruh keluarga besar atas do'a, kasih sayang dan perhatian yang telah diberikan selama ini.



10. Teman-teman 'SoCh4' dan sahabat-sahabat yang tidak dapat disebutkan satu-persatu, atas dukungan, semangat persahabatan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bermanfaat untuk menyempurnakan skripsi ini.



Padang, November 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Batasan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Kelapa Sawit.....	4
2.2. Cangkang Sawit.....	4
2.3. Pirolisis Cangkang Sawit.....	5
2.4. Asap Cair	
2.4.1 Defenisi Asap Cair.....	6
2.4.2 Kandungan Asap Cair.....	7
2.4.3 Sifat dan Manfaat Asap Cair.....	8
2.4.4 Aplikasi Asap Cair.....	10
2.5. Penggolongan Mineral.....	11
2.6. GC-MS.....	12
2.7. Spektrometri Serapan Atom.....	12
2.8. Metoda Kirby-Bauer (Metoda Cakram Kertas).....	13
2.9. Metoda DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil).....	13



4.6 Hasil Penentuan Kandungan Logam dalam Asap Cair dengan AAS.....29

**BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....31

5.2 Saran.....32

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**





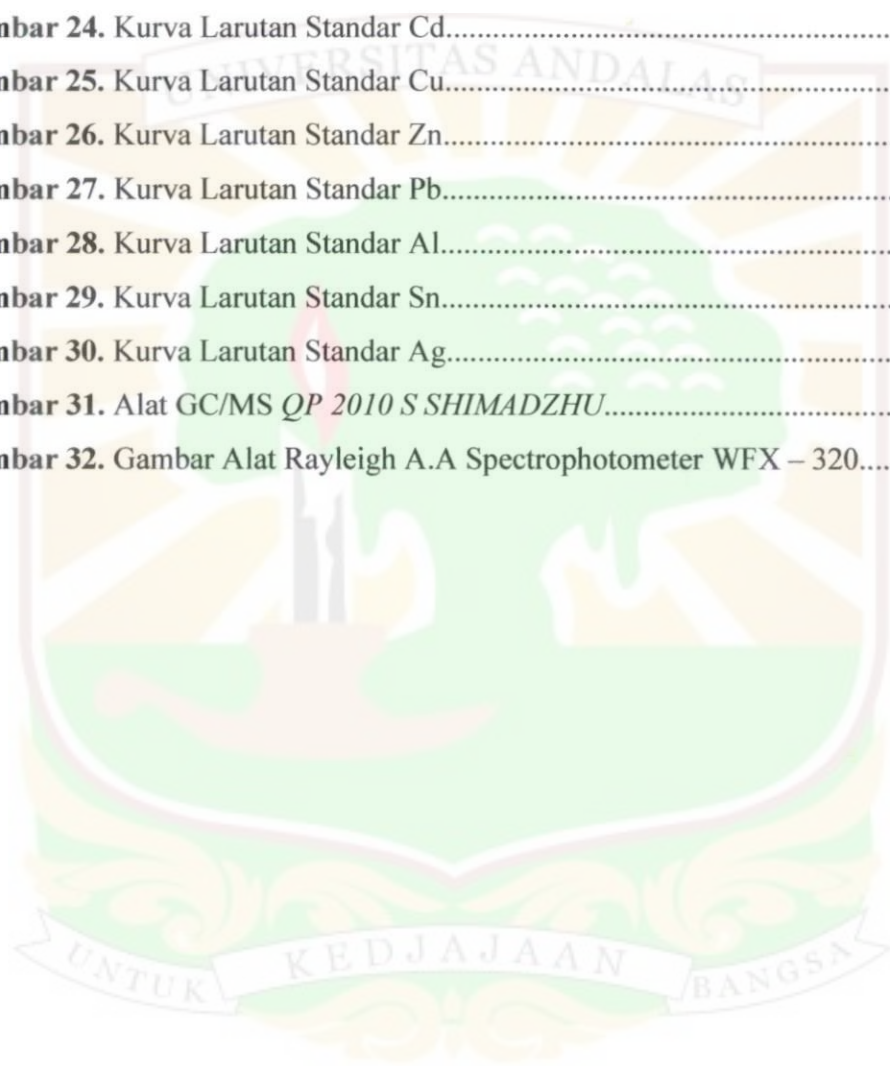
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Nutrisi Mineral Esensial dan Jumlahnya dalam Tubuh .....	11
<b>Tabel 2.</b> Perkiraan Senyawa yang Terkandung dalam Asap Cair Tempurung Kelapa Sawit.....	23
<b>Tabel 3.</b> Perbandingan % Inhibisi Asap Cair Cangkang Sawit, Batang Jambu Biji dan Tandan Salak.....	29
<b>Tabel 4.</b> Kandungan Logam dalam Asap Cair Cangkang Sawit .....	29
<b>Tabel 5.</b> Data Diameter Zona Bening Larutan Uji terhadap Mikroba.....	44
<b>Tabel 6.</b> Data Absorban Asap Cair dan Asam Askorbat.....	47
<b>Tabel 7.</b> Data % Inhibisi Asap Cair dan Asam Askorbat.....	48
<b>Tabel 8.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Cr.....	49
<b>Tabel 9.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Ca.....	49
<b>Tabel 10.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Ni.....	49
<b>Tabel 11.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Na.....	50
<b>Tabel 12.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Mn.....	50
<b>Tabel 13.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Mg.....	50
<b>Tabel 14.</b> Data Pengukuran Larutan Standar K.....	51
<b>Tabel 15.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Fe.....	51
<b>Tabel 16.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Co.....	51
<b>Tabel 17.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Cd.....	52
<b>Tabel 18.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Cu.....	52
<b>Tabel 19.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Ni.....	52
<b>Tabel 20.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Pb.....	53
<b>Tabel 21.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Al.....	53
<b>Tabel 22.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Sn.....	53
<b>Tabel 23.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Ag.....	54
<b>Tabel 24.</b> Data Absorban blangko.....	60
<b>Tabel 25.</b> Data LOQ logam.....	61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Alat Pembuat Asap Cair .....	16
<b>Gambar 2.</b> Asap Cair Cangkang Sawit.....	21
<b>Gambar 3.</b> Kromatogram Asap Cair Cangkang sawit.....	22
<b>Gambar 4.</b> Daya Hambat Asap Cair, Asam Benzoat dan Formalin terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> ....	25
<b>Gambar 5.</b> Daya Hambat Asap Cair, Asam Benzoat dan Formalin terhadap Jamur <i>Rhizopus sp</i> .....	26
<b>Gambar 6.</b> Daya Hambat Asap Cair Cangkang Sawit, Batang Jambu Biji, dan Tandan Salak terhadap Bakteri <i>Salmonella sp.</i> ....	27
<b>Gambar 7.</b> Daya Hambat Asap Cair Cangkang Sawit, Batang Jambu Biji, dan Tandan Salak terhadap Jamur <i>Rhizopus sp</i> .....	27
<b>Gambar 8.</b> Aktivitas Antioksidan Penangkapan Radikal DPPH .....	28
<b>Gambar 9.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada konsentrasi Asap Cair 1% dan 2% terhadap Jamur <i>Rhizopus sp</i> .....	44
<b>Gambar 10.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada Konsentrasi Asap Cair 1% dan 2% terhadap Bakteri <i>Salmonella sp</i> .....	45
<b>Gambar 11.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada konsentrasi Formalin 1% dan 2% terhadap Jamur <i>Rhizopus sp</i> .....	45
<b>Gambar 12.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada Konsentrasi Formalin 1% dan 2% terhadap Bakteri <i>Salmonella sp</i> .....	45
<b>Gambar 13.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada konsentrasi Asap Cair 1% dan 2% terhadap Jamur <i>Rhizopus sp</i> .....	46
<b>Gambar 14.</b> Zona Bening yang Terbentuk pada Konsentrasi Asam Benzoat 1% dan 2% terhadap Bakteri <i>Salmonella sp</i> .....	46
<b>Gambar 15.</b> Kurva Larutan Standar Cr.....	49
<b>Gambar 16.</b> Kurva Larutan Standar Ca.....	49
<b>Gambar 17.</b> Kurva Larutan Standar Ni.....	49
<b>Gambar 18.</b> Kurva Larutan Standar Na.....	50

<b>Gambar 19.</b> Kurva Larutan Standar Mn.....	50
<b>Gambar 20.</b> Kurva Larutan Standar Mg.....	50
<b>Gambar 21.</b> Kurva Larutan Standar K.....	51
<b>Gambar 22.</b> Kurva Larutan Standar Fe.....	51
<b>Gambar 23.</b> Kurva Larutan Standar Co.....	51
<b>Gambar 24.</b> Kurva Larutan Standar Cd.....	52
<b>Gambar 25.</b> Kurva Larutan Standar Cu.....	52
<b>Gambar 26.</b> Kurva Larutan Standar Zn.....	52
<b>Gambar 27.</b> Kurva Larutan Standar Pb.....	53
<b>Gambar 28.</b> Kurva Larutan Standar Al.....	53
<b>Gambar 29.</b> Kurva Larutan Standar Sn.....	53
<b>Gambar 30.</b> Kurva Larutan Standar Ag.....	54
<b>Gambar 31.</b> Alat GC/MS <i>QP 2010 S SHIMADZHU</i> .....	55
<b>Gambar 32.</b> Gambar Alat Rayleigh A.A Spectrophotometer WFX – 320.....	59





## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Spektrum Massa Asap Cair Cangkang Sawit .....	34
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Pengamatan Uji Aktivitas Antibakteri dan Antijamur .....	44
<b>Lampiran 3.</b> Perhitungan Antioksidan Asap Cair Cangkang Sawit .....	49
<b>Lampiran 4.</b> Data Pengukuran Larutan Standar Logam .....	46
<b>Lampiran 5.</b> Perhitungan Konsentrasi Logam dalam Asap Cair Cangkang Sawit..	55
<b>Lampiran 6.</b> Gambar Alat GC/MS dan AAS yang digunakan dalam Penelitian ....	59
<b>Lampiran 7.</b> Perhitungan LOQ logam.....	60





## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia telah menjadikan komoditas ini sebagai salah satu penggerak utama, pemicu dan pemacu ekonomi Indonesia. Propinsi Riau, salah satu sentra produksi kelapa sawit di Indonesia dapat menghasilkan rata-rata 25 ton/ha kelapa sawit per tahun. Setiap hektar kebun kelapa sawit rata-rata menghasilkan 2-5 ton tempurung pertahun. Selama ini cangkang sawit hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk boiler dan bahan pengeras jalan padahal masih tersisa banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal<sup>1</sup>.

Dengan adanya ilmu pengetahuan dan teknologi maka limbah dari cangkang sawit dapat diolah menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi sehingga dapat mengurangi masalah lingkungan, salah satunya yaitu dengan menjadikannya sebagai bahan dasar pembuatan asap cair.

Asap cair memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat dan karbonil<sup>2</sup>. Ketiga senyawa ini merupakan hasil pirolisis dari selulosa, hemiselulosa dan lignin yang banyak terkandung dalam kayu keras seperti cangkang sawit. Kayu keras menghasilkan asap yang lebih unggul karena lebih kaya kandungan aromatik dan mengandung senyawa asam<sup>3</sup>.

Pengawetan dengan asap cair memiliki beberapa keunggulan antara lain yaitu lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan pencemaran udara, bisa diaplikasikan secara cepat dan mudah, tidak membutuhkan instalasi pengasapan, peralatan yang digunakan lebih sederhana dan mudah dibersihkan, konsentrasi asap cair yang digunakan bisa disesuaikan dengan yang dikehendaki, senyawa-senyawa penting yang bersifat volatil mudah dikendalikan, produk yang dihasilkan mempunyai kenampakan seragam, berperan dalam pembentukan senyawa sensoris serta memberikan jaminan keamanan pangan, sedangkan pada pengasapan tradisional terjadi proses terdepositnya tar pada bahan makanan secara langsung

sehingga membahayakan kesehatan. Salah satu senyawa yang terkandung dalam tar yang paling berbahaya adalah senyawa poliaromatis hidrokarbon (PAH). Dari hasil penelitian, asap cair dapat menurunkan kadar terdepositnya tar (senyawa PAH) pada bahan makanan<sup>3</sup>.

Kandungan senyawa-senyawa penyusun asap cair sangat menentukan sifat organoleptik asap cair serta menentukan kualitas produk pengasapan. Komposisi dan sifat organoleptik asap cair sangat tergantung pada sifat kayu, temperatur pirolisis, jumlah oksigen, kelembaban kayu, ukuran partikel kayu serta alat pembuatan asap cair.

Kadar air dalam bahan baku akan menentukan kualitas asap cair yang diproduksi. Kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi kualitas asap cair yang diproduksi. Bahan baku yang kadar airnya terlalu tinggi akan memerlukan suplai panas yang lebih banyak untuk menguapkan air pada bahan baku, sebelum proses pirolisis terjadi. Akibatnya kualitas asap cair yang dihasilkan, akan menjadi rendah karena tercampurnya hasil kondensasi uap air dan kondensasi hasil pirolisis serta penggunaan bahan baku menjadi lebih banyak<sup>4</sup>.

Nilai pH asap cair yang rendah disebabkan keberadaan asam organik sebagai hasil dari proses kondensasi asap. Asam-asam organik juga memberikan pengaruh terhadap keawetan ikan dan daging<sup>5</sup>. Asap cair menghambat pertumbuhan bakteri sampai pH 4. Pada pH 6 memberikan efek yang lebih rendah dalam membunuh bakteri<sup>5</sup>.

Senyawa fenol yang ditemukan pada asap cair adalah spesifik antara satu sama lain, tergantung dari bahan baku yang digunakan<sup>5</sup>. Kandungan senyawa fenol selain berfungsi sebagai antioksidan juga dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

Aplikasi asap cair ini dapat digunakan dalam berbagai industri, seperti dalam industri pangan untuk mengawetkan bakso, daging, ikan dan lainnya. Pemanfaatan limbah-limbah pertanian sebagai bahan pembuat asap cair seperti dari cangkang, sekam padi, kulit kacang, kayu lamtoro dan lainnya sudah pernah dilakukan, namun pembuatan asap cair dari cangkang sawit yang disertai karakterisasi, penentuan aktivitas antimikroba dan antioksidannya belum pernah diteliti.



Berdasarkan uraian di atas, peneliti melihat prospek yang baik untuk membuat asap cair dari cangkang sawit kemudian dilakukan penentuan kandungan senyawa-senyawa dengan GC-MS, uji aktivitas antimikroba dengan metoda Kirby-Bauer (metoda cakram kertas), uji aktivitas antioksidannya dengan metoda pengikatan senyawa radikal DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil) serta pengukuran kadar mineral dengan menggunakan AAS.

## **1.2 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

- Apakah cangkang sawit dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan asap cair?
- Senyawa apa saja yang terkandung dalam asap cangkang sawit?
- Apakah asap cair cangkang sawit memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan?
- Logam apa sajakah yang terkandung dalam asap cair cangkang sawit?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Memanfaatkan limbah cangkang sawit sebagai bahan dasar pembuatan asap cair.
- b. Mengetahui senyawa-senyawa yang terkandung dalam asap cair.
- c. Mengetahui aktivitas antimikroba dan antioksidan dari asap cair.
- d. Mengetahui kandungan logam dalam asap cair cangkang sawit.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai tambah dari limbah cangkang sawit yaitu sebagai bahan dasar pembuatan asap cair dan asap cair ini bisa digunakan untuk mengawetkan makanan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa Sawit<sup>6</sup>

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis jack*) merupakan tumbuhan yang tergolong ke dalam famili *Palmaceae*<sup>6</sup>. Tumbuhan ini termasuk tumbuhan monokotil dengan ciri-ciri : tidak berkambium, tidak adanya pertumbuhan sekunder, lingkaran tahun, sel jari-jari tahun, kayu awal, kayu akhir, cabang, mata kayu dan batang terdiri dari serat parenkim.

Secara anatomi, buah kelapa sawit rata-rata terdiri dari dua bagian utama, yaitu: bagian pertama adalah perikarpium yang tersiri dari epikarpium dan mesokarpium, sedangkan yang kedua adalah biji, yang terdiri dari endokarpium, endosperm dan lembaga/embrio. Epikarpium adalah kulit buah yang keras dan licin, sedangkan mesokarpium yaitu daging buah yang berserabut dan mengandung minyak dengan rendemen paling tinggi. Endokarpium merupakan tempurung berwarna hitam dan keras. Endosperm atau disebut juga kernel merupakan penghasil minyak inti sawit, sedangkan embrio merupakan bakal tanaman.

Tanaman kelapa sawit rata-rata menghasilkan 20-22 tandan/tahun. Untuk tanaman yang semakin tua produktivitasnya akan menurun menjadi 12-14 tandan/tahun. Pada tahun-tahun pertama tanaman berbuah sekitar 5-6 Kg, tetapi semakin tua berat bertambah yaitu 25-35 Kg/tandan. Banyaknya buah yang terdapat pada satu tandan tergantung pada faktor genetik, umur, lingkungan dan teknik budidayanya. Jumlah buah per tandan pada tanaman yang cukup tua mencapai 1600 buah. Panjang buah antara 2-5 cm dan berat sekitar 20-30 g/buah.

### 2.2 Cangkang Sawit<sup>6</sup>

Cangkang sawit (*endokarpium*) atau disebut juga cangkang terletak di bagian dalam buah kelapa sawit setelah daging buah berserabut dan merupakan lapisan keras



berwarna hitam. Cangkang sawit termasuk golongan kayu keras berkadar air 15-25% dan terutama tersusun dari lignin (23,89%), selulosa (25,04%) dan hemiselulosa.

Cangkang sawit merupakan salah satu limbah pengolahan minyak kelapa sawit yang cukup besar, yaitu mencapai 60% dari produksi minyak. Tandan buah segar (TBS) terdiri dari 60-65% brondolan (*fruit*) dan 35-40% tandan kosong (*bench*). Brondolan terdiri dari daging buah 54% (*glycerin* 95%, asam lemak 5%), cangkang/*shell* 32% dan inti/kernel 14%.

Cangkang sawit dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif, bahan bakar, pembangkit tenaga uap dan bahan pengeras jalan.

### 2.3 Pirolisis Cangkang Sawit

Pirolisis merupakan proses pemanasan atau distilasi kering suatu bahan sehingga menghasilkan asap yang bila dikondensasi akan menghasilkan asap cair yang mempunyai sifat spesifik asap<sup>7</sup>. Cangkang sawit mempunyai struktur yang keras mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin. Cangkang sawit dipirolisis dalam sebuah tungku pirolisis yang terbuat dari *stainless steel*, yang tahan terhadap suhu yang sangat tinggi karena proses pirolisis itu sendiri berlangsung pada suhu tinggi  $\pm 400^{\circ}\text{C}$ <sup>5</sup>.

Pirolisis dari cangkang sawit akan menghasilkan berbagai macam senyawa diantaranya<sup>8</sup>:

#### 1. Pirolisis selulosa.

Selulosa adalah makromolekul yang dihasilkan dari kondensasi linear struktur heterosiklis molekul glukosa. Selulosa terdiri dari 100-1000 unit glukosa. Selulosa terdekomposisi pada temperatur  $280^{\circ}\text{C}$  dan berakhir pada  $300-350^{\circ}\text{C}$ , menyatakan bahwa pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap, yaitu :

A. Tahap pertama adalah reaksi hidrolisis menghasilkan glukosa.

B. Tahap kedua merupakan reaksi yang menghasilkan asam asetat dan homolognya, bersama-sama air dan sejumlah kecil furan dan fenol.

## 2. Pirolisis hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polimer dari beberapa monosakarida seperti pentosan ( $C_5H_8O_4$ ) dan heksosan ( $C_6H_{10}O_5$ ). Pirolisis pentosan menghasilkan furfural, furan dan derivatnya beserta satu seri panjang asam-asam karboksilat. Pirolisis heksosan terutama menghasilkan asam asetat dan homolognya. Hemiselulosa akan terdekomposisi pada temperatur 200-250 °C.

## 3. Pirolisis lignin

Lignin merupakan sebuah polimer kompleks yang mempunyai berat molekul tinggi dan tersusun atas unit-unit fenil propana. Senyawa-senyawa yang diperoleh dari pirolisis struktur dasar lignin berperan penting dalam memberikan aroma asap produk asapan. Senyawa ini adalah fenol, eter fenol seperti guaiakol, siringol dan homolog serta derivatnya. Lignin mulai mengalami dekomposisi pada temperatur 300-350 °C dan berakhir pada 400-450.

## 2.4 Asap Cair

### 2.4.1 Definisi Asap Cair

Asap diartikan sebagai suatu suspensi partikel-partikel padat dan cair dalam medium gas. Sedangkan asap cair menurut Darmadji (1997) merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan mengkondensasikan asap hasil pirolisis kayu. Cara yang paling umum digunakan untuk menghasilkan asap pada pengasapan makanan adalah dengan membakar serbuk gergaji kayu keras dalam suatu tempat yang disebut alat pembangkit asap kemudian asap tersebut dialirkan ke rumah asap dalam kondisi sirkulasi udara dan temperatur yang terkontrol. Produksi asap cair merupakan hasil pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerisasi, dan kondensasi.

Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenol dan karbonil. Seperti yang dituliskan Darmadji (1996) yang menyatakan bahwa pirolisis cangkang menghasilkan asap cair dengan kandungan senyawa fenol sebesar 4,13 %, karbonil 11,3 % dan asam 10,2%.



## 2.4.2 Kandungan Asap Cair

Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya pirolisis tiga komponen kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lebih dari 400 senyawa kimia dalam asap telah berhasil diidentifikasi. Komponen-komponen tersebut ditemukan dalam jumlah yang bervariasi tergantung jenis kayu, umur tanaman sumber kayu, dan kondisi pertumbuhan kayu seperti iklim dan tanah.

Golongan-golongan senyawa penyusun asap cair adalah air (11-92 %), fenol (0,2-2,9 %), asam (2,8-9,5 %), karbonil (2,6-4,0 %) dan tar (1-7 %).

### 1. Asam

Kandungan asam pada asap cair yang utama adalah asam asetat yang dihasilkan dari pembakaran selulosa. Selain itu juga terdapat asam propionat, butirat dan vanilin. Pemecahannya terjadi dalam 2 tahap, yaitu reaksi hidrolisis selulosa menjadi glukosa yang dilanjutkan dengan pembakaran menjadi asam-asam, air, furan dan fenol. Bahan dengan kandungan selulosa yang tinggi menghasilkan total asam yang lebih besar pula. Asam mempunyai peranan dalam antibakteri.

### 2. Derivat fenol

Derivat fenol merupakan senyawa penting yang banyak mempengaruhi penggunaan dari asap cair. Senyawa-senyawa derivat fenol yang terdapat dalam asap cair seperti 2-metil fenol, 2-metoksi fenol, 2,4 dimetoksifenol dan guaikol. Senyawa-senyawa derivat fenol ini merupakan hasil pembakaran lignin, dimana dalam proses pembentukannya mengalami dua tahap. Kedua tahap itu adalah: pada suhu dibawah 300°C menghasilkan polimerisasi menjadi guaikol dan 2-metoksi fenol disamping senyawa lain seperti metanol, aseton, dan asam asetat. Fenol mempunyai pengaruh yang besar pada pemberian aroma, warna, antibakteri dan antioksidan.

### 3. Karbonil

Senyawa karbonil yang terdapat dalam asap cair adalah 1,2-siklopentadienon dan 2-butenolid. Karbonil dihasilkan dari pembakaran selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin yang tinggi akan menghasilkan karbonil yang besar pula<sup>8</sup>. Karbonil memegang peranan dalam warna

asap cair yang dihasilkan. Semakin tinggi kadar karbonil akan semakin tinggi pula potensi pencoklatannya.

### 2.4.3 Sifat dan Manfaat Asap Cair

Asap cair sudah umum digunakan untuk menggantikan pengasapan secara tradisional dan sudah diproduksi secara komersial. Komponen asap terutama berfungsi untuk memberi citra rasa dan warna yang diinginkan pada produk asapan dan berperan dalam pengawetan dengan bertindak sebagai antibakteri dan antioksidan<sup>9</sup>.

Fungsi dari komponen asap antara lain<sup>1</sup>:

#### 1. Pemberi citra rasa (flavor)

Asap cair memberikan rasa asap (*smoky*) khas yang tidak dapat digantikan dengan cara lain. Fenol merupakan senyawa yang paling berpengaruh pada pembentukan aroma tipikal yang diinginkan pada produk pengasapan terutama fenol dengan titik didih medium seperti guaikol, eugenol, siringol dan 2,6-dimetoksimetilfenol. Meskipun senyawa fenol memegang peranan penting dalam aroma asap, namun diperlukan senyawa lain seperti karbonil dan furfural agar aroma karakteristik dapat muncul.

#### 2. Pembentukan warna

Pembentukan warna pada produk asapan disebabkan adanya reaksi kimia antara komponen yang terdapat pada asap cair dan protein pada makanan. Reaksi karbonil-amino merupakan reaksi yang penting dalam pembentukan warna. Pewarnaan khas produk asapan berasal dari interaksi antara konstituen karbonil asap cair dengan gugus amino protein produk yang diasapi. Warna produk berkisar dari kuning keemasan sampai coklat gelap.

#### 3. Antimikroba

Kelompok mikroba seperti bakteri, jamur dan ragi merupakan penyebab terjadinya kerugian pada bahan makanan, oleh sebab itu selama proses pengolahan dan penyimpanan selalu diusahakan untuk tidak ditumbuhi mikroba. Kerusakan yang paling umum terjadi pada bahan makanan adalah pembusukan, hal ini dapat



disebabkan oleh bakteri ataupun jamur. Untuk itu diperlukan keberadaan antimikroba untuk mengatasi hal tersebut<sup>10</sup>.

Antimikroba adalah suatu zat yang mencegah terjadinya pertumbuhan dan reproduksi mikroba. Antimikroba dapat dibagi dalam dua kelompok yang dibagi berdasarkan kemampuan zat tersebut untuk membersihkan mikroba dan residu yang dihasilkan<sup>11</sup>. Kelompok pertama adalah zat yang dapat bekerja secara cepat untuk membasmi mikroba, namun dapat hilang dengan cepat (dengan cara penguapan atau dengan cara penguraian) dan tidak meninggalkan residu aktif (dikenal sebagai zat yang tidak-menghasilkan-residu), contoh zat-zat seperti ini adalah alkohol, klorin, peroksida, dan aldehid<sup>10</sup>. Kelompok kedua adalah zat yang memiliki unsur-unsur jenis baru yang meninggalkan residu dalam jangka panjang di permukaan sehingga dapat membasmi kuman dalam jangka panjang dan tindakan pembasmian kuman dapat dilakukan dalam jangka panjang (dikenal sebagai zat yang menimbulkan-residu). Contoh umum dari kelompok ini adalah penicilin, triclocarban, dan streptomycine<sup>10,11</sup>.

#### 4. Antioksidan

Antioksidan adalah zat yang dapat menunda atau memperlambat kecepatan oksidasi terhadap zat-zat yang dapat mengalami autooksidasi<sup>9</sup>. Asap cair dapat berfungsi sebagai antioksidan melalui pencegahan oksidasi lemak dengan menstabilkan radikal bebas. Komponen oksidatif asap adalah senyawa fenol yang bertindak sebagai donor hidrogen dan biasanya efektif untuk menghambat reaksi oksidasi.

Kriteria antioksidan yang efektif, yaitu:

- Antioksidan harus memiliki daya tarik-menarik yang besar terhadap jaringan. Dengan kata lain, antioksidan harus dapat menyingkirkan radikal bebas sebelum merusak sel.
- Antioksidan harus bersifat nontoksik. Hanya karena berfungsi sebagai antioksidan saat berada di dalam tabung percobaan, bukan berarti suatu zat dapat bekerja dengan baik di dalam tubuh.
- Antioksidan harus dapat mencapai lokasi yang membutuhkan perlindungan.

Fungsi utama antioksidan digunakan sebagai upaya untuk memperkecil terjadinya proses oksidasi dari lemak dan minyak, memperkecil terjadinya proses kerusakan dalam makanan, memperpanjang masa pemakaian dalam industri makanan, meningkatkan stabilitas lemak yang terkandung dalam makanan serta mencegah hilangnya kualitas sensori dan nutrisi<sup>12</sup>.

#### **2.4.4 Aplikasi Asap Cair**

Asap cair telah banyak diaplikasikan pada proses pengolahan, diantaranya pada daging dan hasil ternak, daging olahan, keju dan keju oles. Asap cair juga digunakan untuk menambah cita rasa asap pada saus, sup, sayuran kaleng, bumbu dan campuran rempah-rempah. Aplikasi baru asap cair adalah untuk menambah cita rasa pada makanan.

Asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain<sup>8</sup>:

##### **1. Industri pangan**

Asap cair ini mempunyai kegunaan yang sangat besar sebagai pemberi rasa dan aroma yang spesifik juga sebagai pengawet karena sifat antimikrobia dan antioksidannya. Dengan tersedianya asap cair maka proses pengasapan tradisional dengan menggunakan asap secara langsung yang mengandung banyak kelemahan seperti pencemaran lingkungan, proses tidak dapat dikendalikan, kualitas yang tidak konsisten serta timbulnya bahaya kebakaran, yang semuanya tersebut dapat dihindari.

##### **2. Industri perkebunan**

Asap cair dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti antijamur, antibakteri dan antioksidan tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan.

##### **3. Industri kayu**

Kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap daripada kayu yang tanpa diolesi asap cair.



## 2.5 Penggolongan Mineral

Mineral merupakan salah satu komponen yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup. Berat badan manusia terdiri atas mineral 4-5% dimana 50% mineral tubuh terdiri dari kalsium, 25% fosfor, dan 25% mineral lainnya<sup>13</sup>.

Berdasarkan kegunaannya dalam aktivitas kehidupan, mineral (logam) dibagi menjadi dua golongan, yaitu mineral logam esensial dan nonesensial. Logam esensial diperlukan dalam proses fisiologis makhluk hidup, sehingga logam golongan ini merupakan unsur nutrisi penting yang jika kekurangan dapat menyebabkan kelainan proses fisiologis atau disebut penyakit defisiensi mineral. Mineral ini biasanya terikat dengan protein, termasuk enzim untuk proses metabolisme tubuh, yaitu kalsium (Ca), fosforus (P), kalium (K), natrium (Na), klorin (Cl), sulfur (S), magnesium (Mg), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn), kobalt (Co), iodin (I), dan selenium (Se). Logam nonesensial adalah golongan logam yang tidak berguna, atau belum diketahui kegunaannya dalam tubuh, sehingga hadirnya unsur tersebut lebih dari batas dapat menyebabkan keracunan. Logam tersebut bahkan sangat berbahaya bagi makhluk hidup, seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As), kadmium (Cd), dan aluminium (Al)<sup>13</sup>.

Berdasarkan banyaknya, mineral dibagi menjadi dua kelompok, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro diperlukan atau terdapat dalam jumlah relatif besar, meliputi Ca, P, K, Na, Cl, S, dan Mg. Mineral mikro ialah mineral yang diperlukan dalam jumlah sangat sedikit dan umumnya terdapat dalam jaringan dengan konsentrasi sangat kecil, yaitu Fe, Mo, Cu, Zn, Mn, Co, I, dan Se.

**Tabel 1.** Nutrisi Mineral Esensial dan Jumlahnya dalam Tubuh.

Mineral makro	g/kg	Mineral mikro	mg/kg
Kalsium (Ca)	15	Besi (Fe)	20-80
Fosforus (P)	10	Seng (Zn)	10-50
Kalium (K)	2	Tembaga (Cu)	1-5
Natrium (Na)	1,60	Molibdenum (Mo)	1-4
Klorin (Cl)	1,10	Selenium (Se)	1-2



Sulfur (S)	1,50	Iodin (I)	0,30-0,60
Magnesium (Mg)	0,40	Mangan (Mn)	0,20-0,60
		Kobalt (Co)	0,02-0,10

Sumber : McDonald et al. (1988)

## 2.6 GC-MS

GC merupakan metoda yang dinamis untuk pemisahan dan deteksi senyawa-senyawa organik yang mudah menguap dan senyawa-senyawa gas anorganik dalam suatu campuran. Perkembangan teknologi yang signifikan dalam bidang elektronik, komputer dan kolom telah menghasilkan batas deteksi yang lebih rendah serta identifikasi senyawa menjadi lebih akurat melalui teknik analisis dengan resolusi yang meningkat<sup>14</sup>.

GC menggunakan gas sebagai gas pembawa/fasa geraknya. Ada 2 jenis kromatografi gas, yaitu<sup>14</sup> :

1. Kromatografi gas-cair (KGC), yang fasa diamnya berupa cairan yang diikatkan pada suatu pendukung sehingga solut akan terlarut dalam fasa diam.
2. Kromatografi gas-padat (KGP), yang fasa diamnya berupa padatan dan kadang-kadang berupa polimerik.

Untuk menentukan komponen sampel yang sama sekali belum diketahui komposisinya, biasanya GC dikopling dengan alat MS (Mass Spectrometry). Pada GC-MS, komponen yang keluar dari kolom GC dibagi 2: sebagian menuju detektor dan sebagian lagi menuju ke MS. Keuntungan menggunakan GC-MS antara lain detektor yang terdapat pada kromatografi gas masih dapat digunakan untuk analisis kuantitatif. Selain itu pengkarakterisasian senyawa tidak lagi memerlukan larutan standar sehingga biaya yang dikeluarkan tidak terlalu besar<sup>15</sup>.

## 2.7 Spektrometri Serapan Atom (SSA)

Spektrometri Serapan Atom (SSA) merupakan salah satu teknik analisis untuk mengukur jumlah unsur berdasarkan jumlah energi cahaya yang diserap oleh unsur tersebut dari sumber cahaya yang dipancarkan. Prinsip kerja alat ini berdasarkan

penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*hollow cathode lamp*) yang mengandung unsur yang akan dianalisis. Banyaknya penyerapan (absorban) radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logam. Karena absorban berbanding lurus dengan konsentrasi suatu analit, maka metoda ini dapat digunakan untuk analisa kuantitatif<sup>16</sup>.

Keuntungan metoda AAS dibandingkan dengan spektrofotometer biasa yaitu spesifik, batas deteksi yang rendah dari larutan yang sama bisa mengukur unsur-unsur yang berlainan, pengukurannya langsung terhadap contoh, output dapat langsung dibaca, cukup ekonomis, dapat diaplikasikan pada banyak jenis unsur dan batas kadar penentuan luas (dari ppm sampai %). Selain itu Analisis logam menggunakan SSA relatif murah dibandingkan menggunakan XRF ataupun ICP<sup>17</sup>.

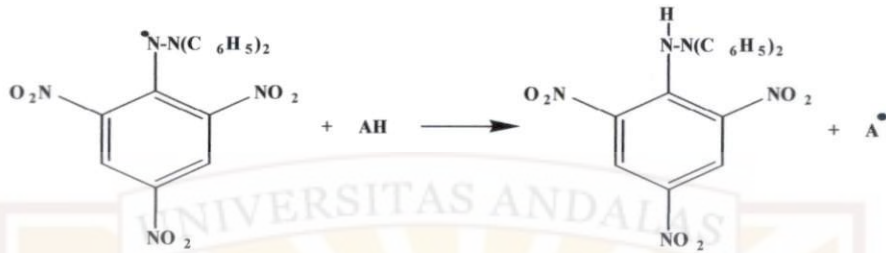
### **2.8 Metoda Kirby-Bauer (Metoda Cakram Kertas)**

Pada metoda ini digunakan cakram kertas yang mengandung antimikroba dengan konsentrasi tertentu. Penghambatan pertumbuhan mikroba ditunjukkan oleh luasnya daerah jernih disekitar cakram kertas. Daerah jernih (zona bening) yang terbentuk disekitar cakram kertas dipengaruhi oleh tebal medium, macam medium, inokulum dan laju difusi antimikroba<sup>11</sup>. Pada penentuan aktivitas antibakteri, terbentuknya zona hambat disekitar kertas cakram setelah terlebih dahulu di calupkan kedalam larutan uji membuktikan bahwa senyawa terbut mempunyai aktivitas antibakteri. Diameter zona hambat merupakan petunjuk kepekaan bakteri penguji, dengan semakin besarnya zona hambat maka antibakteri tersebut mempunyai aktivitas antibakteri yang semakin baik<sup>18</sup>.

### **2.9 Metoda DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil)**

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metoda peredaman radikal bebas DPPH yang mendasarkan prinsip kerjanya pada sampel (mengandung

senyawa bersifat antioksidan) yang dapat meredam radikal bebas (DPPH)<sup>17</sup>. Mekanisme reaksi metoda DPPH adalah sebagai berikut :



1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil dan 1,1-Difenil-2-picrilhidrazin

DPPH merupakan radikal bebas yang stabil pada suhu kamar dan sering digunakan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan beberapa senyawa atau ekstrak bahan alam. DPPH menerima elektron atau radikal hidrogen akan membentuk molekul diamagnetik yang stabil. Interaksi antioksidan dengan DPPH baik secara transfer elektron atau radikal hidrogen pada DPPH, akan menetralkan karakter radikal bebas dari DPPH dan membentuk DPPH tereduksi. Jika semua elektron pada radikal bebas DPPH menjadi berpasangan, maka warna larutan berubah dari ungu tua menjadi kuning terang dan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm akan hilang<sup>19</sup>.

Metoda DPPH dipilih karena sederhana, mudah, cepat dan peka serta hanya memerlukan sedikit sampel. Metoda ini akan bekerja dengan baik menggunakan pelarut metanol atau etanol dan kedua pelarut ini tidak mempengaruhi dalam reaksi antara sampel uji sebagai antioksidan dengan DPPH sebagai radikal bebas<sup>20</sup>. DPPH bersifat tidak larut dalam air<sup>21</sup>.



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisis Lingkungan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Laboratorium Kimia Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas, dan Balai Laboratorium Kesehatan Padang mulai bulan Februari 2010 - Juni 2011

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu peralatan pembuat asap cair (wadah *stainless steel*, pemanas, kondensor, Erlenmeyer, pompa air, selang air, standar, klem, termometer), neraca analitik, pH meter, cawan porselen, vial, *petridish*, jarum ose, *stopwatch*, alat-alat gelas lainnya, seperangkat alat GC-MS (QP2010S Shimadzu) dan SSA (*SSA Rayleigh WFX-320*).

##### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu cangkang sawit yang diambil dari limbah hasil buangan PT Wilmar, Pasaman Sumatera Barat, bahan bakar LPG, akuades, DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil), asam askorbat, metanol, etanol 96%, etanol 70%, kertas saring Whatman, aluminium foil, spiritus, media NA (*nutrient agar*) dan PDA (*potato dextro agar*), larutan standar logam (Co, Cd, Fe, Cu, Mg, K, Na, Mn, Zn, Pb, Al, Ni, Sn, Ag, Ca, Cr) 1000 mg/L (E.Merck, Germany).

#### 3.3 Prosedur Kerja

##### 3.3.1 Pembuatan Reagen

###### 3.3.1.1 Pembuatan Pereaksi DPPH

4,93 mg DPPH dilarutkan dalam 250 mL metanol sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 50 $\mu$ M.

### **3.3.1.2 Pembuatan Larutan Standar Logam (Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cr, Cd, Cu, Na, Al, Ni, Sn, Ag, Co, Mg, Pb)**

Larutan induk logam (Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cr, Cd, Cu, Na, Al, Ni, Sn, Ag, Co, Mg, Pb) 1000 ppm, diencerkan menjadi 100 ppm (mg/L). Kemudian larutan logam K, Na, Al, dan Fe masing-masing diencerkan menjadi larutan (2,5, 5, 10, 15, 20) mg/L pada labu ukur 100 mL, larutan logam Ca, Mn, Zn, Mg, Pb, Cr, Cd, dan Cu diencerkan menjadi larutan (1, 2, 3, 4, 5) mg/L pada labu ukur 100 mL, larutan logam Ni, Sn, dan Ag diencerkan menjadi larutan (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5) mg/L dan Co diencerkan menjadi larutan (0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0) mg/L.

### **3.3.1.3 Pembuatan Larutan Pembanding (Asam Askorbat 1,2,3,4,5%)**

Sebanyak 5,0000 g asam askorbat ditambahkan 2 mL etanol 96 %, lalu dilarutkan dalam labu ukur 100 mL dengan akuades sehingga didapatkan konsentrasi asam askorbat 5 %, kemudian diencerkan menjadi konsentrasi (1, 2, 3, 4)% dalam labu ukur 10 mL.

### **3.3.1.4 Pembuatan Larutan Sampel (Asap Cair 1,2,3,4,5%)**

Asap cair sebanyak (1, 2, 3, 4, 5) mL dilarutkan dalam labu ukur 100 mL dengan penambahan akuades sampai tanda batas sehingga didapat asap cair dengan konsentrasi (1, 2, 3, 4, 5) %.

### **3.3.1.5 Pembuatan Media Pertumbuhan Bakteri Uji**

- **Pembuatan Media NA (*Nutrient Agar*)**

Ditimbang *Nutrient Agar* (NA) 2,0 g, dilarutkan dengan akuabides sampai 100 mL dalam erlemeyer, dipanaskan dan distirer sampai mendidih, kemudian disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit.

- **Pembuatan Media PDA (*Potato Dextrosa Agar*)**

Ditimbang *Potato Dextrosa Agar* (PDA) 3,9 g, dilarutkan dengan akuabides sampai 100 mL dalam erlemeyer, dipanaskan dan distirer sampai mendidih kemudian disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit.

### 3.3.2 Persiapan Sampel

Cangkang sawit sebagai bahan dasar pembuatan asap cair ini diambil dari gudang milik PT Wilmar di Pasaman, selanjutnya dibersihkan dari sisa-sisa sabut dan daging buah yang masih melekat pada bagian dalam tempurung. Kemudian dikeringkan dengan bantuan sinar matahari.

### 3.3.3 Pembuatan Asap Cair

2000 gram cangkang sawit ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam wadah *stainless* (tungku pirolisis), dipasang tutupnya yang dilengkapi dengan termometer dan diletakkan di atas pemanas (kompor gas). Rangkaian alat kondensasi dipasang kondensor yang dialiri air, kemudian pemanas dihidupkan, ditunggu sampai keluar cairan kondensat berupa tetesan-tetesan pada penampung. Pemanasan dilakukan sampai tidak ada lagi cairan kondensat yang menetes. Cairan kondensat yang diperoleh masih banyak mengandung Tar. Untuk memisahkannya dilakukan dekantasi selama 1 minggu dan dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring. Rangkaian alat pembuatan asap cair dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Alat Pembuat Asap Cair

Keterangan alat :

- A. Erlenmeyer
- B. Kondensor
- C. Wadah *stainless steel*
- D. Kompor gas (kompor LPG)



### 3.3.4 Pengukuran pH Asap Cair

Pengukuran pH asap cair dengan alat pH meter dilakukan setelah proses dekantasi dan penyaringan. Sebelum dilakukan pengukuran dengan alat pH meter, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pH meter dengan menggunakan larutan buffer fosfat pH 4 dan pH 7. Kemudian diukur pH asap cair dengan mencelupkan elektroda ke dalam asap cair.

### 3.3.5 Karakterisasi Asap Cair dengan GC-MS

Asap cair cangkang sawit dikarakterisasi dengan GC/MS dengan kondisi operasional : gas pembawa Helium, tekanan 16,2 kPa, kolom yang digunakan HP 5 (5% fenil metilsiloksan) dengan panjang 30 m dan diameter dalam 0,25  $\mu\text{m}$ , temperatur kolom terprogram dimana suhu awalnya 50°C selama 5 menit dan kenaikan suhunya 10°C sampai 270°C, suhu injektor 280°C, volume injektor 0,5  $\mu\text{L}$ , detektor FID, suhu detektor 300°C. Gambar alat dapat dilihat pada Gambar 31 lampiran 6.

### 3.3.6 Uji Aktivitas Antibakteri dan Antijamur Asap Cair

Bakteri yang digunakan untuk uji antibakteri ini adalah *Salmonella Sp* sedangkan untuk antijamur digunakan jamur *Rhizopus sp*. Medium NA dan PDA dibuat sesuai dengan yang kita inginkan, dipanaskan dan distirer sampai mendidih, disterilkan dalam otoklaf, kemudian medium dituangkan ke dalam cawan petri dan dibiarkan beku. Setelah medium dingin, inokulasikan *Salmonella Sp* pada medium NA dan *Rhizopus sp* pada medium PDA. Untuk penentuan zona bening, diletakan kertas cakram yang sebelumnya telah direndam dengan asap cair pada media. Diinkubasi selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengukuran zona bening yang terbentuk.

### 3.3.7 Uji Antioksidan Asap cair Cangkang Sawit

#### 3.3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum DPPH

7,6 mL larutan DPPH 50 $\mu$ M dipipet ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 0,4 mL etanol. Campuran didiamkan selama 30 menit di tempat yang gelap. Serapan larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm.

#### 3.3.7.2 Uji Aktivitas Antioksidan Asap Cair

Dipipet 0,4 mL larutan asap cair (0, 1, 2, 3, 4, 5) %, lalu ditambahkan 7,6 mL larutan DPPH. Didiamkan selama 30 menit dan kemudian diukur pada  $\lambda$  maksimumnya ( $\lambda=517$  nm). Hal yang sama juga dilakukan untuk larutan pembanding yaitu larutan asam askorbat. Aktivitas antioksidan sampel ditentukan oleh besarnya hambatan serapan DPPH melalui perhitungan persentase inhibisi serapan DPPH dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorban DPPH} - \text{Absorban DPPH} + \text{sampel}}{\text{Absorban DPPH}} \times 100\%$$

### 3.3.8 Penentuan Logam dalam Asap Cair dengan Metoda AAS

#### 3.3.8.1 Destruksi Sampel Asap Cair

Sebanyak 50 mL sampel asap cair, dimasukkan dalam beker gelas 100 mL. Ditambahkan HNO<sub>3</sub>, sambil dipanaskan sampai larutan berkurang. Ditambahkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sambil terus dipanaskan sampai larutan berwarna bening (tidak berwarna), lalu didinginkan. Disaring larutan sampel dengan kertas saring Whatman 42. Hasil saringan diencerkan dengan akuabides dalam labu ukur 50 mL, dikocok, dan dipindahkan dalam botol penyimpanan. Selanjutnya sampel hasil destruksi tersebut dianalisa dengan menggunakan AAS<sup>22</sup>.

### 3.3.8.2 Pengukuran Kadar Logam dalam Asap Cair dengan AAS

Asap cair cangkang sawit diuji kandungan logamnya dengan menggunakan alat AAS (*SSA Rayleigh WFX-320*), dapat dilihat pada Gambar 32 lampiran 6. Alat AAS dioperasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat, disiapkan larutan standar satu per satu kedalam alat AAS melalui pipa kapiler, kemudian dibaca dan dicatat absorbannya masing-masing, hal yang sama dilakukan pada sampel asap cair cangkang sawit. Dan hasil dialurkan dalam kurva, Konsentrasi logam yang terkandung dalam asap cair dihitung berdasarkan persamaan garis regresi<sup>23</sup>.





## IV. HASIL DAN DISKUSI

### 4.1 Hasil Pembuatan Asap Cair Cangkang Sawit

Pirolisis sederhana terhadap 2000 gram sampel cangkang sawit selama 90 menit menghasilkan cairan kondensat  $\pm 450$  mL. Cairan kondensat yang didapatkan berwarna coklat kehitaman dan berbau asap menyengat. Setelah dilakukan proses dekantasi selama satu minggu terbentuk dua lapisan, yaitu lapisan atas adalah asap cair dan lapisan bawah adalah tar. Selanjutnya untuk pemisahan lebih sempurna dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring Whatman 4,2. Hasilnya didapatkan asap cair sebanyak  $\pm 400$  mL yang bebas dari tar dan berwarna kuning kecoklatan. Dapat dilihat pada Gambar 2:



**Gambar 2.** Asap cair cangkang sawit

Warna kecoklatan pada asap cair cangkang sawit disebabkan oleh keberadaan senyawa-senyawa karbonil, dimana semakin tinggi kadar senyawa karbonil akan semakin tinggi pula potensi pencoklatannya. Karbonil dihasilkan dari pembakaran selulosa, hemiselulosa dan lignin. Sedangkan bau asap cair yang menyengat disebabkan oleh keberadaan senyawa fenol dan turunannya. Adapun senyawa fenol

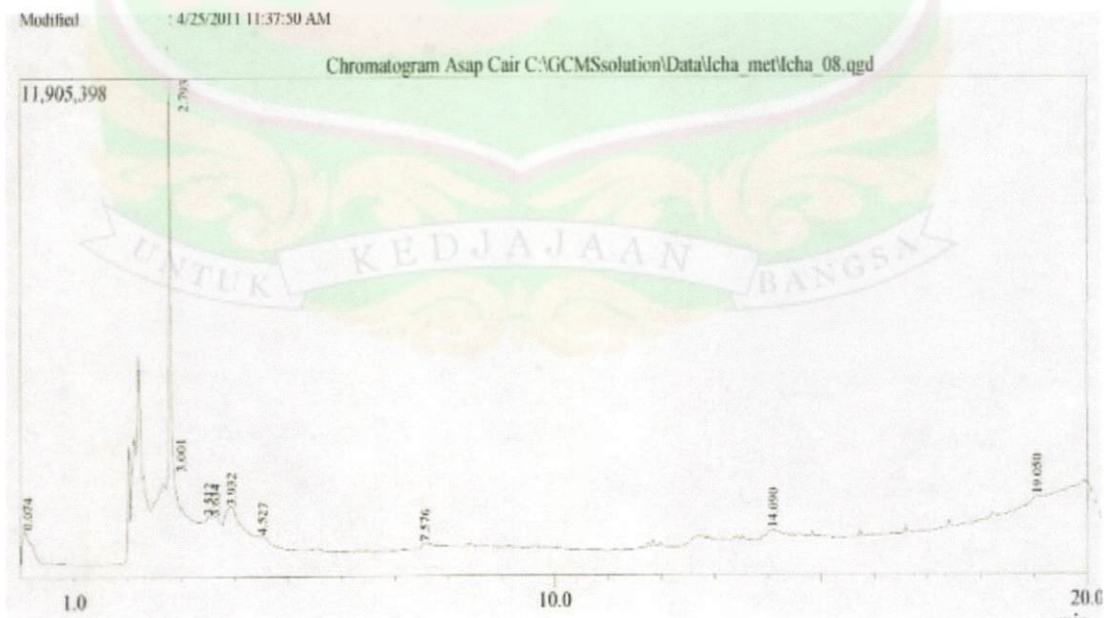
yang terdapat dalam asap cair cangkang sawit ini antara lain: guaiakol, fenol dan siringol (dapat dilihat pada Tabel 2).

#### 4.2 Hasil Pengukuran pH Asap Cair

Pengukuran pH dilakukan setelah proses dekantasi dan penyaringan. Dari hasil pengukuran dengan menggunakan pH meter didapatkan pH asap cair sebesar 2,45. Dari nilai pH yang didapatkan diketahui bahwa asap cair yang dihasilkan bersifat asam. Sifat asam disebabkan oleh senyawa-senyawa asam yang terkandung di dalam sampel. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa senyawa asam yang sangat berperan adalah asam asetat, dimana asam asetat memiliki persentase yang cukup besar. Sifat asam asap cair sangat berperan dalam proses pengawetan, karena pada pH yang rendah mikroba akan terhambat pertumbuhannya. Dapat dikatakan semakin rendah pH maka semakin baik suatu asap cair dalam menghambat pertumbuhan mikroba.

#### 4.3 Hasil Karakterisasi Asap Cair Cangkang Sawit dengan GC/MS

Asap cair yang dihasilkan dikarakterisasi dengan menggunakan GC-MS, dan didapatkan hasil kromatogram seperti pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Kromatogram asap cair cangkang sawit

Dari kromatogram pada Gambar 3 dapat dilihat terdapat 10 puncak senyawa yang paling berperan terhadap pembentukan karakteristik asap cair. Untuk menentukan struktur dan nama senyawa dari masing - masing puncak pada kromatogram di atas, digunakan data hasil pengukuran MS yang terdapat pada lampiran 1. Puncak 1 pada kromatogram mengacu ke *line* 1 pada Lampiran 1, puncak No 2 ke *line* 2, demikian seterusnya. Pada masing-masing *line* terdapat lima data perkiraan kelimpahan suatu senyawa yang menunjukkan struktur dan nama dari senyawa tersebut. Kelima data diberi kode Hit#: 1, Hit#: 2, Hit#: 3, Hit#: 4, Hit#: 5. Data dari masing-masing Hit dibandingkan dengan data sampel asap cair. Data dari Hit yang sama atau mendekati data sampel asap cair ditetapkan sebagai senyawa yang terkandung dalam asap cair. Analisis ini berlaku untuk setiap puncak kromatogram GC. Dari analisis di atas didapatkan senyawa-senyawa seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perkiraan Senyawa yang Terkandung dalam Asap Cair Cangkang Sawit

Line	Nama Senyawa	Waktu Retensi (menit)	Luas Puncak (%)
1	1,3,5- Triazin-2,4-diamin, 6-kloro-N-etil	0,074	5,59
2	Asam asetat	2,793	28,38
3	Cyclotrisiloxane, hexametil	3,001	11,60
4	Cyclotetrasiloxane, oktametil	3,512	6,51
5	Fenol	3,634	5,82
6	Benzene Sulfonic acid, 4-hidroksi	3,932	16,82
7	Guaiakol	4,527	2,99
8	Syringol	7,576	0,73
9	Asam Oleat	14,090	2,72
10	1H Purin-6-amin	19,050	18,82
Total			100,00



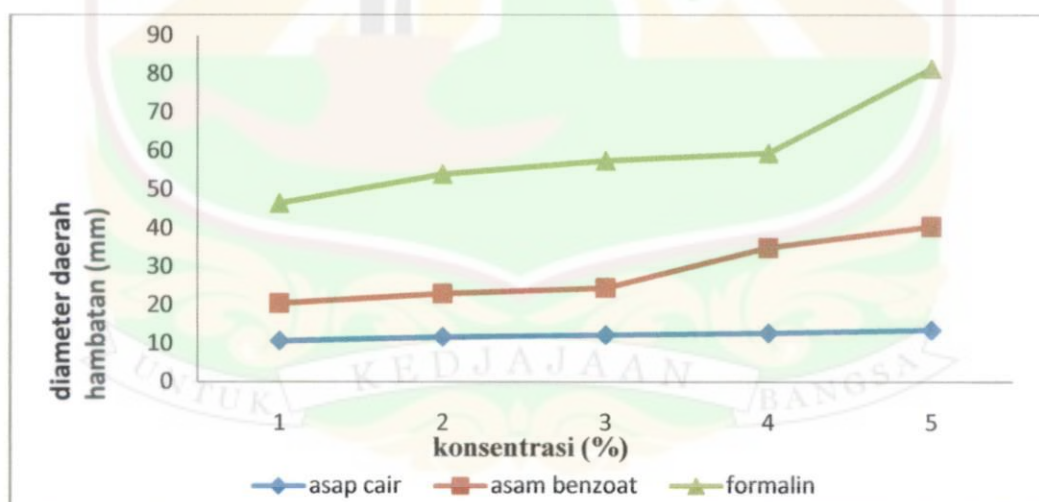
Hasil identifikasi puncak-puncak senyawa dengan alat GC-MS menunjukkan bahwa puncak dengan luas area terbesar adalah puncak nomor 2 yaitu asam asetat dengan waktu retensi 2,793, dimana persen areanya 28,38%. Dengan melihat besarnya persentase asam asetat dapat dibuktikan bahwa asap cair cangkang sawit yang diuji bersifat asam. Selain asam asetat terdapat juga senyawa-senyawa asam yang lain yaitu asam oleat (2,72%), benzene sulfonat acid 4-hidroksi (16,82%), 1,3,5-triazin-2,4-diamin, 6-kloro-N-etil (5,59%). Semakin banyak kandungan senyawa asam maka akan berpengaruh terhadap nilai pH dari asap cair, dimana semakin rendah pH maka akan semakin baik aktivitasnya dalam menghambat pertumbuhan mikroba.

Senyawa karbonil merupakan hasil pirolisis selulosa, selain mempengaruhi warna produk asapan senyawa karbonil juga dapat mempengaruhi cita rasa produk asapan. Senyawa karbonil yang terdapat pada asap cair cangkang sawit yaitu 1,3,5-triazin-2,4-diamin, 6-kloro-N-etil (5,59%) dan 1H-purin-6-amin (18,82%). Selain senyawaan asam dan karbonil, asap cair cangkang sawit juga mengandung senyawa fenol, adapun senyawa fenol yang terkandung dalam asap cair cangkang sawit yaitu fenol (5,82%), guaiakol (2,99%), siringol (0,73%), senyawa ini dapat mempengaruhi pembentukan aroma dan sifat antioksidan dari asap cair, terutama senyawa guaiakol yang sangat berperan dalam aroma menyengat seperti terbakar pada asap cair. Senyawa fenol dan turunannya ini berasal dari pirolisis lignin. Asap cair cangkang sawit dapat digunakan sebagai pengawet karena mengandung ketiga kelompok senyawa tersebut.

#### **4.4 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri dan Antijamur Asap Cair**

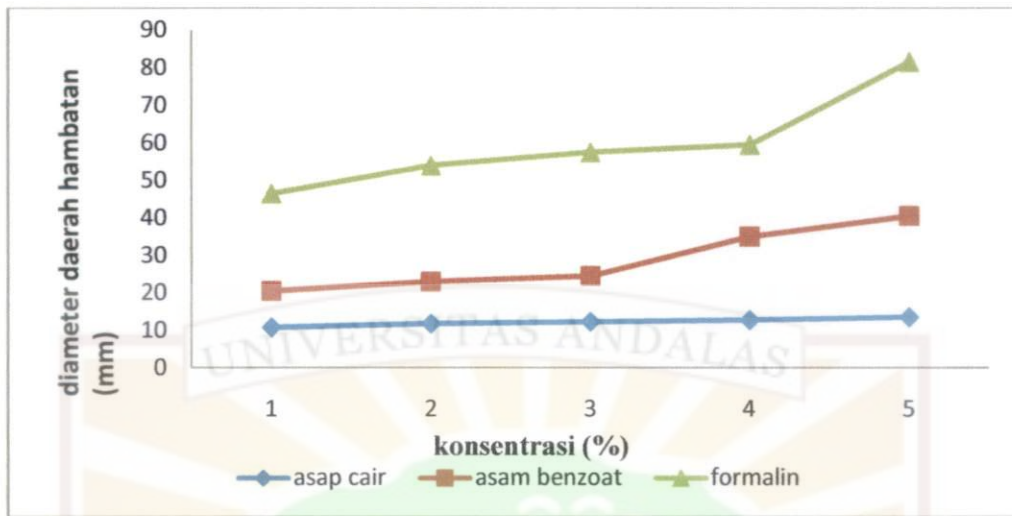
Pada uji aktivitas antibakteri dan antijamur menggunakan bakteri *Salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp*, digunakan akuades sebagai kontrol negatif serta asam benzoat dan formalin sebagai pembanding. Untuk melihat aktivitas antimikroba asap cair dilakukan variasi konsentrasi 1% sampai 5% dengan masing-masingnya dua kali ulangan.

Kontrol negatif berupa akuades tidak memberikan daerah hambatan terhadap bakteri dan jamur. Asap cair pada konsentrasi 1% sudah dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, yaitu dengan diameter daerah hambatan 11,25 mm untuk *Salmonella sp* dan 10,75 mm untuk *Rhizopus sp*. Selanjutnya untuk konsentrasi 2% nilai diameter daerah hambatan yang didapatkan juga semakin besar yaitu 12,75 mm untuk *Salmonella sp* dan 11,75 mm untuk *Rhizopus sp*, data dapat dilihat pada Tabel 4 lampiran 2. Semakin tinggi konsentrasi dari asap cair, maka semakin besar zona hambat yang terbentuk. Hal ini dapat dibuktikan asap cair dengan konsentrasi 5% menunjukkan luas daerah hambatan yang paling besar. Tetapi jika dibandingkan dengan diameter daerah hambatan pembanding yaitu asam benzoat dan formalin, diameter zona hambat asap cair lebih kecil. Dimana asam benzoat dan formalin pada konsentrasi 1 % sudah dapat menghambat bakteri dan jamur dengan diameter daerah hambatan masing-masing yaitu 16,00 dan 20,50 mm (asam benzoat) dan 28,75 dan 46,50 mm (formalin). Perbandingan diameter daerah hambatan asap cair dengan pembanding dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 dan datanya dapat dilihat pada lampiran 2.



**Gambar 4.** Daya hambat asap cair, asam benzoat dan formalin terhadap bakteri *Salmonella sp*



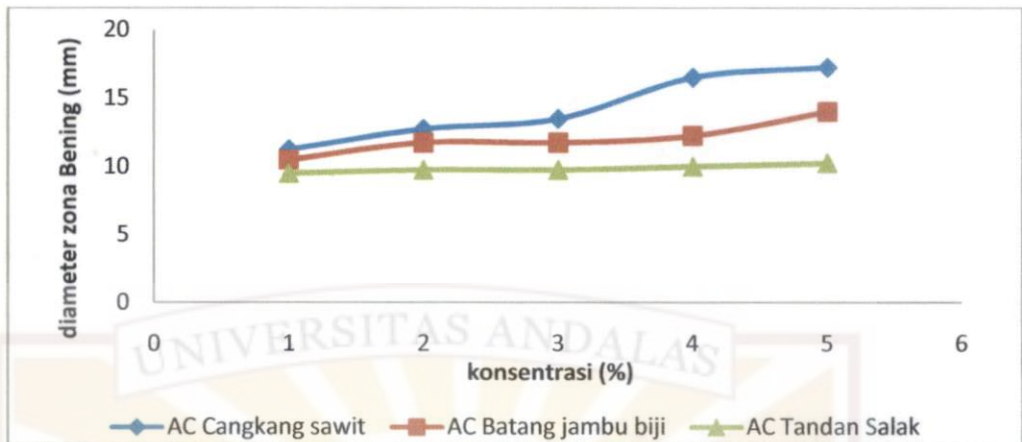


**Gambar 5.** Daya hambat asap cair, asam benzoat dan formalin terhadap jamur *Rhizopus sp*

Dari Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa daya hambat formalin jauh lebih besar jika dibandingkan dengan asap cair cangkang sawit dan asam benzoat, hal ini menunjukkan bahwa formalin lebih baik dalam menghambat pertumbuhan *Salmonella sp* dan *Rhizopus sp*. Tetapi dalam penggunaannya sebagai pengawet makanan, formalin sangat berbahaya dan tidak dibenarkan untuk digunakan dalam makanan karena dapat mengakibatkan kanker, kerusakan hati dan gagal ginjal. Asam benzoat menunjukkan hasil yang lebih baik dalam menghambat pertumbuhan mikroba dibandingkan asap cair, tetapi penggunaan asam benzoat harus pada kadar tertentu, sementara terkadang tidak tercantum konsentrasi asam benzoat yang digunakan pada produk makanan. Konsumen juga tidak dapat menghitung dengan pasti berapa kandungan asam benzoat yang dikonsumsi setiap hari, oleh karena itu asap cair lebih baik digunakan walaupun tidak terlalu baik menghambat pertumbuhan *Salmonella sp* dan *Rhizopus sp*, tetapi tidak berbahaya bagi tubuh sehingga dapat digunakan sebagai pengawet pada makanan.

Perbandingan aktivitas antimikroba asap cair cangkang sawit dengan asap cair batang jambu biji dan asap cair tandan salak dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Dari Gambar dapat disimpulkan bahwa asap cair cangkang sawit lebih baik dalam menghambat pertumbuhan mikroba.





**Gambar 6.** Daya Hambat Asap Cair Cangkang Sawit, Batang Jambu Biji dan Tandan Salak terhadap Bakteri *Salmonella sp*



**Gambar 7.** Daya Hambat Asap Cair Cangkang Sawit, Batang Jambu Biji dan Tandan Salak terhadap Jamur *Rhizopus sp*

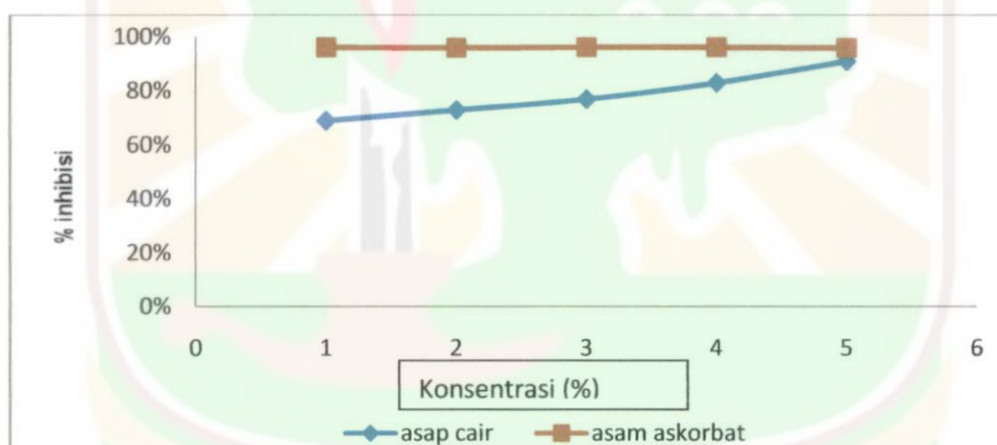
Kemampuan asap cair cangkang sawit dalam menghambat pertumbuhan mikroba disebabkan pH nya yang rendah karena keberadaan senyawa asam asetat (28,38%), asam oleat (2,72%), benzene sulfonat acid 4-hidroksi (16,82%) dan 1,3,5-triazin-2,4-diamin, 6-kloro-N-etil (5,59%).

#### 4.5 Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Asap Cair

Senyawa yang paling berperan sebagai antioksidan dalam asap cair adalah fenol dan turunannya. Seperti yang tertulis pada Tabel 2, asap cair cangkang sawit mengandung senyawa fenol, guaiakol dan siringol yang diduga paling berperan dalam menghambat

radikal bebas. Aktivitas antioksidan diukur berdasarkan kemampuan dari antioksidan untuk mendonorkan atom hidrogennya ke radikal bebas DPPH. Senyawa antioksidan akan bereaksi dengan radikal DPPH melalui mekanisme donasi atom hidrogen dan menyebabkan terjadinya perubahan warna dari ungu ke kuning yang diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang maksimum 517 nm dan diplotkan terhadap konsentrasi.

Untuk melihat pengaruh konsentrasi terhadap aktivitas antioksidan dari asap cair dilakukan pengukuran dengan variasi konsentrasi (1,2,3,4,5) % dengan masing-masing dua kali ulangan. Sebagai pembanding digunakan asam larutan askorbat yang sudah terbukti sebagai antioksidan. Hasil uji antioksidan dengan metoda pengikatan DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) dapat dilihat pada Gambar 8, dan datanya dapat dilihat pada lampiran 3.



**Gambar 8.** Aktivitas antioksidan penangkapan radikal DPPH

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa % inhibisi asam askorbat yang digunakan sebagai pembanding memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada % inhibisi asap cair. Asam askorbat dengan konsentrasi 1% saja sudah dapat meredam radikal bebas (DPPH) sebanyak 96,08%, sedangkan asap cair cangkang sawit dengan konsentrasi 1% hanya menghambat radikal bebas sebanyak 69%. % inhibisi asap cair meningkat dengan pertambahan konsentrasi, hal ini dapat dilihat pada konsentrasi asap cair 5% menunjukkan kenaikan % inhibisi sampai 91%. Jika dibandingkan dengan asap cair batang jambu biji dan asap cair tandan salak, asap cair cangkang sawit memiliki %

inhibisi yang paling tinggi pada konsentrasi 1% dan 2%. Karena pengaplikasian asap cair biasanya pada konsentrasi 2% maka dari data % inhibisi, yang memiliki aktivitas antioksidan yang lebih baik adalah asap cair cangkang sawit.

**Tabel 3.** Perbandingan % inhibisi asap cair cangkang sawit, jambu biji dan tandan salak

Asap cair (%)	% inhibisi		
	Cangkang Sawit	Batang Jambu Biji*	Tandan Salak**
1	69 %	18,70 %	39,57 %
2	73 %	42,47 %	45,78 %
3	77 %	74,36 %	49,23 %
4	83 %	96,12 %	53,60 %
5	91 %	96,42 %	61,73 %

\* Penelitian Novina Yuliana

\*\* Penelitian Annisa Hilda Ningsih

#### 4.6 Hasil Penentuan Kandungan Logam dalam Asap Cair dengan AAS

Penentuan logam pada asap cair cangkang sawit dengan menggunakan AAS dilakukan terhadap 16 logam, dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Kandungan Logam dalam Asap Cair Cangkang Sawit

Logam	Konsentrasi (ppm)	Ambang batas dalam makanan (mg/Kg)
Co	ND	0,2 - 0,6
Cd	ND	0,2
Fe	2,727	20 – 80
Cu	2,095	1 – 5
Mg	0,730	0,4
K	4,059	2
Na	3,643	1,60
Mn	1,714	0,2 – 0,6
Zn	ND*	10 – 50
Pb	ND*	0,25
Al	ND*	**
Ni	ND*	**
Sn	ND*	**
Ag	ND*	**
Ca	1,000	15
Cr	3,091	0,4

\* Not detected (tidak terdeteksi)

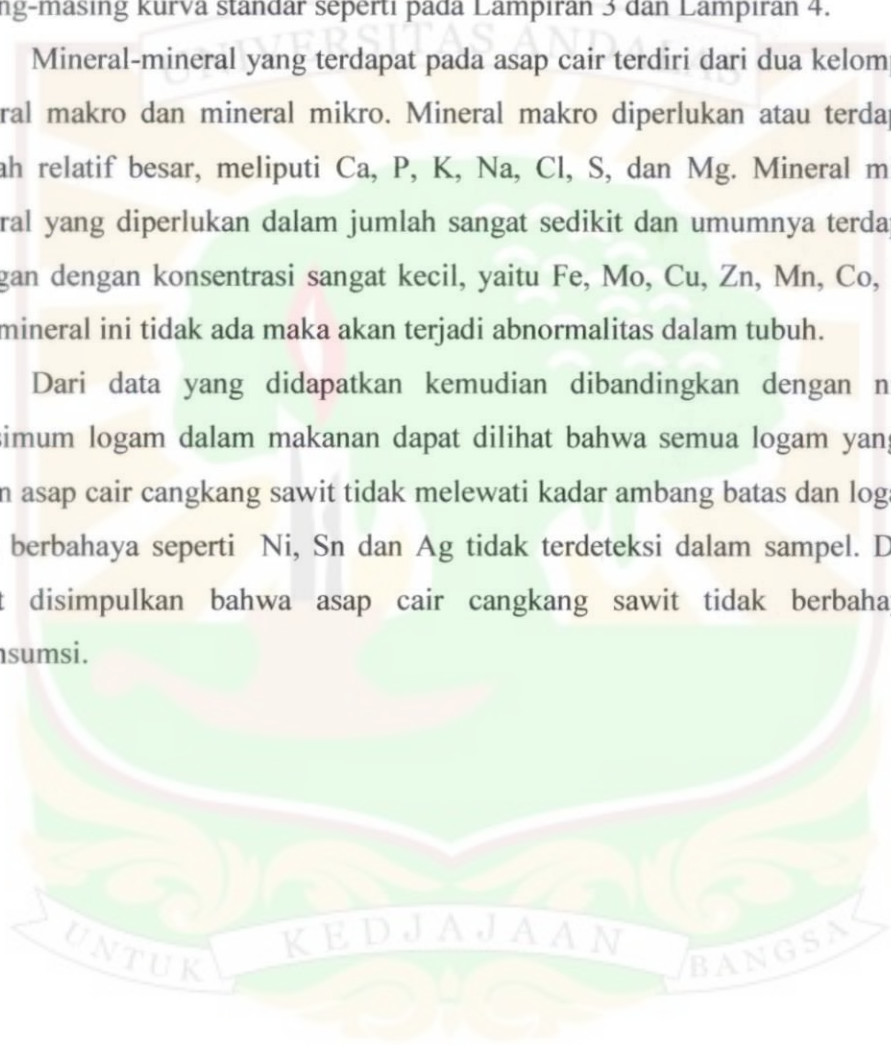
\*\* Belum ditemukan



Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa pada asap cair yang diuji menunjukkan logam yang memiliki konsentrasi tertinggi pada sampel adalah logam K (4,059 ppm), selain itu terdapat juga logam-logam yang konsentrasinya cukup tinggi yaitu Na (3,643), Cr (3,091), Fe (2,727) dan Cu (2,095). Konsentrasi dari logam-logam pada Tabel 3 didapatkan dengan cara perhitungan berdasarkan persamaan garis regresi dari masing-masing kurva standar seperti pada Lampiran 3 dan Lampiran 4.

Mineral-mineral yang terdapat pada asap cair terdiri dari dua kelompok, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro diperlukan atau terdapat dalam jumlah relatif besar, meliputi Ca, P, K, Na, Cl, S, dan Mg. Mineral mikro ialah mineral yang diperlukan dalam jumlah sangat sedikit dan umumnya terdapat dalam jaringan dengan konsentrasi sangat kecil, yaitu Fe, Mo, Cu, Zn, Mn, Co, I, dan Se. Jika mineral ini tidak ada maka akan terjadi abnormalitas dalam tubuh.

Dari data yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan nilai batas maksimum logam dalam makanan dapat dilihat bahwa semua logam yang terdapat dalam asap cair cangkang sawit tidak melewati kadar ambang batas dan logam-logam yang berbahaya seperti Ni, Sn dan Ag tidak terdeteksi dalam sampel. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa asap cair cangkang sawit tidak berbahaya untuk dikonsumsi.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Limbah cangkang sawit dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan asap cair.
2. Hasil karakterisasi GC-MS menunjukkan asap cair cangkang sawit mengandung banyak senyawa tetapi terdapat 10 senyawa yang paling berperan dalam asap cair. Adapun 5 senyawa yang memiliki persentasi terbesar adalah asam asetat, 1H- purin amin, 4- hidroksi benzene sulfonat acid, heksa metil siklo tetra siloxan dan okta metil siklo tetra siloxan.
3. Asap cair cangkang sawit mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup tinggi, yaitu mencapai 91% pada konsentrasi 5%.
4. Asap cair cangkang sawit memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp* dibuktikan dengan adanya zona bening yang terbentuk disekitar kertas cakram.
5. Kandungan logam dalam asap cair masih dalam konsentrasi yang tidak melebihi batas maksimum dalam logam untuk makanan.

### 5.1 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar:

1. Memproduksi asap cair dengan alat yang lebih baik, dilengkapi dengan pengatur suhu dan pemisah tar.
2. Melakukan uji antimikroba terhadap bakteri dan jamur lain selain *Salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp*.
3. Melakukan analisa GC-MS lanjutan secara kuantitatif sehingga dapat diketahui dengan tepat konsentrasi masing-masing senyawa yang terkandung dalam asap cair.

## DAFTAR PUSTAKA

1. S. Selardi. *Budi Daya Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Jakarta (2009)
2. P. Darmaji, *Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai Macam Limbah Pertanian*, Laporan Penelitian Mandiri, DPP-UGM, 1996, 16: 19-22.
3. Refilda, Diana dan Indrawati. *Pengaruh Garam dan Asap Cair Cangkang Terhadap Kadar Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) Ikan Bilih (Mystacoleu-seus padangensis)* Dari Danau Singkarak. Prosidium ISFAS 2010.
4. Yudoyono, S. Pertiwi dan Munawwar, *Perbaikan Proses Produksi Asap Cair pada Industri Kecil Asap Cair di Desa Sembawa Kabupaten Banyuwasin Sumatera Selatan*, Prosiding seminar pembahasan hasil kegiatan Iptek dan Vuver LPM Unsri (2007).
5. Swastawati, T. W. Agustini, Y. S. Darmanto, and E. N. Dewi. Liquid Smoke Performance of Lamtoro Wood and Corn Cob. *J. Coastal Development*. 10:189-196 (2007).
6. Y. Fauzi, dkk. *Kelapa sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. (2005)
7. Y. K. Putri, *Pemanfaatan Limbah Kayu Suren Sebagai Bahan Pembuatan Asap Cair dan Karakterisasinya Menggunakan GC-MS*, Skripsi Sarjana Kimia, Unand (2006).
8. Endah, *Pengaruh Penambahan Asap Cair Cangkang Destilasi dan Redestilasi terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi, dan Sensoris Ikan Pindang Layang (Decapterus spp) selama Penyimpanan*, Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian. Universitas Sebelas Maret (2010).
9. E. Nolia, *Pembuatan Asap Cair dari Cangkang Sawit untuk Pengawetan Daging dan Ikan*, Skripsi Sarjana Kimia, Unand (2006).
10. U. Suriawira. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Penerbit Angkasa: Bandung (1995).
11. Lay, Bibiana W dan Sugyo H. *Mikrobiologi Edisi I*. Rajawali Pers: Jakarta (1992).
12. Kuncahyo, Ilham dan Sunardi. *Uji aktivitas antioksidan ekstrak belimbing wuluh (Averrhoa bilimbi,L) terhadap 1,1-Diphenyl-2-Picrylhidrazyl (DPPH)*. Seminar Nasional Teknologi (2007).



13. Z. Arifin. *Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro dalam Sistem Biologi dan Metoda Analisisnya*, Balai Besar Penelitian Veteriner, Bogor.
14. Jr. Day dan A.L. Underwood. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi 5*. Jakarta 1991.
15. H.M. Mc Nair dan E. J. Bonelli. *Dasar Kromatografi Gas*. ITB press. Bandung 1998.
16. A.L. Underwood. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi ke-5. Jakarta 1986.
17. Y. Nova. Studi Gangguan Kaporit terhadap Analisis Natrium secara Spektroskopi Atom. *Jurnal Penelitian Sains*, vol 12 no.3.
18. P. Almunady dan N. Syarif. Uji Daya Hambat Asap Cair Hasil Pirolisis Kayu Pelawan(*Tristania Abavata*) Terhadap Bakteri *Echerichia Coli*. *Jurnal Penelitian Sains*, (2009).
19. G.C. Yen dan H.Y. Chen. Antioxidant Activity of Various Tea Extracts in Relation to Their Antimutagenicity. *J. Agric. Food. Chem.* Hal 27.
20. P. Molyneux. The use the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci. Technol*, 26, 2, 211-219. (2004)
21. Ionita. *Is DPPH Stable Free Radical a Good Scavenger for Oxygen Active Species*. Institute of Physical Chemistry, Romania University of York, Chemistry Department (2003).
22. Anonim. *Hand Out Pelatihan Instrumental Kimia AAS dan X-RD*, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Gajah Mada, Jogjakarta. (2003)
23. ILO. *Encyclopedia of occupational Health dan Safety*. Kumpulan SNI. (1990).

# Lampiran 1. Spektrum Massa Asap Cair Cangkang Sawit

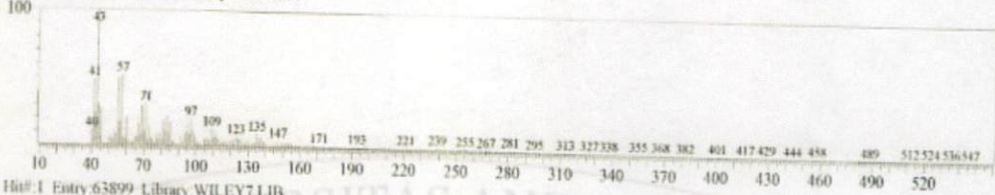
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R.Time: 0.075 (Scan#: 10) MassPeaks: 435

RawMode: Averaged 0.067-0.083 (9-11) BasePeak: 43.05 (71103)

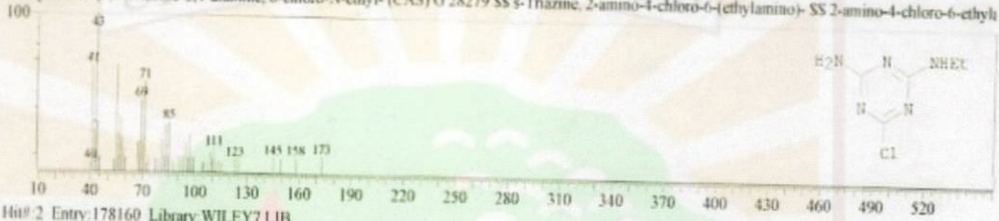
BG Mode Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry: 63899 Library: WILEY7.LIB

SI: 84 Formula: C5 H8 Cl N5 CAS: 1007-28-9 MolWeight: 173 RetIndex: 0

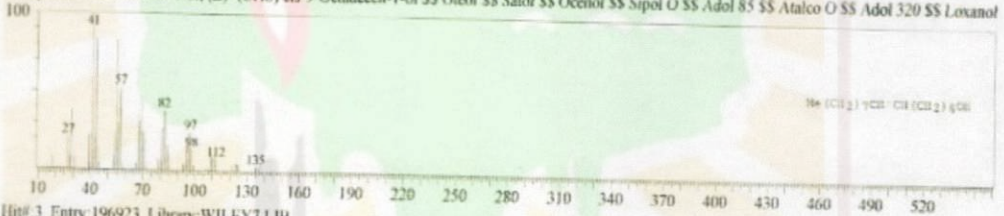
CompName: 1,3,5-Triazino-2,4-diamine, 6-chloro-N-ethyl- (CAS) G 28279 SS s-Triazine, 2-amino-4-chloro-6-(ethylamino)- SS 2-amino-4-chloro-6-ethyl



Hit#: 2 Entry: 178160 Library: WILEY7.LIB

SI: 84 Formula: C18 H36 O CAS: 143-28-2 MolWeight: 268 RetIndex: 0

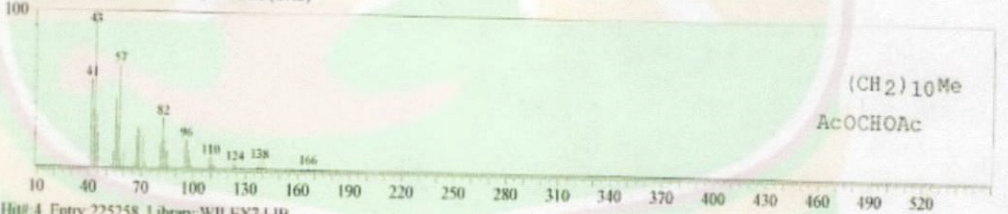
CompName: 9-Octadecen-1-ol, (Z)- (CAS) cis-9-Octadecen-1-ol SS Oleol SS Satol SS Ocenol SS Sipol O SS Adol 85 SS Atalco O SS Adol 320 SS Losanol



Hit#: 3 Entry: 196923 Library: WILEY7.LIB

SI: 83 Formula: C16 H30 O4 CAS: 56438-07-4 MolWeight: 286 RetIndex: 0

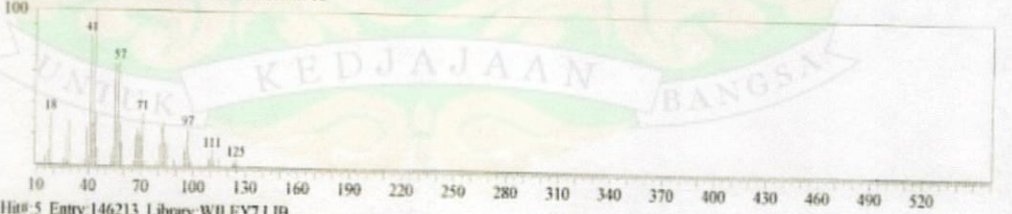
CompName: 1,1-Dodecanediol, diacetate (CAS)



Hit#: 4 Entry: 225258 Library: WILEY7.LIB

SI: 83 Formula: C20 H42 O2 CAS: 0-00-0 MolWeight: 314 RetIndex: 0

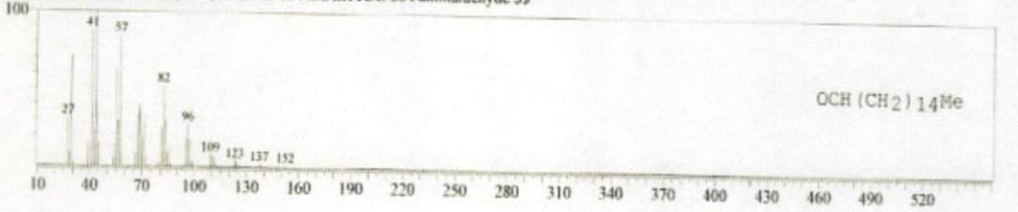
CompName: 2L,4L-DIHYDROXYEICOSANE SS



Hit#: 5 Entry: 146213 Library: WILEY7.LIB

SI: 83 Formula: C16 H32 O CAS: 629-80-1 MolWeight: 240 RetIndex: 0

CompName: Hexadecanal (CAS) PALMITIC ALDEHYDE SS Palmitaldehyde SS





## Library Search

&lt;&lt; Target &gt;&gt;

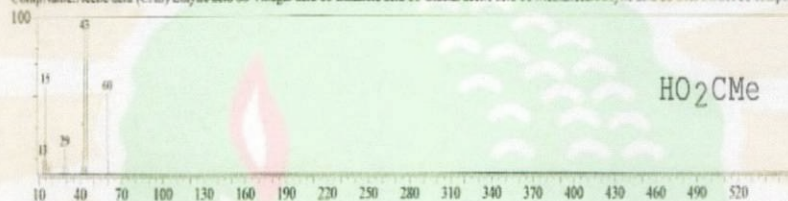
Line#: 1 R.Time: 2.792 (Scan#: 336) MassPeaks: 189

RawMode: Averaged 2.783-2.800(335-337) BasePeak: 43.05(3242145)

BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



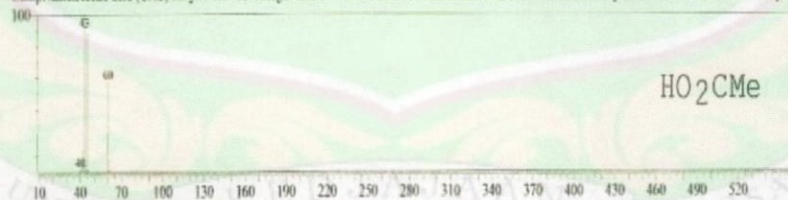
Hit#1 Entry: 628 Library: WILEY7.LIB  
 SI: 98 Formula: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> CAS: 64-19-7 MolWeight: 60 RetIndex: 0  
 CompName: Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanocarboxylic acid SS CH<sub>3</sub>COOH SS compon



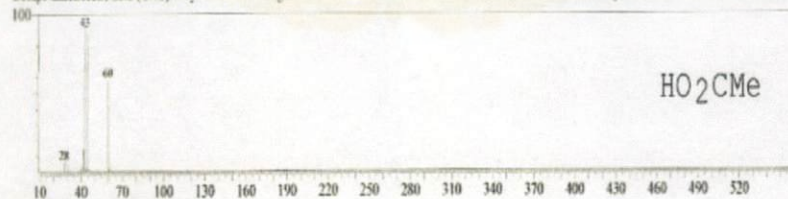
Hit#2 Entry: 629 Library: WILEY7.LIB  
 SI: 97 Formula: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> CAS: 64-19-7 MolWeight: 60 RetIndex: 0  
 CompName: Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanocarboxylic acid SS CH<sub>3</sub>COOH SS compon



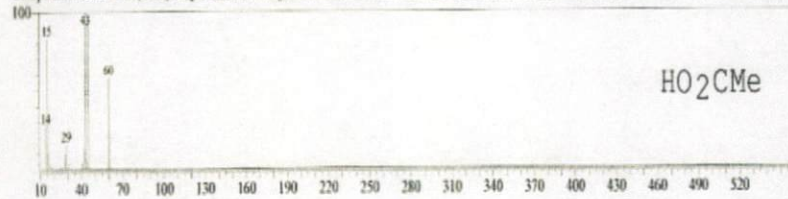
Hit#3 Entry: 632 Library: WILEY7.LIB  
 SI: 97 Formula: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> CAS: 64-19-7 MolWeight: 60 RetIndex: 0  
 CompName: Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanocarboxylic acid SS CH<sub>3</sub>COOH SS compon



Hit#4 Entry: 631 Library: WILEY7.LIB  
 SI: 97 Formula: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> CAS: 64-19-7 MolWeight: 60 RetIndex: 0  
 CompName: Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanocarboxylic acid SS CH<sub>3</sub>COOH SS compon



Hit#5 Entry: 627 Library: WILEY7.LIB  
 SI: 96 Formula: C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub> CAS: 64-19-7 MolWeight: 60 RetIndex: 0  
 CompName: Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanocarboxylic acid SS CH<sub>3</sub>COOH SS compon





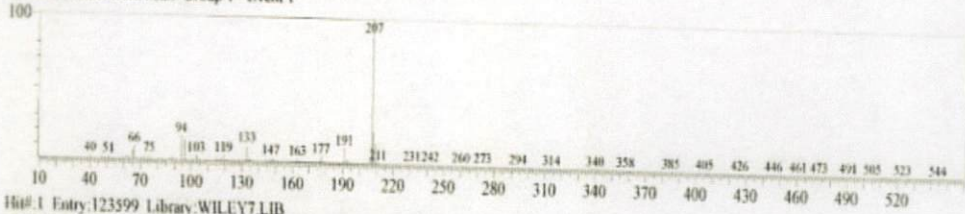
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R.Time: 3.000(Scan#: 361) MassPeaks: 255

RawMode: Averaged 2.992-3.008(360-362) BasePeak: 206.95(49395)

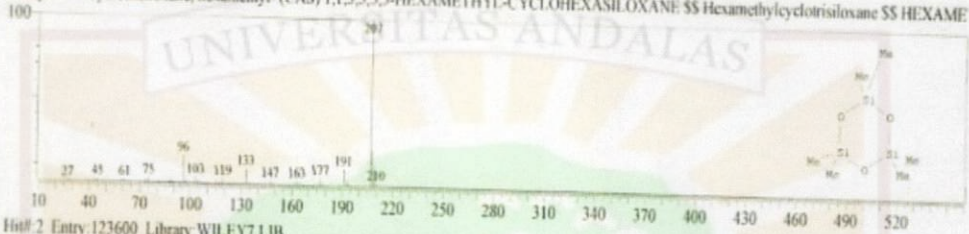
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit# 1 Entry: 123599 Library: WILEY7.LIB

SI: 88 Formula: C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> CAS: 541-05-9 MolWeight: 222 RetIndex: 0

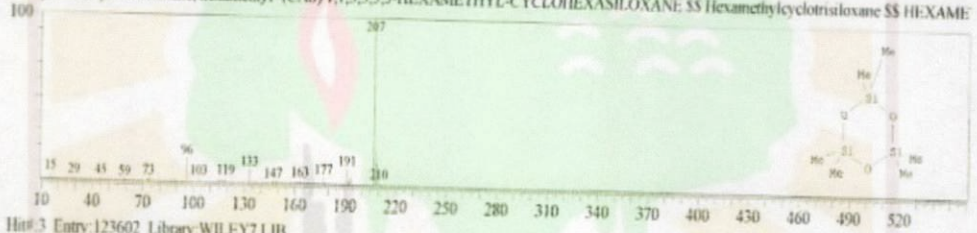
CompName: Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOHEXASILOXANE \$\$ Hexamethylcyclotrisiloxane \$\$ HEXAME



Hit# 2 Entry: 123600 Library: WILEY7.LIB

SI: 83 Formula: C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> CAS: 541-05-9 MolWeight: 222 RetIndex: 0

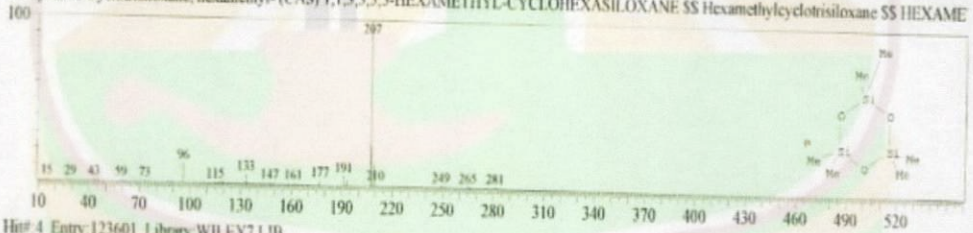
CompName: Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOHEXASILOXANE \$\$ Hexamethylcyclotrisiloxane \$\$ HEXAME



Hit# 3 Entry: 123602 Library: WILEY7.LIB

SI: 81 Formula: C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> CAS: 541-05-9 MolWeight: 222 RetIndex: 0

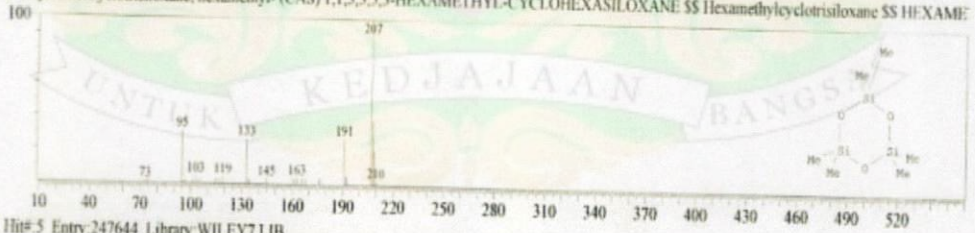
CompName: Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOHEXASILOXANE \$\$ Hexamethylcyclotrisiloxane \$\$ HEXAME



Hit# 4 Entry: 123601 Library: WILEY7.LIB

SI: 73 Formula: C<sub>6</sub>H<sub>18</sub>O<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> CAS: 541-05-9 MolWeight: 222 RetIndex: 0

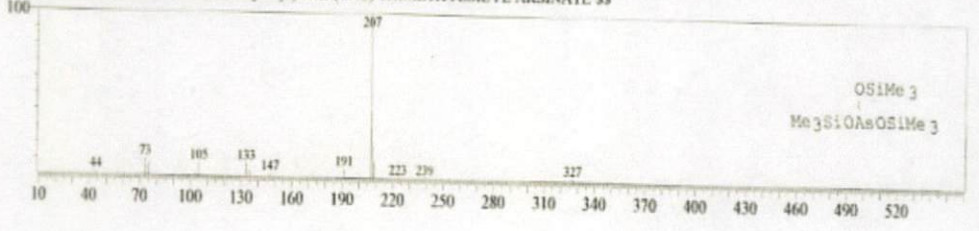
CompName: Cyclotrisiloxane, hexamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5-HEXAMETHYL-CYCLOHEXASILOXANE \$\$ Hexamethylcyclotrisiloxane \$\$ HEXAME



Hit# 5 Entry: 247644 Library: WILEY7.LIB

SI: 71 Formula: C<sub>9</sub>H<sub>27</sub>AsO<sub>3</sub>Si<sub>3</sub> CAS: 55429-29-3 MolWeight: 342 RetIndex: 0

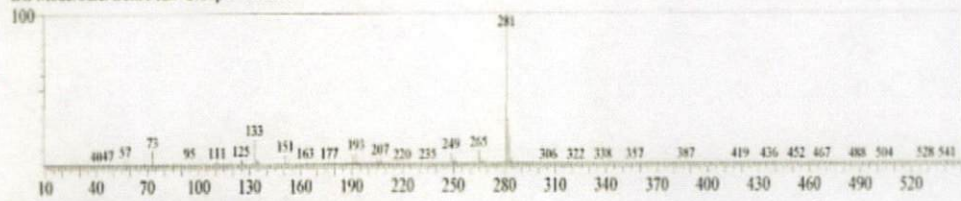
CompName: Arsenous acid, tris(trimethylsilyl) ester (CAS) TRIMETHYLSILYL ARSINATE \$\$



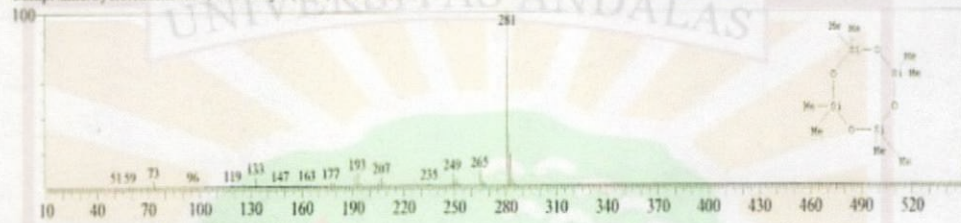
Library Search

<< Target >>

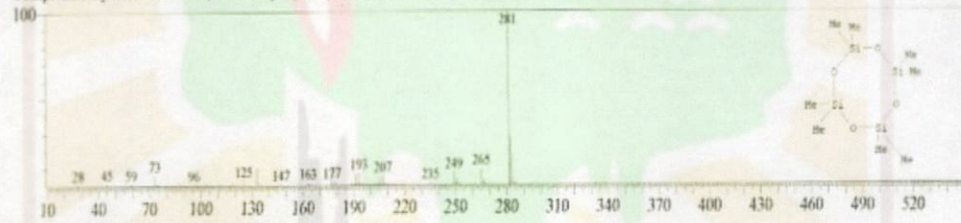
Line#: 1 R.Time: 3.508(Scan#: 422) MassPeaks: 264  
RawMode: Averaged 3.500-3.517(421-423) BasePeak: 281.00(34035)  
BG Mode Calc. from Peak Group 1 - Event 1



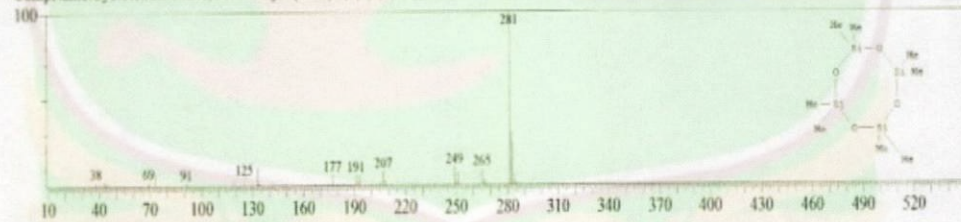
Hit#: 1 Entry: 207730 Library: WILEY7.LIB  
SI: 90 Formula: C8 H24 O4 Si4 CAS: 556-67-2 MolWeight: 296 RetIndex: 0  
CompName: Cyclotetrasiloxane, octamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5,7,7-OCTAMETHYL-CYCLOOCTASILOXANE S5 OCTAMETHYL-(CYCLIC TETRA



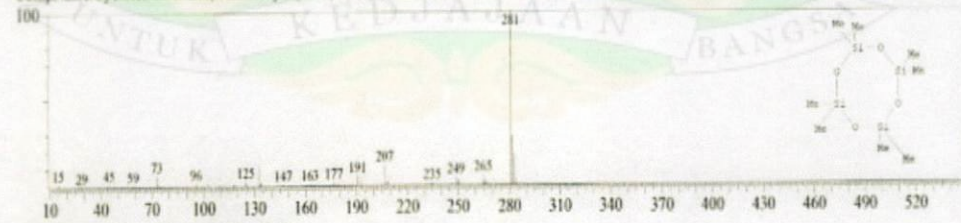
Hit#: 2 Entry: 207732 Library: WILEY7.LIB  
SI: 88 Formula: C8 H24 O4 Si4 CAS: 556-67-2 MolWeight: 296 RetIndex: 0  
CompName: Cyclotetrasiloxane, octamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5,7,7-OCTAMETHYL-CYCLOOCTASILOXANE S5 OCTAMETHYL-(CYCLIC TETRA



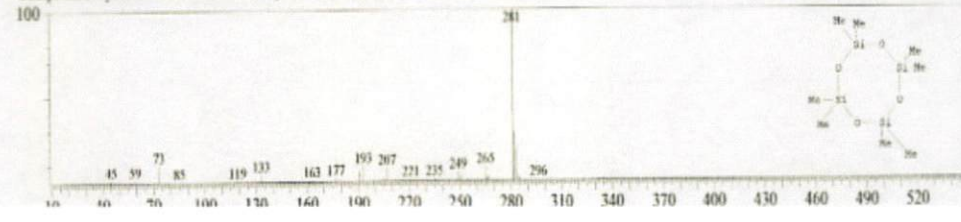
Hit#: 3 Entry: 207735 Library: WILEY7.LIB  
SI: 88 Formula: C8 H24 O4 Si4 CAS: 556-67-2 MolWeight: 296 RetIndex: 0  
CompName: Cyclotetrasiloxane, octamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5,7,7-OCTAMETHYL-CYCLOOCTASILOXANE S5 OCTAMETHYL-(CYCLIC TETRA



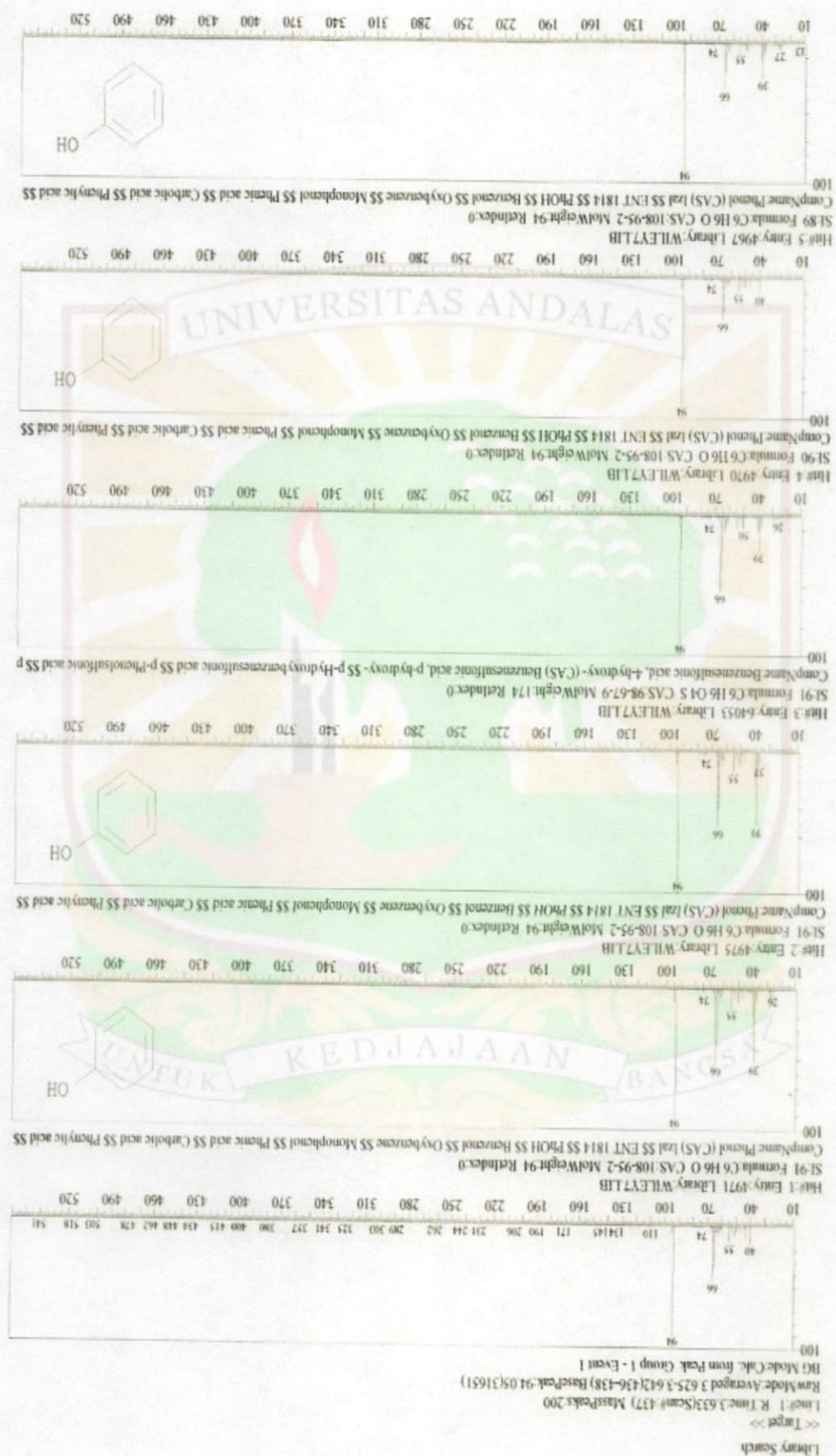
Hit#: 4 Entry: 207731 Library: WILEY7.LIB  
SI: 87 Formula: C8 H24 O4 Si4 CAS: 556-67-2 MolWeight: 296 RetIndex: 0  
CompName: Cyclotetrasiloxane, octamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5,7,7-OCTAMETHYL-CYCLOOCTASILOXANE S5 OCTAMETHYL-(CYCLIC TETRA



Hit#: 5 Entry: 207734 Library: WILEY7.LIB  
SI: 87 Formula: C8 H24 O4 Si4 CAS: 556-67-2 MolWeight: 296 RetIndex: 0  
CompName: Cyclotetrasiloxane, octamethyl- (CAS) 1,1,3,3,5,5,7,7-OCTAMETHYL-CYCLOOCTASILOXANE S5 OCTAMETHYL-(CYCLIC TETRA



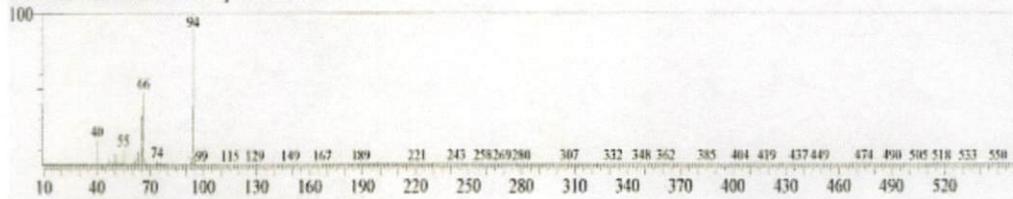






<< Target >>

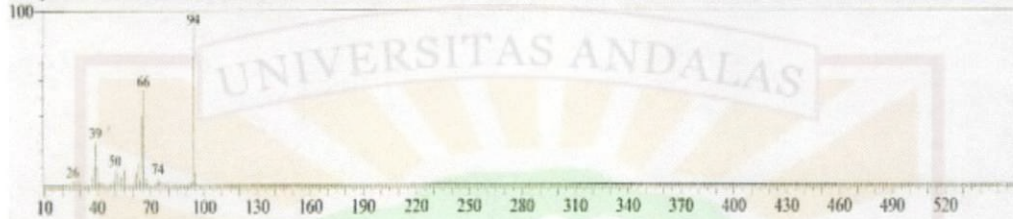
Line#:1 R.Time:3.933(Scan#:473) MassPeaks:223  
RawMode:Averaged 3.925-3.942(472-474) BasePeak:94.05(199535)  
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:64053 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C6 H6 O4 S CAS:98-67-9 MolWeight:174 RetIndex:0

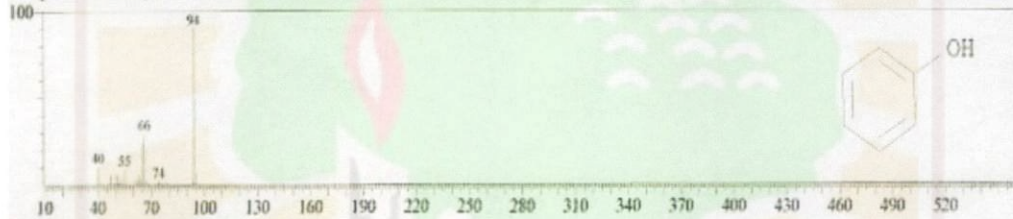
CompName:Benzenesulfonic acid, 4-hydroxy- (CAS) Benzenesulfonic acid, p-hydroxy- \$\$ p-Hydroxybenzenesulfonic acid \$\$ p-Phenolsulfonic acid \$\$ p



Hit#:2 Entry:4970 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C6 H6 O CAS:108-95-2 MolWeight:94 RetIndex:0

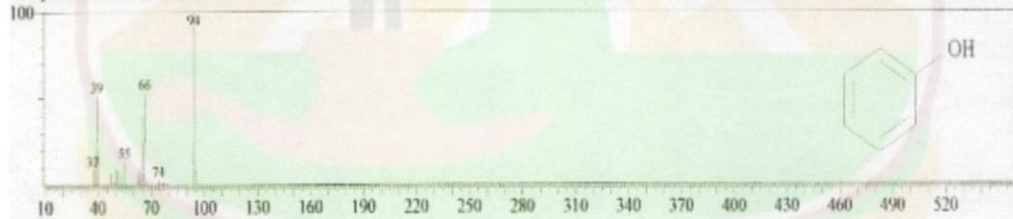
CompName:Phenol (CAS) Izal \$\$ ENT 1814 \$\$ PhOH \$\$ Benzenol \$\$ Oxybenzene \$\$ Monophenol \$\$ Phenic acid \$\$ Carbolic acid \$\$ Phenylic acid \$\$



Hit#:3 Entry:4975 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C6 H6 O CAS:108-95-2 MolWeight:94 RetIndex:0

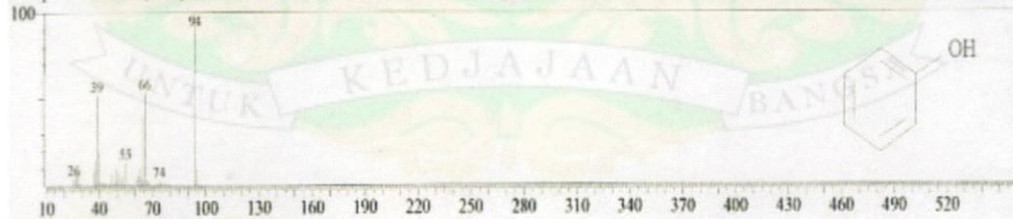
CompName:Phenol (CAS) Izal \$\$ ENT 1814 \$\$ PhOH \$\$ Benzenol \$\$ Oxybenzene \$\$ Monophenol \$\$ Phenic acid \$\$ Carbolic acid \$\$ Phenylic acid \$\$



Hit#:4 Entry:4971 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C6 H6 O CAS:108-95-2 MolWeight:94 RetIndex:0

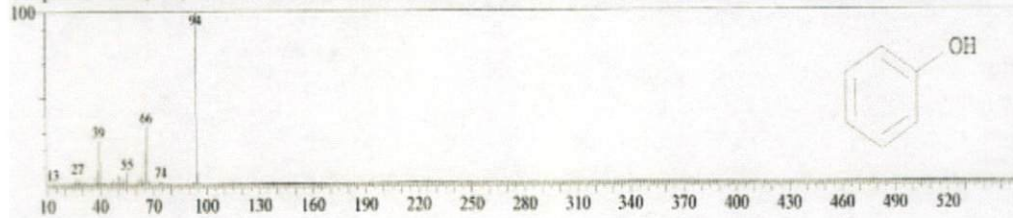
CompName:Phenol (CAS) Izal \$\$ ENT 1814 \$\$ PhOH \$\$ Benzenol \$\$ Oxybenzene \$\$ Monophenol \$\$ Phenic acid \$\$ Carbolic acid \$\$ Phenylic acid \$\$



Hit#:5 Entry:4967 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C6 H6 O CAS:108-95-2 MolWeight:94 RetIndex:0

CompName:Phenol (CAS) Izal \$\$ ENT 1814 \$\$ PhOH \$\$ Benzenol \$\$ Oxybenzene \$\$ Monophenol \$\$ Phenic acid \$\$ Carbolic acid \$\$ Phenylic acid \$\$



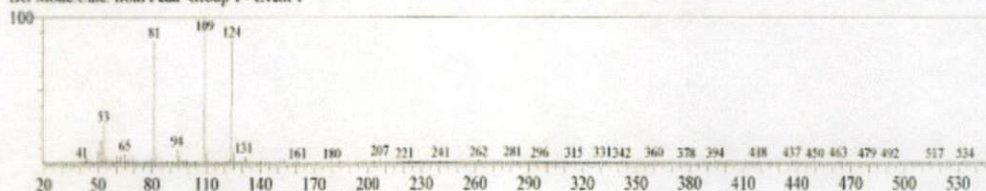
Library Search

<< Target >>

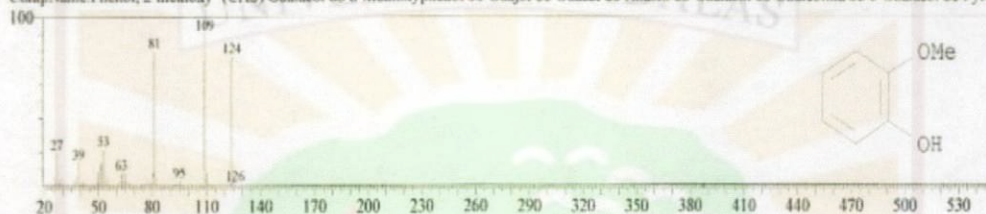
Line# 1 R.Time 4.525(Scan# 544) MassPeaks:231

RawMode:Averaged 4.517-4.533(543-545) BasePeak:109.05(13788)

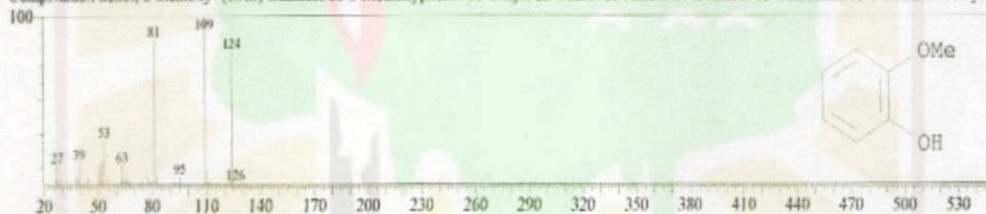
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



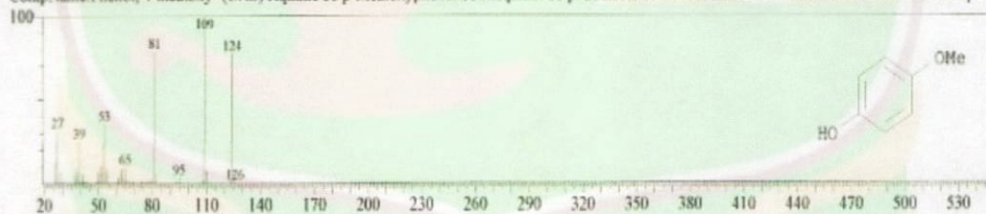
Hit# 1 Entry:17522 Library:WILEY7.LIB  
SI:89 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0  
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro



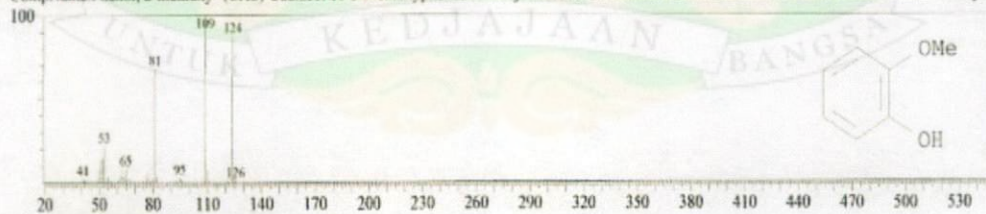
Hit# 2 Entry:17530 Library:WILEY7.LIB  
SI:89 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0  
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro



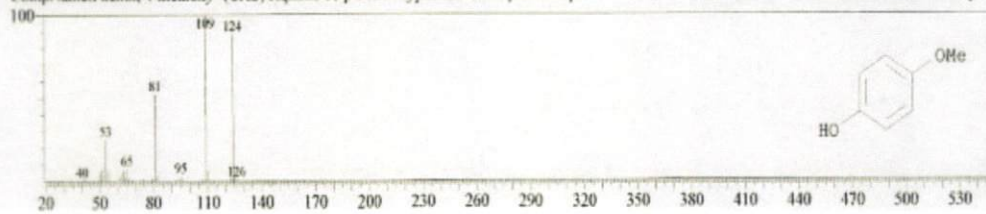
Hit# 3 Entry:17543 Library:WILEY7.LIB  
SI:89 Formula:C7 H8 O2 CAS:150-76-5 MolWeight:124 RetIndex:0  
CompName:Phenol, 4-methoxy- (CAS) Hqumme SS p-Methoxyphenol SS Mequinol SS p-Guaiacol SS Lencobasal SS Mechinolum SS Lencodine b SS p-Hy



Hit# 4 Entry:17528 Library:WILEY7.LIB  
SI:88 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0  
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro



Hit# 5 Entry:17544 Library:WILEY7.LIB  
SI:88 Formula:C7 H8 O2 CAS:150-76-5 MolWeight:124 RetIndex:0  
CompName:Phenol, 4-methoxy- (CAS) Hqumme SS p-Methoxyphenol SS Mequinol SS p-Guaiacol SS Lencobasal SS Mechinolum SS Lencodine b SS p-Hy





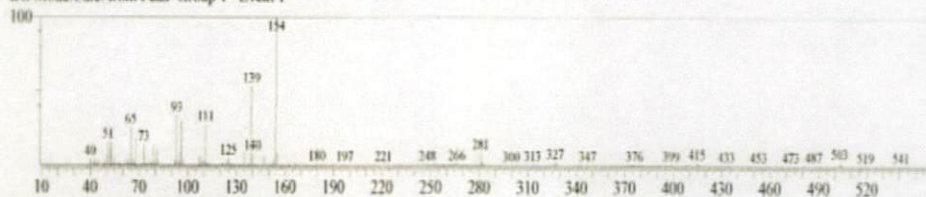
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R.Time: 7.575(Scan#: 910) MassPeaks: 298

RawMode Averaged 7.567-7.583(909-911) BasePeak: 154.10(21472)

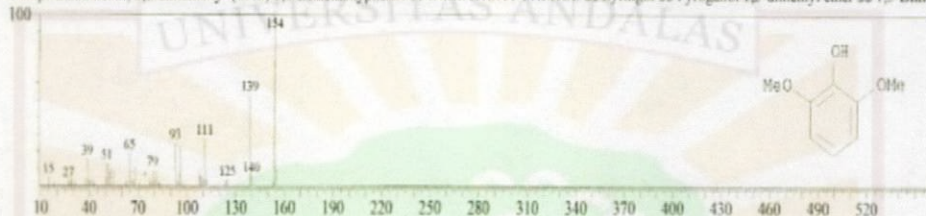
BG Mode Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry: 43409 Library: WILEY7.LIB

SI: 87 Formula: C8 H10 O3 CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

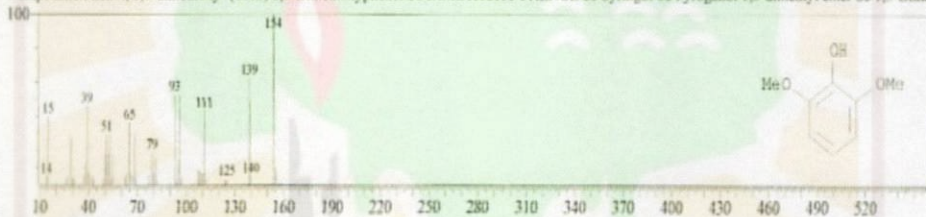
CompName: Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol SS DIMETHOXY PHENOL SS Syringol SS Pyrogallol 1,3-dimethyl ether SS 1,3-Dime



Hit#: 2 Entry: 43411 Library: WILEY7.LIB

SI: 85 Formula: C8 H10 O3 CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

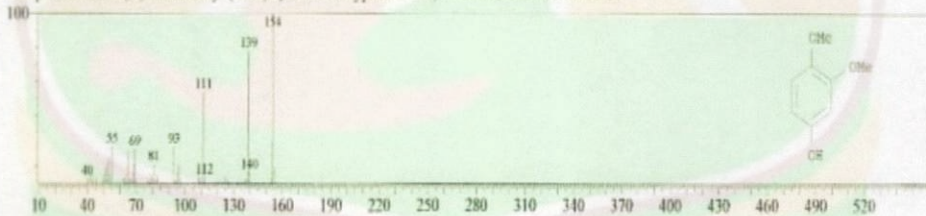
CompName: Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol SS DIMETHOXY PHENOL SS Syringol SS Pyrogallol 1,3-dimethyl ether SS 1,3-Dime



Hit#: 3 Entry: 43415 Library: WILEY7.LIB

SI: 81 Formula: C8 H10 O3 CAS: 2033-89-8 MolWeight: 154 RetIndex: 0

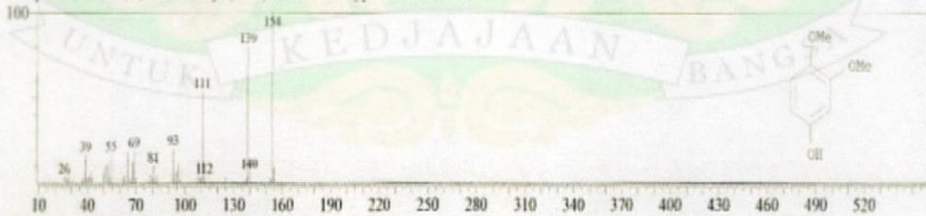
CompName: Phenol, 3,4-dimethoxy- (CAS) 3,4-Dimethoxyphenol SS 3,4-DIMETHOXY-PHENOL SS



Hit#: 4 Entry: 43414 Library: WILEY7.LIB

SI: 81 Formula: C8 H10 O3 CAS: 2033-89-8 MolWeight: 154 RetIndex: 0

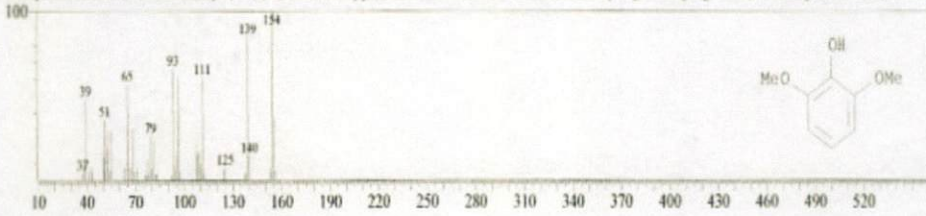
CompName: Phenol, 3,4-dimethoxy- (CAS) 3,4-Dimethoxyphenol SS 3,4-DIMETHOXY-PHENOL SS



Hit#: 5 Entry: 43412 Library: WILEY7.LIB

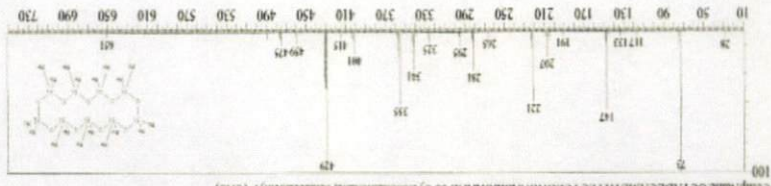
SI: 78 Formula: C8 H10 O3 CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

CompName: Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol SS DIMETHOXY PHENOL SS Syringol SS Pyrogallol 1,3-dimethyl ether SS 1,3-Dime

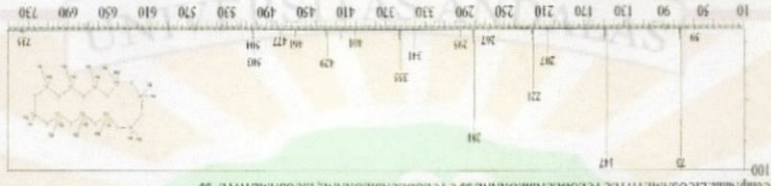




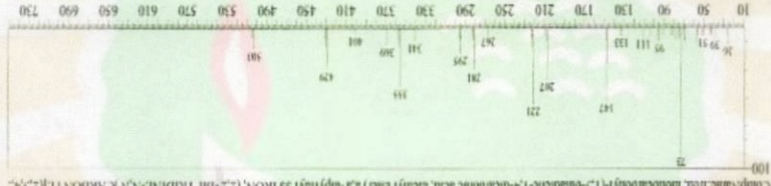




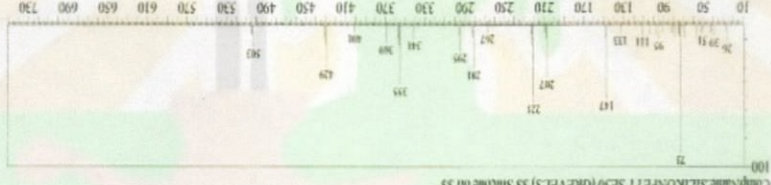
Hit 1 Entry: 14679 Library: WILEY.LIB  
 SL78 Formula: C17H10FN3 CAS: 74421-44-6 MolWt: 293 RetIndex: 0  
 Compound: 1H-Purin-6-amine [1,2-diazepinyl] (CAS)



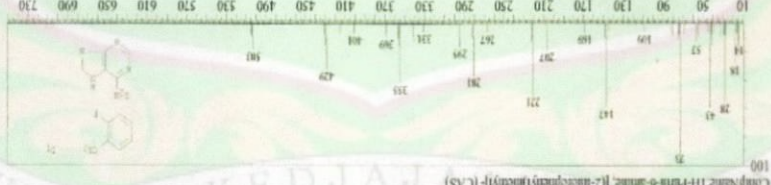
Hit 2 Entry: 338296 Library: WILEY.LIB  
 SL73 Formula: C21H22FN2O CAS: 109007-87-6 MolWt: 374 RetIndex: 0  
 Compound: Sildenafil (CIS)



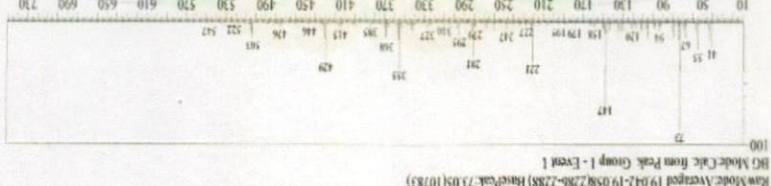
Hit 3 Entry: 206657 Library: WILEY.LIB  
 SL73 Formula: C21H22FN2O CAS: 109007-87-6 MolWt: 374 RetIndex: 0  
 Compound: Sildenafil (CIS)



Hit 4 Entry: 338296 Library: WILEY.LIB  
 SL73 Formula: C21H22FN2O CAS: 109007-87-6 MolWt: 374 RetIndex: 0  
 Compound: Sildenafil (CIS)



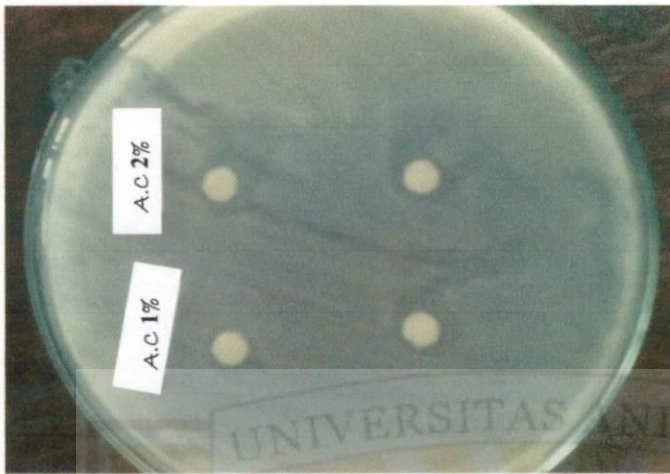
Hit 5 Entry: 332919 Library: WILEY.LIB  
 SL64 Formula: C18H15F4N CAS: 556-71-8 MolWt: 306 RetIndex: 0  
 Compound: OCTADECAMETHYL CYCLONONASILOXANE SS (cyclonasiloxane, octadecyl-) (CAS)



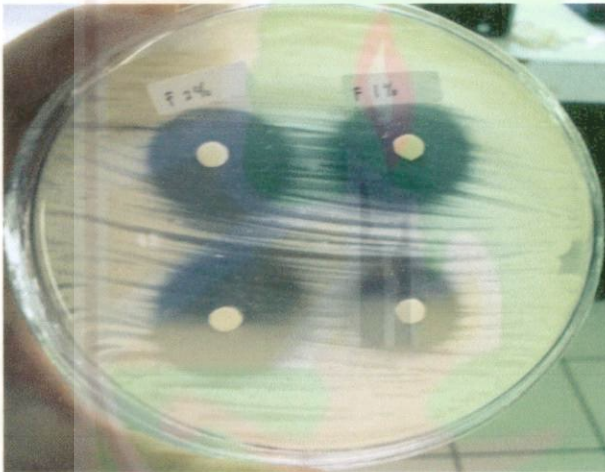
Hit 6 Entry: 332919 Library: WILEY.LIB  
 SL64 Formula: C18H15F4N CAS: 556-71-8 MolWt: 306 RetIndex: 0  
 Compound: OCTADECAMETHYL CYCLONONASILOXANE SS (cyclonasiloxane, octadecyl-) (CAS)

Library Search  
 << Target >>  
 Raw Mode: Averaged 19 042-19 058/286-2288) BasePeak: 73.05(10783)  
 Hit: 1 R Time: 19.050(Scan# 2287) MassPeak: 292  
 (M) Mode: Calc from Peak Group 1 - Exact 1





**Gambar 10.** Zona bening yang terbentuk pada konsentrasi asap cair 1 dan 2 %

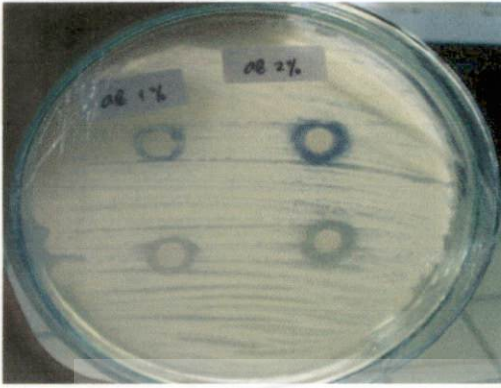


**Gambar 11.** Daerah hambatan formalin pada konsentrasi 1 % dan 2 % untuk antijamur.

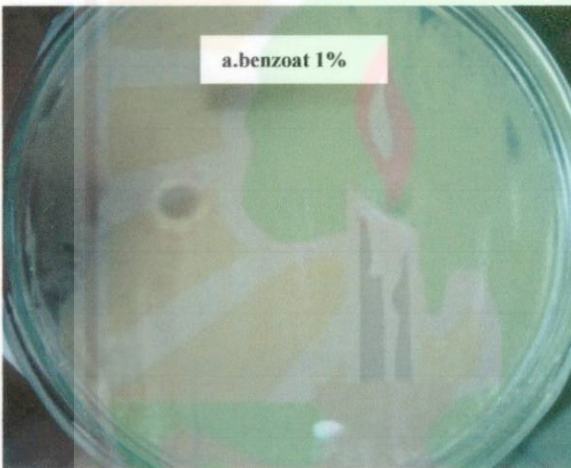


**Gambar 12.** Daerah hambatan formalin pada konsentrasi 1 % dan untuk antibakteri





**Gambar 13.** Daerah hambatan asam benzoat pada konsentrasi 1 % dan 2 % untuk antijamur



**Gambar 14.** Daerah hambatan asam benzoat pada konsentrasi 1 % untuk antibakteri

### Lampiran 3 Perhitungan Antioksidan dalam Asap Cair Cangkang Sawit

**Tabel 6.** Data absorban asap cair cangkang sawit dan asam askorbat

Konsentrasi	Absorban asap cair	Absorban asam askorbat
1 %	0,19	0,025
	0,19	0,026
2 %	0,17	0,028
	0,16	0,025
3 %	0,14	0,025
	0,14	0,025
4%	0,10	0,025
	0,10	0,025
5 %	0,06	0,027
	0,05	0,026

Data pengukuran % inhibisi asap cair cangkang sawit

DPPH  $\lambda = 517 \text{ nm} \rightarrow \text{Abs} = 0,614$

**% inhibisi =  $\frac{\text{serapan DPPH} - \text{serapan DPPH} + \text{sampel}}{\text{Serapan DPPH}} \times 100\%$**

- % inhibisi asap cair 1% =  $\frac{0,614 - 0,19}{0,614} \times 100\% = 69\%$
- % inhibisi asap cair 2% =  $\frac{0,614 - 0,165}{0,614} \times 100\% = 73\%$
- % inhibisi asap cair 3% =  $\frac{0,614 - 0,14}{0,614} \times 100\% = 77\%$
- % inhibisi asap cair 4% =  $\frac{0,614 - 0,10}{0,614} \times 100\% = 83\%$
- % inhibisi asap cair 5% =  $\frac{0,614 - 0,055}{0,614} \times 100\% = 91\%$

**Tabel 7.** Data % inhibisi asap cair cangkang sawit dan asam askorbat

Konsentrasi Sampel	% inhibisi asap cair	% inhibisi asam askorbat
1 %	69,00 %	96,08 %
2 %	73,00 %	95,94 %
3 %	77,00 %	96,16 %
4 %	83,00 %	96,16 %
5 %	91,00 %	95,94 %

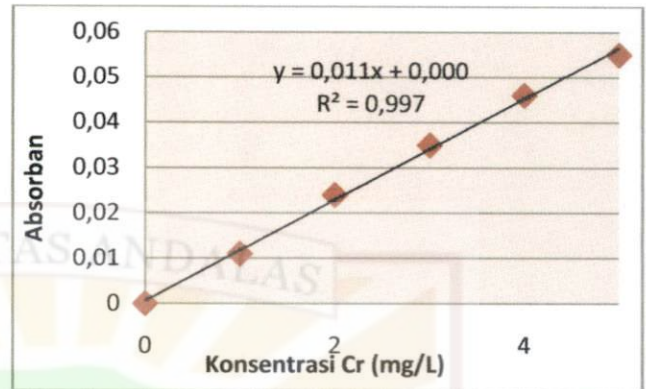




## Lampiran 4 Data Pengukuran Larutan Standar dengan AAS

**Tabel 8.** Data pengukuran larutan Standar Cr

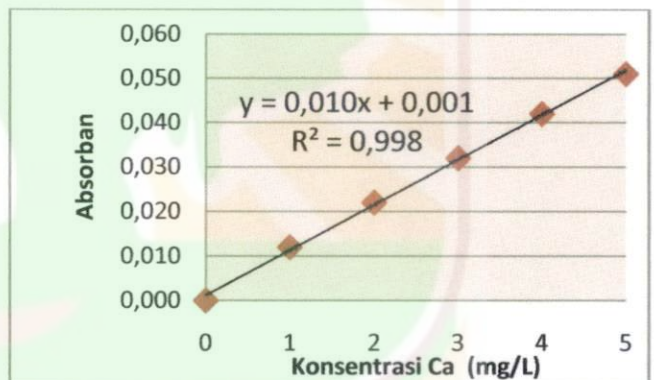
Konsentrasi Cr (mg/L)	Absorban
0	0
1,0	0,011
2,0	0,024
3,0	0,035
4,0	0,046
5,0	0,055



**Gambar 15.** Kurva larutan standar Cr

**Tabel 9.** Data pengukuran larutan Standar Ca

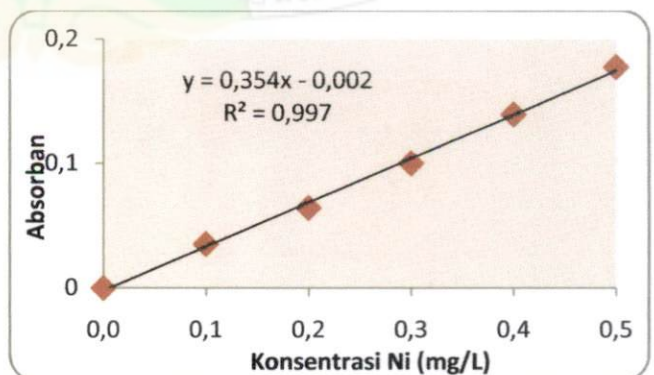
Konsentrasi Ca (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,012
2,0	0,022
3,0	0,032
4,0	0,042
5,0	0,051



**Gambar 16.** Kurva larutan standar Ca

**Tabel 10.** Data pengukuran larutan Standar Ni

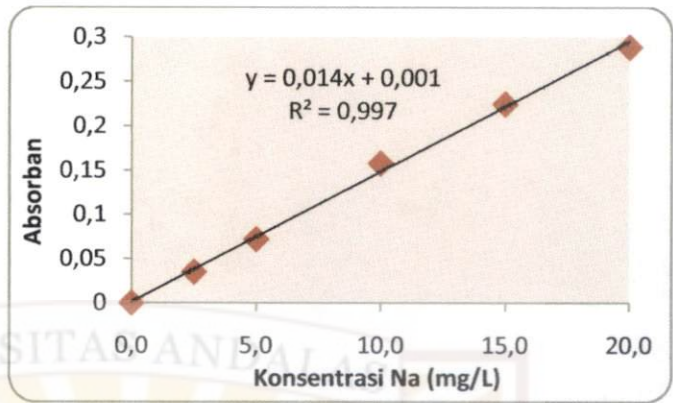
Konsentrasi Ni (mg/L)	Absorban
0	0,000
0,1	0,035
0,2	0,064
0,3	0,100
0,4	0,140
0,5	0,178



**Gambar 17.** Kurva larutan standar Ni

**Tabel 11.** Data pengukuran larutan Standar Na

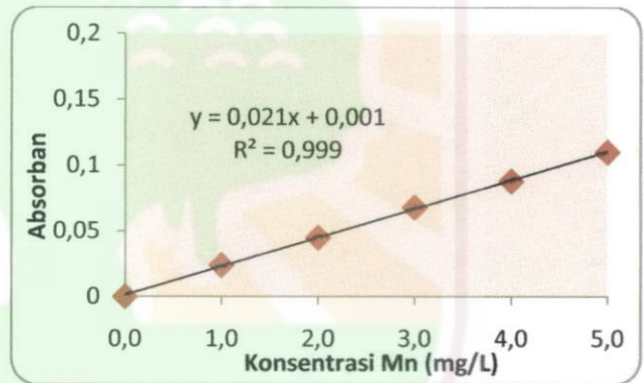
Konsentrasi Na (mg/L)	Absorban
0	0,000
2,5	0,035
5,0	0,072
10,0	0,158
15,0	0,225
20,0	0,289



**Gambar 18.** Kurva larutan standar Na

**Tabel 12.** Data pengukuran larutan Standar Mn

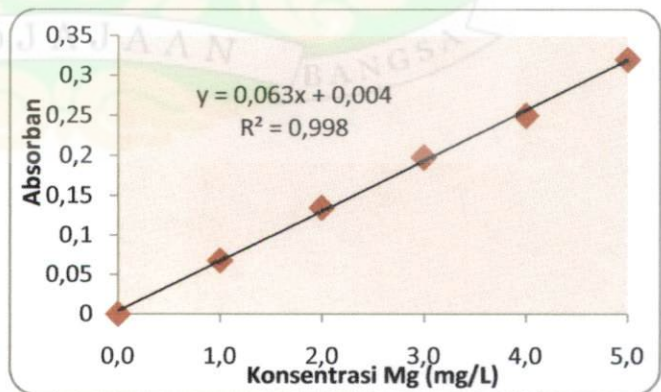
Konsentrasi Mn (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,024
2,0	0,045
3,0	0,068
4,0	0,088
5,0	0,110



**Gambar 19.** Kurva larutan standar Mn

**Tabel 13.** Data pengukuran larutan Standar Mg

Konsentrasi Mg (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,068
2,0	0,135
3,0	0,198
4,0	0,250
5,0	0,320

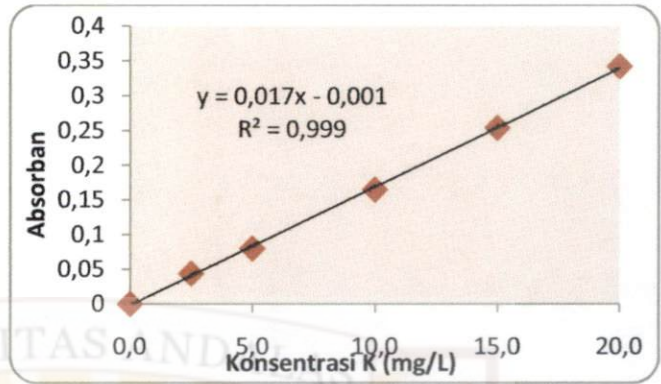


**Gambar 20.** Kurva larutan standar Mg



**Tabel 14.** Data pengukuran larutan Standar K

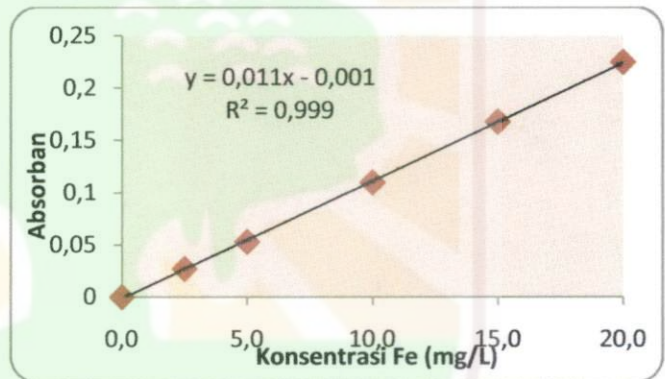
Konsentrasi K (mg/L)	Absorban
0	0,000
2,5	0,044
5	0,080
10	0,165
15	0,254
20	0,342



**Gambar 21.** Kurva larutan standar K

**Tabel 15.** Data pengukuran larutan Standar Fe

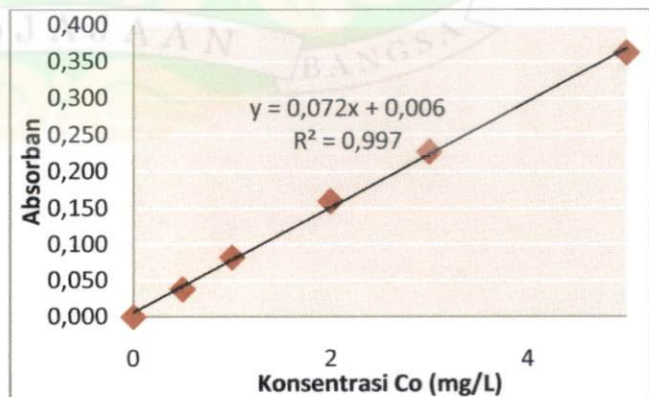
Konsentrasi Fe (mg/L)	Absorban
0	0,000
2,5	0,027
5	0,053
10	0,110
15	0,168
20	0,225



**Gambar 22.** Kurva larutan standar Fe

**Tabel 16.** Data pengukuran larutan Standar Co

Konsentrasi Co (mg/L)	Absorban
0	0,000
0,5	0,038
1,0	0,082
2,0	0,160
3,0	0,227
5,0	0,362

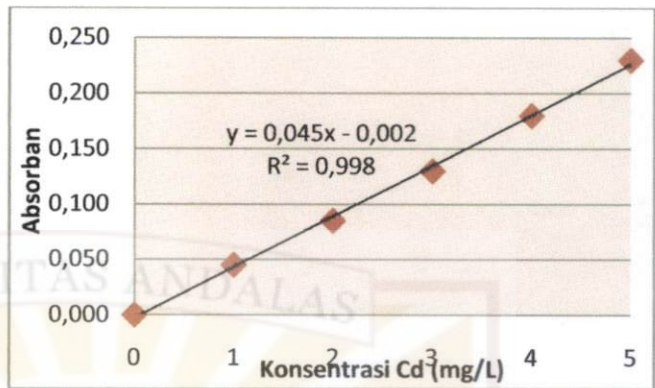


**Gambar 23.** Kurva larutan standar Co



**Tabel 17.** Data pengukuran larutan Standar Cd

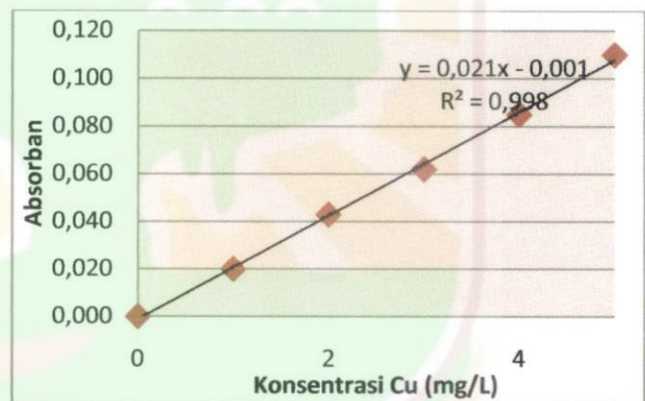
Konsentrasi Cd (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,045
2,0	0,085
3,0	0,130
4,0	0,180
5,0	0,230



**Gambar 24.** Kurva larutan standar Cd

**Tabel 18.** Data pengukuran larutan Standar Cu

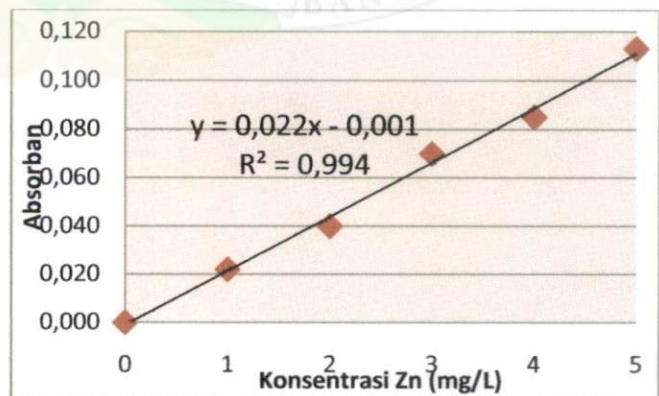
Konsentrasi Cu(mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,020
2,0	0,043
3,0	0,062
4,0	0,085
5,0	0,110



**Gambar 25.** Kurva larutan standar Cu

**Tabel 19.** Data pengukuran larutan Standar Zn

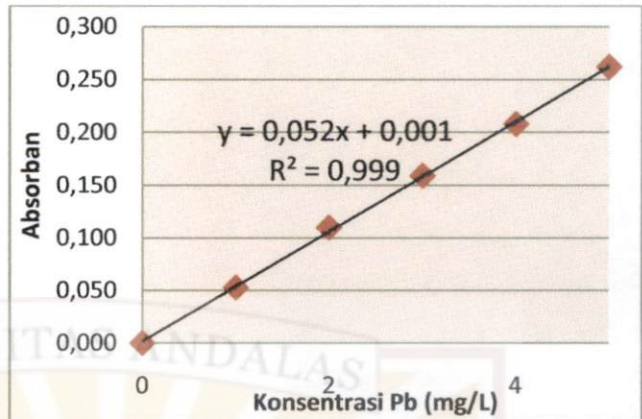
Konsentrasi Zn (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,022
2,0	0,040
3,0	0,070
4,0	0,085
5,0	0,113



**Gambar 26.** Kurva larutan standar Zn

**Tabel 20.** Data pengukuran larutan Standar Pb

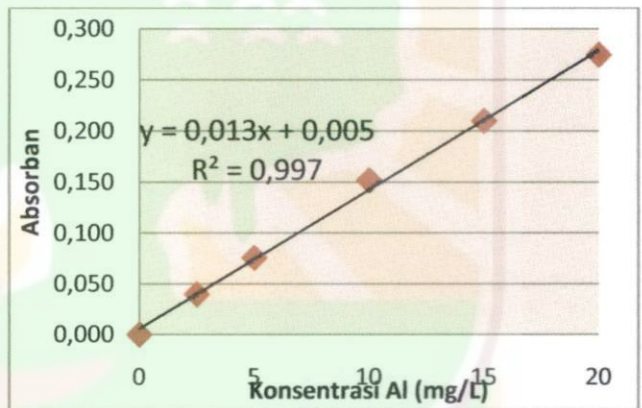
Konsentrasi Pb (mg/L)	Absorban
0	0,000
1,0	0,053
2,0	0,110
3,0	0,159
4,0	0,208
5,0	0,262



**Gambar 27.** Kurva larutan standar Pb

**Tabel 21.** Data pengukuran larutan Standar Al

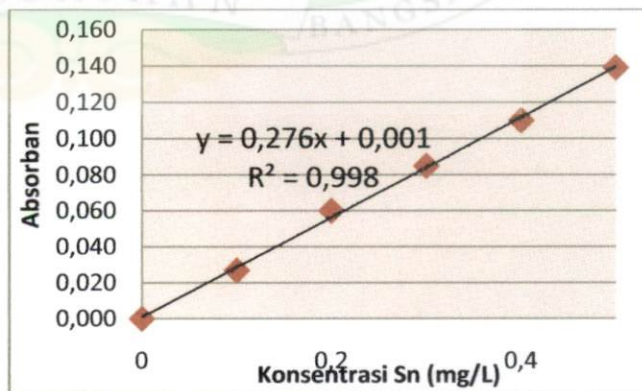
Konsentrasi Al (mg/L)	Absorban
0	0,000
2,5	0,040
5,0	0,076
10,0	0,152
15,0	0,210
20,0	0,275



**Gambar 28.** Kurva larutan standar Al

**Tabel 22.** Data pengukuran larutan Standar Sn

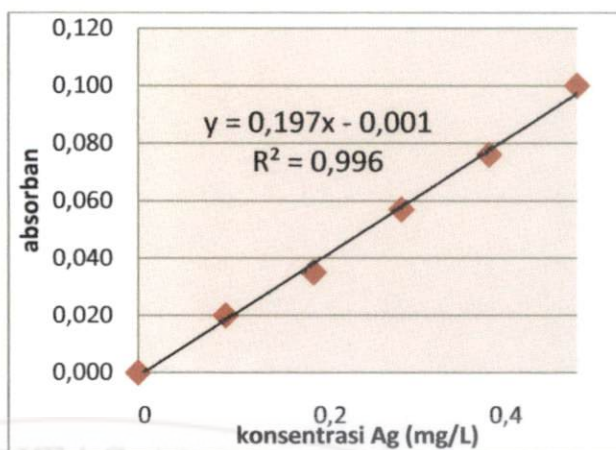
Konsentrasi Sn (mg/L)	Absorban
0	0,000
0,1	0,027
0,2	0,060
0,3	0,085
0,4	0,110
0,5	0,139



**Gambar 29.** Kurva larutan standar Sn

**Tabel 23.** Data pengukuran larutan Standar Ag

Konsentrasi Ag (mg/L)	Absorban
0	0,000
0,1	0,020
0,2	0,035
0,3	0,057
0,4	0,076
0,5	0,100



**Gambar 30.** Kurva larutan standar Ag



3. Kandungan Logam Fe

Persamaan regresi : Y = 0,011x - 0,001

Absorban asap cair : A (Y) = 0,029

Konsentrasi Logam Fe dalam asap cair (X) = (0,029 + 0,001)



$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Logam Mg dalam asap cair (X)} &= \frac{(0,050 - 0,004)}{0,063} \\ &= 0,730 \text{ ppm} \end{aligned}$$

6. Kandungan Logam K

$$\text{Persamaan regresi : Y} = 0,017x - 0,001$$

$$\text{Absorban asap cair : A (Y)} = 0,068$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Logam K dalam asap cair (X)} &= \frac{(0,062 + 0,001)}{0,017} \\ &= 4,059 \text{ ppm} \end{aligned}$$

7. Kandungan Logam Na

$$\text{Persamaan regresi : Y} = 0,014x + 0,001$$

$$\text{Absorban asap cair : A (Y)} = 0,052$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Logam Na dalam asap cair (X)} &= \frac{(0,052 - 0,001)}{0,014} \\ &= 3,643 \text{ ppm} \end{aligned}$$

8. Kandungan Logam Mn

$$\text{Persamaan regresi : Y} = 0,021x + 0,001$$

$$\text{Absorban asap cair : A (Y)} = 0,037$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Logam Mn dalam asap cair (X)} &= \frac{(0,037 - 0,001)}{0,021} \\ &= 1,714 \text{ ppm} \end{aligned}$$

9. Kandungan Logam Zn

$$\text{Persamaan regresi : Y} = 0,022x - 0,001$$

$$\text{Absorban asap cair : A (Y)} = 0,012$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi Logam Zn dalam asap cair (X)} &= \frac{(0,012 + 0,001)}{0,022} \\ &= 0,591 \text{ ppm} \end{aligned}$$

10. Kandungan Logam Pb

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,052x + 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,014 \\ \text{Konsentrasi Logam Pb dalam asap cair (X)} & = \frac{(0,014 - 0,001)}{0,052} \\ & = 0,25 \text{ ppm} \end{aligned}$$

11. Kandungan Logam Al

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,013x + 0,005 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,012 \\ \text{Konsentrasi Logam Al dalam asap cair (X)} & = \frac{(0,012 - 0,005)}{0,013} \\ & = 0,538 \text{ ppm} \end{aligned}$$

12. Kandungan Logam Ni

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,354x - 0,002 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = -0,004 \\ \text{Konsentrasi Logam Ni dalam asap cair (X)} & = \frac{(-0,004 + 0,002)}{0,354} \\ & = -0,005 \text{ ppm} \end{aligned}$$

13. Kandungan Logam Sn

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,276x + 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = -0,016 \\ \text{Konsentrasi Logam Sn dalam asap cair (X)} & = \frac{(-0,016 - 0,001)}{0,276} \\ & = -0,054 \text{ ppm} \end{aligned}$$

14. Kandungan Logam Ag

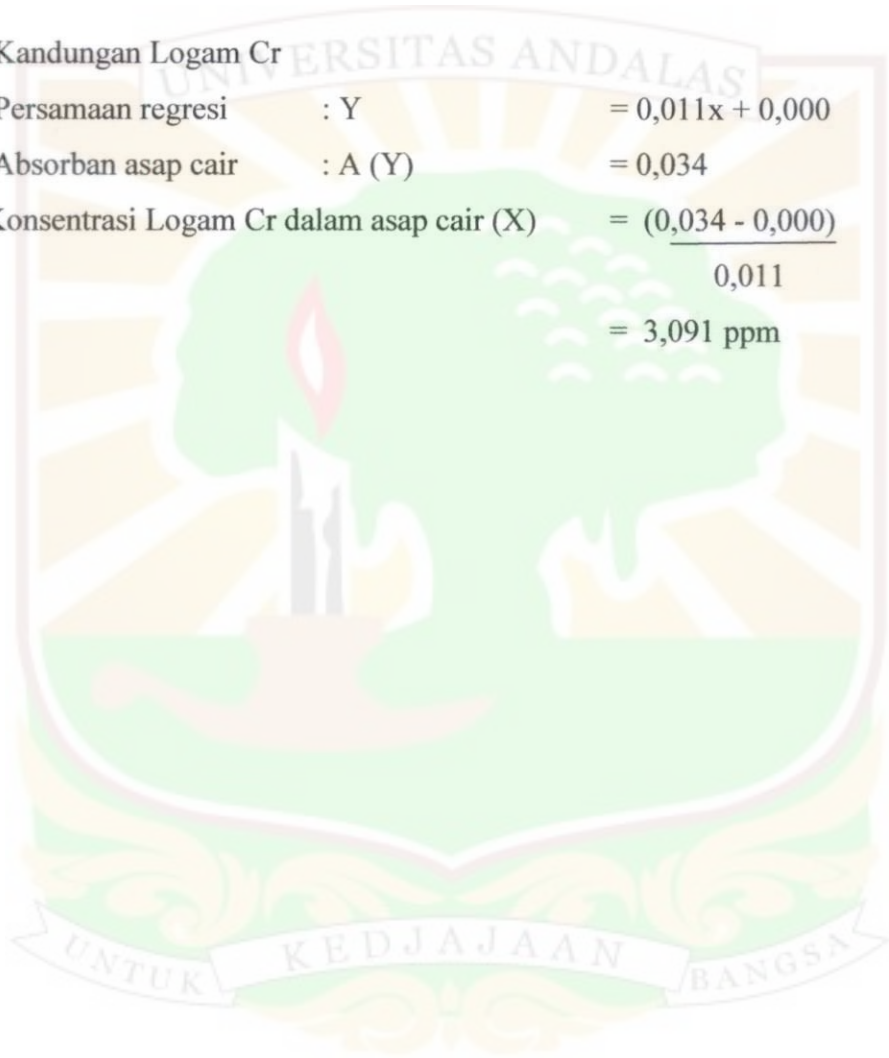
$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,197x - 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = -0,004 \\ \text{Konsentrasi Logam Ag dalam asap cair (X)} & = \frac{(-0,004 + 0,001)}{0,197} \\ & = -0,015 \text{ ppm} \end{aligned}$$

15. Kandungan Logam Ca

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,010x + 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,011 \\ \text{Konsentrasi Logam Ca dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,011 - 0,001)}{0,010} \\ & & = 1,000 \text{ ppm} \end{aligned}$$

16. Kandungan Logam Cr

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,011x + 0,000 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,034 \\ \text{Konsentrasi Logam Cr dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,034 - 0,000)}{0,011} \\ & & = 3,091 \text{ ppm} \end{aligned}$$





**Lampiran 6. Gambar Alat GC/MS dan AAS yang digunakan.**



**Gambar 31. Alat GC/MS QP 2010 S SHIMADZHU**



**Gambar 32. Gambar alat Rayleigh A.A Spectrophotometer WFX – 320**

## Lampiran 7 Perhitungan LOQ logam

Tabel 24. Data Absorban Blanko

No	Absorban
1	0,003
2	0,002
3	0,005
4	0,002
5	0,006
6	0,001
7	0,002

Standar Deviasi (SD) = 0,001826

### Contoh perhitungan LOQ logam

1. Untuk logam Co

Diketahui : Persamaan regresi  $y = 0,072 x + 0,006$

$$\text{LOQ} = \frac{10 \times \text{SD}}{\text{Slope}}$$

$$\text{LOQ} = \frac{10 \times 0,001826}{0,072} = 0,254 \text{ ppm}$$

Tabel 25. Data LOQ Logam

Logam	Konsentrasi (ppm)	LOQ (ppm)
Co	0,014	0,254
Cd	0,311	0,406
Fe	2,727	1,660
Cu	2,095	0,870
Mg	0,730	0,290
K	4,059	1,074
Na	3,643	1,304
Mn	1,714	0,870
Zn	0,591	0,830
Pb	0,25	0,351
Al	0,538	1,405
Ni	0	0,052
Sn	0	0,066
Ag	0	0,093
Ca	1,000	1,826
Cr	3,091	1,660

Catatan:

Jika konsentrasi logam < LOQ, maka konsentrasi sampel dianggap noise.