



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 AKTIFITAS
ANTI-KROBA SERTA ANTIOKSIDAN ASAP CAIR DARI BATANG
JAMBU BIJI (*Psidium guajava*)**

SKRIPSI



**NOVINA YULIANA
07132037**

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

**PEMBUATAN, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIFITAS
ANTIMIKROBA SERTA ANTIOKSIDAN ASAP CAIR
DARI BATANG JAMBU BIJI (*Psidium guajava*)**

Oleh :

NOVINA YULIANA

07132037

**Skripsi diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Andalas**

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya yang tak terhingga, dan tak lupa salawat beserta salam untuk junjungan Nabi Besar Muhammad SAW.

Ucapan terima kasih untuk Papa tercinta Basyaruddin dan Mama upik atas segenap cinta, kasih sayang, serta pengorbanan dan do'a yang selalu mereka berikan tanpa pamrih, tanpa lelah, dan tanpa berputus asa.

Horeee ina wisuda Pa, Ma!!!

Mudah-mudahan ina selalu diberikan keberuntungan, kesuksesan, dan rezeki yang berlimpah kedepannya oleh Allah, amin.

Pa maaf ya, tugas akhir ina membawa bencana bagi Pa. Maaf atas tangannya yang terluka waktu memotong batang jambu biji, maaf atas kakinya yang membengkak ketika ina dilanda stres menjelang kompre, maaf Pa. hehe.

Buat Abangku satu-satunya Basriko Putra S.Pd, terima kasih atas pelajaran, perdebatan, perlindungan, kebersamaan, dan do'a-do'anya selama ini. U olweis protect me brother, BIG thanks. Terima kasih untuk pembimbingku buk Yef dan buk Indrawati yang telah sangat sabar membimbing ku dalam proses penelitian dan pembuatan tugas akhir. Buk, terima kasih atas ilmunya baik dibidang akademik maupun ilmu kehidupan. Ibuk bukan hanya pembimbing bagi ina, tapi lebih dari itu, dari ibuk ina banyak belajar hal-hal yang baru, makasi ya buk.

Buat pembimbing akademik ina yang baik hati dan tidak sombong rajin mengaji dan menabung Pak Mai Efdi, terima kasih atas bantuannya selama ini. Bapak beserta pembimbing ina lainnya adalah orang tua kedua bagi ina di kampus, makasi ya pak.

Buat Pak Ul, Pak Yeye, Pak Hermansyah, Pak Anton, Buk Oli makasi galak-galaknyo dikampus pak-buk, sanang dapek ilmu baru sambia bagarah (ilmu dalam canda) haha ;D

Kepada seluruh staf pengajar dan pegawai di jurusan kimia, terima kasih banyak semuanya. Untuk analis labor lingkungan Ni Ta dan analis labor bioteknologi Ni Na, makasi banyak yo ni maaf ina merepotkan.

Terima kasih buat teman-teman lab. lingkungan yaitu genk asok (irma, nisha, mami deli, icha), genk sarok (mak tua, tya, cuyun, bang zaki), genk manggih (leni, cici, dan puput).

Thanks buat Aquaregia Community (Culen, cibi, putuik, iboy, anda, odong jjen, bom-bom, odong ales, uteng) buat kebersamaannya selama ini dari semester awal sampai semester akhir. Tiada hari tanpa galak dan mangambok.

Berikutnya makasi buat teman-teman SO_CH4 semuanya. Kapan foto angkatannya??

Buat gita, makasi ya tumpangan kostnya selama ini, maaf mengahabiskan jatah kost dan makanan di kost hehe,,

Tak lupa buat unpat the next manager tupperware, terima kasih banyak ni sudah menemani ina kalo lagi nunggu dosen sendiri.

BGG thanks for my best friend MIX community (midul, cidul, cadul) yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan kritikan buat ina. Walaupun tidak ada yang bertalenta diantara kita tapi ina ingin kita selalu bersama selamanya. Amin.

KKP, thanks bgt buat kebersamaannya selama ini, puput, aan, nelam, etha, bang wendra, anda, dll jan pernah lupo kalo awak tu kerabat. Jche temanku yang paling santai,, ayoo semangat !!

Terima kasih banyak buat Kotak atas inspirasinya, do'akan ina juga dapat menggapai mimpi setelah ini. Amin.

Terima kasih banyak untuk semua yang telah membantu ina dalam kuliah dan pembuatan tugas akhir ini semoga ilmu yang ina dapatkan bermanfaat kedepannya, amin.

"My heroes are the ones who survived doing it wrong, who made mistake, but recovered from them"

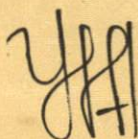
INNA

LEMBARAN PENGESAHAN

Pembuatan, Karakterisasi, dan Uji Aktifitas Antimikroba serta Antioksidan Asap Cair dari Batang Jambu Biji (*Psidium guajava*), skripsi oleh Novina Yuliana (07132037) sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (SI) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang.

Disetujui Oleh :

Pembimbing I



Yefrida, M.Si

NIP. 1969 0314 1999 03 2001

Pembimbing II



Indrawati, MS

NIP. 1954 1224 1983 03 2001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Adlis Santoni

NIP. 196212031988111002

ABSTRAK

PEMBUATAN, KARAKTERISASI, DAN UJI AKTIFITAS ANTIMIKROBA SERTA ANTIOKSIDAN ASAP CAIR DARI BATANG JAMBU BIJI (*Psidium guajava*)

Oleh

Novina Yuliana

Sarjana Sains (S.Si) dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas
Dibimbing oleh Yefrida, M.Si dan Indrawati, MS

Pembuatan, karakterisasi, dan uji aktifitas antimikroba serta antioksidan asap cair dari batang jambu biji (*Psidium guajava*), dilakukan dengan tujuan utama untuk lebih memanfaatkan batang jambu biji dan melihat kualitas asap cair yang dihasilkan. Metoda yang digunakan untuk pembuatan asap cair ini adalah pirolisis sederhana. Hasil karakterisasi asap cair batang jambu biji menggunakan GC/MS menunjukkan asap cair ini mengandung senyawa golongan asam, karbonil, dan fenol, disamping juga mengandung senyawa-senyawa lain. Asap cair batang jambu biji ini memiliki aktifitas antibakteri dan antijamur. Terbukti asap cair ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp*. Selain itu asap cair batang jambu biji juga memiliki aktifitas antioksidan yang baik dan mengandung mineral-mineral esensial dari hasil penentuan kandungan logam menggunakan AAS.

Kata kunci : asap cair, pirolisis, antimikroba, dan antioksidan.

ABSTRACT

PREPARATION, CHARACTERIZATION, ANTIMICROBIAL AND ANTIOXIDANT ACTIVITY TEST LIQUID SMOKE FROM THE GUAVA STEM (*Psidium guajava*)

By

Novina Yuliana

Bachelor of Sains Chemistry Department of Mathematic and Sains Faculty
Advised by Yefrida, M.Si dan Indrawati, MS

Preparation, characterization, antimicrobial and antioxidant activity test liquid smoke from the guava stem (*Psidium guajava*), had purpose to take more advantages from guava stem optimally and show it's quality. Pyrolysis methode was used to produce liquid smoke. Characterization of liquid smoke from guava stem using GC/MS showed that this liquid smoke contained acid grup, carbonyl, and fenol compound, it also contained other compound. Liquid smoke of guava stem has an antibacterial and antifungal activity. This liquid smoke proved that it can inhibit *Salmonella sp* and *Rhizopus sp*. On the other hand, liquid smoke of guava stem has a great antioxidant activity and contained essential minerals from the analysis results of metal content using AAS.

Keyword : liquid smoke, pyrolysis, antimicrobial and antioxidant.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pembuatan, Karakterisasi, dan Uji Aktifitas Antimikroba serta Antioksidan Asap Cair dari Batang Jambu Biji (*Psidium guajava*)”**. Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas berkat dorongan dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta seluruh keluarga besar penulis atas bantuan moril maupun materil yang telah diberikan.
2. Ibu Yefrida, M.Si dan Ibu Indrawati, MS selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan, motivasi dan bantuan pada penulis.
3. Bapak Dr. Adlis Santoni selaku ketua Jurusan Kimia.
4. Bapak Dr. Mai Efdi selaku Koordinator Pendidikan Jurusan Kimia.
5. Bapak Dr. Mai Efdi selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Staf pengajar di Jurusan Kimia, pegawai Jurusan Kimia, serta analis laboratorium kimia atas petunjuk dan bimbingannya.
7. Rekan mahasiswa kimia yang sama-sama menikmati penelitian dan saling memberi dukungan.

Tentunya penulisan skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mohon maaf bila ada kesalahan dan kekurangan dalam penulisan skripsi ini.

Padang, Oktober 2011
Hormat Penulis,

Novina Yuliana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR GAMBAR..... iv

DAFTAR TABEL..... v

DAFTAR LAMPIRAN vi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 2

1.3 Tujuan Penelitian..... 2

1.4 Manfaat Penelitian..... 3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jambu biji (*Psidium guajava*)..... 4

2.2 Batang jambu biji 5

2.3 Pirolisis

2.3.1 Pengertian pirolisis 5

2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi pirolisis 5

2.3.3 Proses pirolisis..... 7

2.4 Asap cair

2.4.1 Pengertian asap cair 7

2.4.2 Senyawa-senyawa utama dalam asap cair 8

2.4.3 Sifat fungsional asap cair..... 8

2.4.4 Aplikasi asap cair..... 10

2.5 GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)..... 11

2.6 AAS (*Atomic Absorbtion Spectroscopy*)..... 12

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat penelitian..... 13

3.2	Alat dan Bahan	
3.2.1	Alat	13
3.2.2	Bahan	13
3.3	Prosedur Kerja	
3.3.1	Pengambilan dan persiapan sampel	13
3.3.2	Persiapan alat dan pembuatan larutan	
3.3.2.1	Sterilisasi alat dan bahan	14
3.3.2.2	Pembuatan media.....	14
3.3.2.3	Pembuatan larutan sampel	14
3.3.2.4	Pembuatan larutan asam askorbat.....	14
3.3.2.5	Pembuatan pereaksi DPPH.....	15
3.3.2.6	Pembuatan larutan standar logam.....	15
3.3.3	Pembuatan asap cair	15
3.3.4	Pengamatan dan pengukuran pH	16
3.3.5	Analisis asap cair dengan GC-MS.....	16
3.3.6	Uji aktifitas antibakteri dan antijamur asap cair	16
3.3.6.1	Peremajaan biakan.....	16
3.3.6.2	Penentuan aktifitas antibakteri dan antijamur	16
3.3.7	Uji aktifitas antioksidan asap cair.....	17
3.3.7.1	Penentuan panjang gelombang serapan maksimum DPPH.....	17
3.3.7.2	Pemeriksaan aktifitas antioksidan	17
3.3.8	Penentuan kandungan logam dalam asap cair dengan AAS	
3.3.8.1	Destruksi sampel.....	18
3.3.8.2	Pengukuran kadar logam dalam asap cair	18

BAB IV. HASIL DAN DISKUSI

4.1	Hasil Pengamatan Warna dan Bau Asap Cair Batang Jambu Biji	19
4.2	Pengukuran pH asap cair	19
4.3	Hasil karakterisasi asap cair batang jambu biji	20
4.4	Uji aktivitas antibakteri dan antijamur asap cair	22
4.5	Uji aktivitas antioksidan asap cair.....	25
4.6	Penentuan kandungan logam dalam asap cair dengan AAS	27

BAB V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Tumbuhan jambu biji	4
Gambar 2.	Batang jambu biji	5
Gambar 3.	Alat pembuat asap cair batang jambu biji	15
Gambar 4.	Asap cair batang jambu biji sebelum disaring (b) dan asap cair batang jambu biji setelah disaring (b)	19
Gambar 5.	Hasil karakterisasi GC/MS.....	20
Gambar 6.	Daya hambat larutan uji terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i>	23
Gambar 7.	Daya hambat Larutan uji terhadap jamur <i>Rhizopus sp</i>	24
Gambar 8.	Aktifitas antioksidan penangkapan radikal DPPH.....	26
Gambar 9.	Daerah hambatan asap cair terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i> pada konsentrasi 5 %.....	48
Gambar 10.	Daerah hambatan asap cair terhadap jamur <i>Rhizopus sp</i> pada konsentrasi 5 %	49
Gambar 11.	Daerah hambatan formalin terhadap jamur <i>Rhizopus sp</i> pada konsentrasi 1 % dan 2 %.....	49
Gambar 12.	Daerah hambatan asam benzoat terhadap jamur <i>Rhizopus sp</i> pada konsentrasi 1 % dan 2 %	49
Gambar 13.	Daerah hambatan formalin terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i> pada konsentrasi 1 %.....	50
Gambar 14.	Daerah hambatan asam benzoat terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i> pada konsentrasi 1 %.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Hasil karakterisasi asap cair batang jambu biji menggunakan GC/MS	21
Tabel 2.	Perbandingan daya hambat asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak terhadap bakteri <i>Salmonella sp</i>	24
Tabel 3.	Perbandingan daya hambat asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak terhadap jamur <i>Rhizopus sp</i>	24
Tabel 4.	Perbandingan % inhibisi asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak	26
Tabel 5.	Konsentrasi logam dalam asap cair batang jambu biji.....	27
Tabel 6.	Data diameter daerah hambat dengan berbagai larutan uji	48
Tabel 7.	Data absorban asap cair batang jambu biji dan asam askorbat ...	51
Tabel 8.	Data % inhibisi asap cair batang jambu biji dan asam askorbat .	52
Tabel 9.	Nutrisi mineral esensial dan jumlahnya dalam tubuh hewan.....	68
Tabel 10.	Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Senyawa-senyawa hasil karakterisasi asap cair dengan GC/MS	32
Lampiran 2.	Hasil pengamatan uji aktivitas antibakteri dan antijamur ...	48
Lampiran 3.	Data pengukuran % inhibisi asap cair batang jambu biji	51
Lampiran 4.	Data Pengukuran larutan standar AAS.....	53
Lampiran 5.	Perhitungan konsentrasi logam dalam asap cair batang jambu biji.....	64
Lampiran 6.	Tabel nutrisi mineral esensial dan jumlahnya dalam tubuh hewan serta dan tabel batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan.....	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pengawetan adalah suatu teknik atau tindakan yang digunakan oleh manusia pada bahan pangan, sehingga bahan tersebut tidak mudah rusak, salah satu cara yang digunakan adalah dengan pengasapan¹. Pengawetan dengan asap merupakan salah satu metoda yang telah lama dilakukan secara turun-temurun, namun pelaksanaannya terkadang banyak menimbulkan dampak yang kurang memuaskan, misalnya bau yang kurang enak, terdepositnya tar pada bahan makanan yang di awetkan, serta polusi udara yang dapat mencemari udara sekitar. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu diupayakan proses pengasapan yang ramah lingkungan serta memberikan hasil yang memuaskan. Alternatif yang banyak dikembangkan sekarang ialah pengawetan menggunakan asap cair. Asap cair merupakan hasil kondensasi dari pirolisis kayu yang mengandung sejumlah besar senyawa, seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Hasil pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin diantaranya akan menghasilkan asam organik, fenol, dan karbonil yang berperan dalam pengawetan bahan makanan. Senyawa-senyawa tersebut berbeda proporsinya diantaranya tergantung pada jenis dan kadar air kayu serta suhu pirolisis yang digunakan².

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi asap cair adalah bahan-bahan organik yang bertekstur keras. Selain itu asap cair juga dapat dibuat dari bahan-bahan yang banyak mengandung karbon atau senyawa-senyawa lain dengan bahan baku yang biasa digunakan adalah kayu, bongkol kelapa sawit, ampas hasil penggergajian kayu dan lain sebagainya (Amritama, 2007)¹.

Sejauh ini pemanfaatan jambu biji (*Psidium guajava*) masih terbatas pada pemanfaatan buahnya yang banyak mengandung vitamin serta pemanfaatan daun dan akarnya sebagai obat tradisional. Sementara itu batangnya belum dimanfaatkan secara maksimal karena batang pohon ini hanya dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar atau dipakai sebagai bahan produksi hiasan tertentu. Hal ini sangat disayangkan karena potensi tekstur kayu yang keras pada batang jambu biji dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan produk yang bernilai

ekonomis, misalnya asap cair. Oleh karena itu pada penelitian ini dipelajari pemanfaatan batang jambu biji sebagai bahan dasar pembuatan asap cair. Asap cair yang telah dihasilkan pada penelitian ini dikarakterisasi dengan menggunakan GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*), serta dilakukan uji aktivitas antimikroba dan antioksidannya. Pada penelitian ini juga ditentukan kandungan logam yang terdapat dalam asap cair menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*). Penelitian ini sangat penting karena selain menghasilkan asap cair yang bermanfaat sebagai alternatif penanganan limbah, juga menjadikan jambu biji sebagai tanaman fungsional seperti halnya kelapa yang setiap bagian dari tanamannya dapat dimanfaatkan.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Apakah asap cair dari batang jambu biji (*Psidium guajava*) tersebut memiliki sifat antimikroba dan antioksidan?
2. Apa saja kandungan senyawa dan logam dalam asap cair batang jambu biji (*Psidium guajava*)?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Memanfaatkan limbah batang jambu biji (*Psidium guajava*) sebagai bahan dasar pembuatan asap cair.
- b. Mempelajari dan memproduksi asap cair dari batang jambu biji dengan metoda pirolisis sederhana dan mengkarakterisasi asap cair dengan menggunakan GC-MS.
- c. Mempelajari kemampuan asap cair batang jambu biji sebagai bahan antimikroba.
- d. Mempelajari kemampuan asap cair batang jambu biji sebagai bahan antioksidan.
- e. Mengetahui kandungan logam yang terdapat dalam asap cair dengan AAS

1.4 Manfaat

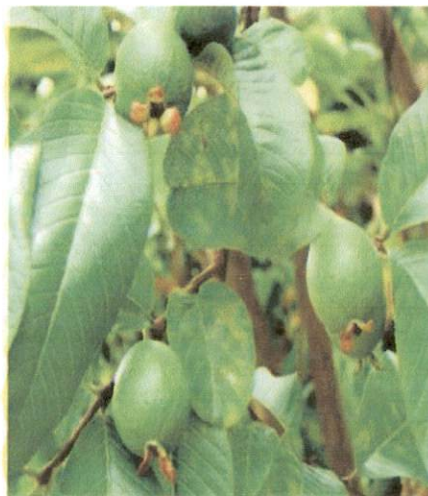
- a. Dari penelitian yang akan dilakukan diharapkan dapat memanfaatkan batang jambu biji sebagai bahan dasar pembuatan asap cair yang dapat digunakan sebagai bahan pengawet makanan dan lain sebagainya, sehingga dapat meningkatkan nilai tambah batang jambu biji dan sebagai alternatif penanganan limbah.
- b. Dapat mengetahui karakteristik dari asap cair yang dibuat dari batang jambu biji.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jambu biji (*Psidium guajava*)

Jambu biji (*Psidium guajava*) adalah salah satu tanaman buah jenis perdu yang berasal dari Brazilia Amerika Tengah yang kemudian menyebar ke Thailand dan ke negara asia lainnya seperti Indonesia³.

Jambu biji (*Psidium guajava*) merupakan tanaman yang fungsional. Hal ini terlihat dari banyaknya manfaat dari setiap bagian tumbuhannya. Buah jambu biji dapat dimanfaatkan baik sebagai makanan buah segar maupun olahan yang mempunyai gizi serta kandungan vitamin A dan vitamin C yang tinggi dengan kadar gula 8%. Jambu biji mempunyai rasa dan aroma yang khas disebabkan oleh senyawa eugenol³. Ekstrak daun jambu biji bisa digunakan untuk mengobati luka pada kulit, mencegah infeksi, dan memiliki aktivitas menghambat pertumbuhan bakteri karena mengandung beberapa senyawa asam⁴. Selain itu, kulit batang dan akar jambu biji mengandung zat tanin yang dapat dimanfaatkan sebagai obat anti diare. Bakteri patogen penyebab diare pada usus diserap oleh zat tanin dari jambu biji sehingga dapat menyembuhkan diare⁵. Biji dan ranting dari jambu biji juga mengandung senyawa-senyawa yang bersifat antioksidan dan mengandung beberapa mineral⁴.



Gambar 1. Tumbuhan jambu biji

2.2 Batang jambu biji

Sejauh ini pemanfaatan jambu biji (*Psidium guajava*) masih terbatas pada pemanfaatan buahnya yang banyak mengandung vitamin serta pemanfaatan daun dan akarnya sebagai obat tradisional. Sementara itu batangnya belum dimanfaatkan secara maksimal karena batang pohon ini hanya dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar, pembuatan berbagai alat dapur karena memiliki kayu yang kuat dan keras, serta dipakai sebagai bahan produksi hiasan tertentu. Padahal batang jambu biji ini memiliki kandungan antibakteri yaitu pada kulit luar batangnya yang sangat berfungsi bagi kesehatan manusia. Salah satunya yaitu dalam pembasmian bakteri patogen penyebab diare pada usus^{3,5}.



Gambar 2. Batang jambu biji

2.3 Pirolisis

2.3.1 Pengertian pirolisis

Pirolisis merupakan proses pemanasan atau destilasi kering suatu bahan sehingga menghasilkan asap yang bila dikondensasikan akan menghasilkan asap cair yang mempunyai sifat spesifik¹.

2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi pirolisis⁶

a. Jenis bahan

Kualitas dan kuantitas unsur kimia asap umumnya tergantung pada jenis bahan pengasap yang digunakan. Bahan baku yang umum digunakan adalah bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Menurut Zaitsev *et al.* (1969), umumnya kayu mengandung selulosa 40-60%, hemiselulosa 20-30%, lignin 20-30%. Menurut Tillman *et al.* (1981), secara umum kayu keras memiliki

holoselulosa (e.g. karbohidrat) dan lebih sedikit lignin daripada kayu lunak. Selama ini bahan kayu keras seperti kayu jati (Firmansyah, 2004), mangium, tusam (Nurhayati, 2000), dan sengon banyak digunakan sebagai bahan pembuatan asap cair. Kedua jenis kayu tersebut digunakan dalam bentuk blok kayu ataupun serbuk kayu yang dipres. Namun, harga kayu yang mahal dan ketersediaannya yang terbatas menyebabkan biaya produksi pembuatan asap cair menjadi tinggi. Adanya kendala-kendala penggunaan bahan pengasap dari kayu tersebut mendorong penggunaan bahan pengasap dari jenis lain, seperti tempurung dan sabut kelapa. Bahan ini masih memiliki komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang cukup besar.

b. Suhu pembakaran

Menurut Fretheim *et al.* (1980), efektifitas antioksidan dari fenol yang paling baik adalah dari hasil pembakaran pada temperatur 400 °C. Jumlah dan sifat fenol yang terdapat dalam asap berhubungan langsung dengan suhu pirolisis kayu (Hamm dan Potthast, 1976 dalam Girard, 1992). Kadar maksimum senyawa fenol tercapai pada suhu pirolisis 600 °C (Hamm dan Potthast, 1976 dalam Girard, 1992). Peningkatan suhu sebesar 150 °C dari 350 °C menjadi 500 °C secara nyata tidak merubah kondensat asam, tetapi terjadi sedikit peningkatan efek antioksidatif. Suhu optimum pembuatan asap adalah sekitar 400°C (Fratheim *et al.*, 1980).

Selama ini, penelitian-penelitian terdahulu telah dilakukan untuk menentukan proses terbaik dalam pembuatan asap cair. Misalnya Tranggono *et al.* (1996) yang menggunakan suhu pembakaran 350 - 400 °C. Firmansyah (2004) juga mencoba untuk menentukan kondisi proses pembakaran yang terbaik untuk memproduksi asap cair dengan cara menambahkan cangkang telur pada bahan pengasap berupa serbuk kayu jati dengan berbagai komposisi yang mampu meningkatkan suhu pembakaran. Namun asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kadar fenol yang kecil karena suhu pembakaran yang terbentuk tidak terlalu tinggi yaitu sekitar 210 °C. Dari penelitian terdahulu diatas, dapat diketahui bahwa kondisi proses berupa suhu pembakaran sangat mempengaruhi kualitas dan kuantitas dari asap cair yang dihasilkan.

2.3.3 Proses Pirolisa¹

1. Pirolisis selulosa.

Selulosa terdekomposisi pada temperatur 280°C dan berakhir pada 300-350°C Girard (1992), 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 (C₅H₈O₄) dan heksosan (C₆H₁₀O₅). 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

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 (Girard, 1992). Lignin mulai mengalami dekomposisi pada temperatur 300-350°C dan berakhir pada 400- 450°C.

2.4 Asap Cair

2.4.1 Pengertian Asap Cair

Asap cair merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran kayu tersebut. Asap cair hasil pirolisis ini tergantung pada bahan dasar dan suhu pirolisis (Darmaji dkk, 1998).

2.4.2 Senyawa-Senyawa Utama Dalam Asap Cair

Asap diperoleh melalui pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa dan lignin². Hasil pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin diantaranya akan menghasilkan asam organik, fenol, dan karbonil yang merupakan senyawa yang berperan dalam pengawetan bahan makanan⁷.

Senyawa-senyawa asam mempunyai peranan sebagai antibakteri dan membentuk citarasa produk asapan⁸. Kandungan asam yang mudah menguap dalam asap akan menurunkan pH, sehingga dapat memperlambat pertumbuhan mikroorganisme (Buckle *et al.*, 1985)⁹. Kandungan asam pada asap cair yang utama adalah asam asetat yang dihasilkan dari pirolisis selulosa. Lignin dalam pirolisis menghasilkan senyawa fenol dan eter fenolik seperti guaiakol (2-metoksifenol) dan homolognya serta turunannya yang berperan terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan. Senyawa karbonil (aldehid dan keton) mempunyai pengaruh utama pada warna walaupun pengaruhnya pada cita rasa kurang menonjol. Warna produk asapan terbentuk karena interaksi senyawa karbonil dengan gugus amino (Girald, 1992)⁸.

Selain itu juga terdapat senyawa berbahaya dalam asap cair yaitu senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH). Salah satu dari jenis ini adalah Benzo (a) pyrene yang dilaporkan sebagai senyawa PAH dengan efek karsinogenik paling berbahaya (Maga, 1988), sehingga dijadikan indikator adanya PAH dan digunakan sebagai indeks kuantitatif adanya senyawa karsinogenik dalam pangan¹⁰. Jadi perlu dilakukannya pemurnian lebih lanjut untuk menghilangkan PAH dalam asap cair agar dapat digunakan sebagai pengawet bahan makanan yang efektif serta alami.

2.4.3 Sifat Fungsional Asap Cair¹¹

Fungsi komponen asap cair utama adalah untuk memberi aroma dan warna yang diinginkan pada produk asapan dan berperan dalam pengawetan karena bertindak sebagai antibakteri dan antioksidan. Fenol merupakan senyawa yang paling bertanggung jawab pada pembentukan aroma khas yang diinginkan produk asapan terutama fenol dengan titik didih medium. Sedangkan pewarnaan pada produk asapan berasal dari interaksi antara konstituen karbonil asap dengan gugus

amino protein produk yang diasap. Warna produk berkisar dari kuning keemasan sampai coklat gelap. Pada pengasapan menggunakan asap cair warna produk asapan dapat dioptimalkan dengan mengubah komposisinya.

Asap cair memiliki potensi sebagai antibakteri. Kandungan asap cair yang berperan sebagai antibakteri adalah senyawa fenol dan asam. Kombinasi antara komponen fungsional fenol dan asam-asam organik yang bekerja secara sinergis mencegah dan mengontrol pertumbuhan mikrobia (Pszczola dalam Astuti, 2000)^{6,11}. Selain bersifat antibakteri, asap cair juga mengandung komponen anti oksidatif atau senyawa antioksidan berupa senyawa fenol yang bertindak sebagai donor hidrogen dan biasanya efektif dalam jumlah sangat kecil untuk menghambat reaksi oksidasi (Girald, 1992 dalam Info Ristek 2005). Toth L. And Potthats (1984) juga telah meneliti derivat senyawa fenol dalam asap yang juga bersifat anti oksidatif yaitu pirokatekol, hidroquinon, guaiakol, eugenol, isoeugenol, vanilin, salisilaldehid, asam 2 hidroksi benzoat, dan asam 4-hidroksi benzoat¹¹.

Menurut Pokorny (1971) mekanisme kerja antioksidan dalam menghambat proses ketengikan adalah sebagai berikut :



Pengaruh antioksidatif antioksidan:



Keterangan:

RH : asam lemak

R : radikal bebas asam lemak

ROO : radikal bebas peroksida

AH : Antioksidan

A : radikal bebas antioksidan

Reaksi (1) sampai (3) menunjukkan perubahan prinsip yang terjadi selama reaksi oksidasi. Radikal bebas yang terbentuk dari asam lemak tidak jenuh sebagai akibat pengaruh panas, cahaya dan logam berat (1). Radikal bebas bereaksi

dengan oksigen membentuk radikal peroksida (2). Radikal peroksida mengikat semua atom hidrogen dari molekul asam lemak membentuk radikal asam lemak yang baru dan hidropersida (3). Zat antioksidan bereaksi dengan radikal asam lemak dan radikal peroksida (4) dan (5). Dalam hal ini radikal bebas menjadi kurang aktif dan radikal antioksidan yang terbentuk tidak mampu melanjutkan rantai oksidasi lebih lanjut¹².

2.4.4 Aplikasi Asap Cair

Asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain:

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. Asap memiliki kemampuan untuk mengawetkan bahan makanan karena adanya senyawa asam, fenolat, dan karbonil¹. 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 dihasilkan¹³. Produksi permen rokok dengan asap cair rokok sebagai saus permen dan juga menggunakan asap cair tembakau dicampur dengan saus rokok sebagai saus permen. Permen bercita rasa rokok ini dapat digunakan sebagai pengganti rokok yang aman serta ramah lingkungan karena tidak menghasilkan asap yang mencemari orang lain (Kuntyahyawati, Darmadji 2005)¹⁰.

3. Industri kayu

Kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap daripada kayu yang tanpa diolesi asap cair (Darmadji, 1999)¹.

Selain penggunaan pada industri di atas, asap cair juga dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, antara lain :

- a. Sebagai bahan pembuatan perekat fenol
- b. Dikembangkan untk menjadi bahan bakar transportasi
- c. Sebagai *fuel enhancer* untuk memperpanjang masa bakar etanol¹⁰
- d. Aplikasi untuk penyamakan kulit

2.5 GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*)¹⁴

Gas chromatography (GC) dan mass spectrometry (MS) merupakan suatu penggabungan yang bagus. GC dapat memisahkan senyawa mudah menguap dengan senyawa yang tidak mudah menguap dengan resolusi yang baik, tapi tidak dapat mengidentifikasi mereka. MS dapat memberikan informasi struktur yang rinci pada sebagian besar senyawa yang dapat diidentifikasi dengan tepat, tapi tidak bisa membaca pemisahannya. Oleh sebab itu tidak diragukan lagi penggunaan teknik ini sangat disarankan untuk mempersingkat pengerjaan sejak dikembangkan pada pertengahan tahun 1950.

GC/MS digunakan secara umum untuk identifikasi dan analisa kuantitatif senyawa organik baik yang mudah menguap maupun yang tidak mudah menguap pada campuran kompleks, penentuan berat molekul dan komposisi elemen dari senyawa organik yang belum diketahui pada campuran kompleks, dan penentuan struktur pada senyawa organik yang belum diketahui dalam campuran kompleks.

Aplikasi GC/MS ini sangat luas diantaranya adalah sebagai analisa kuantitatif bahan pengotor yang terdapat dalam minuman dan limbah dengan menggunakan metoda U.S. Enviromental Protection Agency (EPA), analisa kuantitatif obat-obatan dan metabolismenya dalam darah dan urin pada aplikasi farmakologi dan forensik, mengidentifikasi senyawa organik yang belum diketahui di tempat limbah berbahaya, mengidentifikasi reaksi produk oleh kimia organik sintetis, dan untuk analisis produk industri untuk keperluan kualiti kontrol.

2.6 Spektrofotometri serapan atom¹⁵

AAS (Atomic Absorbtion Spectroscopy) atau SSA (spektroskopi serapan atom) adalah instrumen yang biasa digunakan untuk penentuan logam dan beberapa metaloid. Metaloid ini antara lain arsen, selenium, telurium, dan lain sebagainya.

Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan di antaranya oleh kecepatan analisisnya, ketelitiannya sampai tingkat runut, tidak memerlukan pemisahan pendahuluan. Kelebihan kedua adalah kemungkinannya untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runut. Ketiga, sebelum pengukuran tidak perlu memisahkan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan asalkan lampu katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan sampai enam puluh satu logam. Non-logam yang dapat dianalisis adalah fosfor dan boron. Logam alkali dan alkali tanah paling baik ditentukan dengan metoda emisi secara fotometri nyala. Unsur-unsur dalam air juga dapat dianalisis dengan AAS. Demikian juga analisis isotop litium.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analisis Lingkungan Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang. Penelitian dilakukan dari bulan Februari sampai Mei 2011.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu peralatan pembuat asap cair (wadah *stainless steel*, kompor LPG, kondensor, erlenmeyer, pompa air, selang air, standar, klem, termometer), spektrofotometer UV-Vis, GC-MS QP 2010 S SHIMADZHU dengan kondisi operasional : temperatur injeksi 300 °C, temperatur detektor 300°C, temperatur kolom terprogram 70-280°C, kenaikan suhu 10°C/menit, detektor FID, gas pembawa helium, tekanan 16,0 Kpa, jenis kolom Rtx_5MS (30m x 0,25mm ID), RAY LEIGH AA Spektrofotometer WFX 320, pH meter, otoklaf, neraca analitik, *stopwatch*, dan alat-alat gelas lainnya.

3.2.2 Bahan

Bahan bakar LPG, akuades, DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), asam askorbat, etanol 70% dan 96%, kertas saring Whatman 42, aluminium foil, media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan NA (*Nutrient Agar*), formalin (40% formaldehid), asam benzoat, biakan bakteri *Salmonella sp*, biakan jamur *Rhizopus sp*, HNO₃ 65%, H₂O₂, dan spritus.

3.3 Prosedur Kerja

3.3.1 Pengambilan dan persiapan sampel

Batang jambu biji diambil di Kec. Sungai Geringging Kabupaten Padang Pariaman. Batang jambu biji kemudian dibersihkan dari kotoran, dipotong-potong

atau dicacah sehingga berukuran lebih kecil, dikeringkan dengan bantuan sinar matahari, dan disiapkan untuk memproduksi asap cair.

3.3.2 Persiapan alat dan Pembuatan Larutan

3.3.2.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan terlebih dahulu dicuci bersih dan dikeringkan. Erlenmeyer, gelas ukur, vial, ditutup dengan aluminium foil, kemudian dibungkus dengan kertas. Cawan petri dan alat-alat lain yang akan digunakan dibungkus juga dengan kertas. Kemudian semua alat-alat ini disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121° C, tekanan 1 atm selama 15 menit. Pinset dan jarum ose disterilkan dengan cara dibakar dalam nyala lampu spiritus. Lemari aseptis dibersihkan dari debu, lalu disemprot dengan etanol 70 %, dibiarkan selama 15 menit.

3.3.2.2 Pembuatan Media

Sebanyak 2 gram serbuk NA dan 3,9 gram PDA dilarutkan masing-masing dalam 100 mL akuades, dipanaskan di atas *hotplate* sambil diaduk menggunakan magnetik stirer sampai mendidih. Kemudian disterilkan dalam otoklaf pada suhu 121° C, tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.3.2.3 Pembuatan Larutan Sampel

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

3.3.2.4 Pembuatan Larutan Asam Askorbat

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)%.

3.3.2.5 Pembuatan Pereaksi DPPH

DPPH ditimbang sebanyak 0,0049 g kemudian dilarutkan dalam 250 ml metanol dalam labu ukur sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 50 μ M.

3.3.2.6 Pembuatan Larutan Standar Logam

Larutan induk logam (Ca, K, Fe, Mn, Zn, Cr, Cd, Cu) 1000 ppm, diencerkan menjadi 100 ppm (mg/L). Kemudian larutan logam tersebut masing-masing diencerkan (2,5, 5, 10, 15, 20) mg/L pada labu ukur 100 mL untuk logam K dan Fe, sedangkan larutan logam Ca, Mn, Zn, Cr, Cd, dan Cu diencerkan menjadi (1, 2, 3, 4, 5) mg/L pada labu ukur 100 mL.

3.3.3 Pembuatan Asap Cair



Gambar 3. Alat pembuat asap cair batang jambu biji

Keterangan alat :

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

Sampel batang jambu biji sebanyak 1000 mg yang telah dikeringkan dengan sinar matahari dan diperkecil ukurannya dimasukkan ke wadah *stainless steel*, kemudian ditutup untuk dilakukan pirolisis pada $T \pm 200^{\circ}$ C. Rangkaian alat kondensasi dipasang dan kondensor dialiri dengan air dingin. Asap akan keluar

dalam bentuk tetesan dan tetesan tersebut yang disebut dengan asap cair. Kondensasi diakhiri sampai tidak ada asap cair yang menetes dalam tabung penampung. Cairan ini kemudian disimpan selama satu minggu agar tar dan senyawa tidak larut lainnya mengendap, kemudian disaring. Filtrat digunakan untuk proses selanjutnya.

3.3.4 Pengamatan dan Pengukuran pH

Pengamatan warna dan bau asap cair dilakukan mulai dari tetesan awal asap cair sampai sesudah dilakukan dekantasi. Pengukuran pH dilakukan pada asap cair yang sudah disaring dengan menggunakan pH meter.

3.3.5 Analisis Asap Cair dengan GC-MS

Asap cair hasil saringan dikarakterisasi di Balai Laboratorium Kesehatan, Padang menggunakan GC-MS QP 2010S SHIMADZHU dengan kondisi operasional : temperatur injeksi 300 °C, temperatur detektor 300°C, temperatur kolom terprogram 70-280°C, kenaikan suhu 10°C/menit, detektor FID, gas pembawa helium, tekanan 16,0 Kpa, jenis kolom Rtx_5MS (30m x 0,25mm ID).

3.3.6 Uji Aktifitas Antibakteri dan Antijamur Asap Cair¹⁶

Aktivitas antibakteri asap cair diuji dengan menggunakan metoda daya hambat.

3.3.6.1 Peremajaan Biakan

Stok kultur murni ditanam dengan cara menggoreskan 1-2 ose biakan diatas permukaan agar pada cawan petri, lalu diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 37° C.

3.3.6.2 Penentuan Aktifitas Antibakteri dan Antijamur

Medium (NA dan PDA) yang sudah disterilkan dengan otoklaf dituangkan dalam cawan petri steril dan dibiarkan beku. Setelah medium dingin, diolesi biakan *Salmonella sp* pada medium NA dan *Rhizophus sp* pada medium PDA secara rata. Kemudian diletakkan kertas cakram yang sudah direndam dengan asap cair (1, 2, 3, 4, 5) %. Diinkubasi selama 24 jam dan diukur diameter zona bening yang

terbentuk. Sebagai kontrol negatif digunakan kertas cakram yang direndam dengan akuades. Sedangkan pembanding digunakan asam benzoat (1, 2, 3, 4, 5)% dan formalin (1, 2, 3, 4, 5) %.

3.3.7 Uji Aktivitas Antioksidan Asap Cair¹⁷

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan dengan metoda pengikatan radikal DPPH (1,1- difenil-2 pikrilhidrazil). Metoda ini dikembangkan dari metoda Blois yang pertama kali diperkenalkan oleh Marsden Blois pada tahun 1958.

3.3.7.1 Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum DPPH

Sebanyak 7,6 ml larutan DPPH 50 µM dipipet kemudian ditambahkan 0,4 ml etanol. Larutan tersebut dibiarkan 30 menit di tempat yang gelap. Serapan larutan diukur dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm.

3.3.7.2 Pemeriksaan aktivitas antioksidan

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 λ 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 :

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorban DPPH} - \text{Absorban}(\text{DPPH} + \text{asapcair})}{\text{Absorban DPPH}} \times 100\%$$

3.3.8 Analisa Kandungan Logam Dalam Asap Cair dengan AAS

Asap cair batang jambu biji hasil saringan diuji kandungan logamnya dengan menggunakan alat AAS (RAYLEIGH WFX-320 A A *Spectrophotometer*) di Laboratorium Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.

3.3.8.1 Destruksi Sampel Asap Cair

Sebanyak 50 mL sampel asap cair, dimasukkan dalam beker gelas 100 mL. Ditambahkan 5 mL HNO₃, lalu dipanaskan sampai larutan berkurang menjadi 30 mL. Ditambahkan kembali 5 mL HNO₃ dan dipanaskan sampai larutan berkurang menjadi 20 mL. Kemudian dipanaskan selama ± 2 jam. Ditambahkan 5 mL H₂O₂ sambil terus dipanaskan sampai 15 menit, 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 di analisa dengan menggunakan AAS.

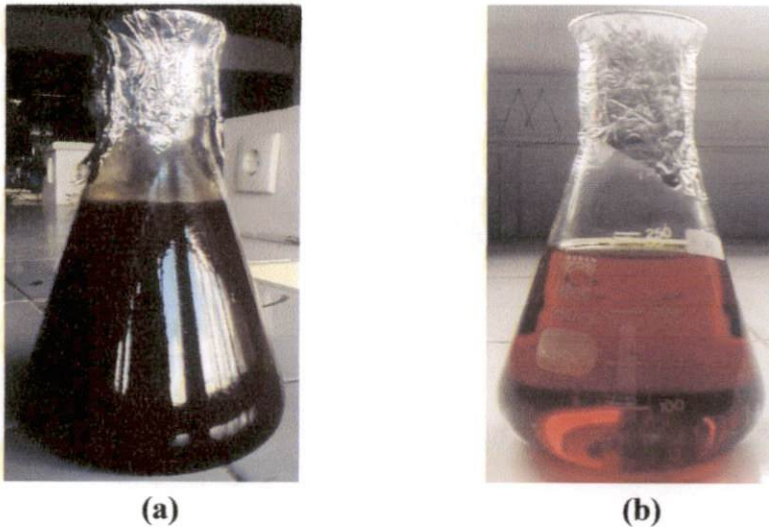
3.3.8.2 Pengukuran Kadar Logam dalam Asap Cair dengan AAS

Alat AAS dioperasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat, diisapkan larutan standar satu persatu ke dalam alat AAS melalui pipa kapiler, kemudian dibaca dan dicatat absorbannya masing-masing, hal yang sama dilakukan pada sampel asap cair batang jambu biji. Hasil dialurkan dalam kurva, konsentrasi logam yang terkandung dalam asap cair dihitung berdasarkan persamaan garis regresi.

BAB IV HASIL DAN DISKUSI

4.1 Hasil Pengamatan Warna dan Bau Asap Cair Batang Jambu Biji

Asap cair sebanyak ± 250 mL yang diperoleh dari 1000 gram batang jambu biji, memiliki warna coklat tua yang bercampur dengan cairan hitam kental serta berbau asap sangat keras. Setelah didekantasi selama 1 minggu terlihat pemisahan antara cairan coklat bening pada bagian atas dan hitam pekat pada bagian bawah dengan ada sedikit yang mengapung pada permukaan. Untuk mendapatkan cairan asap cair yang diinginkan, dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman 42. Asap cair batang jambu biji sebelum dan sesudah disaring dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Asap cair batang jambu biji sebelum disaring (a) dan asap cair batang jambu biji setelah disaring (b)

4.2 Pengukuran pH Asap Cair

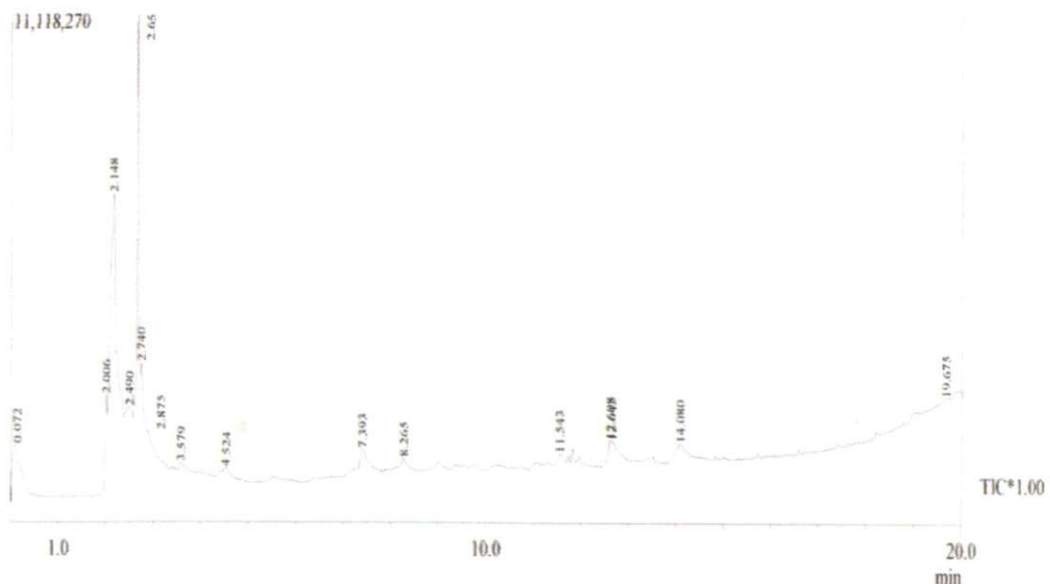
Asap cair dari hasil penyaringan ditentukan pHnya dengan menggunakan pH meter. Didapatkan pH sebesar 3,58 untuk asap cair batang jambu biji, yang menandakan bahwa asap cair tersebut bersifat asam. Sifat asam ini berasal dari senyawa-senyawa golongan asam yang terkandung dalam asap cair tersebut, diantaranya asam asetat yang merupakan hasil pirolisa selulosa. Kandungan asam

dalam asap cair batang jambu biji yang paling utama adalah asam asetat yaitu sekitar 17,21 %.

pH dari asap cair batang jambu biji ini tergolong agak besar jika dibandingkan dengan asap cair yang sudah biasa digunakan untuk pengawetan yaitu asap cair tempurung kelapa dengan pH 2,997. Nilai pH yang rendah secara keseluruhan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asap ataupun sifat organoleptiknya, karena pada pH yang rendah mikroba atau bakteri sebagai pengganggu dalam proses pengawetan cenderung tidak dapat hidup dan berkembangbiak dengan baik⁹.

4.3 Hasil Karakterisasi Asap Cair Batang Jambu Biji

Dari hasil Karakterisasi asap cair dari batang jambu biji di Balai Laboratorium Kesehatan, Padang pada bulan april 2011, dengan menggunakan GC-MS didapatkan hasil kromatogram perkiraan senyawa sebagai berikut,



Gambar 5 . Kromatogram GC-MS asap cair batang jambu biji

Dari kromatogram diatas dapat dilihat terdapat 16 puncak senyawa yang paling berperan terhadap pembentukan karakteristik asap cair. Untuk menentukan struktur dan nama senyawa dari masing-masing puncak pada kromatogram diatas, digunakan data hasil pengukuran MS yang terdapat pada Lampiran 1.

Tabel 1. Hasil perkiraan senyawa dalam asap cair batang jambu biji dengan menggunakan GC-MS

No	Nama Senyawa	Waktu Retensi (tR)/min	% Area
1	1,3,5-Triazine-2,4diamine, 6-chloro-N-ethyl	0,072	6,99
2	Methyl carbamate	2,006	2,83
3	2-propoxyethanol	2,148	33,48
4	2-Cyclopenten-1-one, 5-hydroxy-2,3-dimethyl	2,490	9,06
5	Acetic acid	2,652	17,21
6	Hydroxyacetone	2,740	6,59
7	1,2-Epoxy-3-propyl acetate	2,875	8,20
8	Butyrolactone	3,579	1,16
9	Guaiacol	4,524	0,88
10	Syringol	7,393	3,35
11	4-Methoxy-3(methoxymethyl)phenol	8,265	1,37
12	2,4-Hexadienedioic acid, 3,4-diethyl	11,543	1,34
13	Palmatic acid	12,608	1,28
14	Steryl bromide	12,642	2,18
15	Oleic acid	14,080	2,51
16	Cholesterinstearat	19,675	1,58

Seperti yang kita ketahui, komponen utama penyusun asap cair adalah asam, fenol, dan karbonil¹⁰. Dari hasil identifikasi perkiraan senyawa dalam asap cair batang jambu biji terlihat bahwa kandungan golongan asam terbesar adalah asam asetat dengan waktu retensi 2,652 dan % area 17,21 %. Asam asetat ini tergolong senyawa asam yang mempengaruhi pH asap cair, rasa, dan umur simpanan produk asapan serta mempunyai peranan yang sangat penting yaitu sebagai antimikroba⁶. Berdasarkan kromatogram, terdapat senyawa asam lainnya

yang berpengaruh terhadap kualitas asap cair batang jambu biji ini yaitu asam palmitat 1,28%, asam oleat 2,51 %, dan cholesterinstearat 1,58 %. Senyawa-senyawa asam ini merupakan hasil dari pirolisis selulosa.

Senyawa golongan karbonil dengan persentase cukup tinggi dan berperan dalam pewarnaan dan cita rasa produk asapan antara lain 2-Cyclopenten-1-one, 5-hydroxy-2,3-dimethyl (9,06 %), hydroxyacetone (6,59 %), dan butyrolactone (1,16 %).

Senyawa berikutnya yang ada dalam asap cair batang jambu biji ini adalah senyawa golongan fenol. Senyawa ini berperan dalam pemberi aroma dan antioksidan. Senyawa tersebut antara lain syringol (3,35 %), 4-Methoxy-3-(methoxymethyl)phenol (1,37 %), dan guaiakol (0,88 %). Senyawa-senyawa tersebut merupakan hasil dari pirolisis lignin.

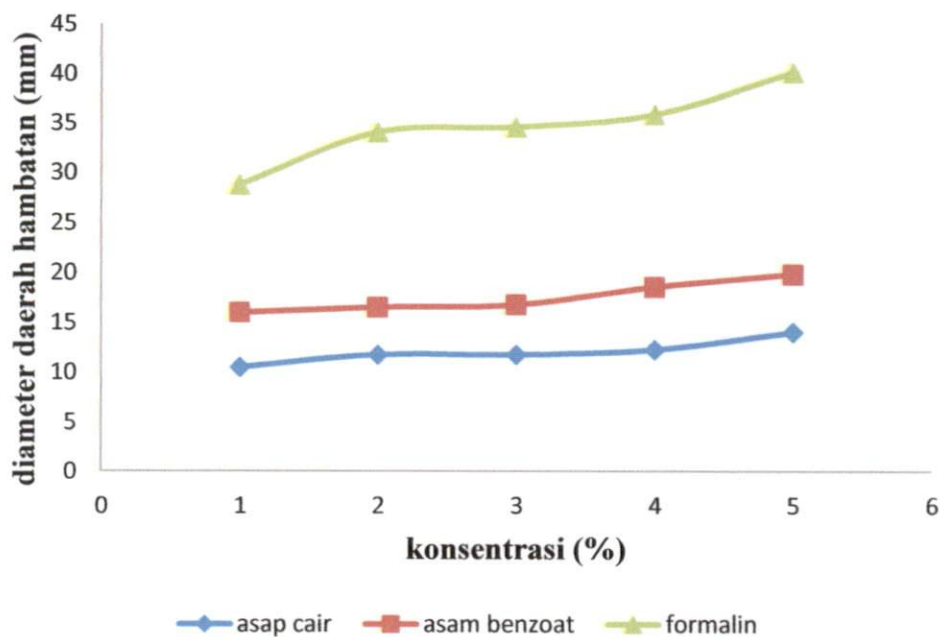
Selain senyawa-senyawa golongan asam, karbonil, dan fenol diatas, juga terdapat senyawa lain dengan persentase yang cukup tinggi yaitu 2-propoxyethanol (33,48 %), 1,3,5-Triazine-2,4diamine, 6-chloro-N-ethyl (6,99 %), methyl carbamate (2,83 %), dan lain sebagainya.

4.4 Uji Aktifitas Antibakteri dan Antijamur Asap Cair

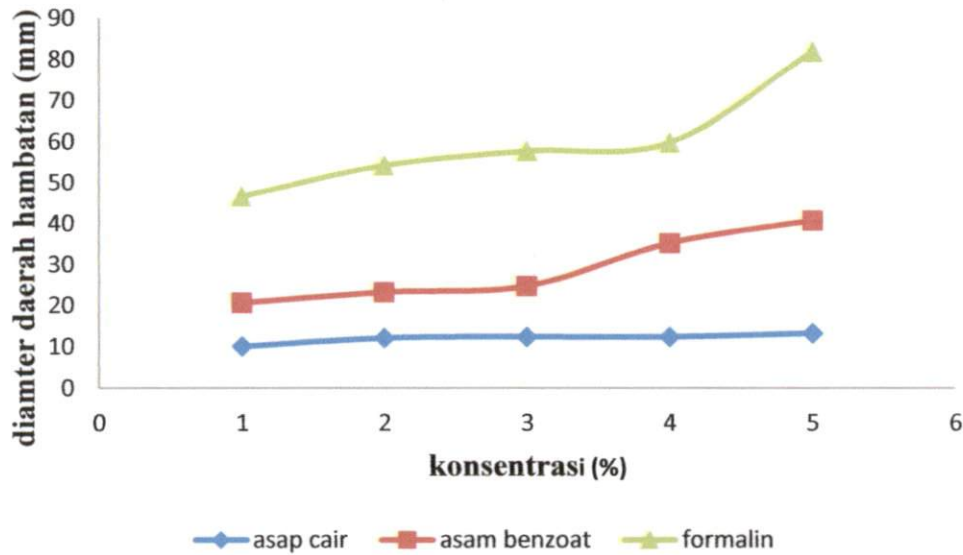
Pada uji aktivitas antibakteri dan antijamur menggunakan bakteri *Salmonella sp* dan jamur *Rhizopus sp*, digunakan akuades sebagai kontrol negatif serta asam benzoat dan formalin sebagai pembanding. Larutan uji yang digunakan merupakan asap cair batang jambu biji dengan konsentrasi (1, 2, 3, 4, 5) % .

Pada tabel data diameter daerah hambatan (Lampiran 2) menunjukkan bahwa kontrol negatif berupa akuades tidak memberikan daerah hambatan terhadap bakteri dan jamur. Asap cair pada konsentrasi 1 % sudah dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur, walaupun dengan diameter daerah hambatan yang kecil yaitu 10,50 mm untuk *salmonella sp* dan 10,00 mm untuk *Rhizopus sp* atau lebih kecil dari pada kontrol positif atau pembanding berupa asam benzoat yang pada konsentrasi 1 % sudah dapat menghambat bakteri dan jamur dengan diameter daerah hambatan masing-masing yaitu 16,00 dan 20,50 mm. Begitu juga dengan konsentrasi asap cair berikutnya (2, 3, 4, 5)%, memiliki diameter daerah hambatan yang jauh berbeda dengan asam benzoat yang

merupakan salah satu contoh pengawet makanan yang biasa digunakan. Jadi dapat dikatakan bahwa daya hambat asap cair batang jambu biji terhadap *Salmonella sp* dan *Rhizopus sp* lebih rendah dibandingkan dengan asam benzoat (Gambar 6 dan 7). Daya hambat dari asap cair batang jambu biji ini diperkirakan karena adanya senyawa-senyawa asam pada asap cair yang bersifat antimikroba apalagi sifat antimikroba tersebut akan semakin meningkat apabila juga terdapat senyawa fenol di dalamnya. Apabila dibandingkan dengan penelitian dengan bahan dasar lainnya seperti asap cair dari cangkang kelapa sawit dan tandan salak. Asap cair cangkang kelapa sawit memiliki daya hambatan terhadap bakteri dan jamur yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan asap cair batang jambu biji dan tandan salak (Tabel 2 dan Tabel 3). Dari ketiga asap cair tersebut tandan salak memiliki aktifitas antimikroba terendah. Hal ini disebabkan karena asap cair yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh bahan dasar yang digunakan sehingga mempengaruhi kandungan senyawa yang nantinya akan berperan dalam penghambatan bakteri dan jamur. Secara umum kayu atau bahan dasar yang keras memiliki kandungan utama berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berperan aktif dalam proses penghambatan pertumbuhan mikroba.



Gambar 6. Daya hambat 3 larutan uji terhadap bakteri *Salmonella sp*



Gambar 7. Daya hambat 3 larutan uji terhadap jamur *Rhizopus sp*

Tabel 2. Perbandingan daya hambat asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak terhadap bakteri *Salmonella sp*

Asap cair (%)	Daya hambat (mm)		
	Batang Jambu Biji	Cangkang Kelapa Sawit*	Tandan Salak**
1	10,50	11,25	9,50
2	11,75	12,75	9,75
3	11,75	13,50	9,75
4	12,25	16,50	10,00
5	14,00	17,25	10,25

Tabel 3. Perbandingan daya hambat asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak terhadap jamur *Rhizopus sp*

Asap Cair (%)	Daya hambat (mm)		
	Batang Jambu Biji	Cangkang Kelapa Sawit*	Tandan Salak**
1	10,00	10,75	10,25
2	12,00	11,75	10,50
3	12,25	12,25	10,75
4	12,25	12,75	10,75
5	13,12	13,50	12,00

Ket : * penelitian Irma Yanti S (07132045)

** penelitian Annisa Hilda N (07132015)

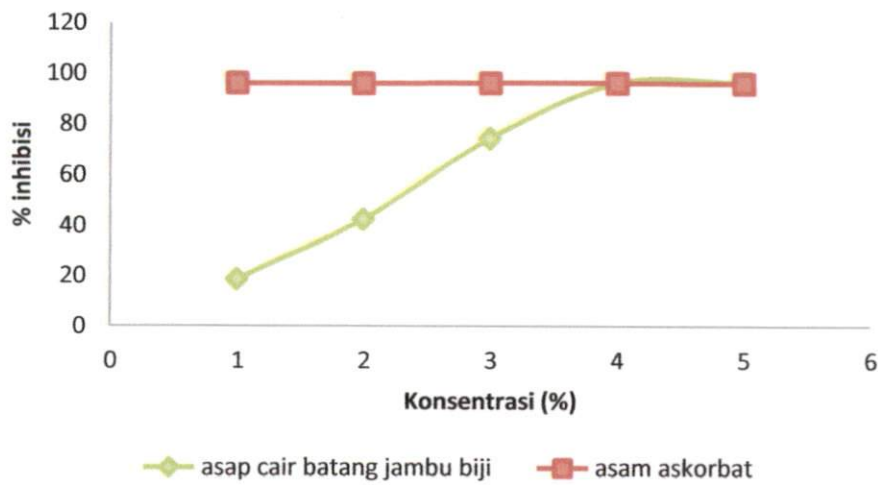
Jika dilihat dari Gambar 6 dan 7 daya hambat formalin jauh lebih besar jika dibandingkan dengan asap cair batang jambu biji dan asam benzoat, yang mengindikasikan bahwa formalin sangat aktif menghambat pertumbuhan *Salmonella sp* dan *Rhizopus sp* dimana pada konsentrasi 1 % saja sudah memberikan diameter daerah hambatan yang cukup besar yaitu 28,75 mm untuk bakteri dan 46,50 mm untuk jamur. Formalin merupakan pengawet yang sangat bagus namun tidak boleh digunakan sebagai pengawet makanan karena berbahaya bagi tubuh, sedangkan asap cair tidak berbahaya bagi kesehatan karena senyawa yang bersifat karsinogen berupa tar sudah tidak ada lagi, walaupun daya hambatnya terhadap bakteri dan jamur tidak setinggi formalin.

4.5 Uji Aktifvitas Antioksidan Asap Cair

Asap cair dengan bahan dasar batang jambu biji memiliki kemampuan sebagai antioksidan, diduga senyawa yang berperan sebagai antioksidan ini adalah senyawa turunan fenol. Fenol dapat memberikan efek antioksidan pada bahan makanan yang akan diawetkan. Untuk itu dilakukan uji aktivitas antioksidan dengan metoda pengikatan radikal DPPH (1,1- difenil-2 pikrilhidrazil).

Aktifitas antioksidan dari asap cair ini dinyatakan dalam % inhibisi. Pada Gambar 6 terlihat bahwa % inhibisi asap cair batang jambu biji pada konsentrasi 4 % sudah hampir setara dengan larutan antioksidan yang sudah teruji yaitu asam askorbat. Bahkan pada konsentrasi 5 % sudah hampir melampaui asam askorbat yang menandakan asap cair batang jambu biji memiliki aktivitas antioksidan yang bagus. Hal ini juga ditunjukkan pada perbandingan aktifitas antioksidan dari asap cair cangkang kelapa sawit dan tandan salak (Tabel 4). Asap cair batang jambu biji memiliki aktifitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan keduanya, ini diperkirakan karena adanya senyawa turunan fenol yang bersama-sama dengan senyawa lainnya seperti asam dan karbonil sehingga memberikan sifat antioksidan yang baik yang nantinya bisa diaplikasikan untuk dapat mencegah oksidasi lemak pada makanan. Pada Gambar 8 terlihat peningkatan % inhibisi dari variasi konsentrasi asap cair, yang menandakan semakin tinggi konsentrasi maka % inhibisi akan semakin tinggi pula dan memiliki aktivitas antioksidan yang baik, terlihat pada konsentrasi 5% , % inhibisi asap cair batang jambu biji mencapai

96,42 %. Sedangkan asam askorbat cenderung memiliki aktifitas antioksidan yang tinggi dari awal variasi konsentrasi. Ini dikarenakan asam askorbat kuat dalam menangkap radikal bebas baik dengan atau tanpa katalisator enzim sehingga mencegah terjadinya proses oksidasi dan melindungi makromolekul penting dari oksidatif. Ini diperjelas dalam tabel perbandingan data absorbansi serta % inhibisi asap cair batang jambu biji dan asam askorbat. (Lampiran 3).



Gambar 8. Aktivitas antioksidan penangkapan radikal DPPH

Tabel 4. Perbandingan % inhibisi asap cair batang jambu biji, cangkang kelapa sawit, dan tandan salak

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

Ket : * penelitian Irma Yanti S (07132045)

** penelitian Annisa Hilda N (07132015)

4.6 Analisa Kandungan Logam Dalam Asap Cair dengan AAS

Tabel 5. Konsentrasi logam dalam asap cair batang jambu biji

Logam	Konsentrasi (ppm)
Co	0,097
Cd	0,200
Fe	2,091
Cu	1,143
Mg	0,365
K	3,706
Na	2,786
Mn	0,905
Zn	0,682
Pb	0,211
Al	-
Ni	-
Sn	-
Ag	-
Ca	0,917
Cr	1,818

Dari data diatas (Tabel 5) terlihat bahwa asap cair batang jambu biji mengandung mineral-mineral dengan konsentrasi yang cukup besar yaitu K dengan konsentrasi tertinggi (3,706 ppm), Na (2,786 ppm), dan Ca (0,917 ppm). Mineral-mineral tersebut merupakan mineral yang dibutuhkan oleh tubuh.

Selain itu juga terdapat beberapa logam yang dibutuhkan sedikit dalam tubuh dengan konsentrasi yang cukup tinggi antara lain Fe (2,091 ppm), Cu (1,143 ppm), Mn (0,905 ppm), Zn (0,682 ppm). Sedangkan logam Pb yang merupakan salah satu contoh logam yang berbahaya, hanya terdapat 0,211 ppm dalam asap cair ini sehingga tidak terlalu mengkhawatirkan karena tidak melewati batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan khususnya pada daging dan produk olahannya. Selain itu, semua konsentrasi logam yang terdapat dalam asap cair batang jambu biji ini masih sesuai jika dibandingkan dengan nilai ambang batas maksimum logam dalam makanan yang akan dikonsumsi (Lampiran 6). Lain halnya dengan logam-logam seperti alumunium, nikel, timah, dan perak yang tidak terdapat dalam asap cair batang jambu biji. Hal ini terlihat dari konsentrasi logam-logam tersebut yang bernilai negatif.

Logam-logam yang terdapat dalam asap cair batang jambu biji ini kemungkinan berasal dari kandungan batang jambu biji itu sendiri dan berasal dari proses pirolisis yang dilakukan, karena pirolisis dilakukan dengan menggunakan wadah *Stainless steel* yang mengandung beberapa logam yang meluruh pada suhu tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Asap cair batang jambu biji (*Psidium guajava*) mengandung senyawa golongan asam, karbonil, dan fenol, disamping juga mengandung senyawa-senyawa lain.
2. Asap cair batang jambu biji memiliki aktifitas antibakteri dan antijamur yang sudah mulai terlihat pada konsentrasi 1%, walaupun lebih kecil dari pada larutan pembanding berupa asam benzoat dan formalin.
3. Asap cair batang jambu biji memiliki aktifitas antioksidan yang semakin meningkat dengan adanya variasi konsentrasi dan hampir setara dengan larutan pembanding berupa asam askorbat.
4. Asap cair batang jambu biji mengandung mineral-mineral dengan konsentrasi yang cukup besar yaitu K, Ca, dan Na. Sedangkan logam-logam berbahaya seperti Pb dan Cr memiliki konsentrasi yang tidak melampaui ambang batas logam dalam makanan.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, disarankan:

1. Melakukan pemurnian terhadap asap cair sebelum digunakan untuk menghilangkan kemungkinan efek berbahaya asap cair.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut tentang analisis senyawa yang lebih kuantitatif

DAFTAR PUSTAKA

1. E. Hemawati. *Pengaruh Penambahan Asap Cair Tempurung Kelapa Destilasi dan Redistilasi Terhadap Sifat Kimia, Mikrobiologi, dan Sensoris Ikan Pindang Layang (Decapterus spp) Selama Penyimpanan*. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian. Universitas Sebelas Maret (2010).
2. P. Darmadji. *Aktivitas Antibakteri Asap Cair yang Diproduksi dari Berbagai macam Limbah Pertanian*. Laporan Penelitian Mandiri. DPP-UGM. Yogyakarta.(1994).
3. Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. *Tentang Budidaya Pertanian*. Jakarta.
4. D. E. Okwu, O. Ekeke. Phytochemical screening and mineral composition of chewing sticks in South Eastern Nigeria. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*. 2003, 9, 2, p.235-238.
5. S. Kartohardjono, M. A. Lukman dan G. P. Manik. *Pemanfaatan Kulit Batang Jambu Biji (Psidium Guajava) untuk Adsorpsi CR(VI) Dari Larutan*. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
6. C. Luditama. *Isolasi dan Pemurnian Asap Cair Berbahan Dasar Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa Secara Pirolisis dan Distilasi*. Skripsi Sarjana Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor (2006).
7. P. Darmadji. *Produksi Asap Cair dan Sifat-sifat Antimikrobia, Antioksidan serta Sensorisnya*. Laporan Penelitian Mandiri. DPP-UGM: Yogyakarta. (1996)
8. N. Dolaria. Teknik Analisis Fenol dan Angka Asam dari Asap Cair Tempurung Kelapa untuk Pengasapan Ikan. *Bul. Tek. Lit. Akuakultur Vol 7 No.2*. 2008.pp, 161-165.
9. Sutin. *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung dan Sabut Kelapa secara Pirolisis serta Fraksinasinya dengan Ekstraksi*. Skripsi sarjana teknologi petanian. IPB (2008).
10. Prof. Dr. Ir. E. Purnama Darmaji, M.sc. *Teknologi Asap Cair dan Aplikasinya Pada Pangan dan Hasil Pertanian*, pada Rapat Terbuka Majelis Guru Besar Universitas Gajah Mada, Yogyakarta 28 April, 2009.
11. Hirwati. *Stabilitas Panas Polipropilena dengan Antioksidan Butil Hidroksil Tohuena dan Residu Asap Cair Hasil Pirolisis Cangkang Sawit*. Tesis magister sains. USU (2007).

12. E. P. Astuti. *Pengaruh penambahan Berbagai Tingkat Vitamin C Sebagai Antioksidan dan Lama simpan Terhadap Ketengikan Bungkil Kacang Tanah*. Skripsi Sarjana perternakan. Universitas Brawijaya Malang (2008).
13. M. Sholichin, A. Anwar. Penggunaan Asap Cair Dalam Pengolahan Karet Blok Skim. *Jurnal penelitian Karet*, 26 (1) : 84-97 (2008).
14. R. A. Hites. *Gas Chromatography Mass Spectrometry*. Handbook of Instrumental Techniques for Analytical Chemistry, chapter 31, hal.609-611.
15. R. A. Day, Jr , A.L. Underwood. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Aloysius Hadyana Pudjaatmaka Ph.D. Jakarta 1989. Hal, 421-423.
16. A. T. Panagan dan N. Syarif. Uji Daya Hambat Asap Cair Hasil Pirolisis Kayu Pelawan (*Tristania Abavata*) Terhadap Bakteri *Echerichia Coli*. *Jurnal Penelitian Sains*, Edisi Khusus Desember 2009 (C) 09:12-06.
17. Molyneux, P. The use the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *J. Sci. Technol*, 26, 2, 211 – 219 (2004).
18. Z. Arifin, *Beberapa Unsur Mineral Esensial Mikro Dalam Sistem Biologi Dan Metode Analisisnya*, Balai Besar Penelitian Veteriner, Bogor.
19. SNI. 2009. *Standar Nasional Indonesia ICS 67.220.20 Batas Maksimum Cemaran Logam Berat Dalam Pangan*.
20. N. W. Bogoriani. *Penetapan Kadar Pencemaran Logam Pb dan Cr pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Muara Sungai Badung*. Ecotropic, Volume 2 No. 1 Mei 2007.

Lampiran 1 Perkiraan senyawa asap cair batang jambu biji

6/28/2011 12:22:46

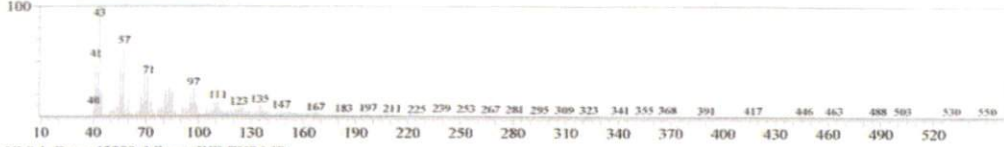
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:0.075(Scan#:10) MassPeaks:464

RawMode:Averaged 0.067-0.083(9-11) BasePeak:43.05(102444)

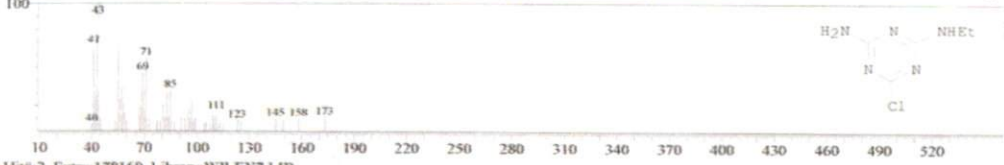
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



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

SI:87 Formula:C5 H8 Cl N5 CAS:1007-28-9 MolWeight:173 RetIndex:0

CompName:1,3,5-Triazine-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:85 Formula:C18 H36 O CAS:143-28-2 MolWeight:268 RetIndex:0

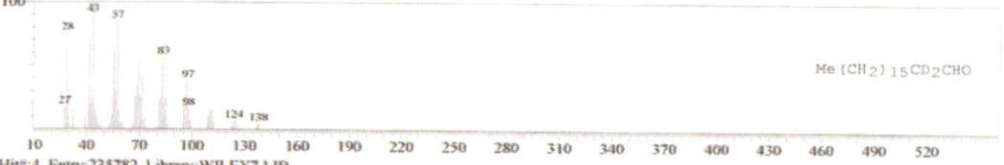
CompName:9-Octadecen-1-ol, (Z)- (CAS) cis-9-Octadecen-1-ol SS Oleol SS Satol SS Ocenol SS Sipol O SS Adol 85 SS Atalco O SS Adol 320 SS Loxanol



Hit#:3 Entry:177867 Library:WILEY7.LIB

SI:85 Formula:C18 H34 D2 O CAS:56555-07-8 MolWeight:268 RetIndex:0

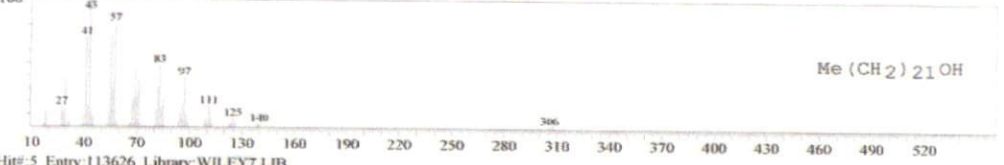
CompName:2,2-DIDEUTERO OCTADECANAL SS



Hit#:4 Entry:235782 Library:WILEY7.LIB

SI:85 Formula:C22 H46 O CAS:661-19-8 MolWeight:326 RetIndex:0

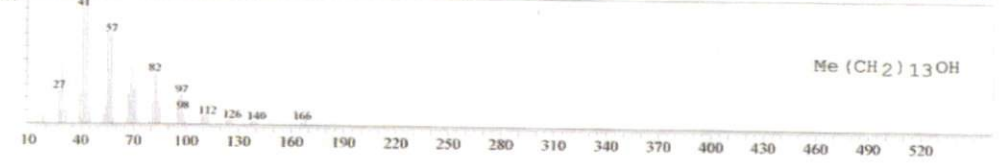
CompName:1-Docosanol (CAS) Behenic alcohol SS Behenyl alcohol SS Docosyl alcohol SS Docosanol-(1) SS



Hit#:5 Entry:113626 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C14 H30 O CAS:112-72-1 MolWeight:214 RetIndex:0

CompName:1-Tetradecanol (CAS) Alfol 14 SS Tetradecanol SS Loxanol V SS Lanette K SS Lanette Wax KS SS n-Tetradecanol SS Myristic alcohol SS M-



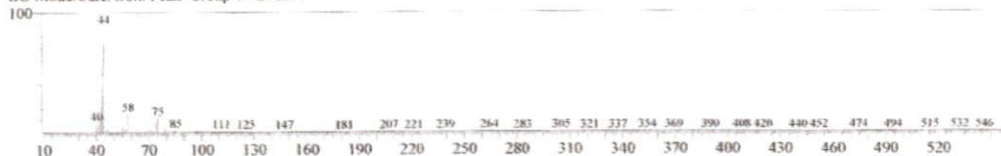
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.008(Scan#:242) MassPeaks:368

RawMode:Averaged 2.000-2.017(241-243) BasePeak:44.00(234678)

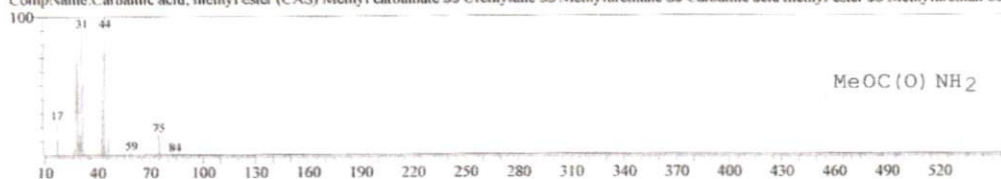
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:1866 Library:WILEY7.LIB

SI:89 Formula:C2 H5 N O2 CAS:598-55-0 MolWeight:75 RetIndex:0

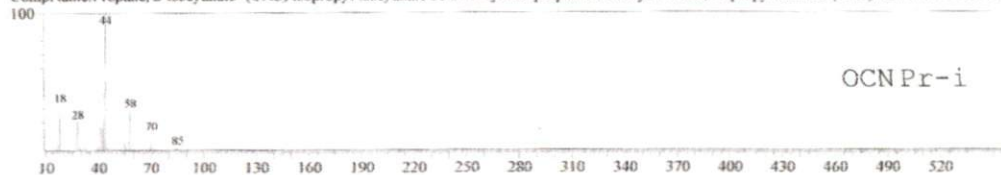
CompName:Carbamic acid, methyl ester (CAS) Methyl carbamate SS Urethylane SS Methylurethane SS Carbamic acid methyl ester SS Methylurethan SS



Hit#:2 Entry:3047 Library:WILEY7.LIB

SI:85 Formula:C4 H7 N O CAS:1795-48-8 MolWeight:85 RetIndex:0

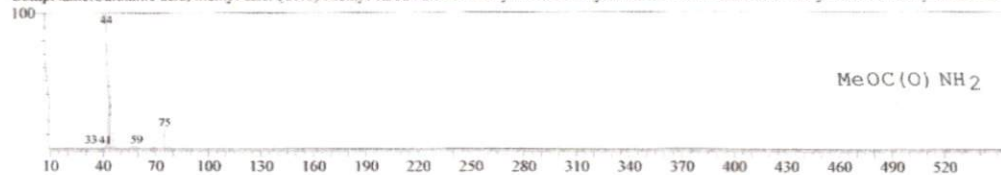
CompName:Propane, 2-isocyanato- (CAS) Isopropyl isocyanate SS 2-Isocyanatopropane SS Isocyanic acid, isopropyl ester SS (CH3)2CHNCO SS UN 248



Hit#:3 Entry:1864 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C2 H5 N O2 CAS:598-55-0 MolWeight:75 RetIndex:0

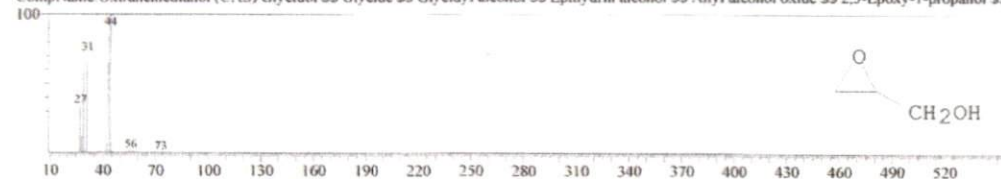
CompName:Carbamic acid, methyl ester (CAS) Methyl carbamate SS Urethylane SS Methylurethane SS Carbamic acid methyl ester SS Methylurethan SS



Hit#:4 Entry:1717 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C3 H6 O2 CAS:556-52-5 MolWeight:74 RetIndex:0

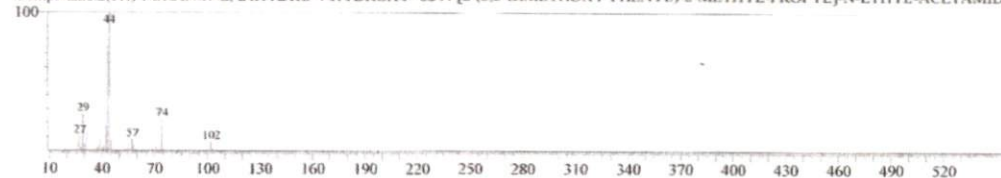
CompName:Oxiranemethanol (CAS) Glycidol SS Glycide SS Glycidyl alcohol SS Epilydrin alcohol SS Allyl alcohol oxide SS 2,3-Epoxy-1-propanol SS



Hit#:5 Entry:7686 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C4 H6 O3 CAS:5469-16-9 MolWeight:102 RetIndex:0

CompName:2-(3H)-FURANONE, DIHYDRO-4-HYDROXY- SS N-[2-(3,5-DIMETHOXY-PHENYL)-2-METHYL-PROPYL]-N-ETHYL-ACETAMIDE



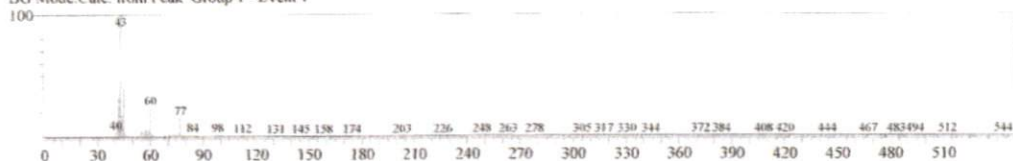
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.150(Scan#:259) MassPeaks:243

RawMode:Averaged 2.142-2.158(258-260) BasePeak:43.00(1563644)

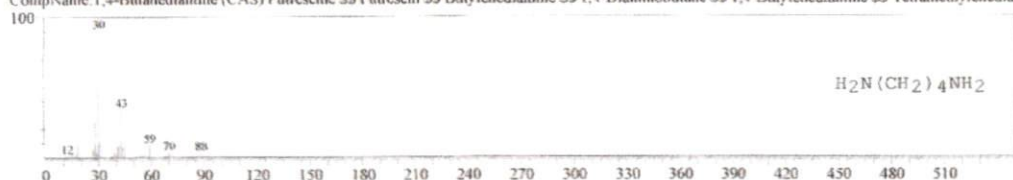
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:4054 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C4 H12 N2 CAS:110-60-1 MolWeight:88 RetIndex:0

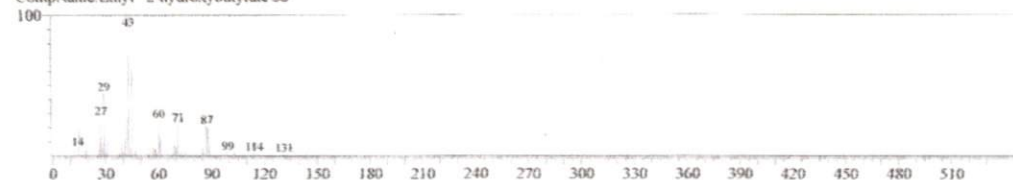
CompName:1,4-Butanediamine (CAS) Putrescine SS Putrescin SS Butylenediamine SS 1,4-Diaminobutane SS 1,4-Butylenediamine SS Tetramethylenedia



Hit#:2 Entry:22646 Library:WILEY7.LIB

SI:84 Formula:C6 H12 O3 CAS:0-00-0 MolWeight:132 RetIndex:0

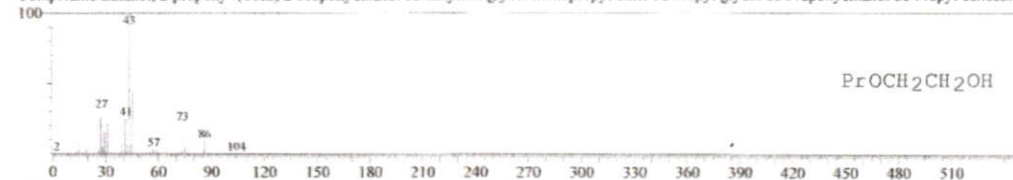
CompName:Ethyl 2-hydroxybutyrate SS



Hit#:3 Entry:8467 Library:WILEY7.LIB

SI:83 Formula:C5 H12 O2 CAS:2807-30-9 MolWeight:104 RetIndex:0

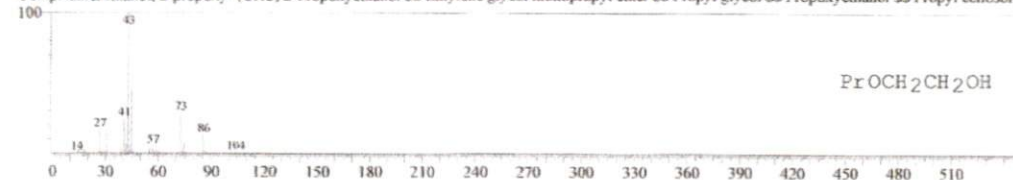
CompName:Ethanol, 2-propoxy- (CAS) 2-Propoxyethanol SS Ethylene glycol monopropyl ether SS Propyl glycol SS Propoxyethanol SS Propyl cellosolve



Hit#:4 Entry:8466 Library:WILEY7.LIB

SI:83 Formula:C5 H12 O2 CAS:2807-30-9 MolWeight:104 RetIndex:0

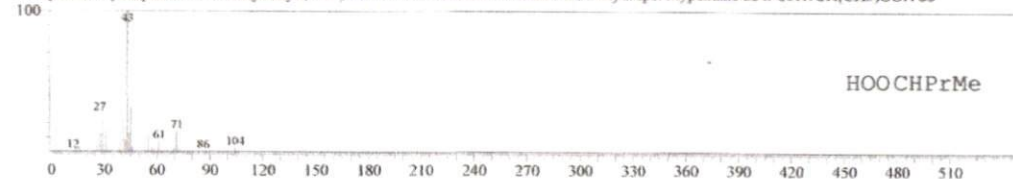
CompName:Ethanol, 2-propoxy- (CAS) 2-Propoxyethanol SS Ethylene glycol monopropyl ether SS Propyl glycol SS Propoxyethanol SS Propyl cellosolve



Hit#:5 Entry:8293 Library:WILEY7.LIB

SI:83 Formula:C5 H12 O2 CAS:14018-58-7 MolWeight:104 RetIndex:0

CompName:Hydroperoxide, 1-methylbutyl (CAS) 2-PENTYLHYDROPEROXIDE SS 2-Hydroperoxypentane SS n-C3H7CH(CH3)OOH SS



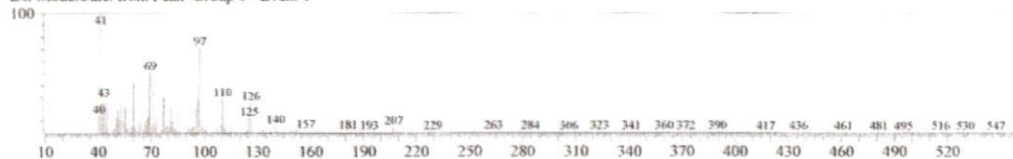
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.492(Scan#:300) MassPeaks:376

RawMode:Averaged 2.483-2.500(299-301) BasePeak:41.05(23577)

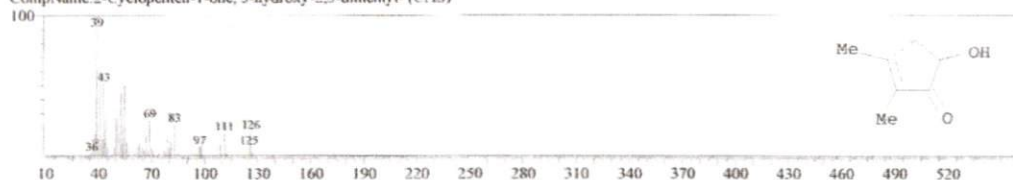
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:18164 Library:WILEY7.LIB

SI:73 Formula:C7 H10 O2 CAS:58649-31-3 MolWeight:126 RetIndex:0

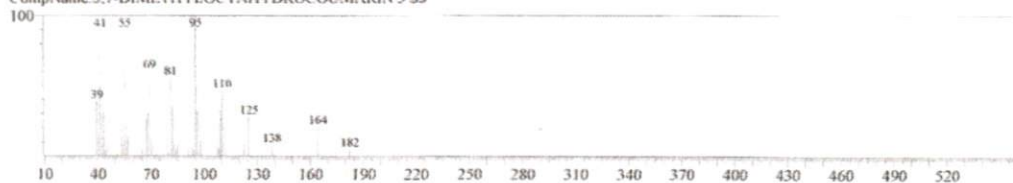
CompName:2-Cyclopenten-1-one, 5-hydroxy-2,3-dimethyl- (CAS)



Hit#:2 Entry:73672 Library:WILEY7.LIB

SI:73 Formula:C11 H18 O2 CAS:0-00-0 MolWeight:182 RetIndex:0

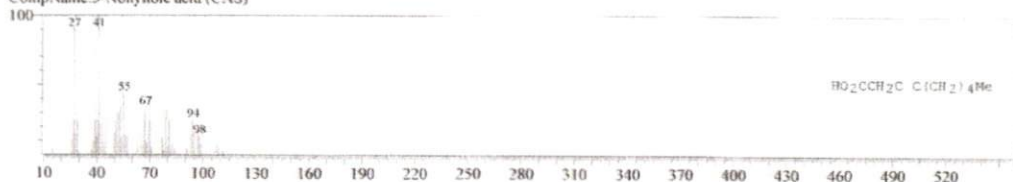
CompName:5,7-DIMETHYLOCTAHYDROCOUMARIN 3,5



Hit#:3 Entry:42386 Library:WILEY7.LIB

SI:73 Formula:C9 H14 O2 CAS:56630-33-2 MolWeight:154 RetIndex:0

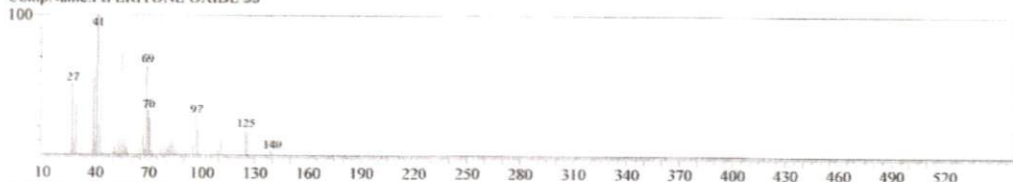
CompName:3-Nonynoic acid (CAS)



Hit#:4 Entry:58751 Library:WILEY7.LIB

SI:73 Formula:C10 H16 O2 CAS:35178-55-3 MolWeight:168 RetIndex:0

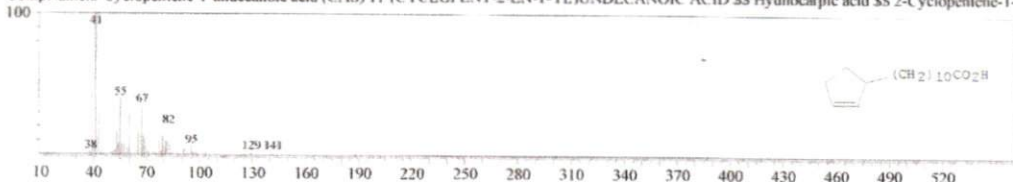
CompName:PIPERITONE OXIDE SS



Hit#:5 Entry:159609 Library:WILEY7.LIB

SI:73 Formula:C16 H28 O2 CAS:459-67-6 MolWeight:252 RetIndex:0

CompName:2-Cyclopentene-1-undecanoic acid (CAS) 11-(CYCLOPENT-2-EN-1-YL)UNDECANOIC ACID SS Hydnocarpic acid SS 2-Cyclopentene-1-



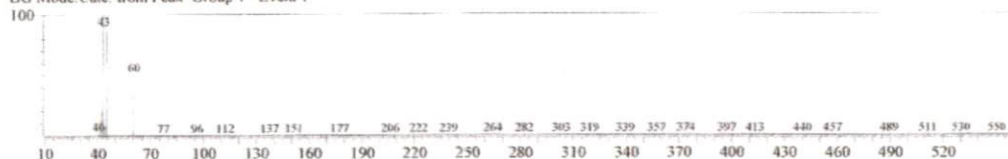
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.650(Scan#:319) MassPeaks:255

RawMode:Averaged 2.642-2.658(318-320) BasePeak:43.05(2645090)

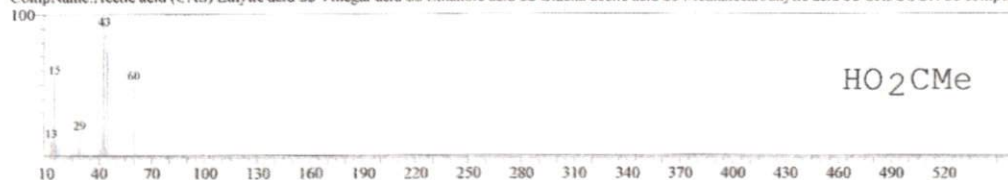
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:628 Library:WILEY7.LIB

SI:98 Formula:C2 H4 O2 CAS:64-19-7 MolWeight:60 RetIndex:0

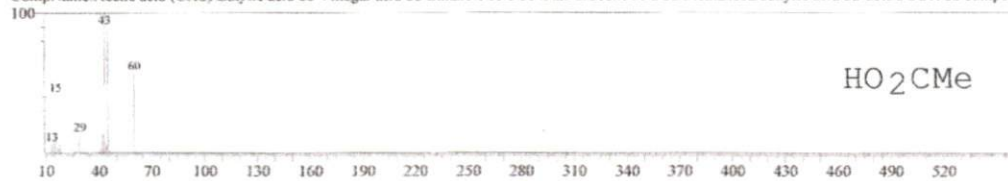
CompName:Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanecarboxylic acid SS CH3COOH SS compon



Hit#:2 Entry:629 Library:WILEY7.LIB

SI:98 Formula:C2 H4 O2 CAS:64-19-7 MolWeight:60 RetIndex:0

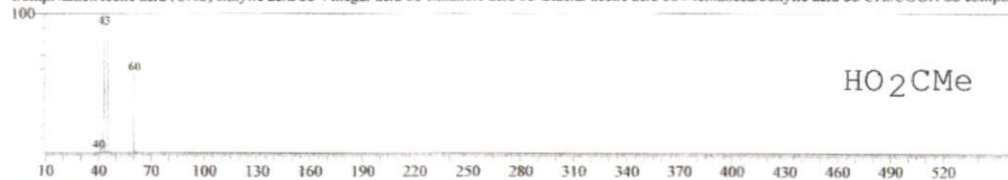
CompName:Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanecarboxylic acid SS CH3COOH SS compon



Hit#:3 Entry:632 Library:WILEY7.LIB

SI:97 Formula:C2 H4 O2 CAS:64-19-7 MolWeight:60 RetIndex:0

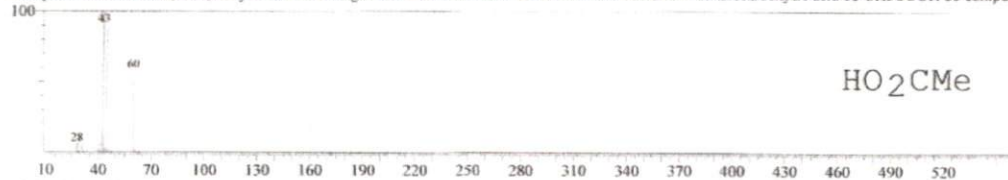
CompName:Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanecarboxylic acid SS CH3COOH SS compon



Hit#:4 Entry:631 Library:WILEY7.LIB

SI:97 Formula:C2 H4 O2 CAS:64-19-7 MolWeight:60 RetIndex:0

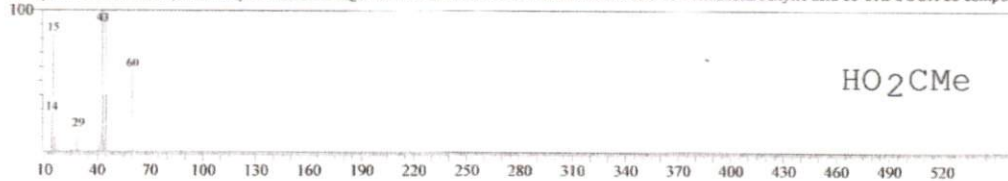
CompName:Acetic acid (CAS) Ethylic acid SS Vinegar acid SS Ethanoic acid SS Glacial acetic acid SS Methanecarboxylic acid SS CH3COOH SS compon



Hit#:5 Entry:627 Library:WILEY7.LIB

SI:97 Formula:C2 H4 O2 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 Methanecarboxylic acid SS CH3COOH SS compon



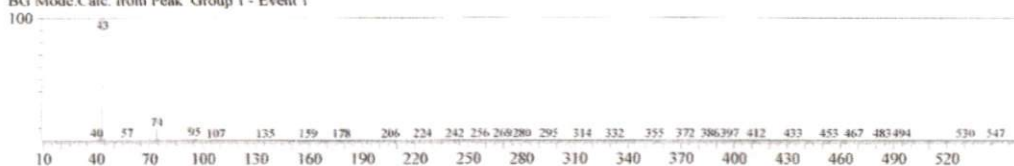
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.742(Scan#:330) MassPeaks:266

RawMode:Averaged 2.733-2.750(329-331) BasePeak:43.05(446303)

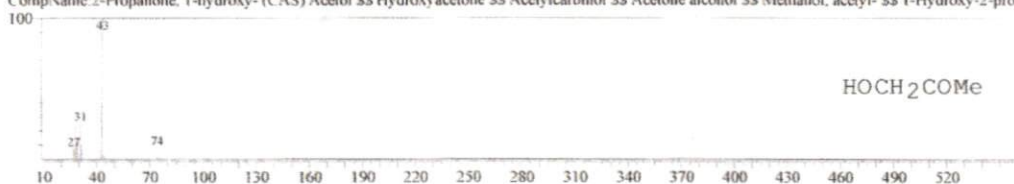
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry:1714 Library:WILEY7.LIB

SI:96 Formula:C3 H6 O2 CAS:116-09-6 MolWeight:74 RetIndex:0

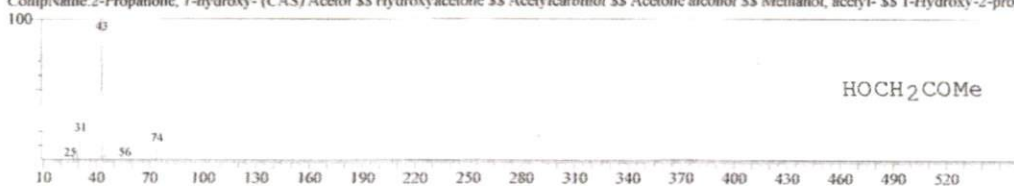
CompName:2-Propanone, 1-hydroxy- (CAS) Acetol SS Hydroxyacetone SS Acetylcarbinol SS Acetone alcohol SS Methanol, acetyl- SS 1-Hydroxy-2-pro



Hit#: 2 Entry:1711 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C3 H6 O2 CAS:116-09-6 MolWeight:74 RetIndex:0

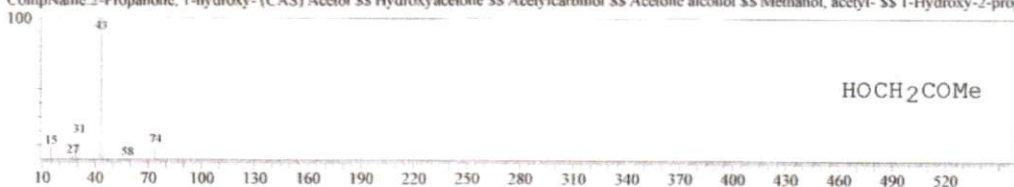
CompName:2-Propanone, 1-hydroxy- (CAS) Acetol SS Hydroxyacetone SS Acetylcarbinol SS Acetone alcohol SS Methanol, acetyl- SS 1-Hydroxy-2-pro



Hit#: 3 Entry:1712 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C3 H6 O2 CAS:116-09-6 MolWeight:74 RetIndex:0

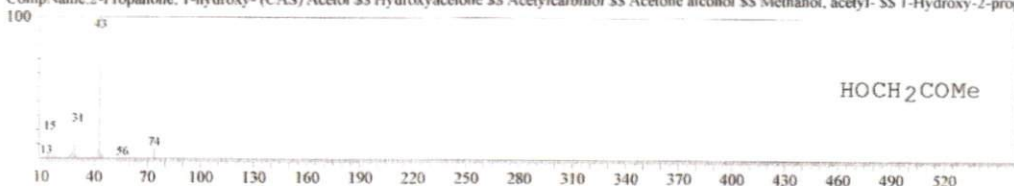
CompName:2-Propanone, 1-hydroxy- (CAS) Acetol SS Hydroxyacetone SS Acetylcarbinol SS Acetone alcohol SS Methanol, acetyl- SS 1-Hydroxy-2-pro



Hit#: 4 Entry:1707 Library:WILEY7.LIB

SI:95 Formula:C3 H6 O2 CAS:116-09-6 MolWeight:74 RetIndex:0

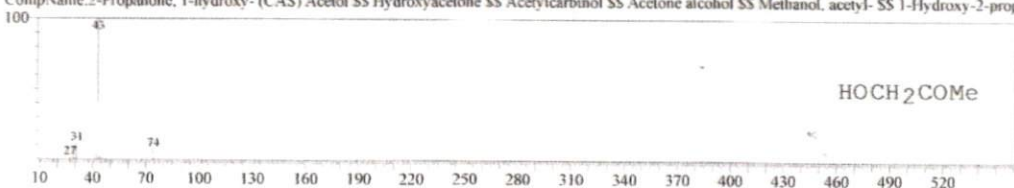
CompName:2-Propanone, 1-hydroxy- (CAS) Acetol SS Hydroxyacetone SS Acetylcarbinol SS Acetone alcohol SS Methanol, acetyl- SS 1-Hydroxy-2-pro



Hit#: 5 Entry:1713 Library:WILEY7.LIB

SI:94 Formula:C3 H6 O2 CAS:116-09-6 MolWeight:74 RetIndex:0

CompName:2-Propanone, 1-hydroxy- (CAS) Acetol SS Hydroxyacetone SS Acetylcarbinol SS Acetone alcohol SS Methanol, acetyl- SS 1-Hydroxy-2-pro



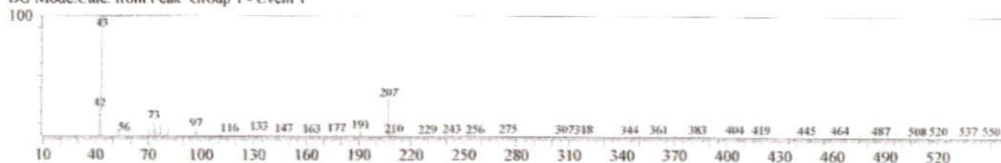
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:2.875(Scan#:346) MassPeaks:276

RawMode: Averaged 2.867-2.883(345-347) BasePeak:43.05(28822)

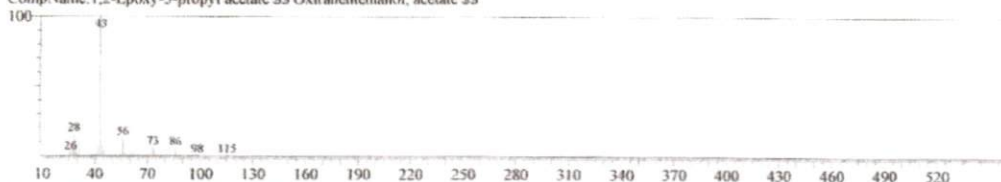
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:13539 Library:WILEY7.LIB

SI:69 Formula:C5 H8 O3 CAS:6387-89-9 MolWeight:116 RetIndex:0

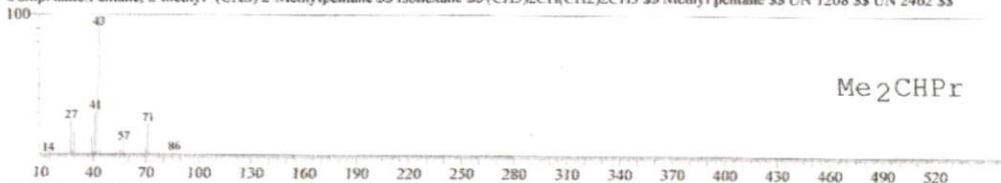
CompName:1,2-Epoxy-3-propyl acetate SS Oxiranemethanol, acetate SS



Hit#:2 Entry:3589 Library:WILEY7.LIB

SI:68 Formula:C6 H14 CAS:107-83-5 MolWeight:86 RetIndex:0

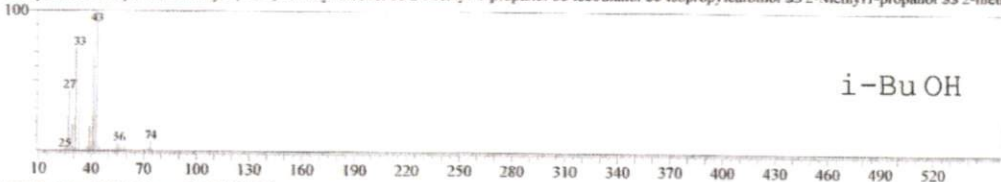
CompName: Pentane, 2-methyl- (CAS) 2-Methylpentane SS Isohexane SS (CH3)2CH(CH2)2CH3 SS Methyl pentane SS UN 1208 SS UN 2462 SS



Hit#:3 Entry:1789 Library:WILEY7.LIB

SI:68 Formula:C4 H10 O CAS:78-83-1 MolWeight:74 RetIndex:0

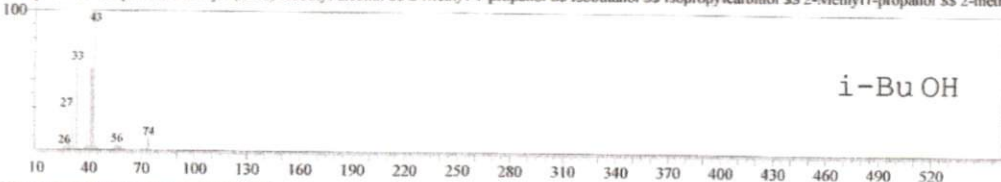
CompName:1-Propanol, 2-methyl- (CAS) Isobutyl alcohol SS 2-Methyl-1-propanol SS Isobutanol SS Isopropylcarbinol SS 2-Methyl-1-propanol SS 2-meth



Hit#:4 Entry:1787 Library:WILEY7.LIB

SI:68 Formula:C4 H10 O CAS:78-83-1 MolWeight:74 RetIndex:0

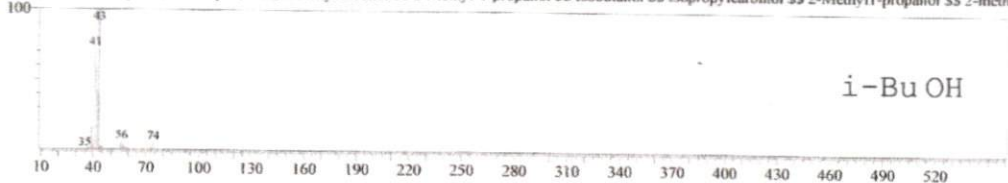
CompName:1-Propanol, 2-methyl- (CAS) Isobutyl alcohol SS 2-Methyl-1-propanol SS Isobutanol SS Isopropylcarbinol SS 2-Methyl-1-propanol SS 2-meth



Hit#:5 Entry:1793 Library:WILEY7.LIB

SI:68 Formula:C4 H10 O CAS:78-83-1 MolWeight:74 RetIndex:0

CompName:1-Propanol, 2-methyl- (CAS) Isobutyl alcohol SS 2-Methyl-1-propanol SS Isobutanol SS Isopropylcarbinol SS 2-Methyl-1-propanol SS 2-meth



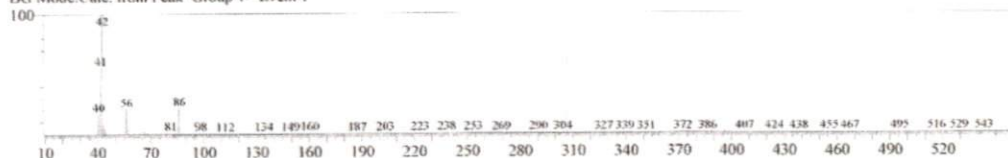
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R.Time: 3.575 (Scan#: 430) MassPeaks: 265

RawMode: Averaged 3.567-3.583 (429-431) BasePeak: 42.05 (59994)

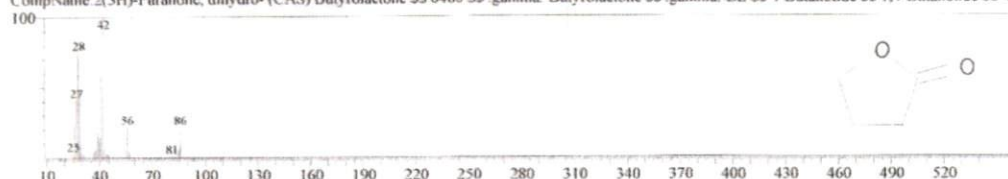
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry: 3289 Library: WILEY7.LIB

SI: 94 Formula: C4 H6 O2 CAS: 96-48-0 MolWeight: 86 RetIndex: 0

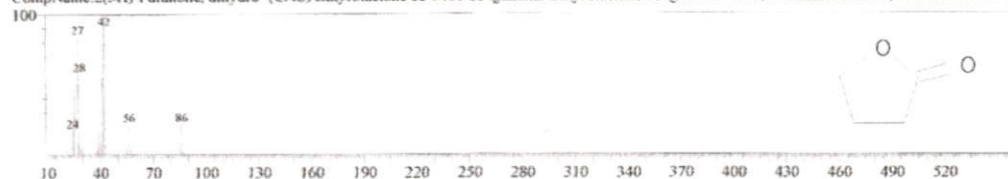
CompName: 2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone SS 6480 SS_gamma-Butyrolactone SS_gamma-BL SS 4-Butanolide SS 1,4-Butanolide SS 4-



Hit#: 2 Entry: 3292 Library: WILEY7.LIB

SI: 94 Formula: C4 H6 O2 CAS: 96-48-0 MolWeight: 86 RetIndex: 0

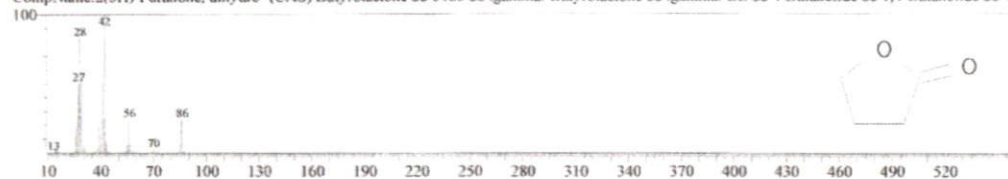
CompName: 2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone SS 6480 SS_gamma-Butyrolactone SS_gamma-BL SS 4-Butanolide SS 1,4-Butanolide SS 4-



Hit#: 3 Entry: 3288 Library: WILEY7.LIB

SI: 93 Formula: C4 H6 O2 CAS: 96-48-0 MolWeight: 86 RetIndex: 0

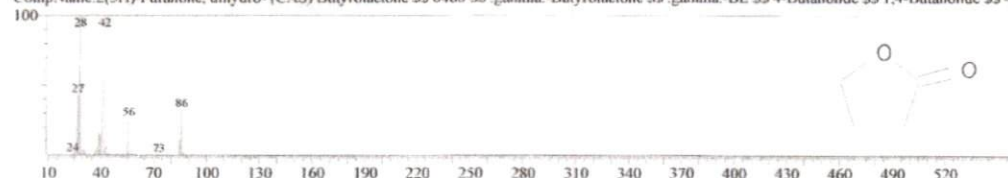
CompName: 2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone SS 6480 SS_gamma-Butyrolactone SS_gamma-BL SS 4-Butanolide SS 1,4-Butanolide SS 4-



Hit#: 4 Entry: 3286 Library: WILEY7.LIB

SI: 92 Formula: C4 H6 O2 CAS: 96-48-0 MolWeight: 86 RetIndex: 0

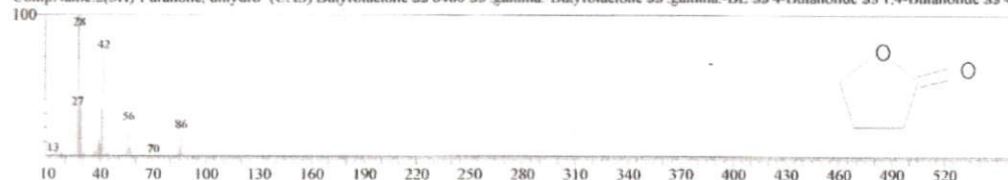
CompName: 2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone SS 6480 SS_gamma-Butyrolactone SS_gamma-BL SS 4-Butanolide SS 1,4-Butanolide SS 4-



Hit#: 5 Entry: 3285 Library: WILEY7.LIB

SI: 92 Formula: C4 H6 O2 CAS: 96-48-0 MolWeight: 86 RetIndex: 0

CompName: 2(3H)-Furanone, dihydro- (CAS) Butyrolactone SS 6480 SS_gamma-Butyrolactone SS_gamma-BL SS 4-Butanolide SS 1,4-Butanolide SS 4-



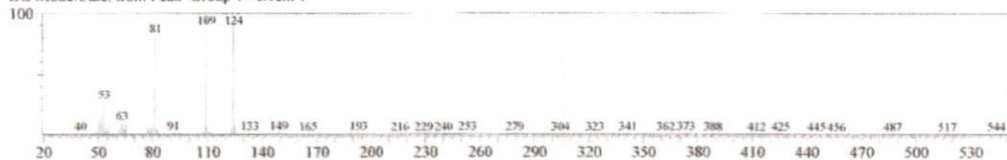
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:4.525(Scan#:544) MassPeaks:265

RawMode:Averaged 4.517-4.533(543-545) BasePeak:109.05(25332)

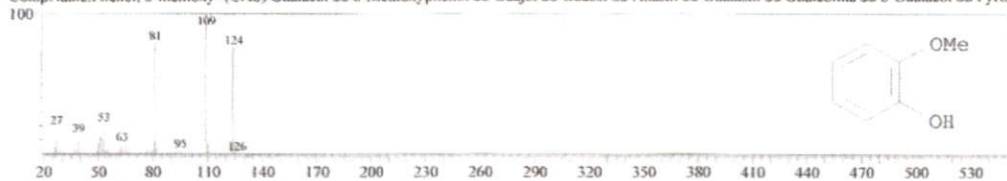
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:17522 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0

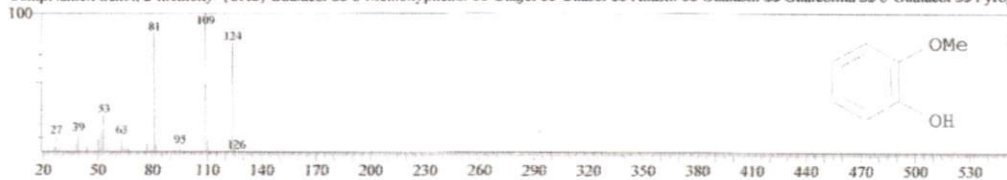
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro;



Hit#:2 Entry:17530 Library:WILEY7.LIB

SI:93 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0

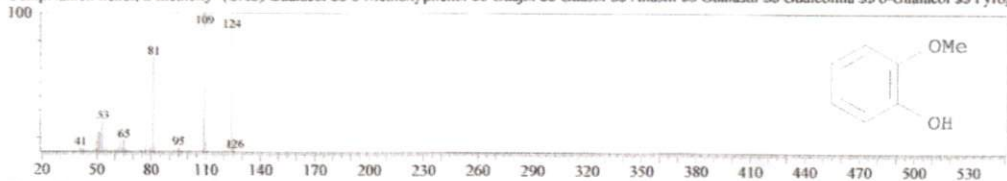
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro;



Hit#:3 Entry:17528 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C7 H8 O2 CAS:90-05-1 MolWeight:124 RetIndex:0

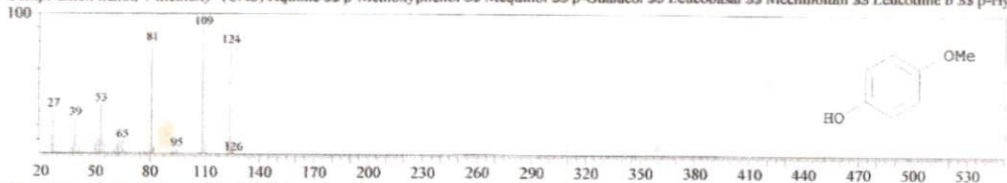
CompName:Phenol, 2-methoxy- (CAS) Guaiacol SS o-Methoxyphenol SS Guajol SS Guasol SS Anastil SS Guaiastil SS Guaiacolina SS o-Guaiacol SS Pyro;



Hit#:4 Entry:17543 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C7 H8 O2 CAS:150-76-5 MolWeight:124 RetIndex:0

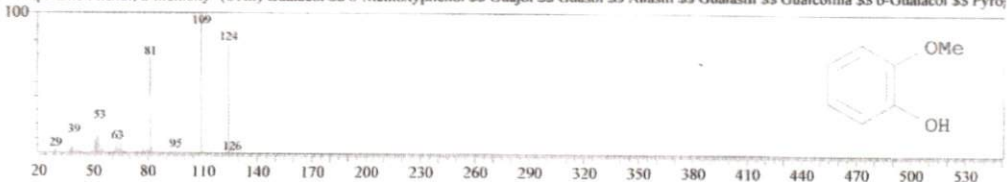
CompName:Phenol, 4-methoxy- (CAS) Hqmme SS p-Methoxyphenol SS Mequinol SS p-Guaiacol SS Leucobasal SS Mechinolum SS Leucodine b SS p-H



Hit#:5 Entry:17523 Library:WILEY7.LIB

SI:92 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;



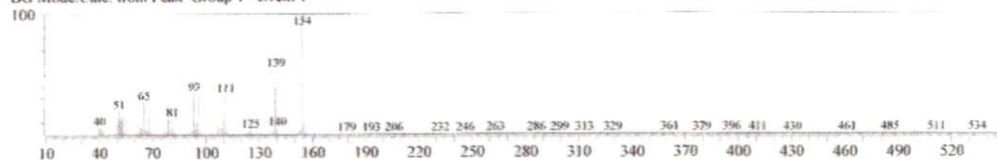
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R. Time: 7.392(Scan#: 888) MassPeaks: 281

RawMode: Averaged 7.383-7.400(887-889) BasePeak: 154.10(78573)

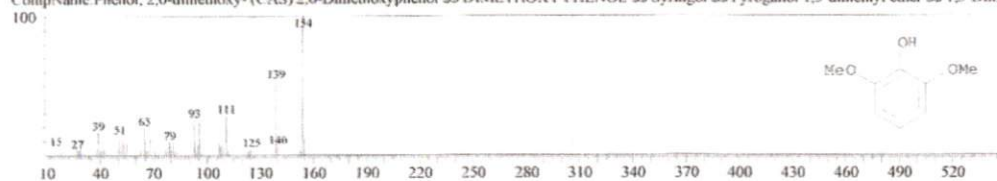
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



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

SI: 92 Formula: C₈H₁₀O₃ CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

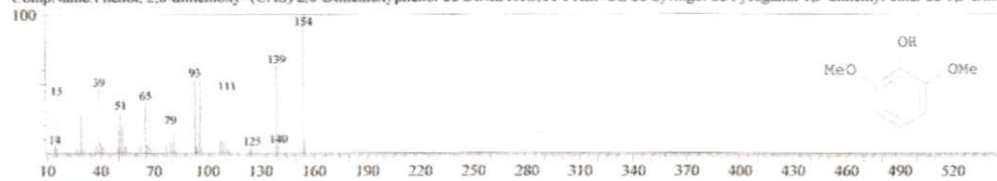
CompName: Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol \$\$ DIMETHOXY PHENOL \$\$ Syringol \$\$ Pyrogallol 1,3-dimethyl ether \$\$ 1,3-Dime



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

SI: 91 Formula: C₈H₁₀O₃ CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

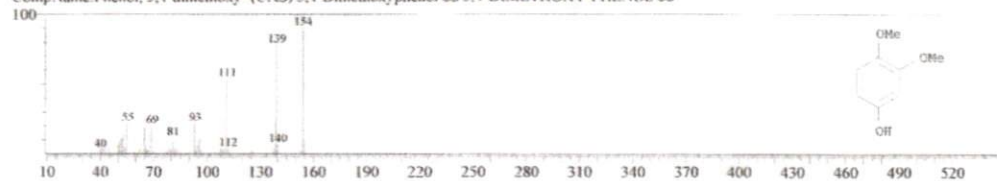
CompName: Phenol, 2,6-dimethoxy- (CAS) 2,6-Dimethoxyphenol \$\$ DIMETHOXY PHENOL \$\$ Syringol \$\$ Pyrogallol 1,3-dimethyl ether \$\$ 1,3-Dime



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

SI: 88 Formula: C₈H₁₀O₃ CAS: 2033-89-8 MolWeight: 154 RetIndex: 0

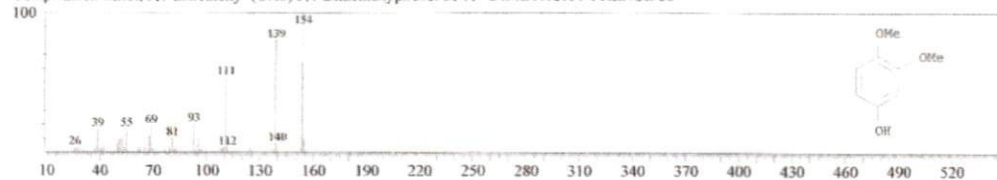
CompName: Phenol, 3,4-dimethoxy- (CAS) 3,4-Dimethoxyphenol \$\$ 3,4-DIMETHOXY-PHENOL \$\$



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

SI: 88 Formula: C₈H₁₀O₃ CAS: 2033-89-8 MolWeight: 154 RetIndex: 0

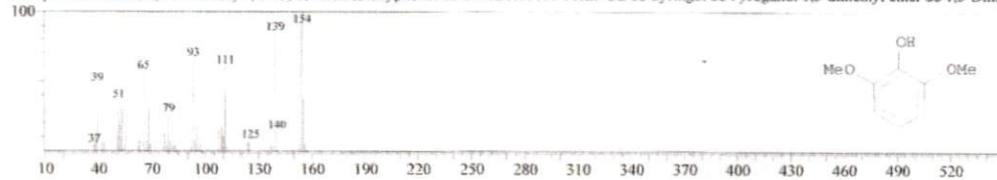
CompName: Phenol, 3,4-dimethoxy- (CAS) 3,4-Dimethoxyphenol \$\$ 3,4-DIMETHOXY-PHENOL \$\$



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

SI: 84 Formula: C₈H₁₀O₃ CAS: 91-10-1 MolWeight: 154 RetIndex: 0

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



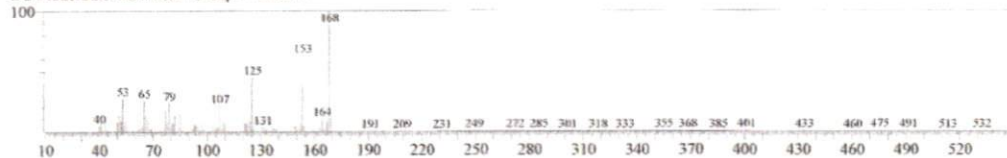
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:8.267(Scan#:993) MassPeaks:305

RawMode:Averaged 8.258-8.275(992-994) BasePeak:168.10(32912)

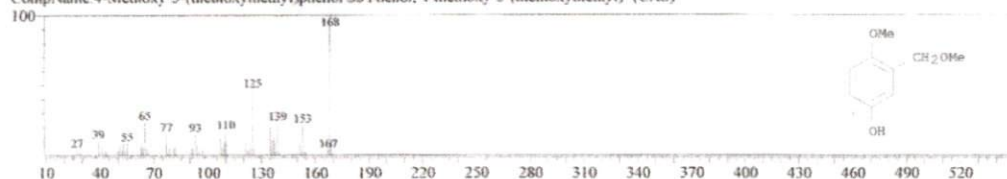
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:58593 Library:WILEY7.LIB

SI:79 Formula:C9 H12 O3 CAS:59907-65-2 MolWeight:168 RetIndex:0

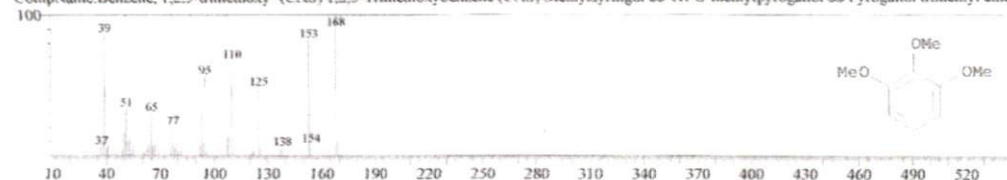
CompName:4-Methoxy-3-(methoxymethyl)phenol SS Phenol, 4-methoxy-3-(methoxymethyl)- (CAS)



Hit#:2 Entry:58605 Library:WILEY7.LIB

SI:78 Formula:C9 H12 O3 CAS:634-36-6 MolWeight:168 RetIndex:0

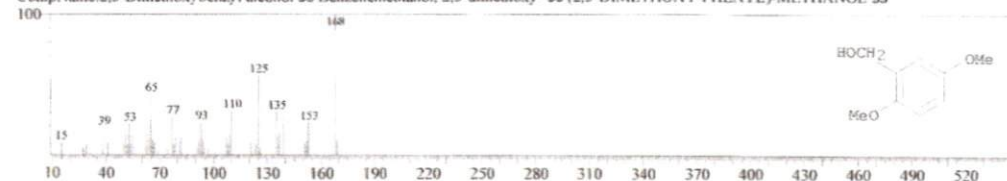
CompName:Benzene, 1,2,3-trimethoxy- (CAS) 1,2,3-Trimethoxybenzene (CAS) Methylsyringol SS Tri-O-methylpyrogallol SS Pyrogallol trimethyl ether



Hit#:3 Entry:58598 Library:WILEY7.LIB

SI:77 Formula:C9 H12 O3 CAS:33524-31-1 MolWeight:168 RetIndex:0

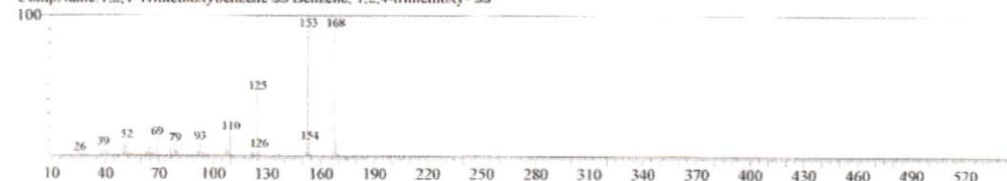
CompName:2,5-Dimethoxybenzyl alcohol SS Benzenemethanol, 2,5-dimethoxy- SS (2,5-DIMETHOXY-PHENYL)-METHANOL SS



Hit#:4 Entry:57388 Library:WILEY7.LIB

SI:77 Formula:C9 H12 O3 CAS:135-77-3 MolWeight:168 RetIndex:0

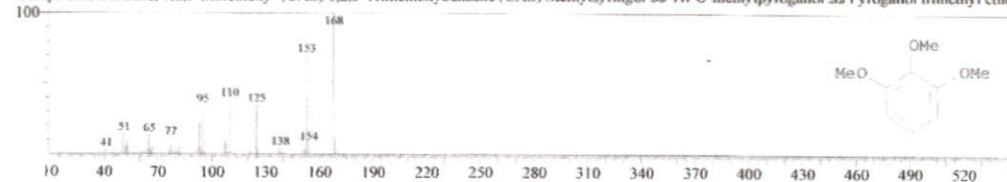
CompName:1,2,4-Trimethoxybenzene SS Benzene, 1,2,4-trimethoxy- SS



Hit#:5 Entry:58604 Library:WILEY7.LIB

SI:77 Formula:C9 H12 O3 CAS:634-36-6 MolWeight:168 RetIndex:0

CompName:Benzene, 1,2,3-trimethoxy- (CAS) 1,2,3-Trimethoxybenzene (CAS) Methylsyringol SS Tri-O-methylpyrogallol SS Pyrogallol trimethyl ether



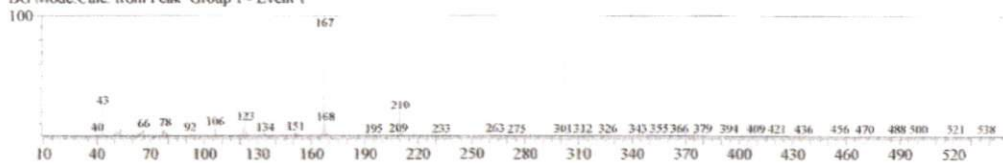
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R.Time: 11.542 (Scan#: 1386) MassPeaks: 305

RawMode: Averaged 11.533-11.550 (1385-1387) BasePeak: 167.05 (74437)

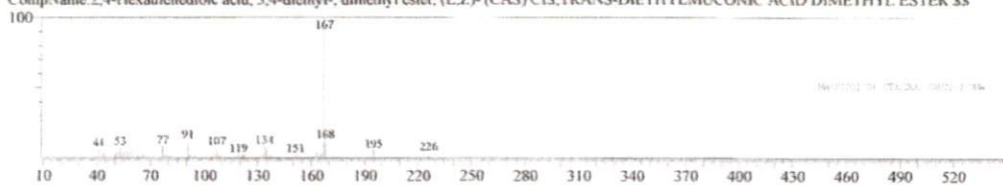
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry: 127922 Library: WILEY7.LIB

SI: 72 Formula: C12 H18 O4 CAS: 31545-75-2 MolWeight: 226 RetIndex: 0

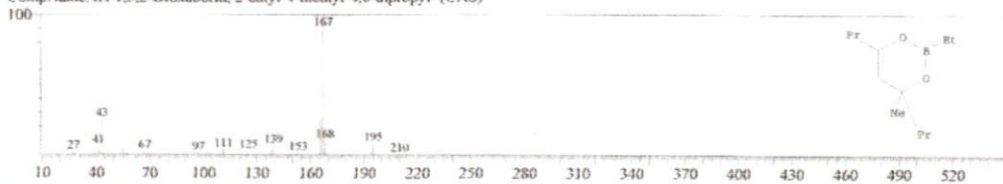
CompName: 2,4-Hexadienedioic acid, 3,4-diethyl-, dimethyl ester, (E,Z)- (CAS) CIS,TRANS-DIETHYLMUCONIC ACID DIMETHYL ESTER SS



Hit#: 2 Entry: 108019 Library: WILEY7.LIB

SI: 71 Formula: C12 H23 B O2 CAS: 74421-10-6 MolWeight: 210 RetIndex: 0

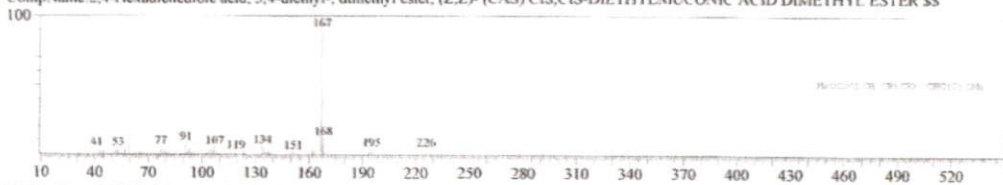
CompName: 4(1-1,3,2-Dioxaborin, 2-ethyl-4-methyl-4,6-dipropyl)- (CAS)



Hit#: 3 Entry: 127921 Library: WILEY7.LIB

SI: 71 Formula: C12 H18 O4 CAS: 31447-54-8 MolWeight: 226 RetIndex: 0

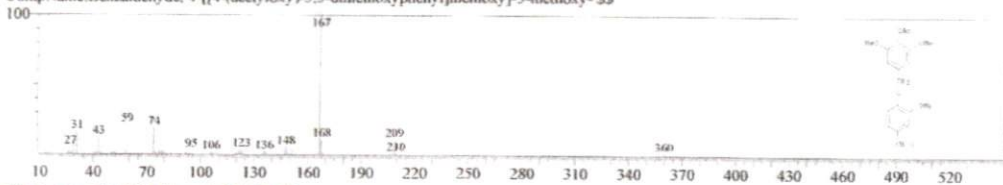
CompName: 2,4-Hexadienedioic acid, 3,4-diethyl-, dimethyl ester, (Z,Z)- (CAS) CIS,CIS-DIETHYLMUCONIC ACID DIMETHYL ESTER SS



Hit#: 4 Entry: 260847 Library: WILEY7.LIB

SI: 71 Formula: C19 H20 O7 CAS: 55525-41-2 MolWeight: 360 RetIndex: 0

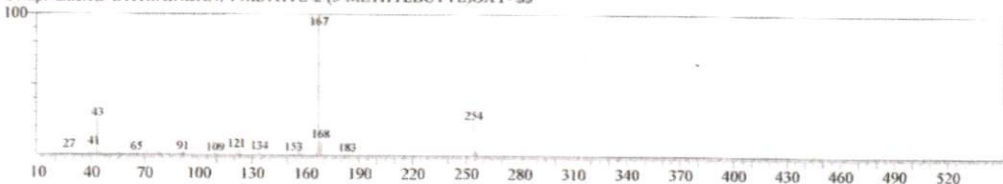
CompName: Benzaldehyde, 4-[[4-(acetyloxy)-3,5-dimethoxyphenyl]methoxy]-3-methoxy- SS



Hit#: 5 Entry: 161165 Library: WILEY7.LIB

SI: 70 Formula: C13 H18 O S2 CAS: 0-00-0 MolWeight: 254 RetIndex: 0

CompName: 1,3-DITHIANDAN, 4-METHYL-2-(3-METHYLBUTYL)OXY- SS



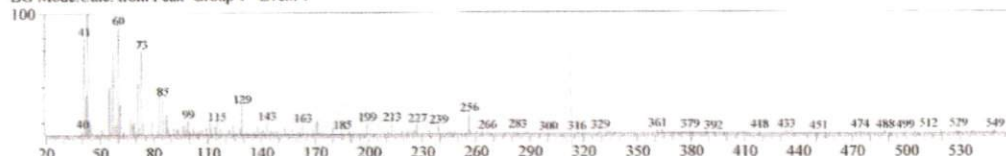
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:12.608(Scan#:1514) MassPeaks:278

RawMode:Averaged 12.600-12.617(1513-1515) BasePeak:43.05(5746)

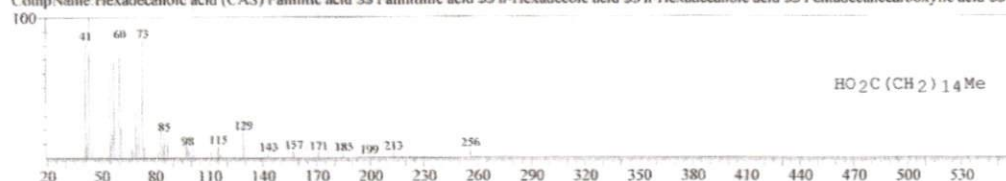
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:164469 Library:WILEY7.LIB

SI:83 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

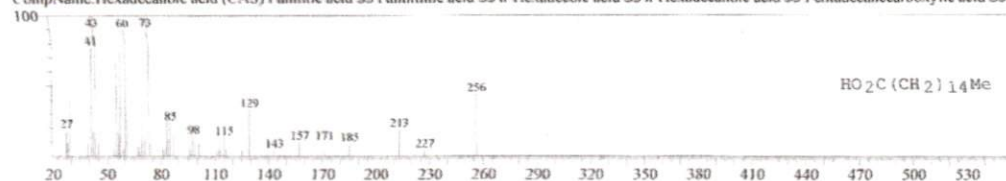
CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid SS Palmitinic acid SS n-Hexadecanoic acid SS n-Hexadecanoic acid SS Pentadecanecarboxylic acid SS 1



Hit#:2 Entry:164461 Library:WILEY7.LIB

SI:82 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

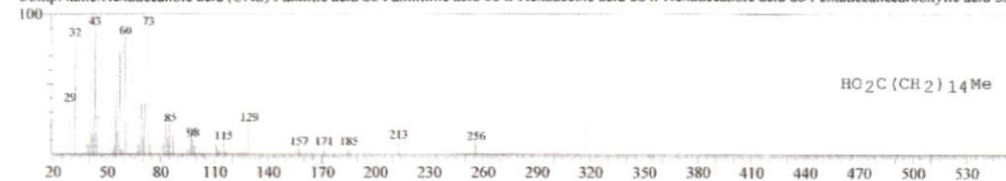
CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid SS Palmitinic acid SS n-Hexadecanoic acid SS n-Hexadecanoic acid SS Pentadecanecarboxylic acid SS 1



Hit#:3 Entry:164462 Library:WILEY7.LIB

SI:82 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

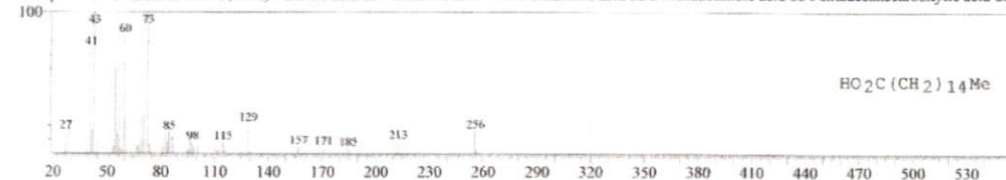
CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid SS Palmitinic acid SS n-Hexadecanoic acid SS n-Hexadecanoic acid SS Pentadecanecarboxylic acid SS 1



Hit#:4 Entry:164459 Library:WILEY7.LIB

SI:82 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

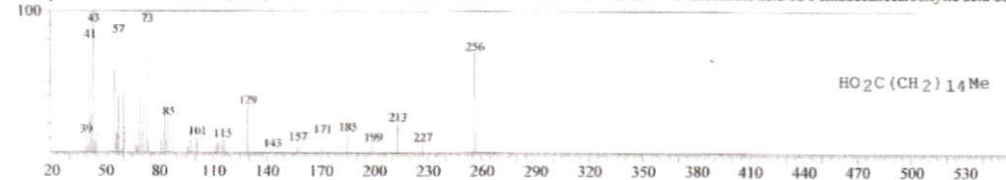
CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid SS Palmitinic acid SS n-Hexadecanoic acid SS n-Hexadecanoic acid SS Pentadecanecarboxylic acid SS 1



Hit#:5 Entry:164465 Library:WILEY7.LIB

SI:82 Formula:C16 H32 O2 CAS:57-10-3 MolWeight:256 RetIndex:0

CompName:Hexadecanoic acid (CAS) Palmitic acid SS Palmitinic acid SS n-Hexadecanoic acid SS n-Hexadecanoic acid SS Pentadecanecarboxylic acid SS 1



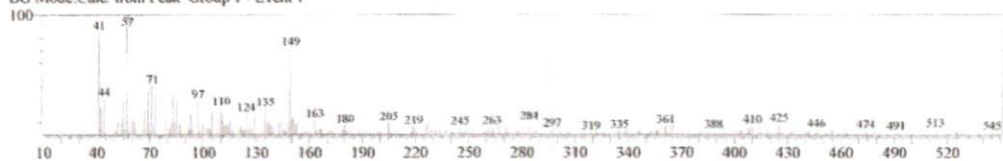
Library Search

<< Target >>

Line#: 1 R Time: 12.642(Scan#: 1518) MassPeaks: 262

RawMode: Averaged 12.633-12.650(1517-1519) BasePeak: 57.05(2615)

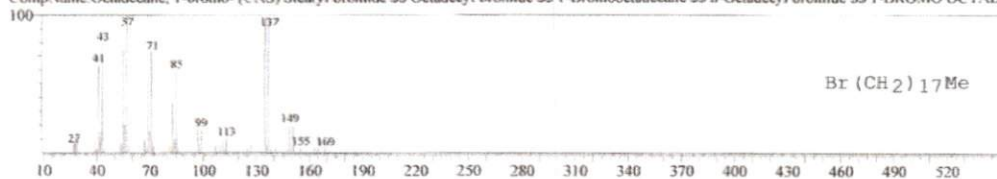
BG Mode: Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#: 1 Entry: 240848 Library: WILEY7.LIB

SI: 62 Formula: C18 H37 BR CAS: 112-89-0 MolWeight: 332 RetIndex: 0

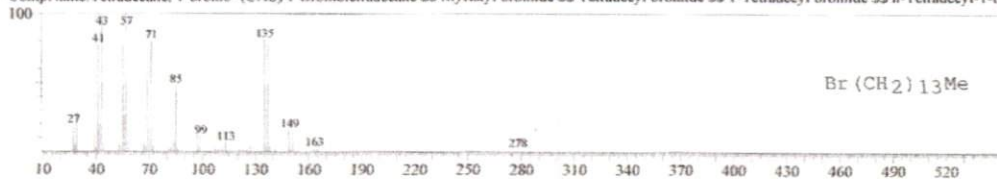
CompName: Octadecane, 1-bromo- (CAS) Stearyl bromide SS Octadecyl bromide SS 1-Bromooctadecane SS n-Octadecyl bromide SS 1-BROMO OCTAD



Hit#: 2 Entry: 186825 Library: WILEY7.LIB

SI: 62 Formula: C14 H29 BR CAS: 112-71-0 MolWeight: 276 RetIndex: 0

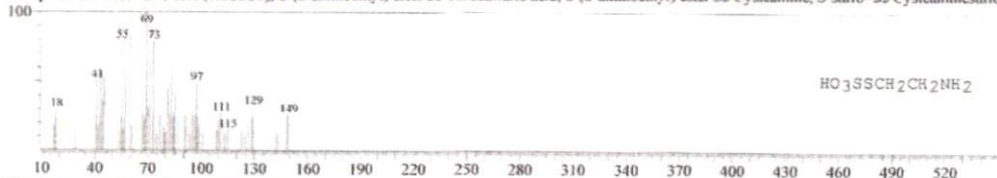
CompName: Tetradecane, 1-bromo- (CAS) 1-bromotetradecane SS Myristyl bromide SS Tetradecyl bromide SS 1-tetradecyl bromide SS n-tetradecyl-1-b



Hit#: 3 Entry: 46365 Library: WILEY7.LIB

SI: 62 Formula: C2 H7 N O3 S2 CAS: 2937-53-3 MolWeight: 157 RetIndex: 0

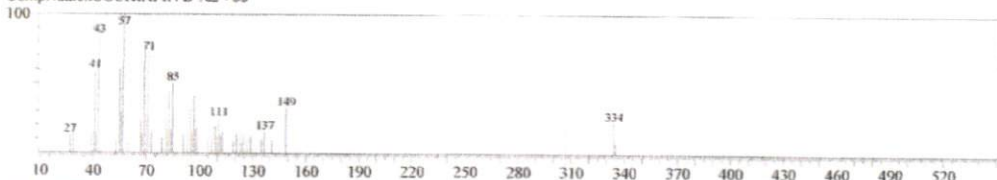
CompName: Thiosulfuric acid (H2S2O3), S-(2-aminoethyl) ester SS Thiosulfuric acid, S-(2-aminoethyl) ester SS Cysteamine, S-sulfo- SS Cysteaminesulfo



Hit#: 4 Entry: 253880 Library: WILEY7.LIB

SI: 62 Formula: C19 H26 O6 CAS: 0-00-0 MolWeight: 350 RetIndex: 0

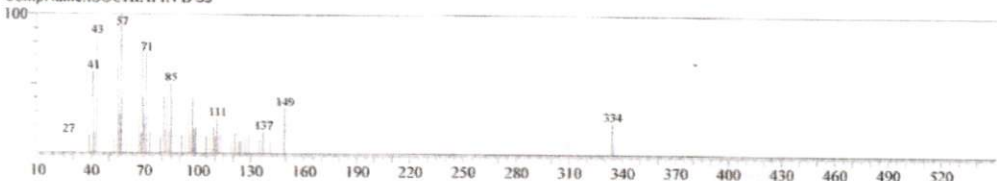
CompName: ISOCHLAPIN B %2< SS



Hit#: 5 Entry: 250951 Library: WILEY7.LIB

SI: 62 Formula: C19 H22 O6 CAS: 0-00-0 MolWeight: 346 RetIndex: 0

CompName: ISOCHLAPIN B SS



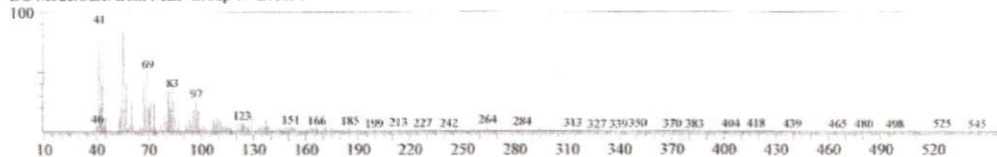
Library Search

<< Target >>

Line#:1 R.Time:14.083(Scan#:1691) MassPeaks:341

RawMode:Averaged 14.075-14.092(1690-1692) BasePeak:41.05(20381)

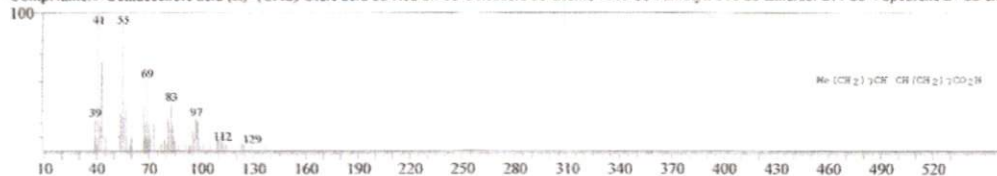
BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



Hit#:1 Entry:193359 Library:WILEY7.LIB

SI:92 Formula:C18 H34 O2 CAS:112-80-1 MolWeight:282 RetIndex:0

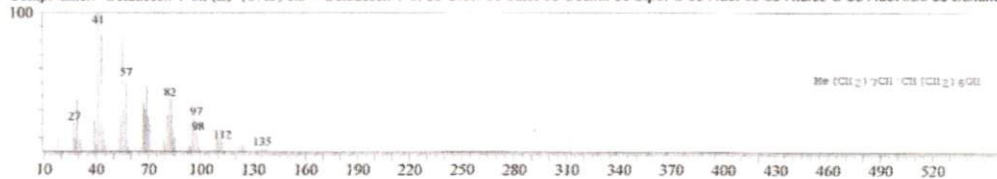
CompName:9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid SS Red oil SS Oelsaure SS Oleine 7503 SS Pamolyn 100 SS Emersol 211 SS Vopcolene 27 SS cis-



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

SI:88 Formula:C18 H36 O CAS:143-28-2 MolWeight:268 RetIndex:0

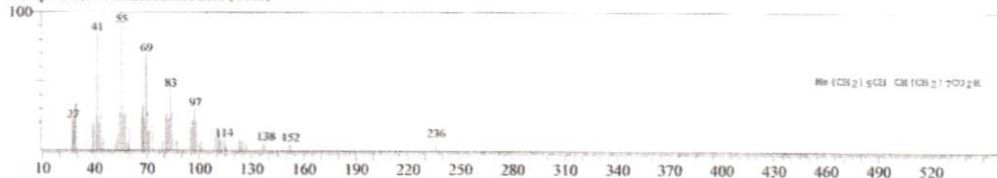
CompName:9-Octadecen-1-ol, (Z)- (CAS) cis-9-Octadecen-1-ol SS Oleol SS Satol SS Oenol SS Stipol O SS Adol 85 SS Atalco O SS Adol 320 SS Loxanol



Hit#:3 Entry:161800 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C16 H30 O2 CAS:2091-29-4 MolWeight:254 RetIndex:0

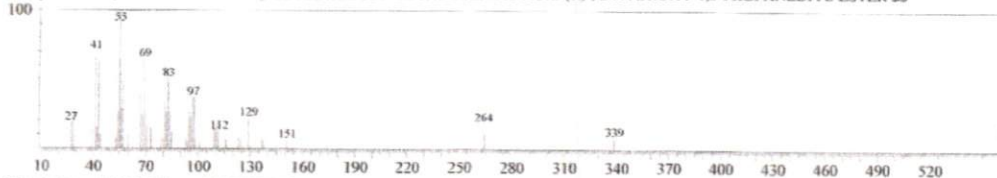
CompName:9-Hexadecenoic acid (CAS)



Hit#:4 Entry:330530 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C39 H72 O5 CAS:2465-32-9 MolWeight:621 RetIndex:0

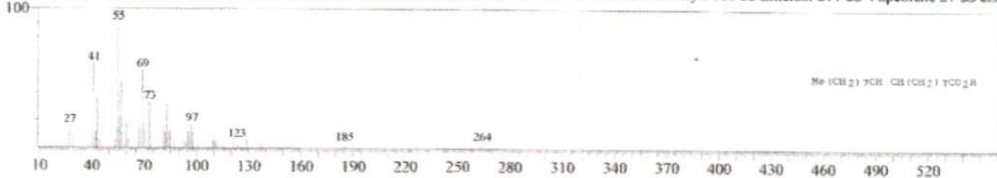
CompName:Di-(9-OCTADECENOYL)-GLYCEROL SS 9-OCTADECENOIC ACID (Z)-, 2-HYDROXY-1,3-PROPANEDIYL ESTER SS



Hit#:5 Entry:193350 Library:WILEY7.LIB

SI:87 Formula:C18 H34 O2 CAS:112-80-1 MolWeight:282 RetIndex:0

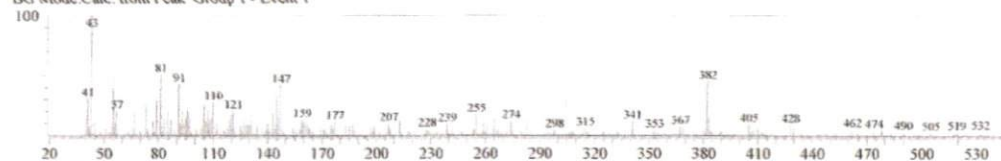
CompName:9-Octadecenoic acid (Z)- (CAS) Oleic acid SS Red oil SS Oelsaure SS Oleine 7503 SS Pamolyn 100 SS Emersol 211 SS Vopcolene 27 SS cis-



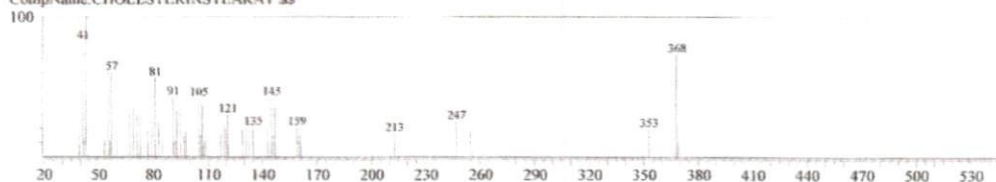
Library Search

<< Target >>

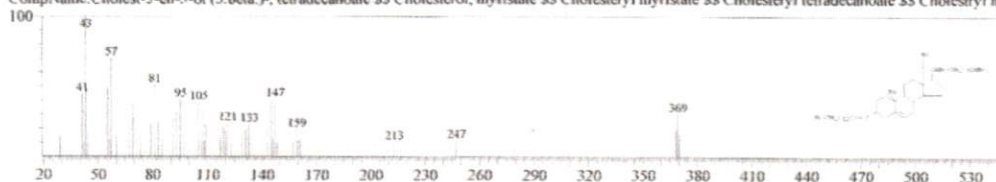
Line#:1 R.Time:19.675(Scan#:2362) MassPeaks:300
 RawMode:Averaged 19.667-19.683(2361-2363) BasePeak:43.05(4719)
 BG Mode:Calc. from Peak Group 1 - Event 1



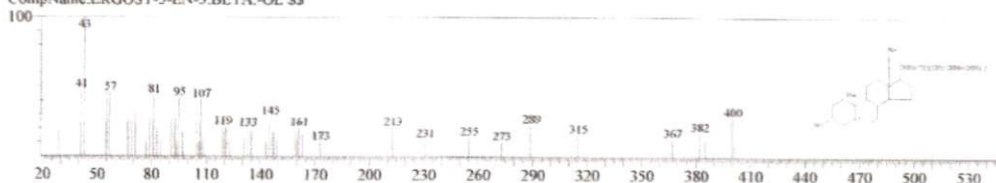
Hit#:1 Entry:332325 Library:WILEY7.LIB
 SI:70 Formula:C45 H80 O2 CAS:0-00-0 MolWeight:653 RetIndex:0
 CompName:CHOLESTERINSTEARAT SS



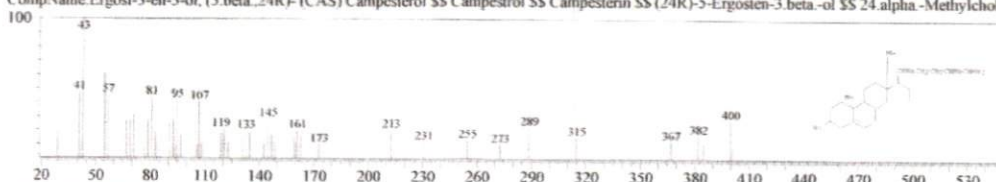
Hit#:2 Entry:328696 Library:WILEY7.LIB
 SI:69 Formula:C41 H72 O2 CAS:1989-52-2 MolWeight:597 RetIndex:0
 CompName:Cholest-5-en-3-ol (3.beta.-), tetradecanoate SS Cholesterol, myristate SS Cholesteryl myristate SS Cholesteryl tetradecanoate SS Cholesteryl my



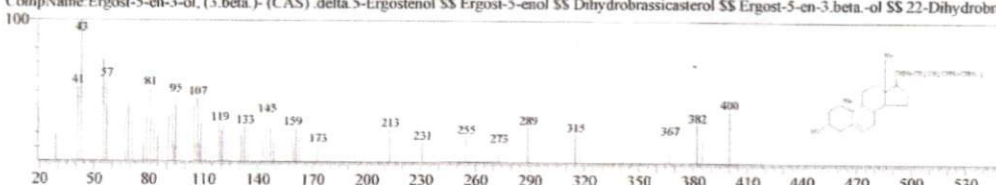
Hit#:3 Entry:284704 Library:WILEY7.LIB
 SI:69 Formula:C28 H48 O CAS:4651-51-8 MolWeight:400 RetIndex:0
 CompName:ERGOST-5-EN-3.BETA.-OL SS



Hit#:4 Entry:284707 Library:WILEY7.LIB
 SI:69 Formula:C28 H48 O CAS:474-62-4 MolWeight:400 RetIndex:0
 CompName:Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.-,24R)- (CAS) Campesterol SS Campesterol SS (24R)-5-Ergosten-3.beta.-ol SS 24.alpha.-Methylchole



Hit#:5 Entry:284705 Library:WILEY7.LIB
 SI:68 Formula:C28 H48 O CAS:4651-51-8 MolWeight:400 RetIndex:0
 CompName:Ergost-5-en-3-ol, (3.beta.-) .delta.5-Ergostenol SS Ergost-5-enol SS Dihydrobrassicasterol SS Ergost-5-en-3.beta.-ol SS 22-Dihydrobra



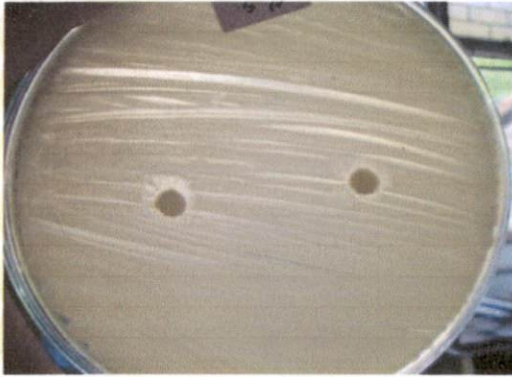
Lampiran 2 Hasil uji aktivitas antibakteri dan antijamur

Tabel 6. Data diameter daerah hambat dengan berbagai larutan uji

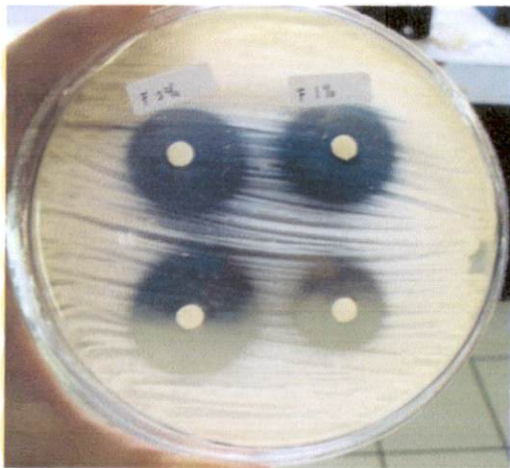
Larutan uji	Diameter daerah hambat <i>Salmonella sp</i> (mm)	Diameter daerah hambat <i>Rhizopus sp</i> (mm)
Aquades	-	-
Asap cair batang jambu biji 1%	10,50	10,00
Asap cair batang jambu biji 2%	11,75	12,00
Asap cair batang jambu biji 3%	11,75	12,25
Asap cair batang jambu biji 4%	12,25	12,25
Asap cair batang jambu biji 5%	14,00	13,12
Asam benzoat 1%	16,00	20,50
Asam benzoat 2%	16,50	23,00
Asam benzoat 3%	16,75	24,50
Asam benzoat 4%	18,50	35,00
Asam benzoat 5%	19,75	40,50
Formalin 1%	28,75	46,50
Formalin 2%	34,00	54,00
Formalin 3%	34,50	57,50
Formalin 4%	35,75	59,50
Formalin 5%	40,00	81,50



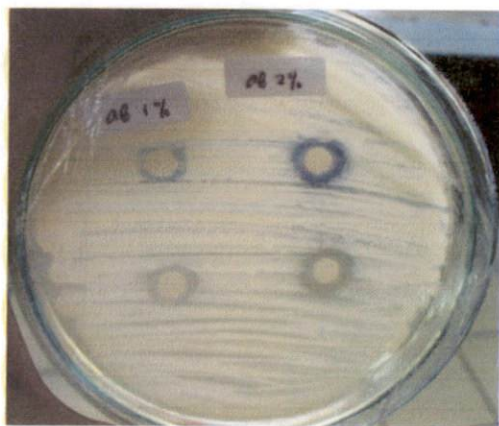
Gambar 9. Daerah hambatan asap cair konsentrasi 5% terhadap bakteri *Salmonella sp*



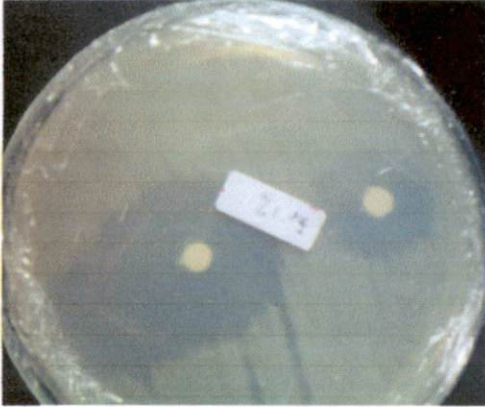
Gambar 10. Daerah hambatan asap cair konsentrasi 5% terhadap jamur *Rhizopus sp*



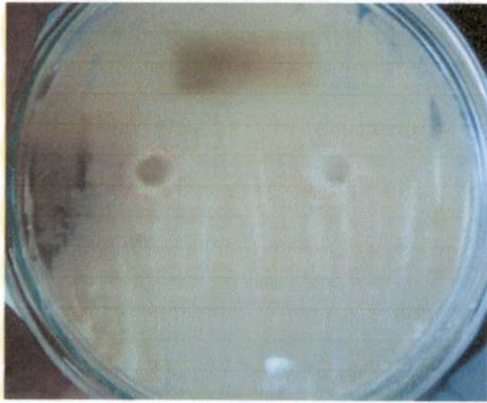
Gambar 11. Daerah hambatan formalin konsentrasi 1 % dan 2 % terhadap jamur *Rhizopus sp*



Gambar 12. Daerah hambatan asam benzoat konsentrasi 1 % dan 2 % terhadap jamur *Rhizopus sp*



Gambar 13. Daerah hambatan formalin konsentrasi 1 % terhadap bakteri
Salmonella sp



Gambar 14. Daerah hambatan asam benzoat konsentrasi 1 % terhadap bakteri
Salmonella sp

Lampiran 3 Hasil pengamatan uji aktivitas antioksidan

Tabel 7. Data absorban asap cair batang jambu biji dan asam askorbat

Konsentrasi	Absorban asap cair	Absorban asam askorbat
1 %	0,546	0,025
	0,545	0,026
2 %	0,387	0,028
	0,385	0,025
3 %	0,183	0,025
	0,161	0,025
4%	0,025	0,025
	0,027	0,025
5 %	0,024	0,027
	0,024	0,026

Data pengukuran % inhibisi asap cair batang jambu biji

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{\text{Absorbanblanko} - \text{Absorban}(DPPH + \text{asapcair})}{\text{Absorbanblanko}} \times 100\%$$

DPPH λ = 517 nm \rightarrow Abs = 0,671

$$\% \text{ inhibisi asap cair 1\%} = \frac{0,671 - 0,546}{0,671} \times 100\% = 18,63\%$$

$$= \frac{0,671 - 0,545}{0,671} \times 100\% = 18,78\%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 1\%} = 18,70\%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 2\%} = \frac{0,671 - 0,387}{0,671} \times 100\% = 42,32\%$$

$$= \frac{0,671 - 0,385}{0,671} \times 100\% = 42,62\%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 2\%} = 42,47\%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 3 \%} = \frac{0,671 - 0,183}{0,671} \times 100\% = 72,73 \%$$

$$= \frac{0,671 - 0,161}{0,671} \times 100\% = 76,00 \%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 3 \%} = 74,36 \%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 4 \%} = \frac{0,671 - 0,025}{0,671} \times 100\% = 96,27 \%$$

$$= \frac{0,671 - 0,027}{0,671} \times 100\% = 95,98 \%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 4 \%} = 96,12 \%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 5 \%} = \frac{0,671 - 0,024}{0,671} \times 100\% = 96,42 \%$$

$$= \frac{0,671 - 0,024}{0,671} \times 100\% = 96,42 \%$$

$$\% \text{ inhibisi asap cair 5 \%} = 96,42 \%$$

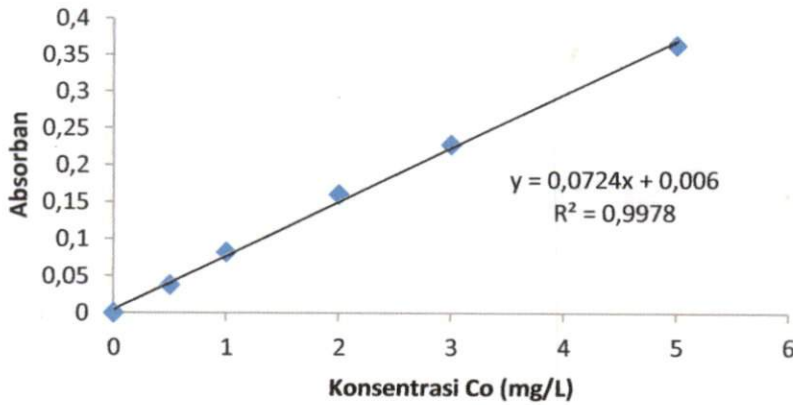
Tabel 8. Data % inhibisi asap cair batang jambu biji dan asam askorbat

Konsentrasi Sampel	% inhibisi asap cair	% inhibisi asam askorbat
1 %	18,70 %	96,08 %
2 %	42,47 %	95,94 %
3 %	74,36 %	96,16 %
4 %	96,12 %	96,16 %
5 %	96,42 %	95,94 %

Lampiran 4 Data Pengukuran Larutan Standar AAS

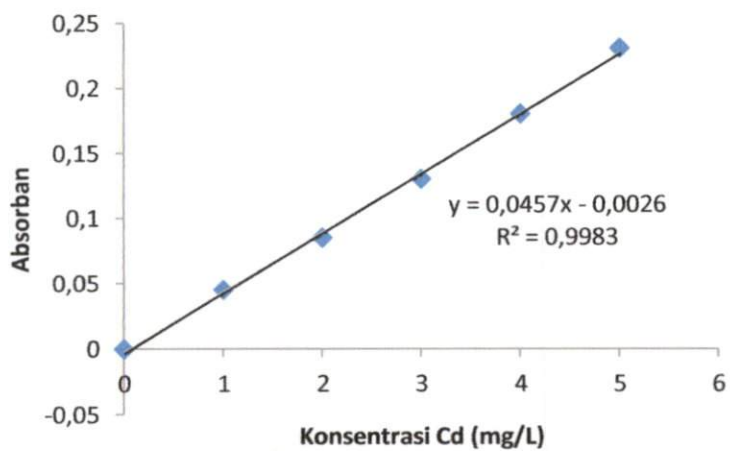
Larutan Standar Co

Larutan Standar Co (mg/L)	Absorban
0	0
0,5	0,038
1	0,082
2	0,16
3	0,227
5	0,362



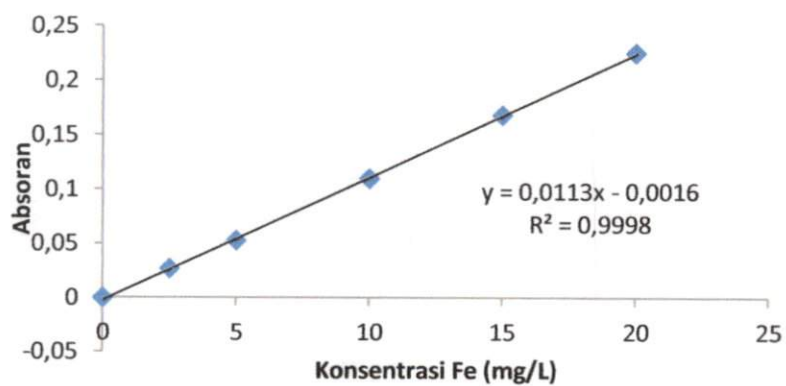
Larutan Standar Cd

Larutan Standar Cd (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,045
2	0,085
3	0,13
4	0,18
5	0,23



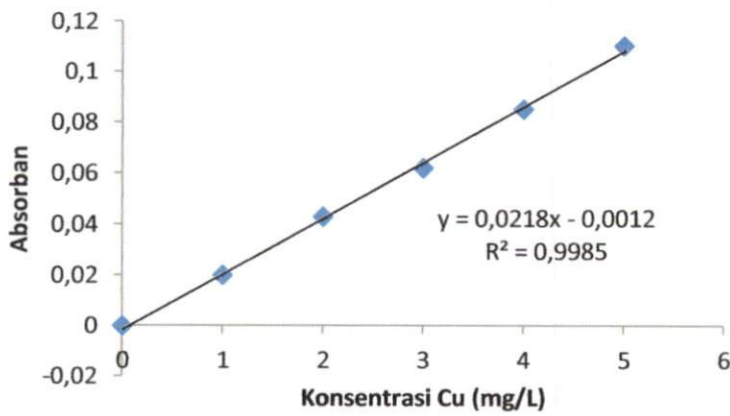
Larutan standar Fe

Larutan Standar Fe (mg/L)	Absorban
0	0
2,5	0,027
5	0,053
10	0,11
15	0,168
20	0,225



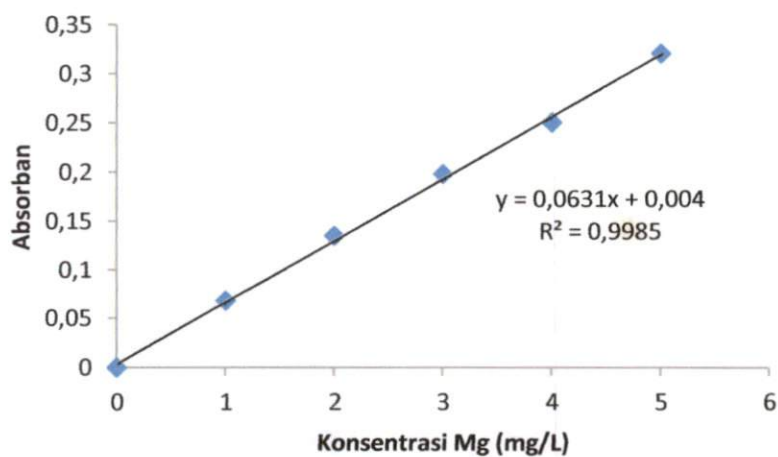
Larutan Standar Cu

Larutan Standar Cu (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,02
2	0,043
3	0,062
4	0,085
5	0,11



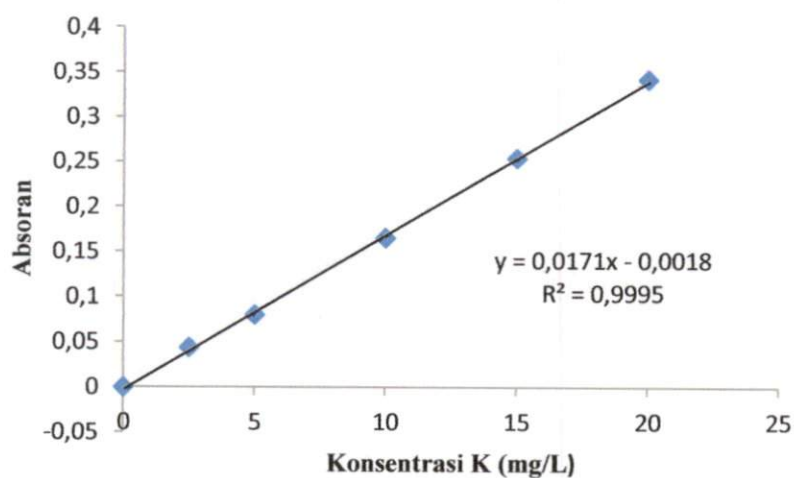
Larutan Standar Mg

Larutan Standar Mg (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,068
2	0,135
3	0,198
4	0,25
5	0,32



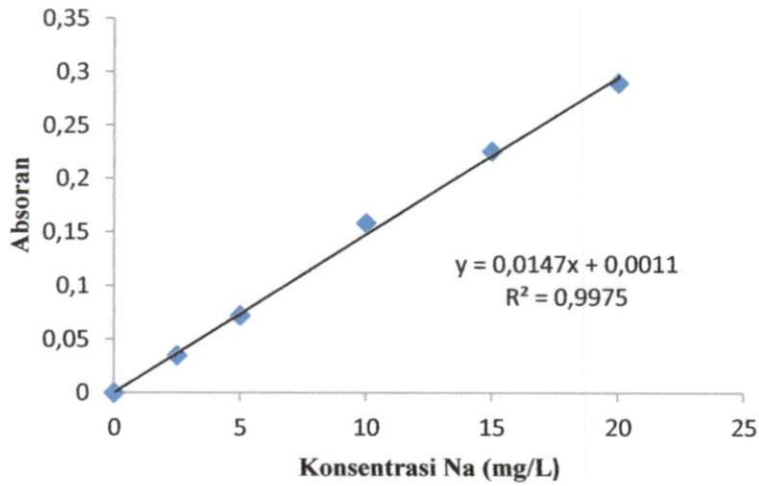
Larutan Standar K

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



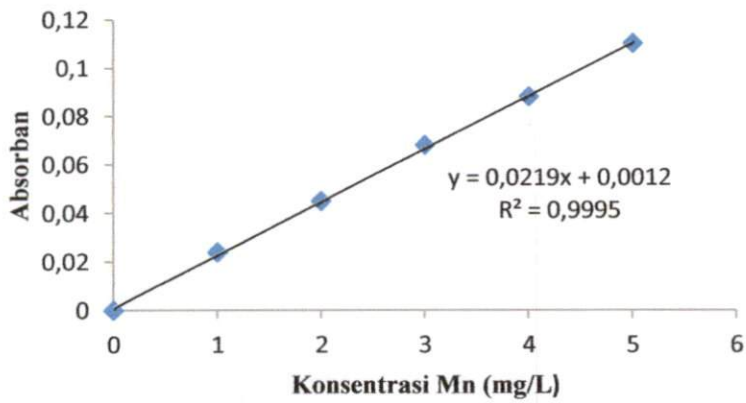
Larutan Standar Na

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



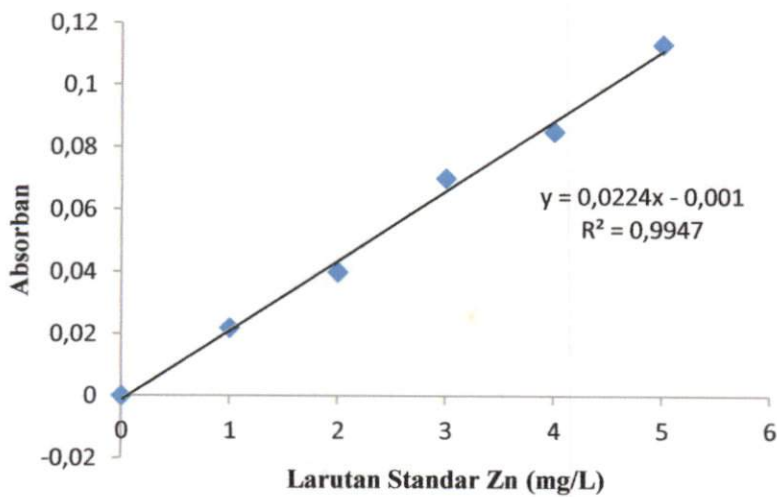
Larutan Standar Mn

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



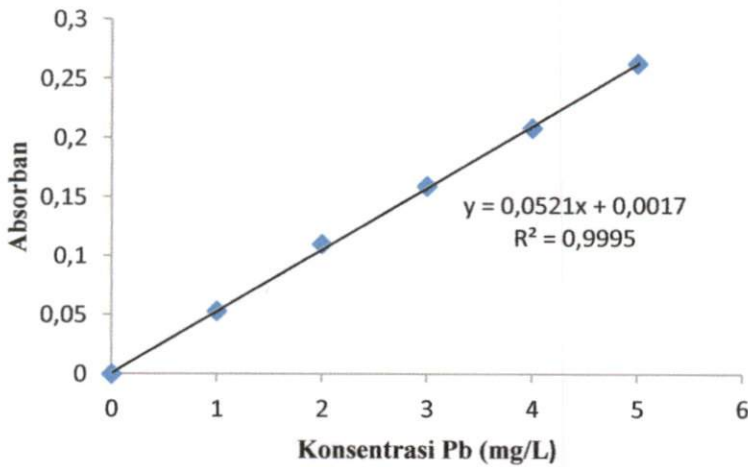
Larutan Standar Zn

Larutan Standar Zn (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,022
2	0,04
3	0,07
4	0,085
5	0,113



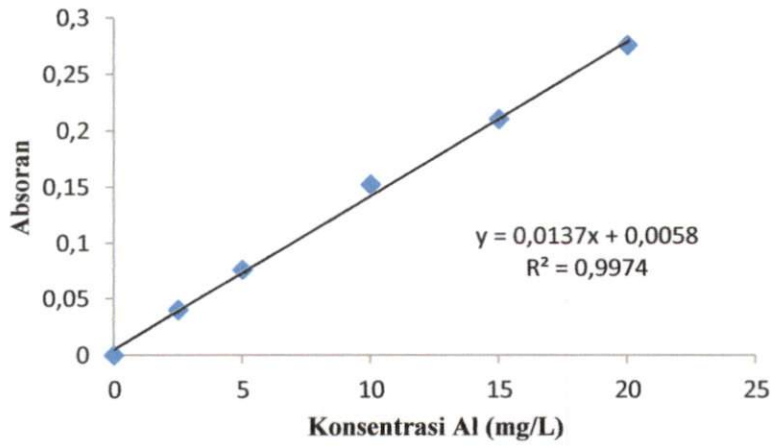
Larutan Standar Pb

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



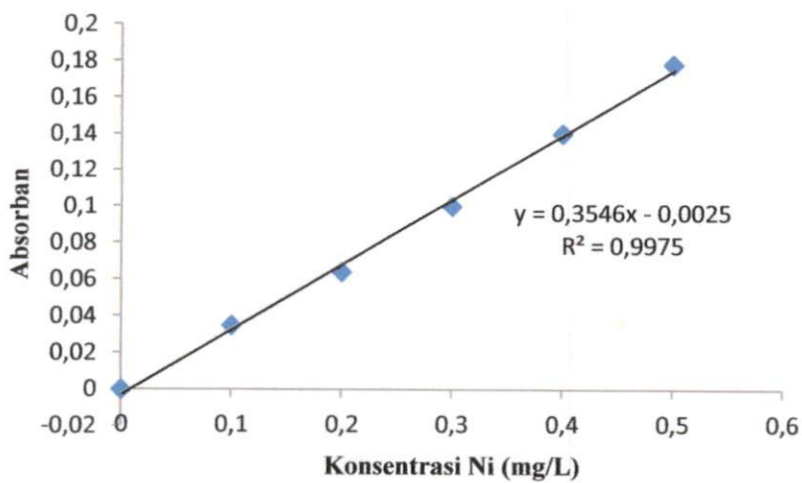
Larutan standar Al

Larutan Standar Al (mg/L)	Absorban
0	0
2,5	0,04
5	0,076
10	0,152
15	0,21
20	0,275



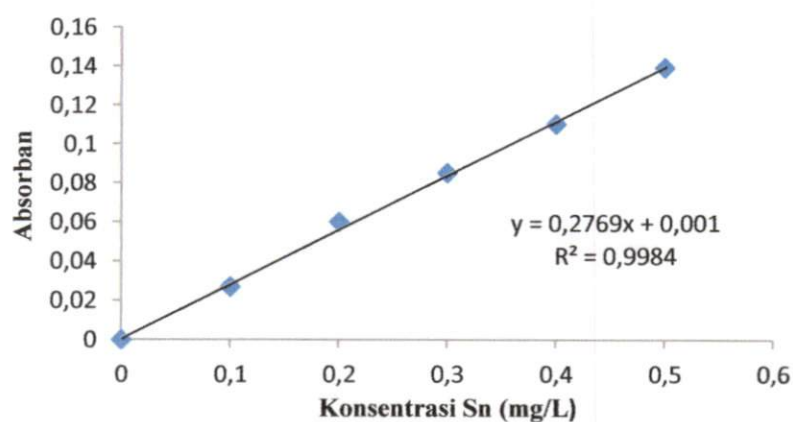
Larutan Standar Ni

Larutan Standar Ni (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,035
2	0,064
3	0,1
4	0,14
5	0,178



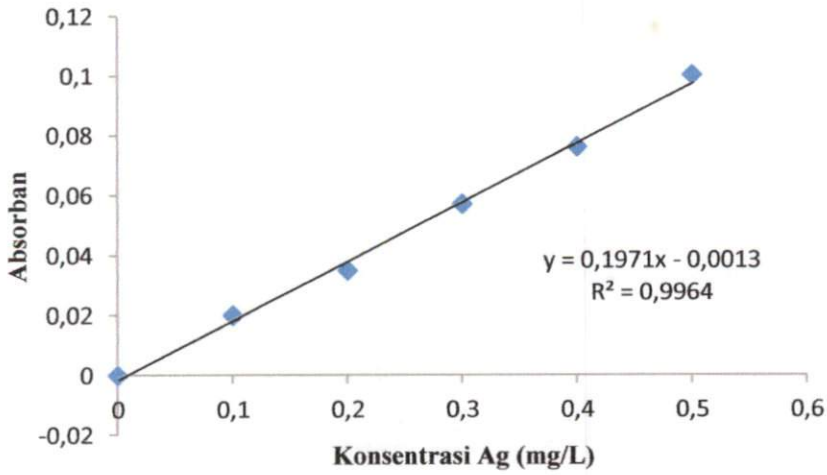
Larutan Standar Sn

Larutan Standar Sn (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,027
2	0,06
3	0,085
4	0,11
5	0,139



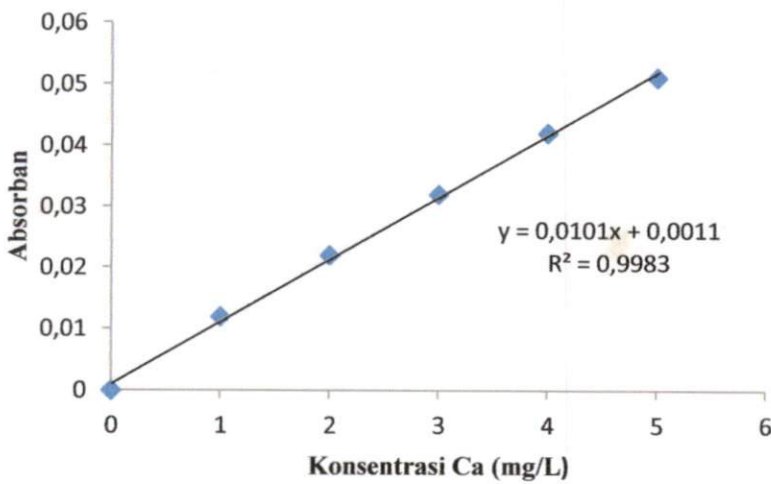
Larutan Standar Ag

Larutan Standar Ag (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,02
2	0,035
3	0,057
4	0,076
5	0,1



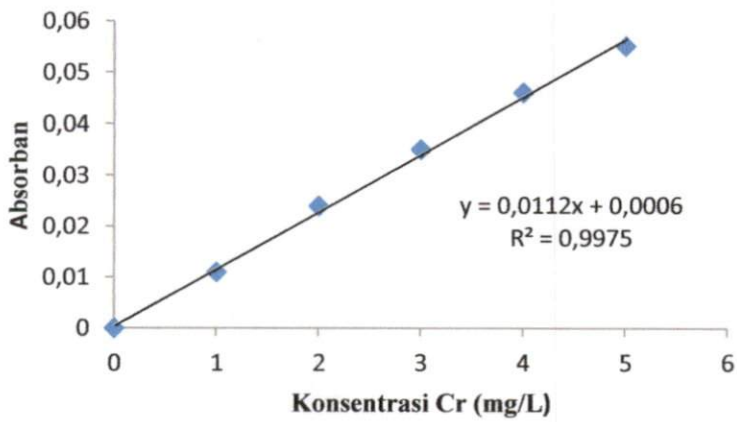
Larutan Standar Ca

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



Larutan Standar Cr

Larutan Standar Ca (mg/L)	Absorban
0	0
1	0,011
2	0,024
3	0,035
4	0,046
5	0,055



**Lampiran 5 Perhitungan Kosentrasi Logam dalam Asap Cair Batang
Jambu Biji**

1. Kandungan Logam Co

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,072x + 0,006 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,013 \\ \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,013 - 0,006)}{0,072} \\ & & = 0,097 \text{ ppm} \end{aligned}$$

2. Kandungan Logam Cd

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,045x - 0,002 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,007 \\ \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,007 + 0,002)}{0,045} \\ & & = 0,200 \text{ ppm} \end{aligned}$$

3. Kandungan Logam Fe

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,011x - 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,022 \\ \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,022 + 0,001)}{0,011} \\ & & = 2,091 \text{ ppm} \end{aligned}$$

4. Kandungan Logam Cu

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,021x - 0,001 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,023 \\ \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,023 + 0,001)}{0,021} \\ & & = 1,143 \text{ ppm} \end{aligned}$$

5. Kandungan Logam Mg

$$\begin{aligned} \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,063x + 0,004 \\ \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,027 \end{aligned}$$

Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,027 - 0,004)}{0,063}$
	=	0,365 ppm
6. Kandungan Logam K		
Persamaan regresi : Y	=	$0,017x - 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,062
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,062 + 0,001)}{0,017}$
	=	3,706 ppm
7. Kandungan Logam Na		
Persamaan regresi : Y	=	$0,014x + 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,040
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,040 - 0,001)}{0,014}$
	=	2,786 ppm
8. Kandungan Logam Mn		
Persamaan regresi : Y	=	$0,021x + 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,020
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,020 - 0,001)}{0,021}$
	=	0,905 ppm
9. Kandungan Logam Zn		
Persamaan regresi : Y	=	$0,022x - 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,014
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,014 + 0,001)}{0,022}$
	=	0,682 ppm
10. Kandungan Logam Pb		
Persamaan regresi : Y	=	$0,052x + 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,012

Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,012 - 0,001)}{0,052}$
	=	0,211 ppm
11. Kandungan Logam Al		
Persamaan regresi : Y	=	$0,013x + 0,005$
Absorban asap cair : A (Y)	=	0,004
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(0,004 - 0,005)}{0,013}$
	=	-0,077 ppm
12. Kandungan Logam Ni		
Persamaan regresi : Y	=	$0,354x - 0,002$
Absorban asap cair : A (Y)	=	-0,004
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(-0,004 + 0,002)}{0,354}$
	=	-0,005 ppm
13. Kandungan Logam Sn		
Persamaan regresi : Y	=	$0,276x + 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	-0,023
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(-0,023 - 0,001)}{0,276}$
	=	-0,087 ppm
14. Kandungan Logam Ag		
Persamaan regresi : Y	=	$0,197x - 0,001$
Absorban asap cair : A (Y)	=	-0,004
Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)	=	$\frac{(-0,004 + 0,001)}{0,197}$
	=	-0,015 ppm
15. Kandungan Logam Ca		
Persamaan regresi : Y	=	$0,010x + 0,001$

$$\begin{aligned}
 \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,012 \\
 \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,012 - 0,001)}{0,010} \\
 & & = 0,917 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

16. Kandungan Logam Cr

$$\begin{aligned}
 \text{Persamaan regresi} & : Y & = 0,011x + 0,000 \\
 \text{Absorban asap cair} & : A (Y) & = 0,020 \\
 \text{Konsentrasi Logam dalam asap cair (X)} & & = \frac{(0,020 - 0,000)}{0,011} \\
 & & = 1,818 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

Lampiran 6

Tabel 9. Nutrisi mineral esensial dan jumlahnya dalam tubuh hewan¹⁸.

Mineral mikro	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)

Tabel 10. Batas maksimum cemaran logam berat dalam pangan

Logam	mg/kg
As	0,5 mg/kg
Cd	0,3 mg/kg
Hg	0,03 mg/kg
Sn	200,0 mg/kg
Pb	1.0 mg/kg

Sumber : Badan Standarisasi Nasional (SNI 7387:2009)¹⁹

Cr	2.0 mg/kg
----	-----------

Sumber : N.W. Bogoriani. (2007)²⁰